



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de INGENIERÍA AMBIENTAL

“EFECTO DEL USO DE LA CASCARA DE HUEVO COMO FERTILIZANTE EN EL DESARROLLO DE *Raphanus sativus*”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Maria Elizabeth Cueva Chicoma
Segundo Idelso Quiroz Bringas

Asesor:

Mg. Ing. Walter Manuel Hoyos Alayo
<https://orcid.org/0000-0002-8683-1635>

Cajamarca - Perú

2024

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Magda Rosa Velasquez Marin
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	Oscar Raúl Huaroc Bravo
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	Walter Manuel Hoyos Alayo
	Nombre y Apellidos

Informe de similitud



Página 2 of 79 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3000984199

11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)



Página 3 of 79 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3000984199

Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
	repositorio.uta.edu.ec	7%
2	Internet	
	repositorio.unc.edu.pe	4%

Dedicatorio

A Dios, por habernos dado salud y fortaleza para vencer todos los obstáculos; a nuestros padres por su gran amor y su apoyo incondicional en todas las etapas de nuestra vida para lograr nuestros objetivos trazados. A nuestros amigos que siempre nos ayudaron y nos dieron ánimos para salir adelante; y a nuestros docentes por el conocimiento impartido, que gracias a ello nos convierte en unos profesionales capaces de afrontar nuevos retos.

Agradecimiento

A Dios todo poderoso, que nos ha guiado en nuestra lucha por lograr nuestros objetivos personales.

A nuestros padres, gracias a ellos por confiar y creer en nosotros y en nuestras expectativas, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras de aliento.

A nuestros docentes por apoyarnos siempre en el logro de nuestras metas, dándome los mejores consejos y haciéndonos unas personas de bien.

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO	
JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIO	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	12
RESUMEN	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Antecedentes	15
1.2.1. Antecedentes Internacionales	15
1.2.2. Antecedentes Nacionales	17
1.3. Marco Teórico	19
1.3.1. Cascara de huevo	19
1.3.2. Rabanito (<i>Raphanus sativus</i>)	21
1.3.3. Fertilización	24
1.3.4. Importancia del calcio en las plantas	24
1.3.5. Reacción acido-base del vinagre y la cascara de huevo	25
1.4. Justificación	26
1.5. Formulación del problema	29

1.6. Objetivos	29
1.6.1. Objetivo general	29
1.6.2. Objetivos específicos	30
1.7. Hipótesis	30
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	31
2.1. Tipo de investigación	31
2.2. Enfoque de la investigación	31
2.3. Nivel de la investigación	32
2.5. Población.	33
2.6. Muestra	33
2.7. Variables	34
2.7.1. Variable independiente:	34
2.7.2. Variable dependiente:	34
2.8. Ubicación	35
2.9. Zona geográfica del trabajo de investigación	35
2.10. Procedimiento experimental	36
Preparación del terreno	36
Siembra	36
Control de plagas (Fumigante orgánico)	37
Recolección de datos	37
2.11. Análisis de Datos	38

2.12. Aspectos Éticos.	38
2.13. Técnicas e instrumentos de recolección.	40
Materiales de laboratorio	41
Materiales de gabinete	42
CAPÍTULO III: RESULTADOS	44
3.1. Descripción de la composición de la cascara de huevo.	44
3.2. Longitud de las plantas de rabanito (<i>Raphanus sativus</i>)	46
3.3. Longitud de las hojas de rabanito (<i>Raphanus sativus</i>)	47
3.4. Longitud de las raíces de rabanito (<i>Raphanus sativus</i>)	49
3.5. Ancho de las hojas de rabanito (<i>Raphanus sativus</i>)	50
3.6. Diámetro de las raíces de rabanito (<i>Raphanus sativus</i>)	52
3.7. Rendimiento de las raíces de rabanito (<i>Raphanus sativus</i>) por hectárea	45
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	54
4.1. Discusiones	54
4.2. Conclusiones	60
REFERENCIAS	62
ANEXOS	69
Anexo N°1: Matriz de Operacionalización de Variables	69
Anexo N° 2: Molido de la cascara de huevo	71

Anexo N° 3: Pesado de la cascara de huevo	72
Anexo N° 4: Medición de las parcelas	73
Anexo N° 5: Siembra de rabanito	74
Anexo N° 6: Cosecha de los rabanitos	75
Anexo N° 7: Muestras de rabanitos recolectados	77
Anexo N° 8: Medición de las raíces de rabanito	79
Anexo N° 9: Datos estadísticos realizados en SPSS	81

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción taxonómica de la raíz de Rabanito.....	22
Tabla 2 Recopilado de las Raíces de Rabanito sembradas.	38
Tabla 3 Tratamientos Realizados con la Cascara de Huevo en las Diferentes Parcelas.....	38
Tabla 4 Ficha Técnica de las semillas de Rabanito.	40
Tabla 5 Ficha Técnica de la Balanza Gramera	41
Tabla 6 Ficha Técnica del Molino de Granos Eléctrico.	42
Tabla 7 Composición Fisicoquímica de la Cascara de Huevo.....	44
Tabla 8 Análisis de Varianza (ANOVA) para la Longitud de la Planta de Rabanito (<i>Raphanus sativus</i>) (Datos transformados con \sqrt{X}).....	47
Tabla 9 Prueba de Significación de Tukey al 95% de Confianza, para Longitud de la Planta.	47
Tabla 10 Análisis de Varianza (ANOVA) para la Longitud de las Hojas de Rabanito (<i>Raphanus sativus</i>) (Datos transformados con \sqrt{X}).	48
Tabla 11 Prueba de Significación de Tukey al 95% de Confianza, para Longitud de las Hojas de Rabanito (<i>Raphanus sativus</i>).....	48
Tabla 12 Análisis de Varianza (ANOVA) para la Longitud de las Raíces (<i>Raphanus sativus</i>) (Datos transformados con \sqrt{X}).....	50
Tabla 13 Prueba de Significación de Tukey al 5% de Probabilidad, para la Longitud de las Raíces de Rabanito (<i>Raphanus Sativus</i>).....	50
Tabla 14 Análisis de Varianza (ANOVA) para el Ancho de las Hojas (Datos Transformados con \sqrt{X}).....	51
Tabla 15 Prueba de Significación de Tukey al 5% de Probabilidad, para el Ancho de las Hojas.....	52
Tabla 16 Análisis de Varianza (ANOVA) para el Diámetro de las Raíces de Rabanito (<i>Raphanus sativus</i>) (Datos transformados con \sqrt{X}).	53

Tabla 17 Prueba de Significación de Tukey al 5% de Probabilidad, para el Diámetro de las Raíces de Rabanito (<i>Raphanus sativus</i>).	53
Tabla 18 Rendimiento Kg/m ² de las raíces de Rabanito.....	45

Índice de figuras

Figura 1.	35
------------------------	-----------

RESUMEN

La cascara de huevo presenta un elevado contenido de calcio que puede ser aprovechado como abono orgánico sin dañar o contaminar los suelos; el objeto de estudio fue evaluar el efecto del uso de la cascara de huevo como fertilizante en el desarrollo de *Raphanus sativus*; para ello se instaló cuatro parcelas de 1 m², cada una con 30 plantas, donde se aplicaron distintas dosis de fertilizante, P₁(0 g), P₂(250 g), P₃ (500g) y P₄(1000 g), se regó durante la siembra usando 1 L/m² de vinagre al 3%v/v para generar acetato calcio que sea aprovechado por el *Raphanus sativus*; la cosecha se realizó a los 45 días, los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA) para determinar la significancia estadística y TUKEY para comparar las medias entre las formulaciones; los mejores resultados se obtuvieron a una dosis de P₄(1000 g): 241,19 g/m² de peso fresco, 7,5441 cm de longitud de planta; 15,95 cm de longitud de hoja; 9,4233 cm de longitud de raíces; 5,16 cm de ancho de hojas y un diámetro de raíz de 3,1667 cm; concluyéndose que el calcio presente en la cascara influye en el desarrollo de los rabinos cuando el calcio está presente como acetato de calcio que es de fácil asimilación/absorción por las plantas.

PALABRAS CLAVES: *Raphanus sativus*, cascara de huevo, acetato de calcio.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El aumento de la demanda de cultivos ha dado lugar a la intensificación de la producción agrícola, lo que se logra en parte gracias a un mayor uso fertilizantes. Por ejemplo, entre 2002 y 2018 la población mundial aumentó en torno al 21 % y la producción de cereales en aproximadamente el 44 %, mientras que el uso de plaguicidas por hectárea de tierra de cultivo aumentó en alrededor del 30 % y el uso de fertilizantes inorgánicos por hectárea en torno al 23 % en el caso del nitrógeno, el 13 % para el fósforo y el 56 % cuando se trata del potasio (ONU, 2022).

Los fertilizantes contribuyen a aumentar el rendimiento de los cultivos, se utilizan para mejorar la calidad de los alimentos, reducen la cantidad de tierra de cultivo necesaria, y hacen que la necesidad de convertir terrenos para la agricultura sea menor (ONU, 2022).

La transformación de materia orgánica fresca en compost se lleva a cabo principalmente por tres razones: (1) para superar la fitotoxicidad de la materia orgánica fresca no estabilizada; (2) para reducir la presencia de agentes (virus, bacterias, hongos, parásitos) que son patógenos para el hombre, animales y plantas a un nivel que no constituya riesgo para la salud; y (3) para producir un fertilizante orgánico o un acondicionador de suelo, reciclando desechos orgánicos y biomasa (Castillo, 2020).

La incorporación de materia orgánica al suelo, mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas (como la estructura y permeabilidad, la capacidad de retención de agua) forma agregados más estables, y da capacidad de intercambio catiónico, facilitando la absorción de nutrimentos por la raíz, estimulando el desarrollo de la planta; en suelos

arenosos mejora la cohesión de las partículas, la microflora nativa de la composta ayuda a controlar patógenos del suelo (C. Garcia, 2014).

El nitrógeno es uno de los nutrientes primarios, siendo la principal limitante para la productividad agrícola, debido a que el Nitrógeno es un constituyente de enzimas, proteínas, ADN, y clorofila. Los principales impactos de la aplicación del nitrógeno son la eutrofización, acidificación y toxicidad (González, 2019).

La contaminación del agua por los fertilizantes se produce principalmente por lixiviación en aguas subterráneas y superficiales. La lixiviación de nitratos -producto de algunas prácticas agrícolas- facilita su infiltración en aguas subterráneas y superficiales. Afectando negativamente la salud humana por el consumo excesivo de nitratos (González, 2019). Por ello, la producción de compost puede reducir o incluso eliminar el uso de fertilizantes químicos puesto que tiene la capacidad de mejorar las condiciones fisicoquímicas del suelo aumentando su fertilidad actual. Además, puede prevenir la eutrofización en diferentes fuentes hídricas por la escorrentía de fertilizantes utilizados en diversos cultivos (Yuri, 2018).

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Según (Vaca, 2019) que realizó una investigación en Ambato – Ecuador sobre la Aplicación foliar de calcio en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) obtenido a partir de cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*); se realizó 2 tratamientos de calcio a partir de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*) (20% y 30%). Obteniendo que los tratamientos que recibieron la aplicación de calcio a partir de cáscaras de huevo, en la concentración del 30% (C₂), reportaron mayor porcentaje de calcio en las hojas, con 1,32% a las 2 horas, 1,41% a las 4 horas, 1,67% a las 6 horas y 1,78% a las 8 horas.

Igualmente reportaron mayor número de centros florales por planta (6,42 centros) y hojas con mayor firmeza (1,43 kg/cm²).

(Chambi, 2022) realizó un estudio de comparación de soluciones a base de té de cáscara de huevo y papa en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays L.*) este alcance experimental, cuantitativo, este estudio se desarrolló en la ciudad de El Alto, Provincia Murillo, departamento de La Paz, en la zona Bolívar Municipal, a 3640 m.s.n.m. El factor de estudio fue el tipo de soluciones a base de té de cáscara de huevo y papa, con los siguientes tratamientos: solución de té cáscara de huevo y papa (25 y 25 %), té de cáscara de huevo (50 %) y un testigo (solamente agua). Para este estudio se empleó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro repeticiones para cada uno de los tratamientos, son tres tratamientos obteniendo un total de 12 unidades experimentales. Fueron evaluadas las siguientes variables: altura (A) de planta a la cosecha, materia verde (MV) y materia seca (MS). Se obtuvo un porcentaje de germinación del 78 %, con respecto al crecimiento de planta en la cosecha se logró un promedio de 13.77 cm, no hubo diferencias significativas tanto en la MS y MV en el forraje verde hidropónico. Al finalizar el estudio se concluyó que la solución de té combinada con cáscara de papa y huevo no es una opción como fertilizante, debido a que no tiene un efecto significativo en la producción de forraje verde hidropónico de maíz.

