

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“AGRICULTURA REGENERATIVA EN PAPA: DOS VARIEDADES
MEJORADAS, DOS ESPESORES DE MULCH Y TRES
PROFUNDIDADES DE SIEMBRA”**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

RONALD MARÍN ROJAS MOZA

Asesor:

Dr. JUAN FRANCISCO SEMINARIO CUNYA

CAJAMARCA – PERÚ


-2026-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Ronald Marín Rojas Moza
DNI: 48113282
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:** Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
Facultad/Unidad UNC: Ciencias Agrarias
3. **Grado académico o título profesional:**
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. **Tipo de Investigación:**
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación:** "AGRICULTURA REGENERATIVA EN PAPA: DOS VARIDADES MEJORADAS, DOS ESPESORES DE MULCH Y TRES PROFUNDIDADES DE SIEMBRA"
6. **Fecha de evaluación:** 30/01/2026
7. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 13%
9. **Código Documento:** trn:oid:::3117:550934586
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 13%
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 30/01/2026

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
DNI: 26717651



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintisiete días del mes de enero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 039-2026-FCA-UNC, de fecha 12 de enero del 2026**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"AGRICULTURA REGENERATIVA EN PAPA: DOS VARIEDADES MEJORADAS, DOS ESPESORES DE MULCH Y TRES PROFUNDIDADES DE SIEMBRA"**, realizada por el Bachiller **RONALD MARÍN ROJAS MOZA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las quince horas y treinta y cinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las dieciséis horas y cuarenta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Wilfredo Poma Rojas
PRESIDENTE

Ing. M. Cs. José Ramiro Díaz Cumpén
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres, Nicolás y Juana, pilares inquebrantables de mi existencia y faro que iluminó mi senda hacia el conocimiento; así como a mis hermanos Víctor, Alejandrina, Jesús y Estilita, cuyo apoyo y legado fortalecen mi compromiso con la verdad y la sabiduría.

AGRADECIMIENTO

A Dios, principio eterno y fundamento del conocimiento, cuya presencia trascendental me dio fortaleza y sabiduría para superar obstáculos, convirtiendo desafíos en crecimiento y profundo entendimiento en esta senda investigativa.

Al Dr. Juan Seminario Cunha, cuyo apoyo incondicional y orientación experta fueron fundamentales para la cristalización de este trabajo. Su paciencia, rigor académico y compromiso con la excelencia científica enriquecieron cada etapa del proceso, consolidando un espacio de aprendizaje y reflexión indispensable para esta investigación.

Índice general

CAPITULO I	11
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Formulación del problema.....	13
1.2. Justificación	13
1.3. Objetivos.....	14
1.4. Hipótesis	14
CAPITULO II	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
2.1. Antecedentes de la investigación.....	15
2.2. Marco teórico.....	17
2.3. Definición de términos	26
CAPITULO III.....	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Ubicación del experimento.....	29
3.2. Materiales	30
3.3. Análisis fisicoquímico del suelo donde se realizó el experimento.	32
3.4. Metodología.....	33
3.5. Procedimiento	34
3.6. Análisis e Interpretación de Resultados.....	39
CAPITULO IV.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Número total de tubérculos.....	40
4.2. Número de tubérculos comerciales.....	41
4.3. Peso total de tubérculos (rendimiento t ha ⁻¹).....	46
4.4. Peso de tubérculos comerciales.	50
4.5. Altura de planta	54
4.6. Número de tallos.....	56
4.7. Peso de follaje.....	58
4.8. Cobertura de follaje	60

4.9. Materia seca de tubérculos	61
4.10. Materia seca del follaje (%)	65
4.11. Índice de cosecha	67
4.12. Huella de carbono	71
CAPITULO V	76
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
5.1. Conclusiones.....	76
5.2. Recomendaciones	76
CAPITULO VII	78
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	78
Apéndice	87

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación de tubérculos papa para semilla por peso y diámetro	26
Tabla 2 Resultado del análisis del suelo en donde se realizó el experimento	32
Tabla 3 Factores, Niveles y tratamientos en estudio	33
Tabla 4. Datos usados en el cálculo de la huella del carbono.	38
Tabla 5 Análisis de varianza (ANOVA) para número total de tubérculos, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).....	40
Tabla 6 Prueba de Tukey para el número de tubérculos totales por efecto de variedad	41
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para número de tubérculos comerciales, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato)	42
Tabla 8. Prueba de Tukey para el número de tubérculos comerciales por efecto de la interacción variedad-mulch.	43
Tabla 9. Prueba de Tukey para el número de tubérculos comerciales por efecto de la interacción variedad-profundidad de siembra.	44
Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) para peso total de tubérculos, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).	47
Tabla 11. Prueba de Tukey para el peso total de tubérculos (rendimiento t ha-1) por efecto de la interacción variedad-mulch.....	47
Tabla 12. Prueba de Tukey para el peso total de tubérculos (rendimiento t ha-1) por efecto de la interacción variedad-profundidad de siembra.....	48
Tabla 13 Análisis de varianza (ANOVA) para peso de tubérculos comerciales, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato)	51
Tabla 14. Prueba de Tukey para el peso total de tubérculos comerciales (rendimiento t ha-1) por efecto de la interacción variedad-mulch.	52
Tabla 15. Prueba de Tukey para el peso total de tubérculos comerciales (rendimiento t ha-1) por efecto de la interacción variedad-profundidad de siembra.	52
Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) para altura de planta, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).	55
Tabla 17. Prueba de Tukey para altura de planta por efecto de la interacción variedad-mulch...	55
Tabla 18. Análisis de varianza (ANOVA) para número de tallos por planta, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).....	57
Tabla 19. Prueba de Tukey para número de tallos por planta por efecto de variedad.....	58

Tabla 20. Análisis de varianza (ANOVA) para peso del follaje, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).	59
Tabla 21. Prueba de Tukey para el peso del follaje por efecto de la interacción variedad-mulch.	60
Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) para cobertura del follaje, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).	61
Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) para materia seca de tubérculos, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).	62
Tabla 24. Prueba de Tukey para materia seca de tubérculos por efecto de la interacción variedad-mulch.	63
Tabla 25. Prueba de Tukey para materia seca de tubérculos por efecto de la interacción variedad-profundidad de siembra.	64
Tabla 26. Análisis de varianza (ANOVA) para materia seca del follaje, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).	65
Tabla 27. Prueba de Tukey para materia seca del follaje por efecto de la interacción variedad-mulch.	66
Tabla 28. Análisis de varianza (ANOVA) para índice de cosecha, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra.	68
Tabla 29. Prueba de Tukey del índice de cosecha por efecto de la interacción variedad-mulch.	69
Tabla 30. Prueba de Tukey del índice de cosecha por efecto de la interacción variedad-mulch.	70
Tabla 31. Análisis de varianza (ANOVA) para huella de carbono, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).	72
Tabla 32. Prueba de Tukey huella de carbono por efecto de la interacción variedad-mulch.	72

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de la investigación. -----	29
Figura 2. Croquis del campo experimental. -----	34
Figura 3a. Interacción de factores dobles Variedad*Mulch para el número de tubérculos comerciales. -----	45
Figura 3b. Interacción de factores dobles Variedad*Profundidad de siembra para el número de tubérculos comerciales. -----	45
Figura 4a. Interacción de factores dobles variedad*mulch, en el peso total de tubérculos de papa. -----	49
Figura 4b. Interacción de factores dobles variedad*profundidad de siembra, en el peso total de tubérculos. -----	49
Figura 5a. Interacción de factores dobles variedad * mulch, en el peso de tubérculos comerciales. -----	53
Figura 5b. Interacción de factores dobles variedad * profundidad de siembra, en el peso de tubérculos comerciales. -----	53
Figura 6. Interacción de factores dobles entre variedad*mulch en la altura de planta. -----	56
Figura 7. Niveles de mulch, en el peso del follaje de papa INIA 302 -amarilis y INIA 325-poderosa. -----	60
Figura 8. Interacción de factores dobles variedad*mulch en el peso del follaje. -----	63
Figura 9. Interacción de factores dobles de variedad*profundidad de siembra en el peso de materia seca de tubérculos. -----	64
Figura 10. Interacción de factores dobles de variedad*mulch para materia seca del follaje. -----	67
Figura 11. Interacción de factores dobles de variedad*mulch para índice de cosecha. -----	69
Figura 12. Interacción de factores dobles de variedad*profundidad de siembra para índice de cosecha. -----	71
Figura 13. Interacción de factores dobles de variedad*mulch para huella de carbono. -----	73
Figura 14. Niveles de mulch y profundidad de siembra, en la huella del carbono de tubérculos frescos de papa INIA 302 -amarilis y INIA 325-poderosa. -----	75

RESUMEN

El propósito de la investigación fue evaluar la respuesta respecto al rendimiento y la huella del carbono de dos variedades de papa (INIA 302-Amarilis e INIA 325 - Poderosa), a dos espesores de mulch (paja de arroz) (20 cm y 30 cm) y tres profundidades de siembra (0 cm, 5 cm y 10 cm), como componentes del sistema de agricultura regenerativa, el cual se evitó hacer deshierbo y aporque. El diseño experimental usado fue DBCA con arreglo factorial $2 \times 2 \times 3$, resultando 12 tratamientos, con tres repeticiones. Se instaló en el Centro Experimental La Victoria de la Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cajamarca, situado a 2645 m s. n. m., distrito de Llacanora, provincia y departamento de Cajamarca. El distanciamiento de siembra fue de 0.40 m entre planta y 0.90 m entre surco, lo que implicó una densidad de 27778 plantas por ha^{-1} . Las evaluaciones antes de la cosecha fueron de altura de planta, número de tallos y cobertura del follaje (en cuatro momentos). La cosecha se realizó a los 142 días cuando las plantas mostraron signos de senescencia y se evaluó el número total de tubérculos, número de tubérculos comerciales, peso total y comercial de tubérculos y, huella de carbono. Se encontraron diferencias estadísticas significativas en las interacciones variedad*mulch y variedad*profundidad, tanto en el rendimiento como en la huella de carbono. La variedad Amarilis registró los mayores rendimientos con mulch de 30 cm ($11,57 \text{ t ha}^{-1}$) y 20 cm ($9,98 \text{ t ha}^{-1}$), así como a profundidades de 10 cm ($14,5 \text{ t ha}^{-1}$) y 5 cm ($13,98 \text{ t ha}^{-1}$), mientras que la variedad Poderosa mostró valores considerablemente inferiores bajo las mismas condiciones. En cuanto a la huella de carbono, Amarilis presentó las mayores emisiones con mulch de 30 cm ($43,63 \text{ kg CO}_2 \text{ eq t}^{-1}$) y 20 cm ($37,61 \text{ kg CO}_2 \text{ eq t}^{-1}$), así como a profundidades de 10 cm ($54,67 \text{ kg CO}_2 \text{ eq t}^{-1}$) y 5 cm ($52,71 \text{ kg CO}_2 \text{ eq t}^{-1}$), mientras que a 0 cm la emisión se redujo significativamente ($14,48 \text{ kg CO}_2 \text{ eq t}^{-1}$).