(Mendoza, 2017) obtuvo un hidrolizado proteico de la membrana de la cáscara de huevo para formular un fertilizante foliar a través del cual se le pueda dar una correcta disposición y una valorización a las cáscaras de huevo. Centrándose en primera instancia, en establecer un protocolo eficiente para la separación de la membrana de los residuos de la cáscara de huevo, usando un método físico y uno químico. Se evaluó la actividad fitotóxica de los hidrolizados a diferentes concentraciones, usando como modelo

biológico Rábano (*Raphanus sativus*). Se formuló un fertilizante foliar a partir de los hidrolizados de la membrana y se determinó su eficiencia en un cultivo modelo de *Phaseolus vulgaris* y se comparó con dos testigos, que incluyeron un fertilizante foliar a base de aminoácidos libres y el otro sin el uso de fertilización. Como resultado obtuvo que: la hidrólisis de la membrana de la cáscara de huevo fue más efectiva con el ácido clorhídrico y con el ácido sulfúrico, comparado con el ácido nítrico y el ácido nítrico.

1.2.2. Antecedentes Nacionales

(Quispe, 2018) aplicó la cáscara de huevo en un suelo ácido de Atalaya para incrementar la producción de *Zea mays* – Lima 2018." El propósito de este trabajo fue analizar la efectividad de la cáscara de huevo en la mejora de un suelo ácido en Atalaya, con el fin de aumentar la producción de *Zea mays*. La investigación y los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio de biotecnología de la universidad. Durante la experimentación, se aplicaron cantidades de cáscara de huevo de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 g.kg⁻¹ con un tamaño de partícula menor a 0.125 mm, utilizando tres repeticiones por cada tratamiento, a lo largo de un período de incubación de 40 días, lo que resultó en un total de 27 experimentos. Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente en Excel para identificar diferencias significativas. Se observó un aumento en el pH del suelo, mejorando de un pH inicial de 4,29 a un pH de 7,65 con el tratamiento de 40 g.kg⁻¹ de cáscara de huevo. Además, el *Zea mays* sembrado mostró un buen desarrollo a los 25 días de incubación.

(S. Garcia, 2019) durante la investigación realizada en laboratorio con el objetivo de determinar la factibilidad del uso de la cáscara de huevo molida como enmienda encalante y fuente de calcio biodisponible. Un suelo ácido de Ucayali fue enmendado con cáscara de huevo molida de dos tamaños de partícula: fracción fina (53-106 μ m) y sin

tamizar (< 1,7 mm). Las fracciones fueron aplicadas en dosis equivalentes a 100, 200 y 400% de la acidez cambiante incluyendo un tratamiento sin enmienda como control. El suelo fue incubado a temperatura ambiente durante 135 días. El pH, la acidez cambiante y los contenidos de calcio cambiante (KCl 1N) y extractable (Mehlich-3) en el suelo fueron determinados a los 45, 90 y 135 días de incubación. Ambas fracciones mostraron un comportamiento similar en las variables evaluadas. El pH y los contenidos de calcio cambiante y extractable del suelo se incrementaron en forma proporcional a la dosis empleada. La dosis equivalente a 100% de la acidez cambiante permitió alcanzar valores de pH inferiores a 5,4, pero fue suficiente para neutralizar toda la acidez cambiante a partir de 45 días. El calcio extractable mostró alta correlación con el calcio cambiante. La cáscara de huevo molida presentó un alto potencial como enmienda encalante para suelos ácidos de la Amazonía.

(Caso, 2023) en su investigación se evaluó la capacidad de *Bacillus subtilis*, cal y harina de cáscara de huevo en la reducción del sodio en el suelo del distrito de Aucallama, Huaral. Para ello, se empleó 3 tratamientos con diferentes dosis durante una aplicación con frecuencia diaria en un tiempo de 30 días. Para el tratamiento 1 se aplicó 0.5 gr. *Bacillus subtilis*, 30 gr. Cal y 20 gr. Harina de cáscara de huevo, donde se obtuvo una eficacia del 92.77% para la conductividad y 98.28% para el PSI, para el tratamiento 2 se aplicó 0.75 gr. *Bacillus subtilis*, 40 gr. Cal y 40 gr. Harina de cáscara de huevo, donde se consiguió el 93.83% de eficacia para la conductividad y 97.96% para el PSI, para el tratamiento 3 se aplicó 1 gr. *Bacillus subtilis*, 50 gr. Cal y 60 gr. Harina de cáscara de huevo, donde obtuvo una eficacia del 92.59% para conductividad y 98.70% para el PSI, lo cual fue comprobada estadísticamente con la prueba de Anova. Finalmente, se

concluye que el tratamiento 2 es el más significativo debido a que se obtuvo un promedio de eficacia del 95.90% para la reducción de sodio en el suelo.

1.3. Marco Teórico

1.3.1. Cascara de huevo

Cada huevo se forma individualmente seguido de la expulsión espontánea (ovoposición) a intervalos de tiempo aproximadamente de 24 horas en las gallinas (8,9), de estas, 10 horas son para desarrollar la cáscara, representando aproximadamente de 9 a 12% del peso del huevo. En la parte más externa se encuentra la cáscara calcificada, la cutícula, y el empalizado, que le sirven como barrera protectora contra el daño físico y la contaminación microbiana, también promueve el intercambio de gases y agua, debido a la gran cantidad de poros que la conforman (Bedoya, 2020).

La cáscara de huevo de gallina forma parte de la capa que preserva el huevo sin dañarlo, esta capa es la que protege de la acción de los agentes externos y el medio por el que a través del este se realiza intercambios gaseosos y líquidos con el medio en el que se encuentra (Quispe, 2018).

La cáscara de huevo es un modelo de biomineralización que consiste en materiales cerámicos con propiedades estructurales y mecánicas de biomineralización que consta de dos fases, orgánica y mineral. La fase orgánica está compuesta principalmente por proteínas, lípidos, proteoglicanos y glicoproteínas y constituye alrededor del 3,00 al 3,50 % del peso total de la cáscara. La fase mineral corresponde al 95,00 %, aproximadamente del peso de la cáscara, esta fase es el resultado del depósito de minerales, entre ellos el calcio, que son secretados en solución por células particulares del organismo de la gallina, los mismos que cristalizan y se estructuran juntos según un plan de construcción definido (Ramírez, 2021).

La ventaja de la cáscara de huevo en comparación con otras fuentes naturales de calcio es el bajo nivel de sustancias tóxicas presentes. Ocasionalmente, parte de este residuo es usado como fertilizante debido a su alto contenido de calcio y nitrógeno. Sin embargo, las cáscaras de huevo son un residuo potencial de contaminación cuando no se gestionan adecuadamente dado que son soporte de acción microbiana (Mendoza, 2017).

a. Composición del huevo de gallina

Un huevo de ave doméstica estándar (gallina) contiene aproximadamente del 56 a 64 por ciento de clara, de 27 a 32 por ciento de yema y de 9 a 12 por ciento de cáscara, la membrana generalmente se incluye en el peso de la cáscara, y representa aproximadamente el 0,75 a 1 por ciento el total del huevo de ave domestica (Huanca, 2018)

La cáscara de huevo de gallina representa entre el 10 y el 12% de su peso. Está conformada por un 95% de compuestos minerales y entre un 3,0% a 3,5% por componentes orgánicos, proteoglicanos y proteínas como ovocleidina 116, ovotransferrina, ovoalbúmina, ovocalixina 32, ovocleidina 17, osteopontina (OPN) y lisozima que intervienen en la morfología de los cristales de calcita, además en la protección microbiana y regulación de las mineralizaciones de la cáscara. En su parte interna posee una delgada capa de queratina y fibras de colágeno, conocida como membrana conformada hasta por 62 proteínas de fibras reticulares entrelazadas que ofrecen también protección y controlan la pérdida de agua y de gases del huevo (Bedoya, 2020).

b. Estructura de la cascara del huevo de gallina

La cáscara de huevo de ave doméstica contiene hasta 98 por ciento de carbonato de calcio y solo 2 por ciento de proteína, además de trazas de magnesio y fosforo. El

espesor comprende entre 300 a 400 μm , que consiste en cristales de carbonato en forma cónica con un diámetro de 0,1 mm. Entre los cristales hay una serie de túneles que permiten el intercambio gaseoso entre la parte interna del huevo y el ambiente exterior (Huanca, 2018).

c. Propiedades físico-químicas de la cascara de huevo

La cáscara de huevo de gallina está compuesto de: minerales 95,1 %, agua 1,6%, y principalmente 93,6% comprenden a CaCO_3 carbonato de calcio a través forma de calcita (Quispe, 2018).

El calcio el cual, a pesar de su bajo contenido en las plantas en comparación con el nitrógeno, tiene una gran importancia por sus efectos sobre la química del suelo. Asimismo, el calcio es responsable de varias propiedades del suelo: favorece la estabilidad estructural del suelo, ya que mantiene floculada las arcillas y el humus; reduce la acidez; es antagonista de algunos elementos nutritivos, reduciendo su asimilación (K, Fe, Mn, B, Zn); favorece la transformación de la materia orgánica y estimula la acción de los microorganismos fijadores de nitrógeno y nitrificadores; forma fosfohumatos de cal con ácidos húmicos y fosfóricos, lo que permite la inmovilización temporal del fósforo, impidiendo su retrogradación (Huanca, 2018).

1.3.2. Rabanito (*Raphanus sativus*)

El cultivo de rábano (*Raphanus sativus*) pertenece a la familia de las crucíferas, se caracterizan por presentar flores agrupadas en racimos formando cuatro pétalos. Este cultivo presenta frutos redondos y pequeños formando un tubérculo alimenticio que se produce a través de la raíz (Holguin, 2021).

Hay variedades de colores: rojo, amarillo, blanco y negro. Según el periodo del cultivo se clasifica en tres: ciclo corto, variedades que se cosechan a las cuatro semanas de la siembra. Se puede sembrar durante todo el año donde no haya presencia de heladas, tubérculo pequeño y redondo (Holguin, 2021).

a. Taxonomía

Tabla 1 Descripción taxonómica de la raíz de Rabanito

Descripción taxonómica del rabanito	
Reino	Plantae
Sub reino	Traqueobionta
Super división	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Dilleniidae
Orden	Capparales
Familia	Cruciferae
Genero	Raphanus
Especie	Raphanus sativus
Variedad	Crimson Giant

Nota. Tomado de “Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y producción de rabanito (*Raphanus Sativus.*) bajo invernadero en la localidad de huaraz.” por (Valdez, 2015).

b. Morfología

El rabanito pertenece a la familia de las crucíferas, son plantas herbáceas, durante su ciclo del cultivo se diferencian dos etapas, la primera es la fase vegetativa en la que se desarrollan su follaje y sus raíces carnosas, en la etapa reproductiva es cuando se desarrollan las flores, frutos y las semillas (Valdez, 2015).

Presenta una raíz gruesa carnosas, muy diversa en cuanto a forma, tamaño y color, presentando una raíz principal con raizales laterales (Holguin, 2021).

➤ **Tallo**

El tallo tiene una altura de 1m, es cilíndrico y vellosos, aunque también pueden ser lisos ramificados y de color verde (Holguin, 2021).

➤ **Hojas**

Las hojas se presentan imparipinnadas con bordes irregularmente dentados, lamina lobulada, el segmento terminal es redondo y más grande que los laterales de color verde intenso (Holguin, 2021).

➤ **Flores**

presenta inflorescencia racimosa, flores hermafroditas con pétalos blancos, rosados con nervios violáceos, estilos delgados y estilos libres dependiendo de la variedad. Las abejas realizan la polinización cruzada (Holguin, 2021).

➤ **Fruto y semilla**

El fruto es una silicua indehisciente de tejido parenquimatoso que en su interior contiene las semillas pequeñas como la col de repollo de forma lisa y color rojiza a pardo claro (Holguin, 2021).

➤ **Semilla**

Semillas globosas o casi globosas, rosadas o castaño-claras, con un tinte amarillento, cada fruto contiene de 1 - 10 semillas. Bajo buenas condiciones de almacenamiento las semillas pueden conservarse de 3 a 4 años (Avila, 2014).

1.3.3. Fertilización

La fertilización, es parte importante en el manejo agronómico de los cultivos, satisface los requerimientos de nutrientes en las situaciones en las cuales el suelo no puede proveerlos en su totalidad, la fertilización inorgánica consiste en suministrar los nutrientes por medio de la aplicación de abonos o productos químicos, de tal manera que pueden ser absorbidos por las plantas (Rodríguez, 2022).

Una adecuada fertilización reduce la incidencia de plagas y enfermedades. Un exceso de fertilizantes también puede ocasionar problemas como toxicidad en la planta, salinización en el suelo y desequilibrios nutricionales en el cultivo (Naranjo, 2022).

El uso de fertilizantes es una práctica esencial para mejorar la calidad de los cultivos vegetales. Los fertilizantes poseen nutrientes que se aplican en forma edáfica o foliar con el propósito de aumentar las reservas alimenticias para las plantas. Contribuyen en las características morfológicas y fisiológicas de las plantas dependiendo de la especie, el tipo de fertilizante y la dosis (Naranjo, 2022).

1.3.4. Importancia del calcio en las plantas

El calcio se considera un nutriente secundario de las plantas; cada planta necesita calcio para crecer; una vez fijo el calcio no es móvil en la planta, es un constituyente importante de las paredes celulares y solo puede ser suministrado por la savia del xilema; así, si la planta se agota el abastecimiento de calcio, no podría removilizar el calcio de los tejidos más viejos. Si por cualquier motivo se reduce la transpiración, el suministro de calcio a los tejidos que están creciendo rápidamente llegaría a ser inadecuado (Vaca, 2019).

El calcio es un elemento con poca movilidad, su absorción y translocación es más lenta que la del fósforo. La absorción de calcio depende de la disponibilidad de fósforo, al contrario de lo indicado para el potasio. El transporte del calcio en la planta se efectúa desde las raíces hasta las partes aéreas a través del xilema, pero una vez depositado en un órgano (hoja, tallo, vaina) no es posible su translocación en el interior de la planta. Por ello, el suministro de calcio del suelo a la planta debe ser continuo, para lo cual resulta imprescindible que el suelo tenga un pH comprendido entre 6 y 7 (Vaca, 2019).

La cáscara de huevo se utiliza como una enmienda para corregir la acidez del suelo, con el objetivo de evaluar su efecto en la fertilidad de suelos con diferentes niveles de contenido de arcilla. Para este estudio, se aplicó un diseño experimental completamente al azar, junto con dos tratamientos adicionales, cada uno con cuatro repeticiones, sumando un total de 56 unidades experimentales. Los tratamientos consistieron en combinar dos tipos de suelos con diferentes niveles de arcilla (arenoso y arcilloso) con seis dosis de cáscara de huevo (0, 1, 2, 3, 4 y 5 toneladas por hectárea). Se observó que la cáscara de huevo no solo corrige la acidez del suelo, sino que también incrementa los niveles de Ca^{2+} y Mg^{2+} , especialmente en suelos arcillosos. Los resultados mostraron que el pH del suelo arenoso aumentó de 4.5 a 6, mientras que el pH del suelo arcilloso se incrementó de 4.2 a 8 (Quispe, 2018).

1.3.5. Reacción acido-base del vinagre y la cascara de huevo

La cascara de huevo es aproximadamente del 9 a 12 % del peso del huevo, evaluándose del 5 ó 7 gramos, de acuerdo de donde o qué tipo de raza provenga, La cáscara de huevo está compuesta esencialmente de sustancias minerales; una de la más importante en su composición es el CaCO_3 en un (94%) como componente estructural (Quispe, 2018).

En la reacción de ácido-base. El ácido acético del vinagre reacciona con el carbonato cálcico de la cáscara de huevo, liberando CO₂ en forma de burbujas y el acetato cálcico queda disuelto en el vinagre (ICIQ, s. f.).

El carbonato de calcio es un componente que abunda, siendo parte de la composición principal de minerales, rocas y ciertos esqueletos invertebrados tales como: moluscos, corales; así como espículas de esponjas y como parte de la cascara de huevo de vertebrados (Quispe, 2018).

La principal aplicación del carbonato de calcio en los fertilizantes es crear un suelo mejor oxigenado, ya que el suelo es más poroso, tiene mejor drenaje y tiene un pH entre 6,2 y 7,4 (Chirinos, 2023).

1.4. Justificación

Esta investigación se justifica desde distintos niveles: social, económico, ambiental y académico, dado su enfoque integral en la optimización de recursos naturales y su impacto potencial en diversas áreas del conocimiento y la vida humana (Sahin et al., 2024).

Justificación Social

En un contexto donde la seguridad alimentaria se ha vuelto cada vez más relevante, el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles que aumenten la productividad de cultivos como *Raphanus sativus* (rábano) contribuye directamente a la disponibilidad de alimentos saludables y accesibles, por ende, el uso de fertilizantes orgánicos derivados de residuos comunes, como la cáscara de huevo, ofrece una alternativa para pequeños y medianos agricultores, quienes muchas veces no cuentan con los recursos para adquirir fertilizantes químicos costosos (Stöven et al., 2016). Además, la implementación de fertilizantes orgánicos de bajo costo tiene el potencial de empoderar a comunidades

rurales al promover prácticas agrícolas que mejoren sus condiciones de vida y productividad. Al facilitar el acceso a técnicas agrícolas eficientes, se potencia el desarrollo local y se promueve una cultura de aprovechamiento de recursos (Pérez et al., 2024).

Justificación Económica

La agricultura moderna enfrenta desafíos crecientes relacionados con los costos de los insumos, especialmente los fertilizantes químicos, cuyo precio ha aumentado considerablemente en los últimos años; en ese contexto, el uso de la cáscara de huevo como fertilizante representa una oportunidad económica significativa, ya que es un recurso abundante y subutilizado (Awogbemi et al., 2022), además, cada año, miles de toneladas de cáscara de huevo se descartan como residuos, lo que genera costos de manejo para su disposición final (Domrongpökkaphan et al., 2024). Al convertir este subproducto en un fertilizante eficaz, no solo se reduce el volumen de desechos, sino que también se promueve una economía circular, donde los residuos se reintegran a la cadena productiva, generando valor y disminuyendo la dependencia de insumos externos (Kannan & Kallapiran, 2024).

A nivel productivo, esta investigación podría mostrar cómo el uso de la cáscara de huevo impacta positivamente el rendimiento del cultivo de *Raphanus sativus*, generando mayores beneficios económicos para los agricultores al reducir la inversión en insumos y potencialmente mejorar la calidad y el volumen de la cosecha (Anugrah & Safahi, 2021). Si se logra determinar una dosis óptima de aplicación, se crearían oportunidades para la optimización de recursos, lo que podría traducirse en márgenes de ganancia más elevados para los productores agrícolas (Abbas et al., 2022).

Justificación Ambiental

El manejo de residuos orgánicos es uno de los grandes retos ambientales del siglo XXI; en este sentido, la cáscara de huevo constituye un residuo altamente disponible, pero subvalorado, que se genera en grandes cantidades, tanto en los hogares como en la industria alimentaria (Laohavisuti et al., 2021). Este estudio propone una solución doble: por un lado, se promueve el reciclaje de un desecho que de otro modo podría terminar en vertederos, contribuyendo a la disminución de residuos sólidos; por otro lado, se fomenta la práctica de la fertilización orgánica, que reduce la dependencia de productos químicos y los efectos negativos que estos tienen sobre el suelo y el agua (Lai et al., 2023).

Los fertilizantes químicos, aunque efectivos, generan problemas graves de contaminación cuando se aplican en exceso, provocando eutrofización en cuerpos de agua y pérdida de biodiversidad (Siahaan et al., 2024); en cambio, el uso de la cáscara de huevo podría mitigar estos impactos al ofrecer una opción más amigable con el medio ambiente, rica en carbonato de calcio y otros nutrientes esenciales, sin los efectos adversos de los productos sintéticos (Sugirtha & Sargunan, 2019).

Justificación Académica

Desde un punto de vista académico, esta investigación contribuye a la generación de nuevo conocimiento sobre el uso de fertilizantes orgánicos, un área que requiere más estudios empíricos para validar su eficacia y comprender los mecanismos por los cuales influyen en el crecimiento de las plantas (Chowdhury & Sarkar, 2023). La investigación de las propiedades físico-químicas de la cáscara de huevo permitirá comprender mejor su composición y su potencial como enmienda del suelo, lo que podría abrir nuevas líneas de investigación en torno al uso de residuos orgánicos como fertilizantes (Ruangjanda et al., 2022).

Además, este estudio aporta datos relevantes sobre la dosificación y su impacto en el rendimiento de un cultivo específico (*Raphanus sativus*), lo que puede servir de base para futuras investigaciones con otros cultivos y tipos de residuos. En un contexto donde la investigación agrícola está orientada cada vez más hacia la sostenibilidad y la búsqueda de soluciones ecológicas, este estudio podría posicionarse como un referente para futuras exploraciones en el campo de los fertilizantes naturales (Cozma et al., 2023).

Relevancia Práctica

Finalmente, la investigación tiene una aplicación inmediata y práctica, tanto en el ámbito agrícola como en el manejo de residuos; en ese sentido, al establecer una metodología clara para el uso de la cáscara de huevo como fertilizante y al evaluar sus efectos en el desarrollo de *Raphanus sativus*, el estudio puede ser replicado en otras regiones y con otros cultivos, lo que incrementa su valor y aplicabilidad a diferentes contextos; asimismo, la información obtenida será útil para agricultores, técnicos agrícolas y responsables de políticas públicas que buscan alternativas más sostenibles y económicas para mejorar la productividad agrícola sin comprometer la salud del medio ambiente.

1.5. Formulación del problema

¿La cascará de huevo tendrá algún efecto significativo como fertilizante en el desarrollo de *Raphanus sativus*?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de la cascara de huevo como fertilizante en el desarrollo de *Raphanus sativus*.

1.6.2. **Objetivos específicos**

Describir la composición físico-químicas de la cáscara de huevo utilizada como fertilizante.

Determinar la dosis óptima de la cáscara de huevo aplicada en parcelas como fertilizante en el desarrollo de *Raphanus sativus*.

Establecer el desarrollo de *Raphanus sativus* fertilizado con cáscara de huevo.

1.7. **Hipótesis**

El uso de la cáscara de huevo como fertilizante tiene un efecto positivo en el desarrollo del *Raphanus sativus* en comparación con las plantas no fertilizadas.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Aplicada, porque el propósito principal es generar conocimientos prácticos que puedan ser utilizados para resolver problemas concretos en el ámbito agrícola y ambiental. (Florian, 2014). El objetivo central de esta investigación es aplicar conocimientos previos sobre la cáscara de huevo, su composición y sus propiedades físico-químicas para desarrollar un fertilizante orgánico que mejore el crecimiento de un cultivo específico, *Raphanus sativus*. Se busca proporcionar una solución directa y eficiente a dos problemas reales: (1) El manejo de residuos orgánicos, particularmente la cáscara de huevo, que es desechada en grandes cantidades y tiene un potencial subutilizado. (2) La necesidad de fertilizantes accesibles y ecológicos para mejorar la productividad agrícola, especialmente para pequeños y medianos productores que no pueden costear fertilizantes sintéticos.

2.2. Enfoque de la investigación

Cuantitativo, ya que busca medir de manera objetiva el efecto de la cáscara de huevo como fertilizante en el desarrollo de *Raphanus sativus*. El objetivo principal es evaluar si existen diferencias significativas en el desarrollo y rendimiento de la planta, utilizando como base la recopilación y análisis de datos numéricos que se obtendrán a través de la observación y la experimentación. El enfoque cuantitativo se justifica porque permite establecer relaciones causa-efecto de manera precisa, proporcionando resultados que pueden ser generalizados a otros contextos similares (Vargas, 2009). Además, facilita la estandarización de las variables a estudiar, lo que es esencial en un experimento donde se compararán diferentes dosis de cáscara de huevo como fertilizante (Alvarez, 1987).

2.3. Nivel de la investigación

Explicativo, ya que busca no solo describir un fenómeno (el desarrollo del *Raphanus sativus* al ser fertilizado con cáscara de huevo), sino también explicar por qué ocurre dicho fenómeno, identificando las causas del mismo. Se pretende investigar cómo y por qué la cáscara de huevo afecta el desarrollo de la planta, mediante la medición de diversas variables (por ejemplo, propiedades físico-químicas del fertilizante, dosis óptimas, rendimiento de la planta). Este nivel de investigación es el adecuado cuando se busca establecer relaciones entre variables y determinar las causas que subyacen en ciertos resultados observados (Schwarz, 2017).

2.4. Alcance de la investigación

Experimental, con un énfasis en el control riguroso de las variables. En este tipo de investigaciones, se manipulan las condiciones bajo las cuales se desarrolla el fenómeno para observar los efectos que provoca una variable independiente (la cáscara de huevo como fertilizante) sobre una o varias variables dependientes (desarrollo y rendimiento del *Raphanus sativus*). Se establecerán varias parcelas experimentales en las que se aplicarán diferentes dosis de cáscara de huevo, permitiendo comparar el efecto de este insumo en cada tratamiento.

Este alcance es el más adecuado para probar hipótesis sobre relaciones causa-efecto, permitiendo al investigador controlar otras variables que puedan influir en el crecimiento del *Raphanus sativus*, asegurando así que cualquier diferencia observada en el desarrollo de la planta pueda ser atribuida con mayor certeza al uso de la cáscara de huevo (Sampieri, 2018).

La población de este estudio estará constituida por todas las plantas de *Raphanus sativus* (rábano) que puedan ser cultivadas bajo condiciones controladas en parcelas experimentales en la región de Cajamarca.

En términos más amplios, la población también abarca las diversas unidades de terreno agrícola que podrían ser aplicadas en futuros estudios o prácticas de campo; así también, incluye las cáscaras de huevo utilizadas como fertilizante, que se obtendrán de fuentes previamente identificadas, como industrias avícolas o residuos domésticos; sin embargo, para los fines experimentales del presente estudio, la población relevante se limita a las plantas y las parcelas seleccionadas para la experimentación (Summerhayes et al., 2021)

2.6. Muestra

La muestra será un subconjunto de la población y consistirá en una selección de plantas de *Raphanus sativus* que serán cultivadas en parcelas experimentales dentro de un área de 4m². La muestra se determinará utilizando un muestreo no probabilístico intencional, dado que se busca la selección de plantas que se sometan a un control riguroso de variables experimentales (Zainal et al., 2020).

Las parcelas experimentales se dividirán en varios grupos de tratamiento que incluirán: (1) Un grupo control, donde no se aplicará fertilizante de cáscara de huevo. (2) Tres grupos experimentales con diferentes dosis de cáscara de huevo como fertilizante (250g/m², 500g/m² y 1000g/m²).