Palabras clave: Mulch, Huella del carbono, Agricultura Regenerativa.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the yield response and carbon footprint of two potato varieties (INIA 302-Amarilis and INIA 325-Poderosa) under two rice straw mulch thicknesses (20 cm and 30 cm) and three planting depths (0 cm, 5 cm, and 10 cm). These factors were analyzed as components of a regenerative agriculture system, which avoided weeding and hilling. The experimental design was a Randomized Complete Block Design (RCBD) with a 2x2x3 factorial arrangement, resulting in 12 treatments with three replications. The study was conducted at "La Victoria" Experimental Center of the Faculty of Agricultural Sciences – National University of Cajamarca, located at 2,645 m.a.s.l. in the Llacanora district, Cajamarca. Planting spacing was 0.40 m between plants and 0.90 m between rows, resulting in a density of 27,778 plants ha⁻¹. Pre-harvest evaluations included plant height, number of stems, and canopy cover (measured at four intervals). Harvesting took place at 142 days when plants showed signs of senescence; variables assessed included total number of tubers, number of commercial tubers, total and commercial tuber weight, and carbon footprint. Significant statistical differences were found in the variety mulch and variety depth interactions for both yield and carbon footprint. The Amarilis variety recorded the highest yields with 30 cm mulch (11.57 t ha⁻¹) and 20 cm mulch (9.98 t ha⁻¹), as well as at depths of 10 cm (14.5 t ha⁻¹) and 5 cm (13.98 t ha⁻¹), while the Poderosa variety showed considerably lower values under the same conditions. Regarding the carbon footprint, Amarilis presented the highest emissions with 30 cm mulch (43.63 kg CO₂ eq t⁻¹) and 20 cm mulch (37.61 kg CO₂ eq t⁻¹), and at depths of 10 cm (54.67 kg CO₂ eq t⁻¹) and 5 cm (52.71 kg CO₂ eq t⁻¹), whereas at 0 cm, emissions were significantly reduced (14.48 kg CO₂ eq t⁻¹).

Keywords: Mulch, Carbon Footprint, Regenerative Agriculture.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa en el Perú constituye un pilar fundamental de la economía agrícola nacional, aportando aproximadamente el 10,6 % del valor bruto de producción del subsector agrícola. Se trata del segundo cultivo más importante después del arroz, con una producción anual cercana a los 5,66 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 17,12 toneladas por hectárea. La región Sierra concentra alrededor del 99 % de la producción nacional, destacando especialmente las regiones de Puno (15,6 %) y Huánuco (13,6 %). Estas cifras evidencian la relevancia socioeconómica del cultivo de la papa para el desarrollo rural y la seguridad alimentaria del país (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2022).

La agricultura intensiva, caracterizada por la aplicación indiscriminada de fertilizantes químicos, el uso abundante de pesticidas y la práctica constante de labranza, ha contribuido significativamente a la degradación de los suelos. Esta situación provoca una dependencia cada vez mayor de insumos externos, lo que a su vez amenaza la seguridad alimentaria a nivel mundial (Blum et al., 2019; Scholes et al., 2018).

En los últimos años, la agricultura regenerativa ha destacado por su enfoque en la recuperación de la salud del suelo a través de prácticas que fomentan la biodiversidad y el secuestro de carbono. A diferencia de los métodos agrícolas convencionales que suelen agotar los recursos edáficos, esta modalidad busca restaurar los ecosistemas productivos, promoviendo una mayor resiliencia a largo plazo. Asimismo, también, la agricultura regenerativa se fundamenta en principios como la protección constante del suelo mediante cobertura vegetal, la mínima alteración de su estructura, la preservación de raíces activas durante todo el año, la diversificación de cultivos, la integración de la ganadería y la reducción o eliminación del uso de insumos químicos sintéticos

tales como fertilizantes y herbicidas. Su objetivo central es restaurar la salud del suelo y de los ecosistemas terrestres, aportando al mismo tiempo beneficios ecológicos, económicos y sociales a las comunidades que la practican (Khangura et al., 2023).

Diversas investigaciones recientes indican que la adopción de prácticas regenerativas en la agricultura puede contribuir a revertir, en parte, los daños generados por los sistemas agrícolas industriales. Estas prácticas mejoran la capacidad del suelo para secuestrar carbono y disminuyen la emisión de gases de efecto invernadero. Este enfoque está en consonancia con las metas globales orientadas a la mitigación del cambio climático, ofreciendo una vía para lograr una producción agrícola que no solo sea ambientalmente sustentable, sino que también participe activamente en la recuperación de los ecosistemas (Rodale Institute, 2023).

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del uso de mulch, un elemento clave de la agricultura regenerativa, en el rendimiento y la huella de carbono de dos variedades de papa, considerando dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra. Se seleccionan las variedades INIA 302-Amarilis e INIA 325-Poderosa debido a sus características agronómicas, destacando que Amarilis presenta tolerancia a racha. Los espesores de mulch utilizados fueron de 20 cm y 30 cm, los cuales reemplazan las labores de deshierbo y aporque; estos se eligieron en base en los resultados reportados por Briceño (2024), quien evidenció su eficacia en la mejora del rendimiento en la producción de papa, asimismo, se evaluó tres profundidades de siembra: 0 cm, 5 cm y 10 cm.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial de $2 \times 2 \times 3$ haciendo un total de 12 tratamientos, más dos testigos de siembra convencional uno con cada variedad (surcado, deshierbo, aporque), cada uno con tres repeticiones. A la vez, la unidad experimental, consta de tres surcos, con 10 plantas cada uno (30 plantas en

total), de los cuales a la cosecha se evaluaron ocho plantas del surco central, desechando las de los extremos para evitar el efecto borde.

1.1. Formulación del problema

¿Cuál es la respuesta en rendimiento de tubérculo fresco y la huella de carbono de dos variedades de papa (INIA 302 - Amarilis y INIA 325 - Poderosa), a dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra?

1.2. Justificación

La sobreexplotación de los recursos naturales es una de las principales causas del deterioro de la calidad del suelo. Según Sánchez (2023) , el estado del suelo depende tanto de la naturaleza como de la intensidad de las intervenciones humanas, que pueden generar efectos positivos o negativos, ya sean temporales o permanentes. En particular, la agricultura intensiva, especialmente en cultivos industriales y ganadería, contribuye al deterioro del suelo debido al uso excesivo de agroquímicos.

Por esta razón, resulta fundamental implementar sistemas alimentarios que sean saludables y ambientalmente sostenibles, capaces de producir alimentos de alta calidad que satisfagan las necesidades nutricionales sin exceder los límites del planeta. En este contexto, agricultura regenerativa emerge como un enfoque centrado principalmente en la salud del suelo, con el propósito de regenerar, apoyar y contribuir a diversos servicios ecosistémicos. Este enfoque promueve mejoras no solo en el ámbito ambiental, sino también en los aspectos sociales y económicos (Schreefel et al., 2022).

La agricultura regenerativa se proyecta como una alternativa eficaz para contrarrestar la degradación del suelo, brindando tanto beneficios ambientales como económicos. Aunque su adopción aún presenta desafíos a nivel global, la evidencia científica disponible respalda su

capacidad para transformar los sistemas agrícolas hacia un enfoque más sostenible y resiliente (Armas, 2024).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la respuesta respecto al rendimiento de tubérculo fresco y la huella del carbono de dos variedades de papa (INIA 302-Amarilis y INIA 325 - Poderosa), a dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el rendimiento de tubérculo fresco de papa, variedades INIA 302-Amarilis y INIA 325 - Poderosa respecto a dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra
- Evaluar la huella del carbono de las combinaciones de dos variedades de papa, dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra.

1.4. Hipótesis

Existe interacción de dos variedades de papa precoces (INIA 302-Amarilis y INIA 325 - Poderosa) a dos espesores de mulch (20 y 30 cm) y tres profundidades de siembra (0 cm, 5 cm y 10 cm), respecto al rendimiento de tubérculos frescos y sus componentes y; por lo menos una de las combinaciones resulta superior al resto.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Meneses (2023) realizó un estudio sobre la importancia de la agricultura regenerativa sostenible para promover la diversidad del suelo. Revisó la literatura relacionada a la agricultura regenerativa logrando concluir en que: La agricultura regenerativa sostenible surge como una herramienta importante para aumentar la diversidad del suelo. La metodología empleada combinó diversas prácticas, entre ellas la rotación de cultivos, la siembra directa, la aplicación de abonos orgánicos, la incorporación de micorrizas y el manejo integral del pastoreo. Estas técnicas contribuyeron a recuperar y conservar la fertilidad del suelo, favoreciendo su capacidad de almacenar agua y nutrientes, al mismo tiempo que disminuyeron la dependencia de insumos químicos sintéticos. Los hallazgos evidencian que la agricultura regenerativa no solo detuvo el deterioro del suelo, sino que también potenció el secuestro de carbono, fortaleció la resiliencia climática de los cultivos y fomentó la biodiversidad dentro del agroecosistema.

Buriticá y Londoño (2022) en su investigación se propusieron analizar si las empresas agrícolas que implementaron prácticas de agricultura regenerativa presentaron un desempeño financiero superior en comparación con aquellas que continuaron con métodos convencionales. La investigación abordó conceptualmente la agricultura convencional y regenerativa, evaluando sus impactos ambientales, y aplicó la prueba t de Welch para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los resultados financieros de las compañías que implementan prácticas regenerativas y aquellas que no. Si bien los resultados no revelaron diferencias significativas entre ambos grupos, los autores interpretan este hallazgo como un indicio favorable

para la futura implementación de la agricultura regenerativa, al evidenciar que su adopción no compromete la rentabilidad financiera

Ramírez et al. (2022) analizaron el impacto de la labranza cero y el uso de acolchado con paja de arroz (PZTM) sobre diversos indicadores clave de rendimiento en el cultivo de papa en Asia, dentro del marco de sistemas de intensificación sostenible. Tras revisar 213 artículos científicos y seleccionar 49 de ellos con base en criterios de elegibilidad previamente establecidos, los resultados evidenciaron que el uso de mulch orgánico incrementó notablemente la emergencia de plántulas y el rendimiento de tubérculos, logrando un aumento del 20% respecto a sistemas sin acolchado, con producciones de hasta 28,9 toneladas por hectárea. Asimismo, el PZTM mostró ser efectivo en la reducción del estrés térmico e hídrico, ya que contribuyó a conservar la humedad del suelo y disminuir su temperatura. Este sistema también optimizó la eficiencia en el uso del agua en un rango del 7,7% al 13,5%, con un ahorro aproximado de 200 mm de riego. En cuanto a la fertilidad, se registraron incrementos en fósforo y potasio; mientras que, desde el punto de vista ambiental, la combinación de labranza cero y mulch redujo la huella de carbono de 35 a un intervalo de 6–8 kg C kg⁻¹, consolidándose como una alternativa sostenible con impactos positivos tanto en lo productivo como en lo ecológico.

Arana (2021) desarrolló un estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto del uso de mulch en la reducción del estrés hídrico y térmico en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) durante el verano costero en Lima, Perú. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de riego controlado, utilizando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres bloques, cuatro tratamientos y diez repeticiones, cultivando 120 plantas durante 120 días. Se midieron variables morfológicas (altura, número de tallos y hojas, longitud de raíz), fisiológicas (contenido de clorofila y prolina) y edáficas (temperatura y humedad del suelo), analizándose mediante ANOVA,

prueba de Tukey y/o prueba de Friedmann. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, destacando que grosores de mulch de 5 y 7,5 cm fueron más efectivos en reducir el impacto del estrés. Se concluyó que estos grosores mejoran el microclima edáfico y son recomendables para aumentar la resiliencia del cultivo de papa frente a condiciones climáticas adversas

Briceño (2024) llevó a cabo una investigación cuyo objetivo principal fue evaluar el efecto de la agricultura regenerativa en el rendimiento, la rentabilidad y la huella de carbono en el cultivo de papa, específicamente en la variedad INIA 325-Poderosa, bajo condiciones de la sierra de La Libertad, Perú. empleando un diseño de parcelas divididas tipo sub-sub-parcela, con 12 tratamientos para cada enfoque. Los resultados indicaron que, en AC, el sistema de labranza convencional y el uso de 30 cm de “mulch” proporcionaron mayores rendimientos (28,3 y 23,8 t ha⁻¹, respectivamente), mientras que la huella de carbono fue menor con labranza cero y mayores espesores de cobertura. En AO, el monocultivo de papa y la aplicación de 4 t ha⁻¹ de gallinaza lograron un rendimiento de 26,8 y 23,8 t ha⁻¹, respectivamente, con una menor huella de carbono. Se concluyó que combinaciones específicas de prácticas agrícolas permiten optimizar simultáneamente productividad, sostenibilidad y rentabilidad

2.2. Marco teórico

2.2.1. Aspectos generales de la papa.

La papa es el cultivo de raíces y tubérculos más importante a nivel mundial, cultivado en más de 125 países y consumido casi a diario por más de mil millones de personas. En muchos países en desarrollo, cientos de millones dependen de la papa para su subsistencia. Este cultivo se caracteriza por ser esencialmente de clima frío, con la temperatura como principal factor limitante. En regiones tropicales, la papa se cultiva en climas templados, generalmente a altitudes elevadas

entre 1500 y 4200 msnm, o en altitudes más bajas siempre que se plante durante la temporada fría (NeBambi et al., 2009).