Cada grupo de tratamiento estará compuesto por un número representativo de plantas, con un tamaño de muestra suficiente para garantizar la validez estadística de los resultados. Cada grupo de tratamiento y el grupo control incluirán 30 plantas, lo que permitirá realizar un análisis estadístico robusto y confiable, como análisis de varianza (ANOVA) para comparar los efectos de las distintas dosis de cáscara de huevo en el desarrollo de *Raphanus sativus*.

Criterios de selección de la muestra:

- Las plantas seleccionadas para el estudio serán homogéneas en tamaño y edad al inicio del experimento, asegurando que las diferencias observadas en el crecimiento se deban únicamente a la variable del fertilizante.
- Las parcelas experimentales deberán contar con condiciones similares de suelo, luz, humedad y temperatura, para minimizar la influencia de variables externas.
- Las cáscaras de huevo utilizadas se someterán a un tratamiento previo (lavado y triturado) para asegurar que todas las muestras de fertilizante tengan características físicas similares.

2.7. Variables

2.7.1. Variable independiente:

Uso de cascara de huevo como fertilizante en la siembra de rabanito.

2.7.2. Variable dependiente:

Desarrollo de *Raphanus sativus*.

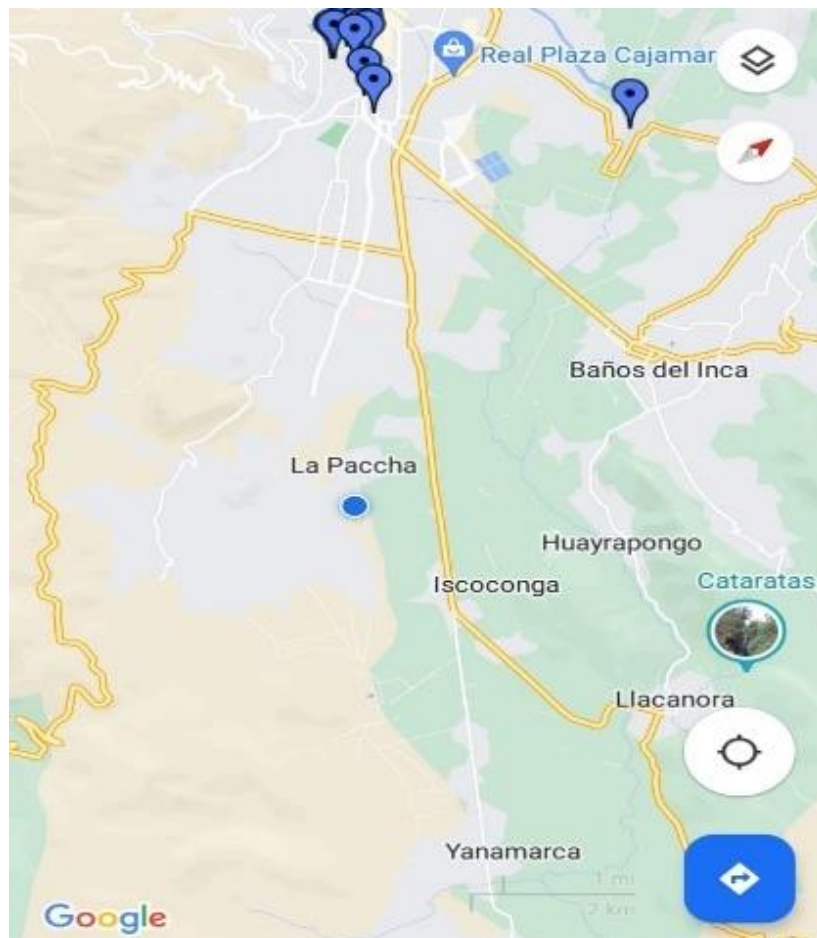
El ensayo experimental se llevó a cabo en la ciudad de Cajamarca

2.9. Zona geográfica del trabajo de investigación

El lugar donde se realizará los cultivos de rabanito es en “Huacariz. San Antonio”,
carretera a la colpa – Cajamarca.

Figura 1.

Imagen satelital del lugar del experimento





2.10. Procedimiento experimental

Preparación del terreno

El Terreno utilizado para la siembra de rabanito es de 4 m², donde se cabo la tierra a una profundidad de 30 cm y se procedió a abonar a las parcelas P2 (250g), P3 (500g) y P4 (1000g) con cascará de huevo (molido) revolviendo la tierra homogéneamente en cada parcela; acto seguido se regará con una solución de vinagre al 3% v/v (30 mL/1 L agua), se dejará reposar 24 horas, para realizar la siembra de rabanito y 1 vez por semana se regará con la solución de vinagre/agua hasta llegar a su cosecha

Siembra

Se procedió a sembrar las semillas de rabanito en cada parcela (P1, P2, P3, P4), con un espacio de 20 cm entre cada una, obteniendo 30 plantas sembradas por metro cuadrado en cada parcela de aproximadamente 1 m² cada una, preparadas dentro de una misma área de cultivo experimental. Cada parcela se

Tratará con diferentes dosis de cáscara de huevo para evaluar su efecto en el desarrollo de *Raphanus sativus*.

Control de plagas (Fumigante orgánico)

Existen diversos métodos o técnicas de control como lo es el control cultural, biológico, etológico, mecánico, físico, químico, legal y genético. Todas estas se realizan con la finalidad de mantener las poblaciones de plagas bajo un nivel en el cual no cause un daño económico.

Se realizó el control con cultural eliminando de plantas hospederas de las plagas de nuestros cultivos como las malezas que van apareciendo entre las plantas de rabanitos y también insecticidas botánicos, estos insecticidas se obtienen de extractos, infusiones o polvos de plantas, para esta investigación se utilizó con vinagre de manzana diluido en agua (30 mL por litro) y se roció por encima de las plantas.

Recolección de datos

Los rabanitos luego de ser sembrados y una vez llegados a su tiempo de madurez (30 - 45 días) se procede a cosechar y realizar las evaluaciones del diámetro, longitud, de la planta, raíz y hojas, además se realizará una medición de peso total en fresco de las raíces de cada parcela con diferente adición de cultivo orgánico (cascará de huevo).

Tabla 2 Recopilado de las Raíces de Rabanito sembradas.

	Instrumento	Unidad de medida
Diámetro	Regla	Centímetro
Longitud	Regla	Centímetro
Peso fresco	Balanza	Gramos

2.11. Análisis de Datos

Para el análisis de los datos se realizará un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 4 formulaciones (P1, P2, P3 y P4).

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza con un nivel de significancia del 95%. En caso de existir diferencias significativas ($P \leq 0,05$) se realizará el test de rango múltiple de Tukey al 95% de confianza.

Para lo cuál se empleará se empleará el Software Estadístico SPSS Statistics 25.

Tabla 3 Tratamientos Realizados con la Cascara de Huevo en las Diferentes Parcelas.

Parcelas	Proporción en gramos de cascara de huevo por metro cuadrado
1	0
2	250
3	500
4	1000

2.12. Aspectos Éticos.

El uso de recursos naturales, como el agua y el suelo, se realizó de manera responsable y sostenible, respetando las regulaciones locales sobre conservación ambiental; además, las cáscaras de huevo empleadas fueron recolectadas a partir de

residuos domésticos, asegurando que el estudio no promoviera prácticas perjudiciales o insostenibles en cuanto al manejo de residuos.

El experimento se enfocó exclusivamente en plantas (*Raphanus sativus*), y en todo momento se respetaron los principios éticos asociados al manejo de seres vivos en investigaciones científicas, asimismo, no se realizaron prácticas que pusieran en riesgo la biodiversidad o el ecosistema circundante; finalmente, los desechos vegetales producidos al final del experimento fueron tratados adecuadamente, y las parcelas de cultivo fueron restauradas para evitar cualquier impacto negativo en el medio ambiente.

Se garantizó que todos los resultados obtenidos en el estudio fueran presentados de manera transparente, sin manipulación ni ocultamiento de datos que pudieran alterar la interpretación de los hallazgos; además, se respetaron los derechos de autor y se citaron adecuadamente las fuentes bibliográficas y científicas que respaldaron la investigación.

El estudio, en su esencia, promovió la sostenibilidad y la agricultura ecológica, por lo que se procuró que los métodos utilizados para elaborar el fertilizante orgánico (cáscara de huevo) no generaran ningún tipo de impacto negativo ni incrementaran el volumen de residuos en el ambiente. Además, se siguieron buenas prácticas agrícolas para asegurar que el experimento fuera respetuoso con el entorno (FAO, 2020).

2.13. Técnicas e instrumentos de recolección.

Análisis Documental

El análisis documental es una forma de investigación técnica, un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada sistemática para facilitar su recuperación. Comprende el procesamiento analítico- sintético que, a su vez, incluye la descripción bibliográfica y general de la fuente, la clasificación, indización, anotación, extracción, traducción y la confección de reseñas (Dulzaides, 2004).

Semilla

Se utilizó semillas de rabanito de variedad “Crimson Giant” compradas en la ciudad de Cajamarca, teniendo en cuenta la calidad de las semillas, previa selección.

Tabla 4 Ficha Técnica de las semillas de Rabanito.

Ficha técnica de las semillas de rabanito	
Nombre de la empresa	AGP Semillas
Origen	Francia
Importador	AGP.S.A.C
Sitio web	www.agpsac.com
Teléfono	01-430-3111-004-448733
Correo	marketing agpsac.com
Productor	GSN SEMENCES
Especie	Raphanus sativus
Clase	No certificada
Variedad	Crimpsom
Lote	G2101341
Peso Neto	600 g
Fecha de análisis	Junio – 2021

Pureza mínima	99%
Germinación mínima	85%
Tratamiento	Desinfección
Fecha de envase	Enero 2022

- Se realizó la recolección de cáscara de huevo acopiando como material de desecho solido domiciliario en Cajamarca teniendo en cuenta que la cascara recolectada no contenga restos de clara y/o yema.

Materiales de laboratorio

- **Balanza gramera:** se utilizó para pesar la cascara de huevo molida, las raíces de rabanito luego de ser cosechadas y poder obtener su peso por cada parcela sembrada.

Tabla 5 Ficha Técnica de la Balanza Gramera

Ficha técnica de la balanza gramera	
Marca	Orys
Linea	Cocina
Modelo	SF – 400
Color	Blanco
Capacidad maxima	10 kg
Tipo de balanza	Digital
Sensibilidad de la balanza	1 g
Tipo de alimentación	Pila
Material del recipiente	Plástica
Tamaño de pila	AA

- **Molino de granos eléctrico:** Se utilizo para pulverizar la cascara de huevo y favorecer que pueda mezclarse de forma más eficiente en el suelo.

Tabla 6 Ficha Técnica del Molino de Granos Eléctrico.

Ficha técnica del molino de granos eléctrico	
Marca	Generica
Material	Acero inoxidable
Voltaje	220 V – 240 V
Enchufe	UE
Fuente de energía	AC220V, 50-60HZ
Potencia del motor	200 W
Velocidad del motor	14500 r.p.m
Control del interruptor	Boton pulsador
Modelo	UNICO
Tamaño	(L) x (H) 17 cm x 10,3 cm

Materiales de gabinete

- **Laptop:** Se utilizó para armar, guardar, ordenar, recolectar información y datos de la presente investigación.
- **Internet:** Se descargó, comparo información en pdfs acerca del rabanito, siembra, cosecha, cultivo.
- **Memoria USB:** Utilizado para trasladar, guardar información acerca de la presente investigación.
- **Cámara:** Se utilizo para fotografiar el proceso de sembrado, riego, cosecha, de las raíces de rabanito.
- **Hojas bond:** en esta investigación ayudo para recolección de datos de las raíces de rabanito al momento cosecharlas, clasificarlas (P1, P2, P3 y P4) y midiendo la longitud de la planta, raíz, hoja, diámetro
- **Lapicero:** Útil para escribir los datos recolectados.

- **Lápiz:** Útil para escribir los datos recolectados
- **Marcador:** Útil para resaltar los datos más altos en las raíces cosechadas
- **Regla:** Se utilizó la regla para medir las raíces de rabanito luego de ser cosechadas, se midió longitud de la planta, longitud de la raíz, hojas, diámetro de la raíz, diámetro de las hojas
- **Wincha:** Se utilizó para medir el terreno de 1m x 1m de cada parcela y siembra de las raíces de rabanito cada 20 cm
- **Cordel:** facilita la delimitación de cada parcela medida sin que presente curvas, reveses, disminuir el margen de error limitante.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Descripción de la composición de la cascara de huevo.

Tabla 7. Composición Físicoquímica de la Cascara de Huevo.

Parámetro	Cáscara de huevo
Humedad (%)	0.46
Proteína (%)	3.92
Ceniza (%)	94.61
Grasa (%)	0.35
Calcio (%)	34.12
Magnesio (%)	0.29
Fósforo (%)	0.04
Potasio (%)	0.03
Sodio (%)	0.05
Cobre (mg/L)	< 1
Hierro (mg/L)	22
Manganeso (mg/L)	<
Zinc (mg/L)	<

Nota. Tomado de “Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática” (Bedoya Salazar Esp. et al., 2020).

La cáscara de huevo de gallina representa entre el 10 y el 12% de su peso; además, está conformada por un 95% de compuestos minerales, su componente mayoritario, el carbonato de calcio http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-42972020000200106 corresponde entre un 94% a un 98% de su peso total; en ese

contexto, la cáscara de huevo como residuo agroindustrial es una alternativa para el desarrollo de nuevos productos y como reemplazo de ingredientes en formulaciones ya existentes; asimismo, su aprovechamiento contribuye a disminuir el impacto ambiental que genera este residuo (Bedoya, 2020).

3.2. Determinación de la dosis óptima de la cáscara de huevo.

En la Tabla 8, se observa una comparación clara del rendimiento de *Raphanus sativus* a diferentes dosis de cáscara de huevo por metro cuadrado, mostrando que la dosis óptima corresponde a la Parcela 4 con una aplicación de 1000 g/m² de cáscara de huevo; esta dosis resultó en el mayor rendimiento, alcanzando 2431,9 kg por hectárea, un incremento significativo en comparación con las otras parcelas. La progresión en los valores de rendimiento sugiere una respuesta positiva y proporcional del cultivo al incremento en la dosis, hasta alcanzar un punto óptimo en la Parcela 4, donde el rendimiento se maximiza.

Tabla 8. Rendimiento Kg/m² de *Raphanus sativus*

Parcela	Dosis	Peso en gramos por m ²	Peso en Kg por hectárea
1	0 g	76,24	762,4
2	250 g	172,21	1721,1
3	500 g	210,19	2109,1
4	1000 g	243,19	2431,9

3.3. Desarrollo de *Raphanus sativus* fertilizado con cáscara de huevo

3.3.1. Longitud de las plantas de rabanito (*Raphanus sativus*)

En la tabla 9, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la longitud del rabanito, los cuales indican que existe significación estadística para las formulaciones, dado que, el valor de significación ($p\text{-valor} = 3,07 \times 10^{-10}$) es menor al 0,05. Este resultado indica que existen diferencias altamente significativas entre las parcelas con respecto a su longitud de la planta, es decir, que las parcelas de rabanito evaluadas presentaron mayor crecimiento de las plantas en una o más parcelas. Al realizar la prueba de Tukey al 95% de confianza (Tabla 10), se observa que los resultados obtenidos con respecto a las longitudes de las plantas con las parcelas 1 (0 g de cascara de huevo) y parcela 2 (250 g de cascara de huevo) son 5,8467 y 5,9367 cm, respectivamente, por lo tanto, son estadísticamente iguales; mientras que la parcela 2 (250 g de cascara de huevo) y parcela 3 (500 g de cascara de huevo) tuvieron valores promedio de 5,9367 y 7,4167 cm respectivamente, siendo estadísticamente iguales; finalmente, la parcela 3 (500 g de cascara de huevo) y parcela 4 (1000 g de cascara de huevo) cuyos valores promedios son 7,4167 y 7,5441 cm, respectivamente son estadísticamente iguales. Estos resultados indican que las parcelas presentaron mayor longitud con la proporción de cascara de huevo, tal como se muestra en los sub conjuntos 2 y 3 pertenecientes a las parcelas 2, 3 y 4.

Tabla 9 Análisis de Varianza (ANOVA) para la Longitud de la Planta de Rabanito

(*Raphanus sativus*) (Datos transformados con \sqrt{X}).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F calculado	p-valor
Formulación	76,084	3	25,361	4,912	$3,07 \times 10^{-10}$
Error	598,930	116	5,163		
Total	675,014	119			

Tabla 10 Prueba de Significación de Tukey al 95% de Confianza, para Longitud de la Planta.

Parcela	Sub conjunto 1	Subconjunto 2	Subconjunto 3
1	5,8467		
2	5,9367	5,9367	
3		7,4167	7,4167
4			7,5441
Sig.	0,999	0,062	0,996

3.3.2. Longitud de las hojas de rabanito (*Raphanus sativus*)

En la tabla 11, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de las hojas de rabanito, los cuales indican que existe significación estadística para las formulaciones, dado que, el valor de significación ($p\text{-valor} = 2,18 \times 10^{-12}$) es menor al 0,05. Este resultado indica que existen diferencias altamente significativas entre las parcelas, es decir, que las parcelas de rabanito evaluadas presentaron mayor crecimiento de las hojas en una o más parcelas.

Al realizar la prueba de Tukey al 95% de confianza (Tabla 12), se observa que los resultados obtenidos en cuanto a las longitudes de las hojas en las parcelas 1 (0 g de

cáscara de huevo) con 9,7800 cm es diferente de las parcelas 2, 3 y 4. La parcela 2 (250 g de cáscara de huevo), parcela 3 (500 g de cáscara de huevo), parcela 4 (100 g de cáscara de huevo) presentan valores promedio de 14,1100, 15,8467 y 15,9500 cm, siendo estadísticamente iguales. Estos resultados indican que las parcelas presentaron mayor longitud de hoja con la proporción de cáscara de huevo en las parcelas 2, 3 y 4.

Tabla 11 Análisis de Varianza (ANOVA) para la Longitud de las Hojas de Rabanito (*Raphanus sativus*) (Datos transformados con \sqrt{X}).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F calculado	p-valor
Formulación	750,259	3	250,086	24,590	$2,18 \times 10^{-12}$
Error	1179,745	116	10,170		
Total	1930,004	119			

Tabla 12 Prueba de Significación de Tukey al 95% de Confianza, para Longitud de las Hojas de Rabanito (*Raphanus sativus*).

Parcela	Sub conjunto 1	Subconjunto 2
1	9,7800	
2		14,1100
3		15,8467
4		15,9500
Sig.	1	0,120

3.3.3. Longitud de las raíces de rabanito (*Raphanus sativus*)

En la tabla 13, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de las raíces de rabanito, los cuales indican que existe significación estadística para las formulaciones, dado que, el valor de significación (p-valor = $1,5 \times 10^{-9}$) es menor al 0,05. Este resultado indica que existen diferencias altamente significativas entre las formulaciones con respecto a su longitud, es decir, que las raíces de rabanito presentaron diferente crecimiento de las raíces utilizando la cascara de huevo como cultivo.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (tabla 14), se observa que los resultados obtenidos con la Parcela 1 (0 g de cascara de huevo por metro cuadrado) y Parcela 2 (250 g de cascara de huevo por metro cuadrado) cuyas longitudes promedio de las raíces son 5,8467 y 6,9300 cm, respectivamente, siendo estadísticamente iguales. La Parcela 2 y Parcela 3 (500 g de cascara de huevo por metro cuadrado) presentan valores promedio de 6,9300 y 7,4167 cm formando el subconjunto 2, que son estadísticamente iguales. El subconjunto 3 con valores de 9,4233 corresponde a la parcela 4 (1000 g de cascara de huevo por metro cuadrado) la cual presenta mayor longitud de raíz. Estos resultados indican que las raíces de rabanito presentaron mayor desarrollo en el crecimiento de las raíces en la Parcela 4, seguido de la parcela 3 y 2 en comparación con la parcela 1.

Tabla 13 Análisis de Varianza (ANOVA) para la Longitud de las Raíces (*Raphanus sativus*) (Datos transformados con \sqrt{X}).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F calculado	p-valor
Formulación	76,084	3	25,361	4,912	$1,5 \times 10^{-9}$
Error	598,930	116	5,163		
Total	675,014	119			

Tabla 14 Prueba de Significación de Tukey al 5% de Probabilidad, para la Longitud de las Raíces de Rabanito (*Raphanus Sativus*).

Muestra	Subconjunto 1	Subconjunto 2	Subconjunto 3
1	5,8467		
2	6,9300	6,9300	
3		7,4167	
4			9,4233
Sig	0,142	0,768	1

3.3.4. Ancho de las hojas de rabanito (*Raphanus sativus*)

En la tabla 15, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de las raíces de rabanito, los cuales indican que existe significación estadística para las formulaciones, dado que, el valor de significación (p-valor = $6,28 \times 10^{-15}$) es menor al 0,05. Este resultado indica que existen diferencias altamente significativas entre las formulaciones con respecto al ancho de las hojas, es decir, que

las hojas de rabanito presentaron diferente anchura de las hojas utilizando la cascara de huevo como cultivo.

Al realizar la prueba de Tukey al 95% de confianza (Tabla 16), se observa que los resultados obtenidos con respecto al ancho de hojas en las parcelas 1 (0 g de cascara de huevo) con valor promedio de 3,1300 cm es diferente de las parcelas 2, 3 y 4. La parcela 2 (250 g de cascara de huevo), parcela 3 (500 g de cascara de huevo), parcela 4 (100 g de cascara de huevo) presentan valores de 4,5533, 5,1133 y 5,1600 cm siendo estadísticamente iguales. Estos resultados indican que las parcelas que presentaron mayor anchura de las hojas con la proporción de cascara de huevo son las parcelas 2, 3 y 4.

Tabla 15 Análisis de Varianza (ANOVA) para el Ancho de las Hojas (Datos Transformados con \sqrt{X}).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F calculado	p-valor
Formulación	80,732	3	26,911	31,384	$6,28 \times 10^{-15}$
Error	99,464	116	0,857		
Total	180,196	119			

Tabla 16 Prueba de Significación de Tukey al 5% de Probabilidad, para el Ancho de las Hojas.

Muestra	Subconjunto 1	Subconjunto 2
1	3,1300	
2		4,5533
3		5,1133
4		5,1600
Sig	1	0,59

3.3.5. Diámetro de las raíces de rabanito (*Raphanus sativus*)

En la tabla 17, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de las raíces de rabanito, los cuales indican que existe significación estadística para las parcelas, dado que, el valor de significación ($p\text{-valor} = 2,8 \times 10^{-5}$). Este resultado indica que existe diferencias altamente significativas entre las Parcelas con respecto a su diámetro.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (tabla 18), se observa que los resultados obtenidos con respecto al diámetro de las raíces en la Parcela 1 (0 g de cascara de huevo por metro cuadrado) con un valor promedio de 1,0767 cm, es estadísticamente diferentes de las parcelas 2, 3 y 4 con valores de 2,4000, 2,9500 y 3,1667 cm, respectivamente; que están conformando el subconjunto 2, estas parcelas son estadísticamente iguales. Los resultados obtenidos indican que las raíces de rabanito presentaron mayor desarrollo en su diámetro en las raíces en las Parcela 2, 3 y 4 en comparación con la parcela 1.

Tabla 17 Análisis de Varianza (ANOVA) para el Diámetro de las Raíces de Rabanito (*Raphanus sativus*) (Datos transformados con \sqrt{X}).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrada	F calculado	p-valor
Formulación	79,244	3	26,415	8,752	$2,8 \times 10^{-5}$
Error	350,095	116	3,018		
Total	429,340	119			

Tabla 18 Prueba de Significación de Tukey al 5% de Probabilidad, para el Diámetro de las Raíces de Rabanito (*Raphanus sativus*).

Muestra	Subconjunto 1	Subconjunto 2
1	1,0767	
2		2,4000
3		2,9500
4		3,1667
Sig	1,000	0,324

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusiones

Se realizó un estudio respecto al efecto del uso de la cáscara de huevo como fertilizante en el desarrollo de *Raphanus Sativus*.

En el cual se puede los resultados obtenidos en este estudio muestran que el uso de la cáscara de huevo como fertilizante tiene un efecto positivo y significativo en el desarrollo de *Raphanus sativus*. Las plantas tratadas con cáscara de huevo presentaron mejoras en todas las variables evaluadas: longitud de la planta, longitud y ancho de las hojas, longitud y diámetro de las raíces, y rendimiento total por hectárea. Estos hallazgos confirman que la cáscara de huevo, rica en calcio, es un fertilizante eficaz que contribuye al crecimiento y desarrollo de las plantas; además, el análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas de significación de Tukey indican que las dosis más altas de cáscara de huevo (500 g/m² y 1000 g/m²) generan un crecimiento significativamente mayor en comparación con el control (0 g/m²) y la dosis intermedia (250 g/m²). Estos resultados son consistentes con estudios previos, como el de Bedoya (2020), quien resalta que la cáscara de huevo, al ser una fuente rica en calcio, mejora la estructura del suelo y promueve un desarrollo saludable de las raíces. La aplicación de cáscara de huevo también coincide con lo reportado por Quispe (2018), quien observó un aumento significativo en la productividad de cultivos como *Zea mays* debido a la corrección del pH del suelo y la mejora de la disponibilidad de nutrientes gracias al calcio; así también, en cuanto a la autenticidad de los datos, los resultados obtenidos en este experimento son sólidos y estadísticamente significativos. El diseño experimental controlado permitió aislar el efecto de la cáscara de huevo, lo que garantiza que las mejoras observadas en las plantas de *Raphanus sativus*

son atribuibles a este fertilizante; las diferencias en el crecimiento de las plantas entre las distintas dosis se correlacionan de manera lógica con el incremento de calcio disponible, lo que fortalece la validez de los resultados. Comparando estos hallazgos con otros estudios, se observa que la cáscara de huevo ofrece ventajas similares a otros fertilizantes ricos en calcio, como los productos comerciales de calcio foliar (Laohavisuti et al., 2021). Vaca (2019) reporta que la aplicación de calcio a partir de cáscaras de huevo en el cultivo de fresa mejora el desarrollo de las hojas y el número de centros florales. De manera similar, en este estudio, se observa que las plantas de *Raphanus sativus* tratadas con dosis altas de cáscara de huevo presentan un mayor desarrollo foliar y un rendimiento significativamente superior en comparación con el grupo control; esto indica que la cáscara de huevo es una alternativa viable para mejorar la productividad agrícola de forma sostenible y económica; a su vez, en términos de significación, los resultados no solo confirman la hipótesis inicial, sino que también destacan la importancia del calcio en el desarrollo integral de las plantas, siendo este nutriente esencial para el fortalecimiento de las paredes celulares, la división celular en las raíces, y la mejora en la absorción de agua y nutrientes. En suma, la aplicación de cáscara de huevo ha demostrado ser una estrategia eficiente para optimizar el crecimiento de *Raphanus sativus*, con mejoras significativas en la biomasa total y la salud general de las plantas; además, al ser un recurso orgánico y de bajo costo, su uso contribuye a la sostenibilidad agrícola y la reducción de residuos orgánicos.