La papa es el cultivo más importante en términos económicos en la agricultura peruana, generando el 15,1% del valor bruto de producción agrícola en 2022. Ese año, la producción nacional alcanzó los 6,0 millones de toneladas cultivadas en 340.9 mil hectáreas, concentrándose principalmente en la sierra sur (47,7%), seguida por la sierra centro (27,9%), sierra norte (19,8%) y costa centro (4,5%). El rendimiento promedio nacional fue de 17,6 toneladas por hectárea, con un crecimiento de 2,9% respecto a 2021; regiones como Ayacucho y Arequipa destacaron con aumentos significativos, mientras que Lima registró una disminución atribuida a su alta dependencia de fertilizantes inorgánicos afectada por el incremento de precios. Los fertilizantes nitrogenados, principalmente urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio, se utilizan mayormente debido a su mejor asimilación por las plantas. Además, el control fitosanitario, que incluye la prevención y manejo de plagas y enfermedades, es una tarea importante que forma parte de la mano de obra en la producción de papa (MIDAGRI, 2023).

El uso de fertilizantes a base de nitrato de amonio tiene una huella de carbono promedio total de aproximadamente 5,6 kg de CO₂ equivalente por cada kilogramo de nitrógeno aplicado. La gestión óptima de estos fertilizantes puede reducir considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero, dependiendo de factores como el tipo de suelo y las condiciones climáticas (YARA, 2016).

La agricultura es responsable de más del 20% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero antropogénicos. Además, la intensificación agrícola en los últimos 35 años ha generado impactos significativos sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos alrededor del mundo. Durante este período, la producción agrícola se ha duplicado, mientras que el uso de fertilizantes

nitrogenados ha aumentado casi siete veces, el de fertilizantes fosfatados se ha multiplicado por 3.5 (FAO, 2016).

2.2.2. *Agricultura regenerativa.*

La agricultura regenerativa se define como la adopción de prácticas orientadas a conservar y restaurar la fertilidad y la salud del suelo. Esta aproximación es relevante debido a que incorpora la protección de la biodiversidad, la conservación de cuencas hidrográficas, así como la promoción de la resiliencia económica (White, 2020).

Schreefel et al. (2020) plantearon una definición inicial de agricultura regenerativa (AR) como un método agrícola que comienza con la conservación del suelo para permitir su recuperación y promover diversos servicios ecosistémicos relacionados con el abastecimiento, la regulación y el soporte. Esta práctica busca no solo mejorar los aspectos ambientales, sino también favorecer los beneficios sociales y económicos vinculados a una producción de alimentos de manera sostenible.

El propósito fundamental de la agricultura regenerativa radica en la mejora de la salud del suelo o en la recuperación de suelos severamente degradados, lo cual repercute positivamente en la calidad del agua, la vegetación y la productividad de la tierra. Para ello, se emplean técnicas comúnmente asociadas con la agricultura orgánica, tales como la reducción mínima de la labranza, el uso de cultivos de cobertura y abonos verdes, la aplicación de compost, el acolchado y la rotación de cultivos. Estas prácticas priorizan la exclusión de insumos sintéticos (pesticidas, fertilizantes y herbicidas) que resultan perjudiciales para los organismos vivos del suelo (Rodas, 2017).

Khangura et al., (2023) menciona que existen principios de la Agricultura Regenerativa (RA) y son:

1. **Minimizar la alteración del suelo:** Reducir o eliminar la labranza para proteger la estructura del suelo, la vida microbiana y la materia orgánica. Esto mantiene el suelo intacto y saludable, fomentando una red biológica próspera.
2. **Mantener el suelo cubierto:** Utilizar residuos de cultivos o plantas de cobertura para proteger la superficie del suelo de la erosión. Esto ayuda a retener la humedad, suprime las malezas y proporciona alimento a los microorganismos del suelo.
3. **Preservar las raíces vivas durante todo el año:** Mantener un sistema de raíces en crecimiento activo durante todo el año. Esto alimenta continuamente los microbios del suelo, mejora la absorción de nutrientes y contribuye a una mejor agregación y salud general del suelo.
4. **Aumentar la diversidad de especies:** Incorporar una variedad de cultivos y plantas en los sistemas agrícolas a través de la rotación y el cultivo intercalado. Esto mejora la salud del suelo, interrumpe los ciclos de plagas y contribuye a la resiliencia del ecosistema.
5. **Integrar la ganadería:** Reintroducir animales de pastoreo en los sistemas agrícolas. Su pastoreo controlado y sus desechos orgánicos mejoran la fertilidad del suelo, promueven el crecimiento de plantas y estimulan la actividad microbiana.

Los seguidores y practicantes de la agricultura regenerativa sostienen que estas técnicas previenen la pérdida y degradación del suelo, fortalecen su estructura, proporcionan los nutrientes necesarios para los cultivos con un uso reducido de insumos externos, generan productos agrícolas saludables y de alta productividad con menor presencia de malezas y plagas, disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero, incrementan la rentabilidad económica de los agricultores y contribuyen a mejorar la salud de las personas (Khangura et al., 2023).

2.2.3. *Mantillo o mulch en la agricultura*

El término "mantillo" probablemente tiene su origen en la palabra alemana "molsch", que significa suave o en proceso de descomposición, y que aparentemente hacía referencia a la práctica de los jardineros de esparcir paja y hojas sobre el suelo como cobertura (Jacks et al., 1955). Durante su descomposición, el mantillo libera nutrientes esenciales y contribuye a disminuir la pérdida de estos por lixiviación y erosión, favoreciendo así un crecimiento más vigoroso y un mayor rendimiento de los tubérculos (Eruola et al., 2012).

El uso de mantillo o mulch en la agricultura orgánica responde a múltiples razones, entre las cuales destacan la conservación del agua y el control de la erosión, especialmente en zonas áridas y semiáridas. Adicionalmente, el mantillo cumple funciones importantes como la regulación de la temperatura del suelo, el control de malezas, la preservación de la estructura del suelo y, tras su descomposición, la incorporación de nutrientes que favorecen el desarrollo vegetal, mejoran la estructura edáfica y potencian la calidad y productividad de los cultivos. Asimismo, el acolchado contribuye a reducir el deterioro del suelo al prevenir la escorrentía y la pérdida de suelo, disminuir la proliferación de malezas y limitar la evaporación del agua (Dilip et al., 1990).

De igual manera, el acolchado se ha demostrado eficaz para minimizar la pérdida de vapor de agua, la erosión, los problemas asociados a malezas y la disminución de nutrientes en el suelo (Van Derwerken & Wilcox, 1988).

a) Tipos de materiales de cobertura

Mantillos orgánicos: Los mantillos orgánicos provienen de materiales de origen vegetal y animal, tales como paja, heno, cáscaras de maní, hojarasca, compost, aserrín, astillas de madera, virutas y estiércol animal. Para obtener un aprovechamiento óptimo de estos acolchados, es fundamental su correcta aplicación. Los mantillos orgánicos resultan

altamente efectivos para reducir la lixiviación de nitratos, mejorar las propiedades físicas del suelo y prevenir la erosión. Además, aportan materia orgánica, regulan la temperatura y la retención hídrica, optimizan el balance de nitrógeno, participan activamente en el ciclo de nutrientes y fomentan la actividad biológica del suelo (Hooks & Johnson, 2003).

Mantillos inorgánicos: El mantillo inorgánico comprende principalmente el mantillo plástico, que constituye el tipo de cobertura más utilizado en la producción comercial de cultivos. Los materiales plásticos empleados para este fin suelen ser películas de policloruro de vinilo o polietileno. Gracias a su elevada permeabilidad a la radiación de onda larga, este tipo de mantillo puede incrementar la temperatura alrededor de las plantas durante las noches invernales. En consecuencia, la película de polietileno es preferida como material de mantillo en la producción de cultivos hortícolas (Bhardwaj et al., 2011).

b) Beneficios del uso del mulch

- **Temperatura del suelo:** La temperatura del suelo se ve influenciada por la aplicación de acolchados, que modifican las condiciones microclimáticas al reducir las variaciones térmicas. Los mulch biodegradables tienden a mantener temperaturas más bajas que los de polietileno negro, debido a la reducción en el intercambio de agua entre suelo y aire (Hu et al., 2011; Moreno & Moreno, 2008).
- **Humedad del suelo:** El mulch favorece la conservación de la humedad del suelo, especialmente en zonas con estrés hídrico como sequías o salinidad, al disminuir la evaporación y transpiración. La retención de humedad es mayor en suelos con acolchado comparados con suelos desnudos, variando según el

material y las condiciones climáticas (Jiménez et al., 2017; Wang et al., 2011; Zhao et al., 2014).

- **Propiedades del suelo:** Las propiedades físicas y químicas del suelo mejoran con el uso de mulch, afectando características como la materia orgánica, textura, humedad, salinidad y porosidad, lo cual repercute positivamente en el rendimiento de los cultivos (Powlson et al., 2011; Smets et al., 2008).
- **Recuento microbiano:** La población microbiana del suelo incrementa bajo acolchado, creando condiciones aeróbicas adecuadas con humedad y temperatura favorables, lo que acelera la liberación de nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal (Wick et al., 1998; Wang et al., 2018).
- **Acolchado como control de malezas:** El control de malezas es uno de los retos agrícolas principales, ya que estas compiten por recursos y afectan la calidad y rendimiento de los cultivos. Aunque el mecanismo por el cual el mulch controla malezas no está del todo claro, se sabe que limita la disponibilidad de luz para su crecimiento (Farooq et al., 2011; Kader et al., 2017; Wang et al., 2018).
- **Eficiencia en el uso del agua:** La eficiencia en el uso del agua (EUA) es crucial en cultivos, y se define como la biomasa o rendimiento generado por unidad de agua empleada. El mulch contribuye a mejorar esta eficiencia a través de la reducción en pérdidas hídricas y optimización de la fotosíntesis (Zhou et al., 2009; Wang et al., 2018; Gao et al., 2019).
- **Crecimiento y desarrollo:** El mulch establece una relación importante entre el suelo y las condiciones climáticas locales, influyendo en los procesos de transferencia de agua y calor que resultan en un mejor aprovechamiento del

recurso hídrico para el cultivo. Sin embargo, la cantidad exacta de agua ahorrada sigue siendo un tema de investigación (Li et al., 2017; Kader et al., 2019; Steinmetz et al., 2016).

- **Atributos de rendimiento, rendimiento y calidad:** El uso de mulch mejora la productividad y calidad del cultivo mediante la modificación de propiedades del suelo y condiciones térmicas. En etapas tempranas puede aumentar la temperatura del suelo beneficiando el desarrollo, aunque temperaturas elevadas en etapas tardías podrían disminuir el rendimiento (Liu et al., 2014; Yi et al., 2010).
- **Brechas de conocimiento y perspectivas futuras:** El mulch orgánico aporta varios beneficios para la agricultura, tales como conservar la humedad del suelo, controlar las malezas y evitar la acumulación de sustancias tóxicas, lo que mejora el rendimiento del cultivo (Miles et al., 2018).

2.2.4. Huella del Carbono que genera la agricultura.

La Huella de Carbono (HdC) se define, de manera general, como la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) liberados a la atmósfera como resultado de las actividades relacionadas con la producción o el consumo de bienes y servicios (Pandey et al., 2010; Wiedmann, 2009) Esta métrica es reconocida como una de las herramientas más relevantes para la cuantificación precisa de las emisiones de dichos gases.

Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2024), la Huella de Carbono en la agricultura se mide calculando la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos directa o indirectamente por las actividades agrícolas. El cálculo básico se realiza con la fórmula:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

El dato de actividad es una medida de la actividad que genera las emisiones, como cantidad de combustible consumido, fertilizantes usados o energía eléctrica. El factor de emisión indica la cantidad de GEI (expresada como kg de CO₂ equivalente) por unidad de dato de actividad. Así, por ejemplo, se cuantifican emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O provenientes de consumo de combustibles fósiles, uso de fertilizantes químicos, operación de maquinaria, transporte y manejo de residuos orgánicos.

En agricultura, las principales fuentes de emisiones son:

- Fertilizantes químicos, que emiten óxido nitroso (N₂O).
- Maquinaria agrícola que consume combustible fósil.
- Gestión de estiércol y residuos orgánicos, que generan metano (CH₄).
- Transporte de insumos y productos.
- Uso de energía para riego y procesamiento.

2.2.5. *Cambio climático.*

El cambio climático constituye el fenómeno ambiental más relevante en la actualidad, y la comunidad científica advierte sobre sus consecuencias potencialmente catastróficas para el planeta y la sociedad. Entre los impactos más significativos se encuentran la pérdida de biodiversidad y una marcada reducción en la productividad agrícola, lo que afectaría de manera considerable los sistemas agroalimentarios a nivel global (Cline, 2008; Nelson et al., 2009; Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2019; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019).

2.2.6. Efecto invernadero.

El efecto invernadero se genera debido a que la energía solar que llega a la Tierra está compuesta por ondas de alta frecuencia que atraviesan la atmósfera con poca resistencia. En contraste, la energía que la Tierra emite hacia el exterior consiste en ondas de frecuencia más baja, las cuales son absorbidas por ciertos gases atmosféricos, dando lugar al efecto invernadero. Esta retención energética provoca un aumento de la temperatura. De manera simplificada, el efecto invernadero implica que la energía recibida por la Tierra es liberada de forma más lenta, permaneciendo por más tiempo cerca de la superficie y elevando así la temperatura ambiental (Bolin et al., 1986).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Variedad agronómica

Según Librogen (2009) Una variedad agronómica es un grupo de individuos que tienen características sobresalientes para los cuales el fitomejorador los ha elegido.

2.3.2. Categorías de semilla

Según el Ministerio de Agricultura (1982) la clasificación de semilla de papa según el reglamento de semilla del Perú se basa en las siguientes especificaciones:
Clasificación de tubérculos papa para semilla por peso y diámetro

Tabla 1

Clasificación de tubérculos papa para semilla por peso y diámetro

Categoría	Peso (g)	Diámetro (mm)	–	Diámetro (mm)	–
		Largos/Ovalados Largos		Redondos/Ovalados Redondos	
Gruesa	≥ 81 g	≥ 80 mm		≥ 81 mm	
Primera	60 – 80 g	60 – 79 mm		65 – 80 mm	
Segunda	40 – 59 g	45 – 59 mm		50 – 64 mm	
Tercera	20 – 39 g	28 – 44 mm		28 – 49 mm	

Nota. Tomado de Reglamento Específico de Semilla de Papa Decreto Supremo N° 105-82-Ag (*)

2.3.3. *Profundidad de siembra*

Según el INIA (2009) la siembra de papa se realiza sobre la cama de brotación a una profundidad que varía entre 5 y 8 cm. Los tubérculos quedan cubiertos por una capa de tierra fina y pequeños terrones, lo cual contribuye a elevar la temperatura del suelo y proporciona la humedad necesaria para estimular una brotación rápida. Es fundamental que las papas queden a la altura de la superficie original del terreno, cubiertas por una capa de suelo superior a 5 cm. Esta ubicación superficial de los tubérculos durante la plantación facilita una emergencia y brotación aceleradas, además de concentrar la producción en la parte superior del suelo, lo que simplifica las labores de cosecha.

2.3.4. *Mulch*

El mulch constituye una técnica agrícola diseñada principalmente para disminuir la erosión del suelo provocada por la acción del viento y el agua. En determinadas condiciones, este método resulta eficaz para reducir la pérdida de suelo ocasionada por lluvias intensas. Además, el uso de mulch contribuye a mejorar la capacidad del suelo para retener humedad, favoreciendo así la conservación hídrica (Norman, 1961).

2.3.5. *Agricultura regenerativa*

Se trata de un modelo agrícola inspirado en los procesos naturales, cuyo propósito es restaurar, renovar y optimizar la salud del suelo, la calidad del agua, la biodiversidad y los medios de vida en las zonas rurales. Este enfoque integral implica la adopción de prácticas orientadas a incrementar la sostenibilidad, fortalecer los servicios ecosistémicos y mejorar la resiliencia climática de los sistemas de producción agropecuaria (Jaramillo, 2024).

2.3.6. *Agricultura orgánica*

La agricultura orgánica o ecológica se define como un sistema de producción que integra los procesos productivos en consonancia con la naturaleza, así como con las formas correspondientes de organización productiva, comercial y social. Su objetivo principal radica en la conservación y mejora de la fertilidad del suelo, la protección de los recursos naturales y la prevención de la contaminación (Pérez, 2006).

CAPITULO III

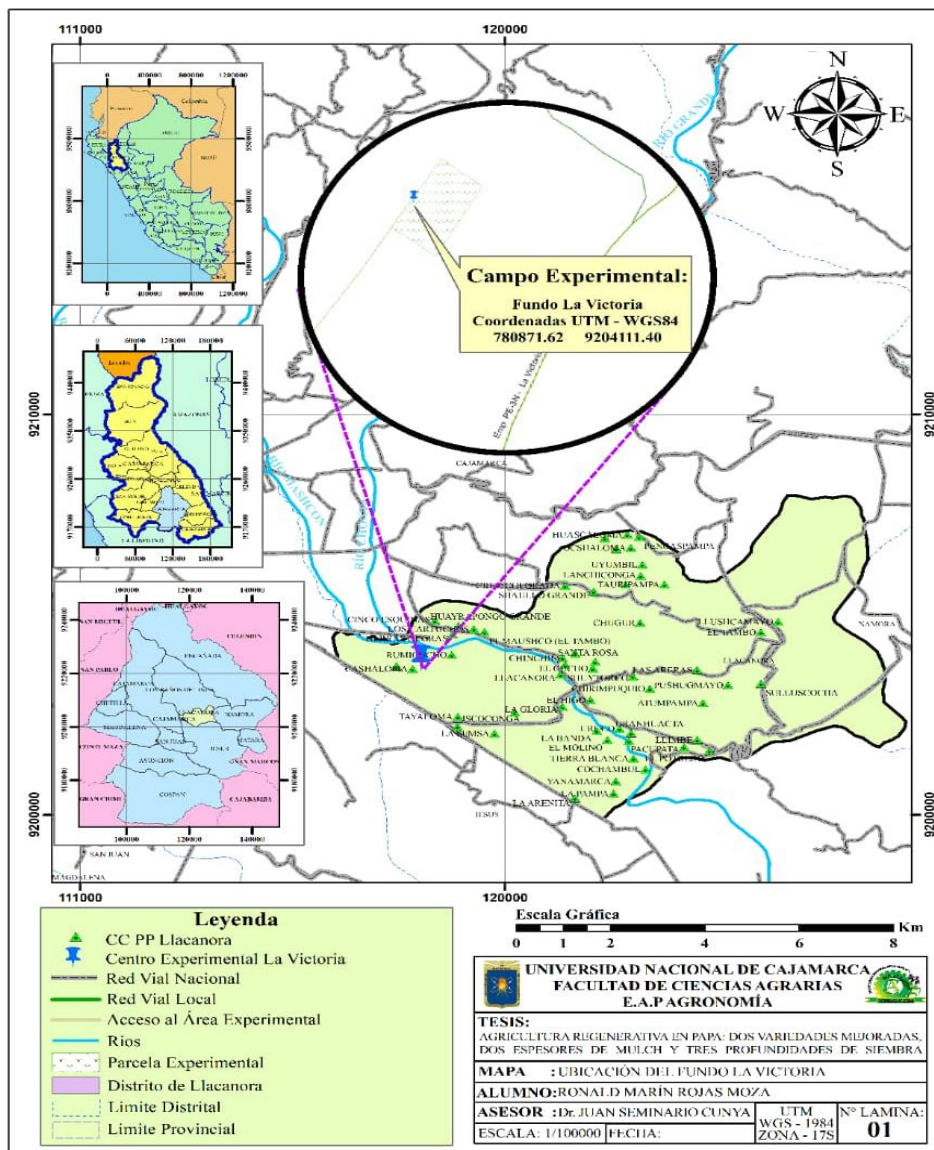
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental “La Victoria” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, que se ubica entre las coordenadas UTM 780909 Este y 92044202 Norte según el Datum WGS – 84 zona 17 S, con una altitud de 2645 msnm (SENAMHI, 2019).

Figura 1

Mapa de ubicación de la investigación



3.2. Materiales

Material biológico: Se usaron dos variedades de (*Solanum tuberosum* L.), las cuales son: INIA 302-Amarilis e INIA 305 - Poderosa. Amarilis, que tiene un periodo vegetativo de 120-130 días e INIA 325 – Poderosa que tiene un periodo vegetativo de 120-150 días.

A. Variedad INIA 302-Amarilis.

La variedad INIA 302-Amarilis se distingue por su resistencia frente a la racha, causada por (*Phytophthora infestans* Mont.), posee un ciclo vegetativo que oscila entre 120 y 130 días. Esta variedad destaca por su elevada capacidad productiva, alcanzando rendimientos de entre 30 y 40 toneladas por hectárea, además de contar con una calidad culinaria notable. Su adaptabilidad es amplia, ya que se desarrolla adecuadamente tanto en la sierra norte y centro del país, hasta altitudes de 3200 metros, como en las regiones costeras central y sur. Los tubérculos de esta variedad presentan una piel de tonalidad crema y una pulpa amarillenta, con ojos superficiales y un contenido de materia seca aproximado del 20% (Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA], 2004).

B. Variedad INIA 325 - Poderosa

La variedad de papa INIA 325 Poderosa se adapta favorablemente a la sierra norte del Perú, desarrollándose entre los 2500 y 4000 msnm. Su periodo vegetativo varía entre 120 y 150 días, y puede alcanzar rendimientos de hasta 40 toneladas por hectárea. Esta variedad presenta resistencia a la racha (*Phytophthora infestans*) y muestra alta tolerancia a los virus PVY y PVX, así como buena resistencia a bajas temperaturas (heladas) (INIA, 2014).

Desde el punto de vista morfológico, la papa INIA 325 Poderosa exhibe un follaje ramificado con crecimiento semierecto y una altura considerable, además de un vigor

destacado. Sus flores son hermafroditas y de color morado intenso, mientras que su sistema radicular es fibroso. Los tubérculos son de forma ovalada, con ojos profundamente hundidos, corteza de tonalidad negruzca y brotes de color violeta (Centro Internacional de la Papa [CIP], 2015).

3.2.1. Insumos usados

➤ Mulch

Se utilizó la paja de arroz como mulch.

➤ Gallinaza

Se utilizó Gallinaza para abonamiento a razón de 72 gramos por planta.

➤ Insecticida

Se utilizó productos cuyo ingrediente activo es Beta-Cyfluthrina, dimetoato.

➤ Fungicida:

No se utilizó

3.2.2. Materiales de campo

Los materiales utilizados en el experimento fueron: Estacas, Cordel, pico, palana, libreta de campo, manguera, Wincha de 30 metros, regla graduada.

➤ Equipos

Los equipos utilizados en el experimento fueron: Balanza electrónica, Computadora, Cámara digital, estufa, mochila de fumigar de 15 litros de capacidad.

Materiales de escritorio

Los materiales de escritorio utilizados en el experimento fueron: Cuaderno, lapiceros, plumón indeleble, papel bond A4_80g, Cinta adhesiva, tijeras.

3.3. Análisis fisicoquímico del suelo donde se realizó el experimento.

Una vez seleccionado el terreno para la instalación del experimento se tomaron muestras del suelo, se hicieron hoyos de 25 cm en forma de “V”, la primera palanada se descartó, la segunda palada de 3 cm de grosor aproximadamente, se descartó los bordes mediante un corte con un cuchillo y colectando las submuestras. El recorrido se hizo en zigzag, luego se procedió a mezclar, posteriormente se pesó 1 kg de muestra final y se envió a un laboratorio de suelos acreditado del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Estación Experimental Baños del Inca.

La tabla 2, muestra las características y propiedades del suelo donde se instaló el experimento (Centro experimental agraria La victoria). Se detallan en el análisis de fertilidad + textura mostrado en la tabla 3, este suelo es de textura arcillosa, con un pH neutro (6.9), nivel medio de materia orgánica (MO: 2.88%), nivel medio de fosforo (P: 7.63 ppm), nivel alto de potasio disponible (K: 325 ppm).

Tabla 2.

Resultado del análisis del suelo en donde se realizó el experimento

II. RESULTADO DE ANÁLISIS					
ITEM		1			
Código de Laboratorio		SU0403-BI-24			
Matriz Analizada		Suelo			
Fecha de Muestreo*		25/01/2024			
Hora de Inicio de Muestreo (h)*		11:20			
Condición de la muestra		Conservada			
Código/identificación de la Muestra por el Cliente					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados		
pH		0,1	6,9		
Acidez intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	0,5	--		
Aluminio intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	0,5	--		
Carbonatos de Calcio equivalente (**)	%	0,5	--		
Materia Orgánica	%	0,1	2,88		
Fósforo disponible (**)	ppm	--	7,63		
Potasio disponible (**)	ppm	--	325		
Conductividad Eléctrica	ppm	--	7,5		
Análisis de Textura					
Arena (**)	%	--	38		
Arcilla (**)	%	--	48		
Limo (**)	%	--	14		
Clase Textural (**)	--	--	Arcilloso		

Fuente. Laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Estación Experimental Baños del Inca-Cajamarca.

3.4. Metodología

3.4.1. Diseño experimental y arreglo de tratamientos.

Diseño experimental. Se empleó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), en arreglo factorial: 2 variedades x 2 espesores de mulch x 3 profundidades de siembra = 12 tratamientos. Además, se sembró dos testigos (uno con cada cultivar de siembra convencional (surcado, deshiero y aporque), los cuales, no formaron parte de la factorial, sino que, se instalaron adicionalmente en cada bloque.

3.4.2. Factores, variables (independientes), niveles y tratamientos en estudio

Tabla 3.

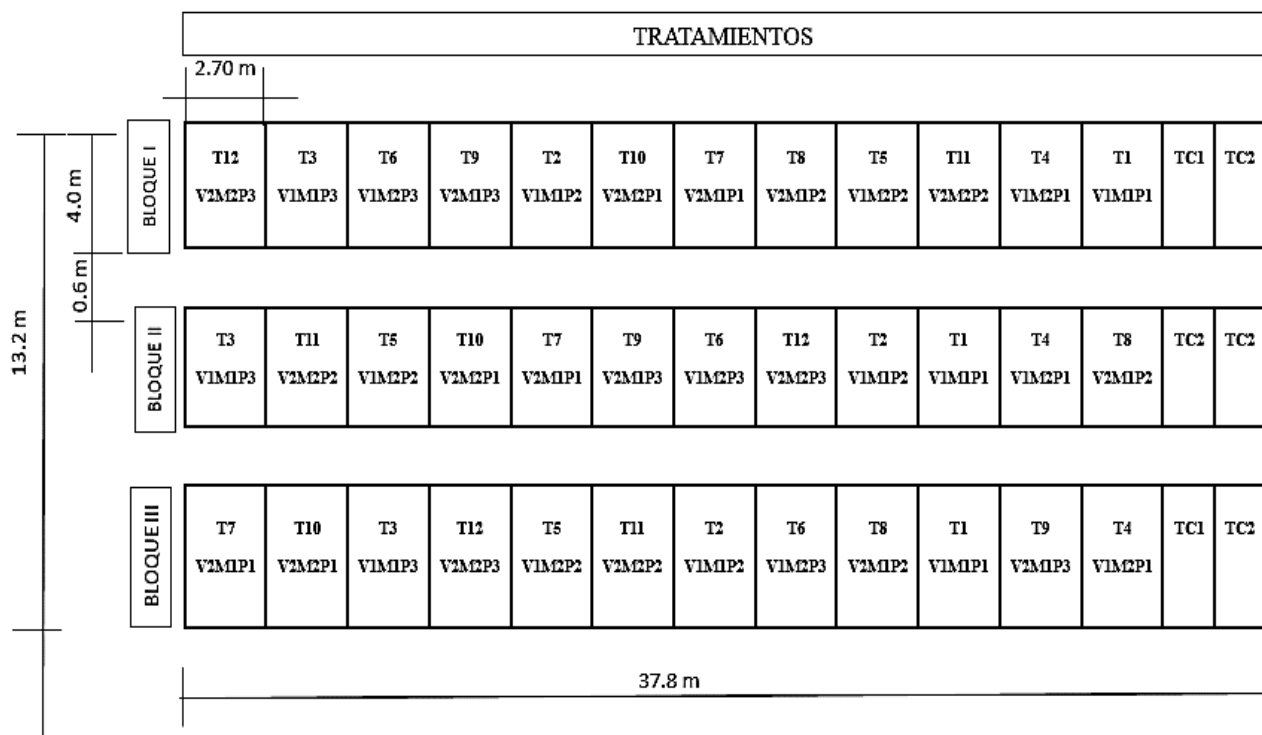
Factores, Niveles y tratamientos en estudio

Factores	Niveles	Tratamientos	Código
Variedad	V1: INIA 302-Amarilis	T1 Variedad 1 (INIA302 - Amarilis) + 20 cm de Mulch + 0 cm Profundidad de siembra	V1M1P1
		T2 Variedad 1 (INIA302 - Amarilis) + 20 cm de Mulch + 5 cm Profundidad de siembra	V1M1P2
		T3 Variedad 1 (INIA302 - Amarilis) + 20 cm de Mulch + 10 cm Profundidad de siembra	V1M1P3
	V2: INIA 325-Poderosa	T4 Variedad 1 (INIA302 - Amarilis) + 30 cm de Mulch + 0 cm Profundidad de siembra	V1M2P1
		T5 Variedad 1 (INIA302 - Amarilis) + 30 cm de Mulch + 5 cm Profundidad de siembra	V1M2P2
		T6 Variedad 1 (INIA302 - Amarilis) + 30 cm de Mulch + 10 cm Profundidad de siembra	V1M2P3
	M1: 20 cm	T7 Variedad 2 (INIA325 - Poderosa) + 20 cm de Mulch + 0 cm Profundidad de siembra	V2M1P1
		T8 Variedad 2 (INIA325 - Poderosa) + 20 cm de Mulch + 5 cm Profundidad de siembra	V2M1P2
		T9 Variedad 2 (INIA325 - Poderosa) + 20 cm de Mulch + 10 cm Profundidad de siembra	V2M1P3
	M2: 30 cm	T10 Variedad 2 (INIA325 - Poderosa) + 30 cm de Mulch + 0 cm Profundidad de siembra	V2M2P1
		T11 Variedad 2 (INIA325 - Poderosa) + 30 cm de Mulch + 5 cm Profundidad de siembra	V2M2P2
		T12 Variedad 2 (INIA325 - Poderosa) + 30 cm de Mulch + 10 cm Profundidad de siembra	V2M2P3
Testigo o control		TC1 Variedad 1 (INIA302 - Amarilis) + Siembra convencional	TCV1
		TC2 Variedad 2 (INIA325 - Poderosa) + Siembra convencional	TCV2

Nota. En la tabla se detalla los factores, niveles y tratamientos del estudio.

Figura 2.

Croquis del campo experimental



Nota. La figura detalla las dimensiones de la parcela experimental.

3.5. Procedimiento

El experimento Incluyó los siguientes factores: papa con dos variedades mejoradas (INIA 302- Amarilis, INIA 325 - Poderosa), mulch con dos niveles (M2=20 cm y M3=30 cm), profundidad de siembra con tres profundidades (P1=0 cm, P2=5 cm y P3=10 cm), Además, se agregó un testigo o control por cada variedad con siembra convencional es decir con deshierbo y aporque. De tal manera que se tuvo 12 tratamientos en estudio y dos testigo o control (Tabla 2), con tres repeticiones, conforme al croquis (Figura 2). La siembra se realizó a 0.90 m entre surcos y 0.40 m entre plantas, lo que correspondió a una densidad de población de 27778 plantas ha⁻¹. Para todo el ensayo se aplicó gallinaza en la dosis equivalente de 2 t ha⁻¹ (72 gramos por planta).

a. Labores agrícolas realizadas. Después de la preparación del terreno y delimitado los bloques, se procedió con la siembra y aplicación de los tratamientos, con ayuda de un cordel y de un pico se trazaron líneas para colocar los tubérculos de manera alineada, luego con ayuda de una palana se marcó la profundidad de siembra se consideró a 0 cm, 5 cm y 10 cm, se usó como abono gallinaza en una dosis estándar para todos los tratamientos. Posteriormente se colocó el “mulch” sobre la superficie del suelo, en ambos casos la distancia entre surcos fue de 0.90 m y 0.40 m entre plantas. Respecto a los testigos se trazó los surcos a una profundidad de 15 cm y se enterró los tubérculos, luego se le realizó sus labores culturales tradicionales (deshierbo y aporque).

b. Evaluaciones durante el desarrollo del cultivo.

- **Altura de planta (AP):** La altura de planta se evaluó en plena floración, para ello se utilizó una wincha y se midió a partir de la superficie del suelo hasta la parte apical de la planta. Se muestreo 8 plantas por tratamiento y por repetición.
- **Cobertura del follaje:** se evaluó luego que las plantas mostraron un follaje uniforme, la evaluación fue en 4 momentos el primero antes de la floración, segundo momento durante la floración, tercer momento durante cierre de surco y al inicio de la senescencia de las hojas. Para capturar las imágenes se utilizó la cámara de un celular OPPO A78 el mismo que fue ubicado a 80 cm de la parte apical de la planta de papa (sin zoom, sin flash, máxima resolución), el lente fue dirigido hacia la cubierta foliar cubriendo el área designada para el desarrollo de dos plantas. En la primera fotografía de escala se utilizó un nivel de burbuja, luego se tomó la fotografía a todas las plantas identificadas para esta evaluación. Posteriormente, las imágenes fueron procesadas utilizando el software Image Canopy v.3.6. (Barreda et al., 2017). Se evaluaron 2 plantas por tratamiento y repetición.
- **Evaluación de plagas y enfermedades:** Teniendo en cuenta las características del ensayo se evaluó:

Plagas: iniciando el desarrollo vegetativo de las plantas de papa, se identificó presencia de *Epitrix* sp en todos los tratamientos y se controló con un producto cuyo ingrediente activo es Beta-Cyfluthrina a razón de 9.4 ml por mochila de 15 litros. Cuando el cultivo estuvo entrando a la etapa de floración se presentó el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), es catalogado como una plaga cuarentenaria debido a su capacidad para propagar enfermedades devastadoras en los cultivos de solanáceas al alimentarse de las plantas. Actúa como vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*, la cual es la causante de la enfermedad conocida como zebra chip en los cultivos de papa, la misma que se trató de controlar con la aplicación de un producto agroquímico cuyo ingrediente activo es dimetoato 50% a razón de 15 ml por mochila de 12 litros de capacidad, con aplicaciones cada 8 días.

- **Enfermedades:** No se presentaron enfermedades de importancia económica.

c. Evaluaciones realizadas a la cosecha. Se cosecharon 8 plantas del surco central desechando las plantas de los extremos (por efecto de borde), luego se evaluó:

- **Número total de tubérculos:** Se eligieron 8 plantas que correspondían a cada tratamiento y se registró el número total de tubérculos que se formaron en cada planta, sin importar las dimensiones de dichos tubérculos o si presentaban alguna imperfección exterior.
- **Número de tubérculos comerciales:** La clasificación se realizó según lo indicado por (Rodríguez, 2009) donde considera tubérculos comerciales y no comerciales, siendo de primera (> 4 cm), de segunda (2-4 cm) y tercera (< 2 cm).
- **Peso de tubérculos comerciales:** Se realizó utilizando una balanza digital de la marca Truper.