Por otro lado, la composición físico-química de la cáscara de huevo, presentada en la Tabla 7, revela que este material contiene un alto porcentaje de compuestos minerales, siendo el carbonato de calcio (CaCO_3) su componente principal con un 94.61% de ceniza, lo que indica su alto potencial como fuente de calcio. Estos resultados

son consistentes con estudios previos que destacan el carbonato de calcio como el principal elemento presente en la cáscara de huevo, haciéndolo adecuado para la corrección de suelos ácidos y la fertilización de plantas (Bedoya et al., 2020; Quispe, 2018). En términos de su efectividad como fertilizante, la alta concentración de calcio en la cáscara de huevo es significativa; siendo crucial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que contribuye a la estabilización de las paredes celulares y mejora la absorción de nutrientes esenciales; según investigaciones previas, la adición de calcio a las plantas, ya sea mediante cáscaras de huevo u otros métodos, favorece el desarrollo de zonas meristemáticas, promoviendo un crecimiento saludable de raíces y hojas (Cozma et al., 2023; Herrera, 2007). Además, se observa que el contenido de otros minerales como magnesio (0.29%) y fósforo (0.04%) en la cáscara de huevo también puede influir en el crecimiento de las plantas, aunque en menor medida comparado con el calcio; sin embargo, la baja presencia de potasio (0.03%) y sodio (0.05%) sugiere que la cáscara de huevo no es una fuente principal de estos elementos, lo cual puede ser una limitación si se requiere un fertilizante más completo en términos de macronutrientes. Los resultados obtenidos son coherentes con los estudios de Quispe (2018), quien reportó que la aplicación de cáscara de huevo en suelos ácidos mejoró el pH del suelo y aumentó la disponibilidad de calcio para las plantas; esto respalda la autenticidad de los resultados obtenidos en esta investigación, donde la cáscara de huevo ha demostrado ser eficaz como fuente de calcio en su uso como fertilizante, cumpliendo con el objetivo de mejorar la estructura y el desarrollo de las plantas (Domrongpökkaphan et al., 2024). Asimismo, los resultados son significativos porque ofrecen una solución sostenible y económica para el manejo de residuos orgánicos, transformando la cáscara de huevo en un insumo valioso

para la agricultura; su uso contribuye a la reducción de desechos sólidos y promueve la agricultura ecológica, alineándose con prácticas agrícolas más sostenibles.

De acuerdo a los resultados, la dosis óptima de la cáscara de huevo como fertilizante medido en función de las dosis de cáscara de huevo aplicadas, tabla 8, demuestra que el rendimiento de las raíces de *Raphanus sativus* por hectárea, muestra una tendencia clara de incremento conforme se aumenta la cantidad de cáscara de huevo utilizada como fertilizante. La Parcela 4, con 1000 g/m², presenta el mayor rendimiento con 24,319 kg/ha, seguido por la Parcela 3 con 500 g/m² (21,019 kg/ha) y la Parcela 2 con 250 g/m² (17,221 kg/ha). En contraste, la Parcela 1 (control, sin aplicación de cáscara de huevo) muestra el rendimiento más bajo con 7,624 kg/ha; estos resultados indican que la aplicación de cáscara de huevo tiene un impacto positivo y significativo en el rendimiento de las raíces de *Raphanus sativus*, respaldando la hipótesis de que el calcio, en forma de acetato de calcio, mejora el desarrollo de las plantas. El incremento en la producción de biomasa en las parcelas con cáscara de huevo puede atribuirse a la capacidad del calcio para mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo, tales como la estructura y permeabilidad, lo que facilita una mejor absorción de nutrientes por las raíces (Quispe, 2018). Estos resultados están alineados con lo reportado por Bedoya (2020), quien destaca el alto contenido de calcio en la cáscara de huevo como un fertilizante eficaz para suelos deficientes en este nutriente. Además, el hecho de que la mayor dosis (1000 g/m²) obtenga el rendimiento más alto sugiere que la disponibilidad de calcio es proporcional al crecimiento y desarrollo de las raíces, lo que confirma la relación directa entre la cantidad de cáscara aplicada y el rendimiento obtenido. Desde una perspectiva comparativa, estudios como el de Vaca (2019), que analiza la aplicación de calcio en otros cultivos, también corroboran la importancia de este nutriente en la mejora del rendimiento

agrícola. En ese sentido, la cáscara de huevo, como fuente de calcio fácilmente disponible, actúa de manera similar a otros fertilizantes cálcicos, pero con la ventaja adicional de ser un recurso sostenible y de bajo costo. Asimismo, los resultados coinciden con investigaciones de García (2019), quien observó mejoras significativas en cultivos fertilizados con enmiendas ricas en calcio, destacando su efecto positivo en el desarrollo radicular y en la resistencia de las plantas a factores de estrés. En términos de significación, los resultados son coherentes con el objetivo de la investigación, que busca determinar la dosis óptima de cáscara de huevo para el desarrollo de *Raphanus sativus*; además, la dosis de 1000 g/m² se presenta como la más efectiva en términos de rendimiento, mostrando un aumento significativo en comparación con las dosis menores y el control; sin embargo, es importante considerar el balance costo-beneficio de la aplicación de esta dosis en condiciones de campo a mayor escala, ya que la diferencia entre las parcelas con 500 g/m² y 1000 g/m², aunque significativa, podría no justificar el uso de la dosis más alta en todos los casos.

En cuanto a los resultados para establecer el desarrollo de *Raphanus sativus* fertilizado con cáscara de huevo, se evidencian diferencias significativas en las distintas variables de crecimiento evaluadas. En cuanto a la longitud de las plantas, las Tablas 9 y 10, muestran que las parcelas con mayor cantidad de cáscara de huevo (parcelas 3 y 4) presentan longitudes superiores, alcanzando valores promedio de 7,417 cm y 7,544 cm respectivamente. Esto demuestra que el calcio derivado de la cáscara de huevo, aplicado como acetato de calcio, favorece el crecimiento longitudinal de las plantas. Según (Pérez et al., 2024), el calcio es un nutriente esencial que influye en el desarrollo de la planta, especialmente en las etapas tempranas de crecimiento, lo cual está alineado con los resultados obtenidos. Además, estos resultados coinciden con los hallazgos de (Vaca,

2019), quien señala que la aplicación de calcio en cultivos mejora la firmeza y el crecimiento general de las plantas. Por otro lado, la longitud de las hojas (Tabla 11) también presenta un incremento notable en las parcelas fertilizadas con cáscara de huevo, particularmente en las parcelas 3 y 4, con promedios de 15.84 cm y 15.95 cm, respectivamente. Estos valores son significativamente superiores a la parcela control, que obtuvo un promedio de 9.78 cm. La diferencia es atribuida a la mayor disponibilidad de calcio en las parcelas tratadas, lo que favorece el desarrollo foliar. De acuerdo con Siahahan et al., (2024) y Huanca (2018), el calcio es esencial para el crecimiento de tejidos nuevos y la formación de hojas, fortaleciendo la estructura celular y promoviendo el crecimiento saludable de las plantas. Así también, la longitud y el diámetro de las raíces, presentados en las Tablas 13, 14, 17 y 18, indican una clara mejora en las parcelas tratadas con cáscara de huevo. La parcela 4, con la mayor dosis de cáscara (1000 g/m²), muestra la mayor longitud radicular de 9,423 cm y un diámetro promedio de 3,167 cm. Estos resultados destacan la importancia del calcio en el desarrollo del sistema radicular, lo cual es consistente con las afirmaciones de Herrera (2007) y Pérez et al. (2024), quienes mencionan que el calcio juega un rol crucial en el desarrollo de las zonas meristemáticas, incluidas las raíces. Un sistema radicular más robusto no solo permite una mejor absorción de agua y nutrientes, sino que también mejora la resistencia de las plantas ante condiciones adversas como la sequía o la salinidad, tal como lo sugieren estudios previos (Kannan & Kallapiran, 2024). En relación al ancho de las hojas (Tablas 15 y 16), las parcelas 3 y 4 nuevamente destacan con anchos promedio de 5,113 cm y 5,160 cm, mientras que la parcela control apenas alcanza los 3,13 cm. Esto sugiere que la fertilización con cáscara de huevo no solo afecta la longitud de las hojas, sino también su desarrollo en términos de superficie, lo cual es un indicador de mayor capacidad

fotosintética y, por lo tanto, de un mejor rendimiento en general (Domrongpokkaphan et al., 2024; Siahaan et al., 2023). En conjunto, los resultados obtenidos confirman que el uso de cáscara de huevo como fertilizante promueve el desarrollo integral de *Raphanus sativus*, mejorando tanto las características morfológicas de la planta como su productividad.

4.2. Conclusiones

En esta investigación se evaluó el efecto del uso de la cascara de huevo como fertilizante en el desarrollo de *Raphanus sativus*. Al respecto se obtuvo que el uso de la cáscara de huevo como fertilizante tiene un efecto positivo y significativo en el desarrollo de *Raphanus sativus*. Las plantas tratadas con dosis de 500 g/m² y 1000 g/m² de cáscara de huevo mostraron los mayores rendimientos en términos de longitud de planta, tamaño de hojas y raíces, y producción total por hectárea, en comparación con el grupo control; el calcio presente en la cáscara de huevo juega un rol clave en la mejora del desarrollo vegetal, actuando como un nutriente esencial que favorece el crecimiento y la resistencia de las plantas. Estos resultados confirman la eficacia de la cáscara de huevo como fertilizante orgánico, ofreciendo una alternativa sostenible para mejorar la productividad agrícola sin recurrir a fertilizantes químicos costosos.

Con relación al primer objetivo específico, se describió que la cáscara de huevo posee una composición físico-química rica en calcio (34.12%), lo que la convierte en una alternativa viable como fertilizante natural. Al respecto, los resultados demuestran que el calcio disponible en la cáscara de huevo favorece el crecimiento de las plantas, especialmente en su desarrollo radicular y foliar, lo que respalda su uso en la agricultura; lo cual confirma que la cáscara de huevo puede ser utilizada efectivamente como

fertilizante, respondiendo adecuadamente al objetivo de describir su composición físico-química y destacando su valor como enmienda agrícola natural.

En cuanto al segundo objetivo específico, se determinó la dosis óptima de la cáscara de huevo aplicada como fertilizante. Los resultados evidencian que la dosis óptima de cáscara de huevo para maximizar el rendimiento de *Raphanus sativus* en términos de peso fresco de las raíces es de 1000 g/m². Esta dosis generó un rendimiento significativamente mayor (24,319 kg/ha) en comparación con las dosis menores y el control. De lo anterior, se demuestra que el calcio presente en la cáscara de huevo, en forma de acetato de calcio, desempeña un papel clave en la mejora del desarrollo de las raíces, favoreciendo su crecimiento y el aumento de la biomasa; asimismo, estos hallazgos confirman la hipótesis planteada y subrayan la efectividad de la cáscara de huevo como un fertilizante orgánico y sostenible en el cultivo de *Raphanus sativus*, proporcionando una alternativa viable para mejorar la productividad agrícola.

De conformidad con el tercer objetivo específico, se estableció el desarrollo de *Raphanus sativus* fertilizado con cáscara de huevo. La fertilización de *Raphanus sativus* con cáscara de huevo tiene un efecto positivo significativo en su desarrollo; las plantas tratadas con cáscara de huevo muestran mayores longitudes de plantas (7,544 cm) y hojas (15,950 cm), así como un ancho de hojas de 5,16 cm y un desarrollo más robusto del sistema radicular logrando alcanzar una longitud de 9,42 cm y un diámetro de 3,167 cm. Estos resultados establecen que la cáscara de huevo es una alternativa efectiva y sostenible como fertilizante orgánico, contribuyendo al crecimiento y productividad del cultivo de *Raphanus sativus*.