Para la determinación del rendimiento de la papa por tratamiento se utilizó el método de los componentes de rendimiento de acuerdo al peso en gramos de los tubérculos por planta, llevándose luego a t/ha^{-1} .

- **Materia seca del tubérculo:** Para la determinación de materia seca se seleccionaron

tubérculos de calidad comercial y tubérculos sanos con un peso total de 3 kg, seguidamente, se lavaron los tubérculos cuidadosamente con agua corriente para eliminar restos de tierra e impurezas, luego se secaron superficialmente. Una vez limpios, se procedió a cortar los tubérculos en rodajas finas de entre 2 y 3 mm de grosor. De la cual se extrajo una submuestra de 200 g de tubérculos y se llevaron a la estufa por 72 horas a 105 °C para estimar su contenido de materia seca (Romero, 2000).

$$\%MS(Tub\acute{e}rculo) = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

- **Materia seca del follaje:** Para determinar la materia seca del follaje, se procedió a realizar el corte de 8 plantas por cada tratamiento, de donde se pesó 200 gramos de muestra de follaje este dato fue registrado como peso fresco. Luego se colocaron en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio; una vez en el laboratorio, el material (follaje) fue cortado en trozos pequeños y finos. Posteriormente fueron puestos en bolsas de papel kraft para ser colocados en la estufa a una temperatura de 105°C, durante 72 horas, pasado este tiempo se sacaron las muestras y se pesó obteniéndose de esta manera el peso seco.

El porcentaje (%) de materia seca del follaje se obtuvo con la fórmula siguiente

$$\%MS(Follaje) = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

- **Índice de cosecha (IC):** Se define como el porcentaje que representa la materia seca del órgano cosechable en relación con la materia seca total de la planta. Además, Constituye un indicador clave de productividad.

$$IC(\%) = \frac{\text{Materia seca de la parte cosechable(Tubérculos)}}{\text{Materia seca total (MS Tubérculos + MS Follaje)}} \times 100$$

- **Huella de carbono:** Para estimar huella de carbono se utilizó la calculadora Cool Farm Tool-CFT (Cool Farm Alliance, 2023). Se llenaron las 7 secciones de entrada de CFT utilizando la información de todas las actividades e insumos que fueron empleados en

los tratamientos, durante todo su periodo vegetativo. Se anotó la cantidad de semilla, el área cultivada, las características del suelo, los fertilizantes aplicados (dosis, modo de aplicación) los insecticidas aplicados (dosis y formulación), productos usados en desinfección o protección de semilla (dosis y formulación), riegos (cantidad de agua y frecuencia), fuentes de energía utilizada en actividades como preparación del terreno, aplicación de insecticidas, abonos, incorporación de residuos de papa después de la cosecha y transporte de semilla. Esta información fue procesada en la calculadora CFT y se obtuvo la huella de carbono de cada tratamiento.

Tabla 4.

Datos usados en el cálculo de la huella del carbono.

1. Detalles del cultivo	
Tipo de cultivo	Papa (variedades: amarilis y poderosa)
Año de cosecha	2024
Área de cultivo	hectáreas
Cantidad de producto (fresco/terminado)	kilogramos
Cantidad de semilla	kilogramos
1.2 Gestión de residuos	
Cantidad de residuos	kg / ha
Método	Distribuido en campo
2. Características del suelo	
Textura	Arcilla (fino)
Materia orgánica	MO (% carbono orgánico)
Drenaje y pH	Bueno / $5.5 < \text{pH} \leq 7.3$
3.1 Fertilizantes	
Tipo	Estiércol de aves - % N
Índice de aplicación	toneladas / ha (incorporado)
3.2 Protección de cultivos	
Aplicación 1	Insecticida (Post-emergente) - kg / ha
Aplicación 2	Insecticida (Post-emergente) - kg / ha
4.1 Uso de energía	
Fuente 1	Petrol (100% mineral) - litros
Fuente 2 y 3	Petrol (average biofuel) - litros cada uno
5 riegos	
6. cambios y secuestro de carbono	
6.1 Cambios de carbono	
Labranza	Labranza reducida
Uso de tierra	Cultivado (sin cambios)
7.1 Transporte	
Vehículo	Comercial ligero diésel
Carga y Distancia	kilogramos / kilómetros

3.6. Análisis e Interpretación de Resultados

Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados, utilizando, Excel y el Software Estadístico Infostat, de acuerdo al diseño de investigación propuesto. Los resultados expresados en promedios se presentan en tablas, interpretados estadísticamente utilizando la técnica estadística del Análisis de Varianza, a fin de establecer las diferencias significativas entre tratamientos y bloques. Para la comparación de los promedios, se utilizó la prueba de Rangos Múltiples de Tukey a los niveles de 0,05 y 0,01 de significación.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Número total de tubérculos

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al número total de tubérculos reveló que, al comparar los valores p (p-valor) con un nivel de significancia del 5%, únicamente el factor Variedad presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$), lo que indica una influencia clara y relevante sobre la variable evaluada. En contraste, el uso de mulch, la profundidad de siembra, las interacciones entre factores (V*M, V*P, M*P) y la triple interacción (V*M*P) no mostraron efectos significativos. Asimismo, el coeficiente de variación (CV) obtenido, de 15%, lo que indica una variabilidad moderada y aceptable en estudios agronómicos bajo condiciones de campo. En conjunto, los resultados destacan la importancia de profundizar en el estudio del factor Variedad, dada su incidencia potencial sobre la producción de tubérculos y su valor estratégico para orientar decisiones agronómicas más fundamentadas.

Tabla 5.

Análisis de varianza (ANOVA) para número total de tubérculos, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato)

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor	
Bloque	0.19	2	0.1	0.43	0.6557	NS
Variedad (V)	13.09	1	13.09	58.63	<0.0001	**
Mulch (M)	0.55	1	0.55	2.46	0.1308	NS
Profundidad de siembra (P).	0.59	2	0.3	1.33	0.2861	NS
V*M	0.06	1	0.06	0.25	0.6239	NS
V*P	0.3	2	0.15	0.68	0.517	NS
M*P	0.03	2	0.01	0.06	0.9385	NS
V*M*P.	0.2	2	0.1	0.44	0.6503	NS
Error	4.91	22	0.22			
Total	19.92	35				

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV: 15 %

La prueba de comparación de medias de Tukey (tabla 6) revela una diferencia significativa en el rendimiento entre las variedades evaluadas. La variedad Amarilis alcanzó

una media de 14.17 tubérculos por planta, ubicándose en el grupo estadístico A, mientras que la variedad Poderosa registró una media de 6.64, perteneciendo al grupo B. Sin embargo, la producción se vio afectada por un severo ataque de psílicos, que redujo significativamente el rendimiento en campo, los resultados confirman que Amarilis presenta un desempeño superior. Este rendimiento se atribuye a su mayor potencial genético, mejor adaptación a las condiciones edafoclimáticas del área de estudio y un ciclo vegetativo más corto en comparación con Poderosa, lo que le permitió completar su desarrollo antes del impacto de factores adversos.

Tabla 6.

Prueba de Tukey para el número de tubérculos totales por efecto de variedad

Variedad	Medias	Agrupación
Amarilis	14.17	A
Poderosa	6.64	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

Estos resultados contrastan favorablemente con reportes previos, ya que los rendimientos en este estudio superan a los documentados por Muñoz (2022) para la variedad Amarilis (13 tubérculos) y se aproxima al rendimiento señalado por Santa Cruz (2017), con 16.3 tubérculos. Respecto a la variedad INIA-325 Poderosa, el rendimiento promedio fue de 6.64 tubérculos, cifra cercana a la reportada por Quispe (2021), con 7.675 tubérculos, aunque inferior a los resultados obtenidos por Burgos (2019) y Salinas (2020), quienes documentaron 17.2 y 12.5 tubérculos, respectivamente.

4.2. Número de tubérculos comerciales

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al número de tubérculos comerciales mostró que no hubo diferencias significativas entre los bloques, lo que indica que las condiciones de evaluación fueron homogéneas y no influyeron en los resultados. En cambio, se observó una alta significancia estadística ($p < 0.0001$) para los factores; variedad, revelando diferencias marcadas entre los genotipos evaluados y, profundidad de siembra confirmando su efecto en la producción de tubérculos. En cambio, el uso de mulch de manera individual no presentó efectos

significativos, indicando que esta práctica no generó variaciones notorias. Sin embargo, se observó significancia estadística para las interacciones dobles: V*M y V*P, revelando que la respuesta al uso de mulch y a la profundidad de siembra depende del genotipo utilizado. En contraste, la interacción M*P y la triple interacción V*M*P no fueron significativas, lo que confirma que estos factores en conjunto no tuvieron un efecto relevante.

Finalmente, el coeficiente de variación (CV) fue de 29.19%, reflejando una variabilidad relativamente alta en los datos. Esta dispersión se asocia directamente con los daños ocasionados por el severo ataque de la plaga *Bactericera cockerelli*, que no fue controlado durante el desarrollo del experimento y afectó significativamente la producción.

Tabla 7.

Análisis de varianza (ANOVA) para número de tubérculos comerciales, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato)

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor	
Bloque	3.80E-03	2	1.90E-03	0.02	0.9819	NS
Variedad (V)	20.12	1	20.12	193.09	<0.0001	**
Mulch (M)	3.40E-04	1	3.40E-04	3.20E-03	0.9552	NS
Profundidad de siembra (P).	5.76	2	2.88	27.66	<0.0001	**
V*M	0.54	1	0.54	5.14	0.0336	*
V*P	0.79	2	0.4	3.82	0.0378	*
M*P	0.13	2	0.07	0.64	0.5359	NS
V*M*P.	0.18	2	0.09	0.88	0.4294	NS
Error	2.29	22	0.1			
Total	29.82	35				

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV= 29.19%

La prueba de comparación múltiple de Tukey (tabla 8), evidenció que la interacción V*M presentó un efecto significativo sobre la producción de tubérculos comerciales ($p = 0.0336$), lo que indica que la respuesta productiva está fuertemente condicionada por el genotipo. En particular, la variedad INIA-302 (Amarilis), bajo coberturas de 30 cm y 20 cm de mulch, alcanzó los mayores promedios de tubérculos comerciales (4.29 y 3.41, respectivamente). En contraste, la variedad INIA-325 (Poderosa) mostró rendimientos

considerablemente inferiores (0.38 y 0.13), bajo las mismas condiciones de cobertura. Estos resultados sugieren que la interacción entre el material genético y las prácticas culturales incide de manera determinante en el rendimiento comercial del cultivo. Por tanto, esta información resulta clave para el diseño de estrategias agronómicas más eficientes, orientadas a la selección varietal y al uso de prácticas de manejo adaptadas, que permitan maximizar la proporción de tubérculos con valor comercial y mejorar la rentabilidad del sistema productivo.

Tabla 8.

Prueba de Tukey para el número de tubérculos comerciales por efecto de la interacción variedad-mulch.

Variedad	Mulch	N° de tubérculos Comerciales	Agrupación
Amarilis	30 cm	4.29	A
Amarilis	20 cm	3.41	A
Poderosa	30 cm	0.38	B
Poderosa	20 cm	0.13	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La Tabla 9 presenta los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey para la interacción V*P ($p = 0.0378$), confirmando su significancia estadística. Esto evidencia, que la producción de tubérculos comerciales está influenciada por el genotipo y la profundidad de siembra. La variedad Amarilis obtuvo los mayores promedios a profundidades de 5 cm (5.15) y 10 cm (5.03), ambos ubicados en el grupo estadístico A, lo que demuestra un comportamiento agronómicamente favorable cuando se emplea una siembra más profunda. En cambio, la profundidad de siembra de 0 cm, disminuyó su rendimiento de forma notoria (1.38), lo que sugiere una limitación en el desarrollo tubérculos. Por su parte, la variedad INIA-325 (Poderosa) mostró rendimientos bajos y estadísticamente homogéneos en todas las profundidades evaluadas (entre 0 y 0.42), ubicándose en el grupo B, sin evidenciar respuesta significativa frente a la variación de este factor.

Tabla 9.

Prueba de Tukey para el número de tubérculos comerciales por efecto de la interacción variedad-profundidad de siembra.

Variedad	Profundidad de siembra	Nº de tubérculos Comerciales	Agrupación
Amarilis	5 cm	5.15	A
Amarilis	10 cm	5.03	A
Amarilis	0 cm	1.38	B
Poderosa	10 cm	0.42	B
Poderosa	5 cm	0.34	B
Poderosa	0 cm	0	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

En la Figura 3a, se observa que al incrementar el espesor de mulch de 20 cm a 30 cm, el número de tubérculos comerciales aumenta significativamente. En Amarilis, el rendimiento se eleva de 3.41 a 4.29 tubérculos por planta, mientras que en Poderosa el incremento es más modesto, pasando de 0.13 a 0.38 tubérculos. Este comportamiento sugiere que un mayor espesor de mulch favorece la retención de humedad en el suelo, lo cual resulta fundamental para el desarrollo del cultivo, principalmente en condiciones de estrés hídrico. Respecto a la profundidad de siembra (Figura 3b), Amarilis mostró una respuesta positiva, alcanzando rendimientos de 5.15 y 5.03 tubérculos por planta a profundidades de 5 cm y 10 cm, respectivamente, sin embargo, a 0 cm de profundidad, el rendimiento disminuyó drásticamente a 1.38 tubérculos. Mientras que en Poderosa fue nulo, evidenciando el daño del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) antes del llenado de tubérculos, debido a que su periodo vegetativo es más largo. Estos resultados destacan la importancia de ajustar las prácticas de manejo agronómico según la variedad utilizada, especialmente en lo referente a cobertura y profundidad de siembra, para maximizar el rendimiento comercial y reducir el impacto de factores bióticos adversos.

Figura 3a.

*Interacción de factores dobles Variedad*Mulch para el número de tubérculos comerciales.*

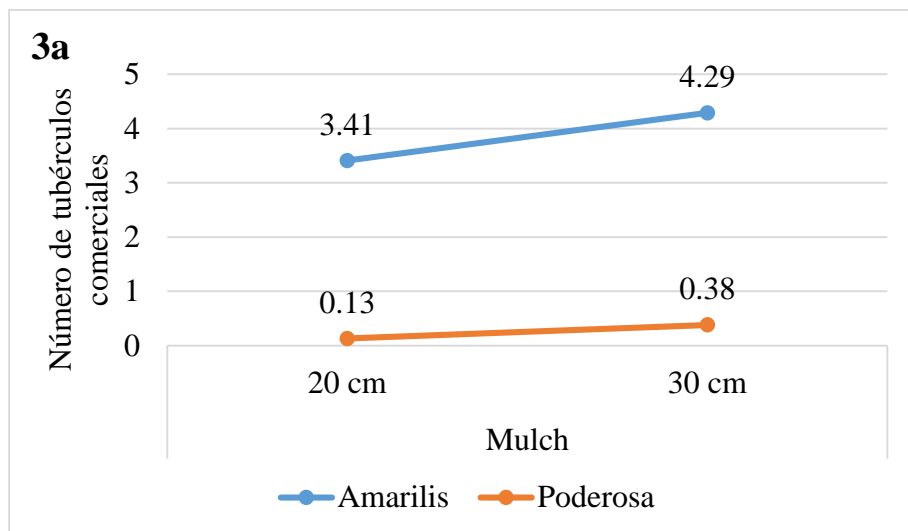
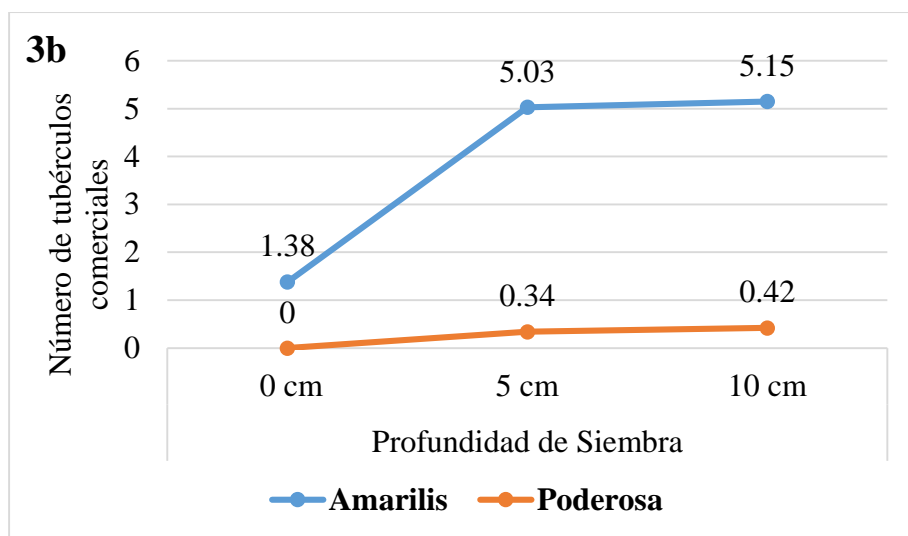


Figura 3b.

*Interacción de factores dobles Variedad*Profundidad de siembra para el número de tubérculos comerciales.*



Estos resultados guardan concordancia con lo reportado por Muñoz (2022), quien documentó un promedio de 6.00 tubérculos comerciales por planta bajo condiciones similares. En conjunto, los resultados subrayan la importancia de ajustar las prácticas de manejo agronómico según el genotipo utilizado, priorizando estrategias que favorezcan la eficiencia hídrica y reduzcan el impacto de factores bióticos adversos. La selección adecuada de variedad, junto con decisiones precisas sobre

cobertura y profundidad de siembra, se posiciona como un eje clave para maximizar el rendimiento comercial y mejorar la rentabilidad del cultivo de papa en condiciones vulnerables.

4.3. Peso total de tubérculos (rendimiento $t\ ha^{-1}$)

Según la tabla 10, los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado sobre el peso total de tubérculos evidencian que los factores individuales; variedad y profundidad de siembra, tuvieron un efecto altamente significativo sobre el peso total de tubérculos ($p < 0.0001$), lo que sugiere que ambos inciden directamente en la formación y acumulación de biomasa tuberosa. La interacción doble entre V*P también presentó una significancia elevada ($p < 0.0001$), indicando que la respuesta productiva depende de la combinación específica entre estos dos factores.

Por otro lado, la interacción entre V*M mostró significancia estadística al 95% ($p = 0.0235$), lo que sugiere una posible influencia conjunta entre el genotipo y el manejo de cobertura sobre el rendimiento. En contraste, el efecto principal del mulch no fue significativo ($p = 0.4553$), lo que indica que, bajo las condiciones del presente estudio, el espesor de cobertura no afectó de manera aislada el peso total de tubérculos. Asimismo, las interacciones M*P y la triple interacción V*M*P no alcanzaron niveles de significancia estadística ($p > 0.05$), lo que sugiere que su influencia no fue determinante en esta variable.

El coeficiente de variación obtenido (16%) evidencia una variabilidad experimental controlada, aceptable para investigaciones agronómicas en condiciones de campo, lo que fortalece la confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 10.

Análisis de varianza (ANOVA) para peso total de tubérculos, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X : dato).

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor	
Bloque	0.64	2	0.32	3	0.0702	NS
Variedad (V)	43.98	1	43.98	412.04	<0.0001	**
Mulch (M)	0.06	1	0.06	0.58	0.4553	NS
Profundidad de siembra (P)	9.98	2	4.99	46.76	<0.0001	**
V*M	0.63	1	0.63	5.92	0.0235	*
V*P	4.23	2	2.11	19.8	<0.0001	**
M*P	0.44	2	0.22	2.05	0.1527	NS
V*M*P	0.51	2	0.25	2.37	0.1165	NS
Error	2.35	22	0.11			
Total	62.81	35				

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV:16%

La Tabla 11, correspondiente a la prueba de Tukey, resume el efecto combinado de la variedad y la cobertura con mulch sobre el peso total de los tubérculos, evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. La variedad Amarilis, con espesores de mulch de 30 cm y 20 cm, alcanzó los mayores rendimientos (11.57 y 9.98 t/ha⁻¹, respectivamente). En contraste, la variedad Poderosa presentó rendimientos considerablemente más bajos bajo las mismas condiciones de cobertura (1.14 y 0.76 t ha⁻¹). Está marcada separación estadística respalda la interacción significativa entre V*M (p = 0.0235) identificada en el análisis de varianza (ANOVA), lo que sugiere que el efecto del mulch sobre el rendimiento está influenciado por el genotipo.

Tabla 11.

Prueba de Tukey para el peso total de tubérculos (rendimiento t ha⁻¹) por efecto de la interacción variedad-mulch.

Variedad	Mulch	Peso de tubérculos	Agrupación
Amarilis	30 cm	11.57	A
Amarilis	20 cm	9.98	A
Poderosa	20 cm	1.14	B
Poderosa	30 cm	0.76	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La tabla 12 respecto de la prueba de Tukey analizada muestra el efecto conjunto de los

factores variedad y profundidad de siembra (V*P) sobre el peso de los tubérculos, revelando patrones consistentes con los resultados del análisis de varianza. La variedad Amarilis alcanzó los mayores rendimientos a 10 cm (14.5 t ha^{-1}) y 5 cm (13.98 t ha^{-1}), lo que demuestra una respuesta productiva superior a mayores profundidades de siembra. Sin embargo, su rendimiento se redujo considerablemente a 0 cm (3.84 t ha^{-1}). No obstante, la variedad Poderosa mostró bajos rendimientos en todas las profundidades (1.26 , 1.15 y 0.44 t ha^{-1} respectivamente), sin diferencias estadísticas entre ellas. Esta información respalda la interacción significativa V*P ($p = 0.0001$), y destaca la necesidad de considerar conjuntamente el genotipo y la profundidad como estrategia para maximizar el rendimiento.

Tabla 12.

Prueba de Tukey para el peso total de tubérculos (rendimiento t ha^{-1}) por efecto de la interacción variedad-profundidad de siembra.

Variedad	Profundidad de siembra	Peso de tubérculos	Agrupación
Amarilis	10 cm	14.50	A
Amarilis	5 cm	13.98	A
Amarilis	0 cm	3.84	B
Poderosa	10 cm	1.26	B
Poderosa	5 cm	1.15	B
Poderosa	0 cm	0.44	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

El análisis de la interacción entre V*M representado en la Figura 4a, evidenció significancia estadística, lo que confirma que el rendimiento de los tubérculos está influenciado por el genotipo en combinación con el manejo de cobertura. La variedad Amarilis obtuvo un rendimiento elevado con 30 cm de mulch (11.57 t ha^{-1}) y 20 cm (9.98 t ha^{-1}), mientras que Poderosa presentó valores considerablemente inferiores bajo las mismas condiciones (1.14 y 0.76 t ha^{-1} , respectivamente). Asimismo, la interacción entre V*P ilustrada en la Figura 4b, reveló que Amarilis responde favorablemente a mayores profundidades, alcanzando 14.5 t ha^{-1} a 10 cm y 13.98 t ha^{-1} a 5 cm. No obstante, su rendimiento disminuyó drásticamente cuando se sembró a nivel superficial (0 cm), registrando solo 3.48 t ha^{-1} . En contraste, la variedad ‘Poderosa’ mantuvo rendimientos bajos y

relativamente constantes en todas las profundidades evaluadas (1.26, 1.15 y 0.44 t ha⁻¹) sin diferencias estadísticas significativas. Esta estabilidad en bajo rendimiento podría atribuirse a limitaciones genéticas en la exploración radicular y eficiencia en la absorción de nutrientes, lo que refuerza la necesidad de seleccionar variedades adaptadas a condiciones específicas de siembra.