Referencias

- Abbas, M. N., Ibrahim, S. A., Abbas, Z. N., & Ibrahim, T. A. (2022). Eggshells as a sustainable source for acetone production. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 34(6), 381-387. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.01.005>
- Alvarez, C. (1987). Tipos de estudios. *Medicina Clinica*, 89(7), 296-301. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv43n02.05>
- Anugrah, R. D., & Safahi, L. (2021). The effect of eggshell organic fertilizer on vegetative growth of cayenne pepper (*Capsicum frutescens* L). En Saputra D.F., Multazam M.T., & Rahim R. (Eds.), *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* (Vol. 755, Número 1). IOP Publishing Ltd; Scopus. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/755/1/012001>
- Avila, L. (2014). *Dosis de fertilizantes con microorganismos beneficos (Ferti Em) en el cultivo de rabanito (Raphanus sativus L.) en la provincia de lamas*. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.
- Awogbemi, O., Von Kallon, D. V., & Aigbodion, V. S. (2022). Pathways for Sustainable Utilization of Waste Chicken Eggshell. *Journal of Renewable Materials*, 10(8), 2217-2246. Scopus. <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.019152>
- Bedoya, A. (2020). Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): Una revisión sistemática. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 12(2), e776. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>
- Bedoya Salazar Esp., A., Valencia González M. Sc., M. P., Bedoya Salazar Esp., A., & Valencia González M. Sc., M. P. (2020). Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): Una revisión sistemática. *Revista*

<https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>

Caso, E. (2023). *Evaluación del Bacillus Subtilis, cal y harina de cascara de huevo para la reducción del sodio en el suelo*. Universidad Privada del Norte.

Castillo, Lady. (2020). *Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancaayo, 2019*. Universidad Continental.

Chambi, E. (2022). Comparación de soluciones a base de té de cáscara de huevo y papa en la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Chambi, E Flores, E Mollericona, M*, 6(1), 14-21.

Chirinos, O. (2023). *Diseño de línea de producción de carbonato de calcio para aprovechar la cáscara de huevo en empresa San Roque SAC*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Chowdhury, A., & Sarkar, A. (2023). Vermicomposting—The sustainable solid waste management. En *Waste Management and Resource Recycling in the Developing World* (pp. 701-719). Elsevier; Scopus. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90463-6.00013-0>

Cozma, A., Rada, M., Velciov, A., Mihut, C., & Copcea, A. D. (2023). RESEARCH REGARDING THE USE OF EGGSHELLS POWDER FOR SOILS REHABILITATION CONTAMINATED WITH Cd AND Pb. En Trofymchuk O. & Rivza B. (Eds.), *Int. Multidisciplinary Sci. Geoconf. Surveying Geology Mining Ecology Manage., SGEM* (Vol. 23, Número 4.2, pp. 71-78). International

<https://doi.org/10.5593/sgem2023V/4.2/s18.09>

Domrongpokkaphan, V., Phalakornkule, C., & Khemkhao, M. (2024). Eggshell As An Alternative Source Of Calcium For Nitrate Fertilizer Bead Gel. *Journal of Applied Science and Engineering*, 27(7), 2691-2699. Scopus.
[https://doi.org/10.6180/jase.202407_27\(7\).0001](https://doi.org/10.6180/jase.202407_27(7).0001)

FAO. (2020). *Buenas prácticas agrícolas (bpa)*. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1600644/>

Florian, N. (2014). *Aplicación del programa “ciencia divertida” basado en el método experimental para mejorar la actitud científica en el componente mundo Físico y conservación del medio ambiente del área ciencia y ambiente en los alumnos del quinto grado de educación primaria*. Universidad Privada Antenor Orrego.

García, C. (2014). *Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales* (1ra ed.).

García, S. (2019, julio). Uso de cáscara de huevo molida como material encalante en un suelo ácido del Perú. *SciELO*, 37(Artículo de investigación).

González, P. (2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes*.

Herrera, T. (2007). *Síntomas y causas de la deficiencia de calcio en el cultivo de tomate y su control*. Centro de investigación en química aplicada.

Holguín, B. (2021). *Respuesta agronómica del cultivo de rabano (*Raphanus sativus*) con diferentes sustratos orgánicos, en el centro de apoyo manglaralto, upse de la provincia de santa elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Huanca. (2018). *Uso de la cáscara de huevo molida como material encalante en suelos ácidos del Perú*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

ICIQ. (s. f.). No Title. *Huevos duros sin hervir*, 1.

Kannan, R., & Kallapiran, K. A. (2024). Effect of eggshell powder on the growth performance of Okra (*Abelmoschus esculentus*) plant. *Vegetos*. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s42535-024-00863-x>

Lai, J. C. H., Wong, W. Y., Abdul Samat, N. A. S., & Bains, R. (2023). EFFECTIVENESS OF FOOD WASTE BIO-COMPOSTED FERTILIZERS ON PLANTATIONS. *Journal of Engineering Science and Technology*, 18(1), 17-36. Scopus.

Laohavisuti, N., Boonchom, B., Boonmee, W., Chaiseeda, K., & Seesamong, S. (2021). Simple recycling of biowaste eggshells to various calcium phosphates for specific industries. *Scientific Reports*, 11(1). Scopus. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94643-1>

Mendoza, N. (2017). Obtención de una fertilizante foliar a partir del hidrolizado proteico de la membrana de la cáscara de huevo. En *Universidad de Antioquia*. Universidad de Antioquia.

Naranjo, K. (2022). *Análisis del efecto de un fertilizante de calcio en la pared celular de la planta de rosa híbrida (Rosa X Híbrida) variedad ártica en la florícola Dream Farms, cantón Pedro Moncayo—Pichincha* (Número 8.5.2017). Universidad Central del Ecuador Carrera.

ONU. (2022). *Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y formas de reducirlos*.

- Pérez, S., Giraldo, S., Forgianny, A., Flórez, E., & Acelas, N. (2024). Eco-friendly reuse of agricultural wastes to produce biocomposites with high potential in water treatment and fertilizers. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(7), 8537-8547. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02948-6>
- Quispe, Y. (2018). *Aplicación de cáscara de huevo en un suelo ácido de atalaya para incrementar la producción Zea mays*. Universidad César Vallejo.
- Ramírez, N. (2021). *Estudio para el desarrollo de un biomaterial de cascara de huevo*.
- Rodríguez, E. (2022). *Efecto de tres fertilizantes orgánicos y uno sintético sobre el crecimiento y rendimiento del rábano (Raphanus sativus L.)*. Universidad Nacional Agraria.
- Ruangjanda, S., Iwai, C. B., Greff, B., Chang, S. W., & Ravindran, B. (2022). Valorization of spent mushroom substrate in combination with agro-residues to improve the nutrient and phytohormone contents of vermicompost. *Environmental Research*, 214. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113771>
- Sahin, O., Yagcioglu, K. D., Kadioglu, Y. K., & Gunes, A. (2024). Evaluating Ecological Nano-Calcium from Eggshells: Effects on Calcium Nutrition and Oxidative Stress in Lettuce Under Saline and Boron Toxicity. *Journal of Plant Growth Regulation*. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11407-7>
- Sampieri, R. H. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. McGraw-Hill Interamericana.
- Schwarz, M. (2017). *Guía de referencia para la elaboración de una investigación aplicada*. Universidad de Lima, 30.

- Siahaan, F. R., Sembiring, M., Hasanah, Y., & Sabrina, T. (2023). *Chemical Characteristics and Plant Growth Regulators of Organic Waste as Liquid Organic Fertilizer*. 1188(1). Scopus. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1188/1/012001>
- Siahaan, F. R., Tampubolon, K., & Pardede, E. (2024). Agrophysiology, biochemical, and yielding characteristics of Chinese cabbage due to formulations and concentrations of nutrient in hydroponic. *Comunicata Scientiae*, 15. Scopus. <https://doi.org/10.14295/CS.v15.4192>
- Stöven, K., Jacobs, F., & Schnug, E. (2016). Guano – A historical fertilizer. *Journal für Kulturpflanzen*, 68(7), 197-207. Scopus. <https://doi.org/10.5073/JFK.2016.07.02>
- Sugirtha, M. S., & Sargunan, K. (2019). A Review on Impact of Chicken Egg Shell Powder on Strength Characteristics of Cement Concrete. *International Research Journal of Multidisciplinary Technovation*, 1(6), 405-410. Scopus. <https://doi.org/10.34256/irjmtcon55>
- Summerhayes, R. J., Rahman, B., Morgan, G. G., Beresin, G., Moreno, C., & Wright, J. M. (2021). Meta-analysis of small for gestational age births and disinfection byproduct exposures. *Environmental Research*, 196. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110280>
- Vaca, J. (2019). *Aplicación foliar de calcio en el cultivo de fresa (Fragaria sp.) obtenido a partir de cáscara de huevo de gallina (Gallus gallus)*. Universidad Técnica de Ambato.

Váidez, O. (2015). *Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y producción de rabanito (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero en la localidad de Huaraz.*

Universidad Nacional Santiago Antúnes de Mayolo.

Vargas, Z. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155.
<https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538>

Yuri, V. (2018). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente*. V(1), 59-72.

Zainal, A., Anwar, A., & Lopita, S. (2020). Identification of gambier plant [*Uncaria gambir* [Hunter] Roxb] pollination system. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 497(1). Scopus. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/497/1/012009>

Anexos

Anexo N°1: Matriz de Operacionalización de Variables

Variable Independiente: Uso de la cáscara de huevo como fertilizante

Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Técnicas e Instrumentos
El uso de la cáscara de huevo como fuente de nutrientes para el suelo y las plantas.	Aplicación de cáscara de huevo triturada en diferentes dosis al suelo donde se cultiva <i>Raphanus sativus</i> .	Dosis del fertilizante	Cantidad de cáscara de huevo aplicada (0 g, 250 g, 500 g, 1000 g).	Gramos (g)	Pesaje de las cáscaras de huevo y aplicación en las parcelas experimentales.
		Propiedades físico-químicas de la cáscara de huevo	Contenido de nutrientes (calcio, magnesio, fósforo, etc.) en la cáscara de huevo.	Porcentaje (%)	

Variable Dependiente: Desarrollo de *Raphanus sativus*

Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Técnicas e Instrumentos
El crecimiento y rendimiento del <i>Raphanus sativus</i> , medido a través de parámetros morfológicos y de rendimiento.	Medición de las características físicas y el rendimiento del <i>Raphanus sativus</i> cultivado con diferentes dosis de cáscara de huevo.	Crecimiento de la planta Rendimiento de la planta	Longitud de la planta, longitud y diámetro de la raíz y hojas. Peso total del cultivo.	Centímetros (cm) Kilogramos por hectárea (Kg/ha)	Cinta métrica y calibrador vernier. Balanza de precisión y cálculo del rendimiento.

Anexo N° 2: Molido de la cascara de huevo



Anexo N° 3: Pesado de la cascara de huevo



Anexo N° 4: Medición de las parcelas



Anexo N° 5: Siembra de rabanito



Anexo N° 6: Cosecha de los rabanitos



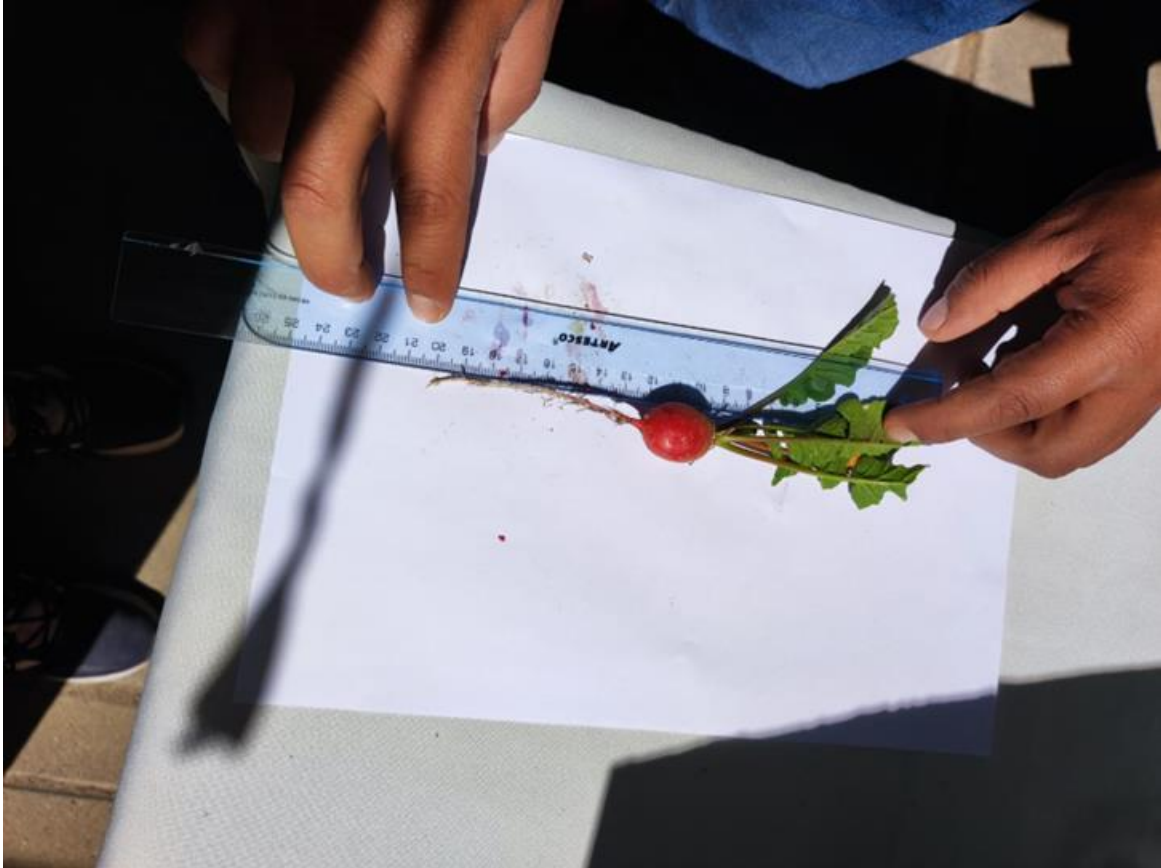


Anexo N° 7: Muestras de rabanitos recolectados





Anexo N° 8: Medición de las raíces de rabanito





Anexo N° 9: Datos estadísticos realizados en SPSS

DIAMETRO DE LA RAIZ DE RABANITO

The screenshot displays the SPSS interface with the following components:

- Unidireccional ANOVA:** A table showing the results of a one-way ANOVA. The dependent variable is 'Diametro de la Raiz de Rabanito'. The independent variable is 'Parcela' with 3 levels. The F-statistic is 8,752 and the significance level is 0,0000028.
- Pruebas post hoc:** A table showing the results of a post-hoc test (HSD Tukey). The dependent variable is 'Diametro de la Raiz de Rabanito'. The table shows the difference between means (I-J), standard error, and significance for each pair of parcels.

Variable dependiente: Diametro de la Raiz de Rabanito	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	79,244	3	26,415	8,752	,000
Dentro de grupos	350,095	116	3,018		
Total	429,340	119			

Variable dependiente: Diametro de la Raiz de Rabanito		HSD Tukey		Intervalo de confianza al 95%		
(I) Parcela	(J) Parcela	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Limite inferior	Limite superior
1,00	2,00	-2,09000*	,44856	,000	-3,2592	-,9208
1,00	3,00	-1,32333*	,44856	,020	-2,4926	-,1541
2,00	3,00	1,77333*	,44856	,000	-3,0426	-,7041
1,00	2,00	2,09000*	,44856	,000	,9208	3,2592
1,00	3,00	,76667	,44856	,324	-4,026	1,9359
2,00	3,00	,21667	,44856	,963	-9,526	1,3859
1,00	2,00	1,32333*	,44856	,020	,1541	2,4926
1,00	3,00	,76667	,44856	,324	-4,026	1,9359

*Resultado7 [Documento7] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Insertar Lista dinámica Formato Analizar Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	
3,00																					
4,00																					
2,00																					
3,00																					
2,00																					
4,00																					
4,00																					
2,00																					
3,00																					
2,00																					
3,00																					

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Subconjuntos homogéneos

Diamrx

HSD Tukey^a

Parcela	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
1,00	30	1,0767	
3,00	30		2,4000
4,00	30		2,9500
2,00	30		3,1667
Sig.		1,000	,324

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Resultado
Registro
Unidireccional
Titulo
Notas
ANOVA
Pruebas post hoc
Comparador
Subconjuntos
Titulo
Diamrx

IBM SPSS Statistics Processor está listo | Unicode: ON | H: 163, W: 521 pt

LONGITUD DE LA RAIZ DE RABANITO

*Resultado8 [Documento8] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Insertar Lista dinámica Formato Analizar Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

Resultado
 Registro
 Unidireccional
 Título
 Notas
 ANOVA
 Pruebas post hoc
 Comparador
 Subconjuntos
 Título
 Longrx

Variable dependiente Longrx

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	201,835	3	67,278	17,752	,000
Dentro de grupos	439,633	116	3,790		
Total	641,468	119			

Pruebas post hoc

Variable dependiente: Longrx
HSD Tukey

Comparaciones múltiples

(I) Parcela	(J) Parcela	Diferencia de medias (I-J)	Dev. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	-1,57000*	,50266	,012	-2,8803	-,2597
	3,00	-1,08333	,50266	,142	-2,3936	,2269
	4,00	-3,57667*	,50266	,000	-4,8869	-2,2664
2,00	1,00	1,57000*	,50266	,012	,2597	2,8803
	3,00	,48667	,50266	,768	-,8236	1,7969
	4,00	-2,00667*	,50266	,001	-3,3169	-,6964
3,00	1,00	1,08333	,50266	,142	-,2269	2,3936
	2,00	-,48667	,50266	,768	-1,7969	,8236
	4,00	-2,49333*	,50266	,000	-3,8036	-,1831

Efectúe una doble pulsación para editar Tabla dinámica

IBM SPSS Statistics Processor está listo | Unicode:ON | H: 163, W: 521 pt.

*Resultado8 [Documento8] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Insertar Lista dinámica Formato Analizar Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

2,00	1,00	1,57000*	,50266	,012	,2597	2,8803
	3,00	,48667	,50266	,768	-,8236	1,7969
	4,00	-2,00667*	,50266	,001	-3,3169	-,6964
3,00	1,00	1,08333	,50266	,142	-,2269	2,3936
	2,00	-,48667	,50266	,768	-1,7969	,8236
	4,00	-2,49333*	,50266	,000	-3,8036	-1,1831
4,00	1,00	3,57667*	,50266	,000	2,2664	4,8869
	2,00	2,00667*	,50266	,001	,6964	3,3169
	3,00	2,49333*	,50266	,000	1,1831	3,8036

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Longrx

HSD Tukey^a

Parcela	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1,00	30	5,8467		
3,00	30	6,9300	6,9300	
2,00	30		7,4167	
4,00	30			9,4233
Sig.		,142	,768	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Resultado
Registro
Unidireccional
Título
Notas
ANOVA
Pruebas post hoc
Título
Comparador
Subconjuntos
Título
Longrx

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:ON H: 163, W: 521 pt

LONGITUD DE LA PLANTA DE RABANITO

The screenshot displays the IBM SPSS Statistics interface. The main window shows the ANOVA results for the dependent variable 'Longpfit'. The ANOVA table indicates a significant difference between groups (F = 19.344, Sig. = .000). The mean square for the treatment is 3,0752E-10. Below the ANOVA table, the 'Pruebas post hoc' section shows the results of the HSD Tukey test, with differences between means ranging from -5,90000* to 7,86667*.

ANOVA

Variable dependiente: Longpfit	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1060,926	3	353,642	19,344	,000
Dentro de grupos	2120,718	116	18,282		
Total	3181,643	119			

Pruebas post hoc

Variable dependiente: Longpfit
HSD Tukey

(I) Parcela	(J) Parcela	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	-5,90000*	1,10399	,000	-8,77777	-3,02223
	3,00	-6,15667*	1,10399	,000	-9,03444	-3,27889
	4,00	-7,86667*	1,10399	,000	-10,74444	-4,98889
2,00	1,00	5,90000*	1,10399	,000	3,02223	8,77777
	3,00	-,25667	1,10399	,996	-3,13444	2,62111
	4,00	-1,96667	1,10399	,287	-4,84444	,91111
3,00	1,00	6,15667*	1,10399	,000	3,27889	9,03444
	2,00	,25667	1,10399	,996	-2,62111	3,13444
	4,00	-1,71000	1,10399	,412	-4,58777	1,16777
4,00	1,00	7,86667*	1,10399	,000	4,98889	10,74444

IBM SPSS Statistics Processor está listo | Unicode:ON | H: 163, W: 521 pt.

*Resultado9 [Documento9] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

2,00	4,00	-7,86667	1,10399	,000	-10,7444	-4,9889
3,00	1,00	5,90000*	1,10399	,000	3,0223	8,7777
4,00	3,00	-,25667	1,10399	,996	-3,1344	2,6211
3,00	4,00	-1,96667	1,10399	,287	-4,8444	,9111
2,00	1,00	6,15667*	1,10399	,000	3,2789	9,0344
4,00	2,00	,25667	1,10399	,996	-2,6211	3,1344
1,00	4,00	-1,71000	1,10399	,412	-4,5877	1,1677
2,00	1,00	7,86667*	1,10399	,000	4,9889	10,7444
4,00	2,00	1,96667	1,10399	,287	-,9111	4,8444
3,00	3,00	1,71000	1,10399	,412	-1,1677	4,5877

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Longpit

HSD Tukey^a

Parcela	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1,00	30	15,6267	
2,00	30		21,5267
3,00	30		21,7833
4,00	30		23,4933
Sig.		1,000	,287

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Resultado
Registro
Unidireccional
Título
Notas
ANOVA
Pruebas post hoc
Título
Comparador
Subconjuntos
Título
Longpit

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode: ON

LONGITUD DE LAS HOJAS DE LA PLANTA DE RABANITO

The screenshot displays the SPSS ANOVA dialog box and the resulting output. The dependent variable is 'Longh'. The ANOVA table shows a significant effect for the independent variable (F = 24,590, Sig. = .000). The post hoc analysis uses the HSD Tukey method to compare the means of the three groups.

ANOVA

Variable dependiente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	750,259	3	250,086	24,590	,000
Dentro de grupos	1179,745	116	10,170		
Total	1930,004	119			

Pruebas post hoc

Variable dependiente: Longh
HSD Tukey

(I) Parcela	(J) Parcela	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	-4,33000*	,82342	,000	-6,4764	-2,1836
	3,00	-6,06667*	,82342	,000	-8,2130	-3,9203
	4,00	-6,17000*	,82342	,000	-8,3164	-4,0236
2,00	1,00	4,33000*	,82342	,000	2,1836	6,4764
	3,00	-1,73667	,82342	,156	-3,8830	,4097
	4,00	-1,84000	,82342	,120	-3,9864	,3064
3,00	1,00	6,06667*	,82342	,000	3,9203	8,2130
	2,00	1,73667	,82342	,156	-.4097	3,8830
	4,00	-1,03333	,82342	,999	-2,2497	2,0430
4,00	1,00	6,17000*	,82342	,000	4,0236	8,3164

*Resultado10 [Documento10] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver insertar Lista dinámica Formato Analizar Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

	2,00	1,00	4,33000*	,82342	,000	2,1836	6,4764
3,00		3,00	-1,73667	,82342	,156	-3,8830	,4097
4,00		4,00	-1,84000	,82342	,120	-3,9864	,3064
3,00		1,00	6,06667*	,82342	,000	3,9203	8,2130
		2,00	1,73667	,82342	,156	-,4097	3,8830
		4,00	-,10333	,82342	,999	-2,2497	2,0430
4,00		1,00	6,17000*	,82342	,000	4,0236	8,3164
		2,00	1,84000	,82342	,120	-3,9864	,3064
		3,00	,10333	,82342	,999	-2,2497	2,0430

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Longhh

HSD Tukey^a

Parcela	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1,00	30	9,7800	
2,00	30		14,1100
3,00	30		15,8467
4,00	30		15,9500
Sig.		1,000	,120

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Resultado
Registro
Unidireccional
Titulo
Notas
ANOVA
Pruebas post hoc
Titulo
Comparador
Subconjuntos
Titulo
Longhh

IBM SPSS Statistics Processor está listo | Unicode ON | H: 163, W: 521 pt

ANCHO DE LAS HOJAS DE LA PLANTA DE RABANITO

The screenshot displays the SPSS ANOVA dialog box and the resulting output. The dependent variable is 'Anchxxx'. The ANOVA table shows a significant difference between groups (F=31,384, Sig.=.000). The post hoc analysis (Tukey) shows that the mean difference between groups is significant (Sig.=.000).

ANOVA

Variable dependiente: Anchxxx	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	80,732	3	26,911	31,384	,000
Dentro de grupos	99,464	116	,857		
Total	180,196	119			

Pruebas post hoc

Variable dependiente: Anchxxx
HSD Tukey

(I) Parcela	(J) Parcela	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Limite inferior	Limite superior
1,00	2,00	-1,42333*	,23909	,000	-2,0466	-,8001
1,00	3,00	-1,98333*	,23909	,000	-2,6066	-1,3601
1,00	4,00	-2,03000*	,23909	,000	-2,6532	-1,4068
2,00	1,00	1,42333*	,23909	,000	,8001	2,0466
2,00	3,00	-,56000	,23909	,095	-1,1832	,0632
2,00	4,00	-,60667	,23909	,059	-1,2299	,0166
3,00	1,00	1,98333*	,23909	,000	1,3601	2,6066
3,00	2,00	,56000	,23909	,095	-,0632	1,1832
3,00	4,00	-,04667	,23909	,997	-,6699	,5766
4,00	1,00	2,03000*	,23909	,000	1,4068	2,6532

*Resultado11 [Documento11] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Insertar Lista dinámica Formato Analizar Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000	11,000	12,000	13,000	14,000	15,000
2,00	1,00	1,42333*	,23909	,000	,8001										2,0466
	3,00		-,56000	,23909	,095	-1,1832									,0632
	4,00		-,60667	,23909	,059	-1,2299									,0166
3,00	1,00	1,98333*	,23909	,000	1,3601										2,6066
	2,00		,56000	,23909	,095	-,0632									1,1832
	4,00		-,04667	,23909	,997	-,6699									,5766
4,00	1,00	2,03000*	,23909	,000	1,4068										2,6532
	2,00		,60667	,23909	,059	-,0166									1,2299
	3,00		,04667	,23909	,997	-,5766									,6699

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Anchrx

HSD Tukey^a

Parcela	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1,00	30	3,1300	
2,00	30		4,5533
3,00	30		5,1133
4,00	30		5,1600
Sig.		1,000	,059

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Resultado
 Registro
 Unidireccional
 Título
 Notas
 ANOVA
 Pruebas post hoc
 Título
 Comparador
 Subconjuntos
 Título
 Anchrx

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:ON H: 163, W: 521 pt