Figura 4a.

*Interacción de factores dobles variedad*mulch, en el peso total de tubérculos de papa.*

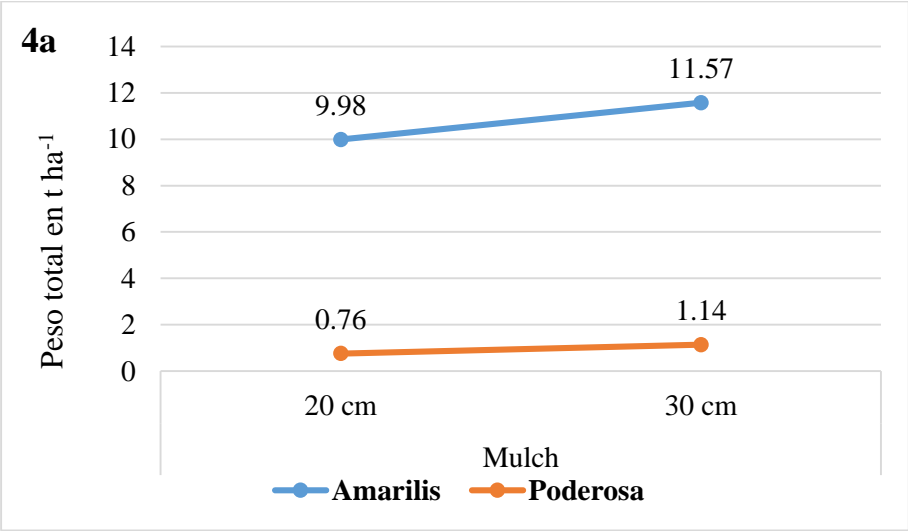
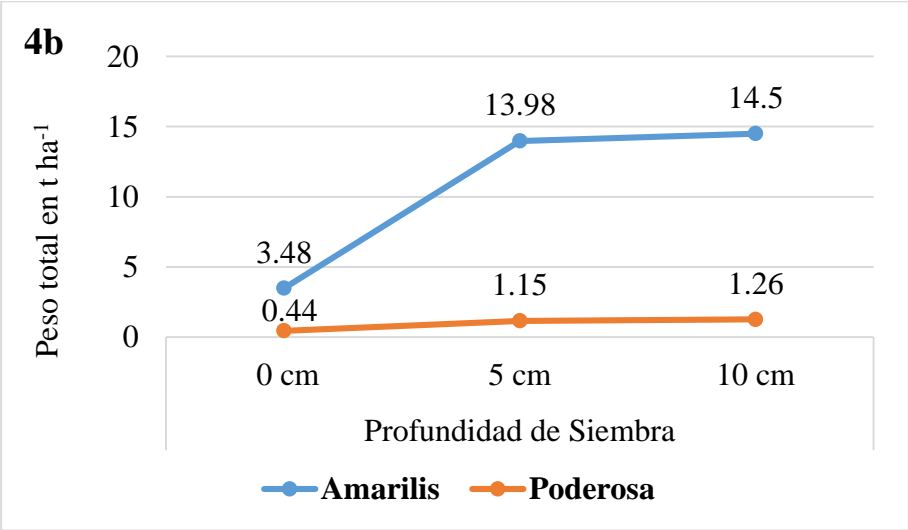


Figura 4b.

*Interacción de factores dobles variedad*profundidad de siembra, en el peso total de tubérculos.*



Los resultados obtenidos en la investigación resultan inferiores a los reportados por Muñoz (2022) y Santa Cruz (2017), quienes reportaron rendimientos de 26.70 t ha⁻¹ y 24.9 t ha⁻¹, respectivamente, para la variedad amarilis, en tanto que para la variedad poderosa Briceño (2024),

reportó 22.3 t ha⁻¹, y Salinas (2020), con 6.1 t ha⁻¹. Los bajos rendimientos observados en este estudio se atribuyen al ataque del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), plaga que ha sido identificada como una amenaza emergente en regiones productoras de papa en Perú desde 2021. Este insecto no solo causa daño directo por su alimentación, sino que también transmite la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*, responsable de la enfermedad conocida como “zebra chip”, la cual afecta la calidad y el llenado de los tubérculos. Investigaciones recientes han documentado su presencia en zonas como Piura, Tumbes y Cajamarca, con impactos negativos en cultivos de papa, tomate y otras solanáceas Gamarra (2023); Pérez et al., (2022). El Centro Internacional de la Papa (CIP) ha confirmado que el psílido reduce la tuberización y el desarrollo de los tubérculos, afectando directamente el rendimiento del cultivo.

4.4. Peso de tubérculos comerciales.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para el peso de tubérculos comerciales, reveló que el efecto del bloque no fue significativo ($p = 0.3178$), indicando que no hubo diferencias sistemáticas entre las repeticiones del experimento, por tanto, se logró un adecuado control de la variabilidad experimental. Sin embargo, los factores individuales como; la variedad y la profundidad de siembra, mostraron un efecto altamente significativo ($p < 0.0001$). En contraste, el espesor de mulch no presentó un efecto significativo ($p = 0.3441$), lo que sugiere que, bajo las condiciones del presente estudio, la cobertura con mulch no influyó de manera directa en el peso de los tubérculos comerciales.

Por otro lado, respecto a las interacciones, se observó una interacción significativa entre V*M ($p = 0.0104$), lo que sugiere que el efecto del mulch sobre el peso de los tubérculos comerciales varía según la variedad. Asimismo, la interacción entre V*P ($p = 0.0005$) también fue significativa, indicando que la respuesta de cada variedad a las distintas profundidades no es uniforme. En cambio, las interacciones M*P ($p = 0.138$) y la interacción triple V*M*P ($p = 0.1978$), no fueron significativas, lo que implica que estas combinaciones no tuvieron un efecto

relevante sobre el peso de los tubérculos comerciales en este estudio.

Finalmente, el coeficiente de variación (25.42%) indica una variabilidad moderada, aceptable en condiciones de campo.

Tabla 13

Análisis de varianza (ANOVA) para peso de tubérculos comerciales, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X : dato)

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor	
Bloque	0.39	2	0.19	1.21	0.3178	NS
Variedad (V)	50.41	1	50.41	315.16	<0.0001	**
Mulch (M)	0.15	1	0.15	0.93	0.3441	NS
Profundidad de siembra (P)	12.4	2	6.2	38.76	<0.0001	**
V*M	1.25	1	1.25	7.84	0.0104	**
V*P	3.5	2	1.75	10.93	0.0005	**
M*P	0.69	2	0.35	2.17	0.138	NS
V*M*P	0.56	2	0.28	1.75	0.1978	NS
Error	3.52	22	0.16			
Total	72.87	35				

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV:25.42%

La Tabla 14 presenta los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey, aplicada al peso de tubérculos comerciales, en función de la interacción entre V*M la cual resultó estadísticamente significativa ($p = 0.0104$). La variedad INIA-302 (Amarilis) mostró un rendimiento comercial superior, con coberturas de mulch de 30 cm y 20 cm, con promedios de 9.73 t ha^{-1} y 7.67 t ha^{-1} respectivamente, situándose en el grupo A. Por el contrario, la variedad INIA-325 (Poderosa) presentó rendimientos considerablemente más bajos bajo las mismas condiciones de cobertura, con valores de 0.43 t ha^{-1} y 0.17 t ha^{-1} , ubicándose en el grupo B.

Tabla 14.

Prueba de Tukey para el peso total de tubérculos comerciales (rendimiento $t\ ha^{-1}$) por efecto de la interacción variedad-mulch.

Variedad	Mulch	Peso de tubérculos Comerciales	Agrupación
Amarilis	30 cm	9.73	A
Amarilis	20 cm	7.67	A
Poderosa	30 cm	0.43	B
Poderosa	20 cm	0.17	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La tabla 15 presenta los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey de la interacción V*P ($p = 0.0005$) del peso de tubérculos comerciales, revelando contrastes estadísticamente significativos entre tratamientos. La variedad INIA-302 (Amarilis) alcanzó los mayores promedios a profundidades de 5 cm ($12.10\ t\ ha^{-1}$) y 10 cm ($11.45\ t\ ha^{-1}$). Esto refleja una respuesta productiva favorable a mayores profundidades de siembra. Sin embargo, a 0 cm, su rendimiento disminuyó significativamente ($2.55\ t\ ha^{-1}$) lo que evidencia la sensibilidad de esta variedad a la ausencia de cobertura edáfica. Por su parte, la variedad INIA-325 (Poderosa) mostró rendimientos bajos y homogéneos (0.00 a $0.46\ t\ ha^{-1}$) en todas las profundidades evaluadas, sin diferencias significativas entre ellas.

Tabla 15.

Prueba de Tukey para el peso total de tubérculos comerciales (rendimiento $t\ ha^{-1}$) por efecto de la interacción variedad-profundidad de siembra.

Variedad	Profundidad de siembra	Peso de tubérculos Comerciales	Agrupación
Amarilis	5 cm	12.10	A
Amarilis	10 cm	11.45	A
Amarilis	0 cm	2.55	B
Poderosa	10 cm	0.46	B
Poderosa	5 cm	0.44	B
Poderosa	0 cm	0.00	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La Figura 5a muestra que el peso de los tubérculos comerciales se ve significativamente influenciado por la interacción entre la variedad y el espesor del mulch, mientras que la Figura 5b evidencia que la profundidad de siembra también afecta esta variable. La variedad Amarilis respondió

positivamente a un mayor grosor de mulch, alcanzando un rendimiento máximo de 9.73 t/ha⁻¹ a 30 cm, y disminuyendo a 7.67 t/ha⁻¹ a 20 cm. Por el contrario, Poderosa tuvo rendimientos muy bajos y sin variaciones significativas entre los espesores de mulch (0.43 t/ha⁻¹ a 30 cm y 0.17 t/ha⁻¹ a 20 cm). En cuanto a la profundidad de siembra, Amarilis presentó un rendimiento más alto a 10 cm (14.5 t/ha⁻¹), que disminuyó considerablemente a 0 cm (3.48 t/ha⁻¹). Poderosa, por su parte, mantuvo rendimientos bajos y constantes en todas las profundidades evaluadas (entre 1.4 y 0.44 t/ha⁻¹).

Figura 5a.
*Interacción de factores dobles variedad * mulch, en el peso de tubérculos comerciales.*

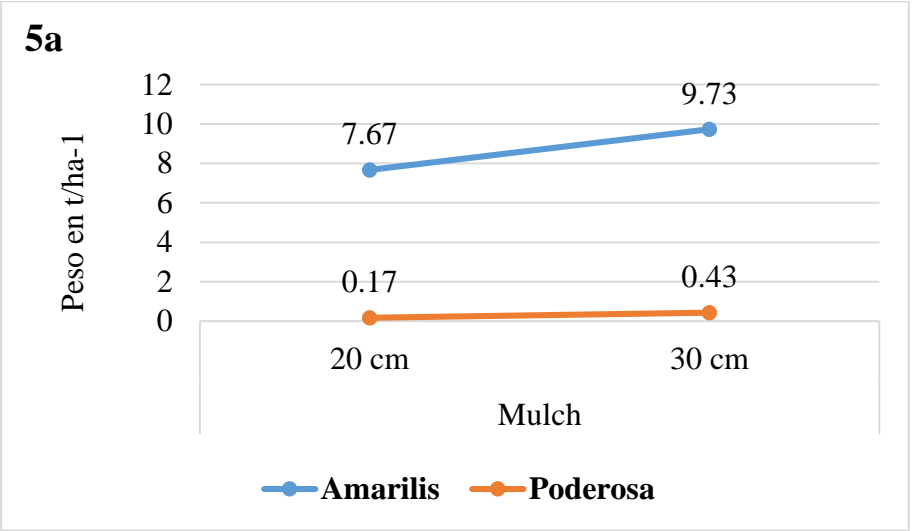
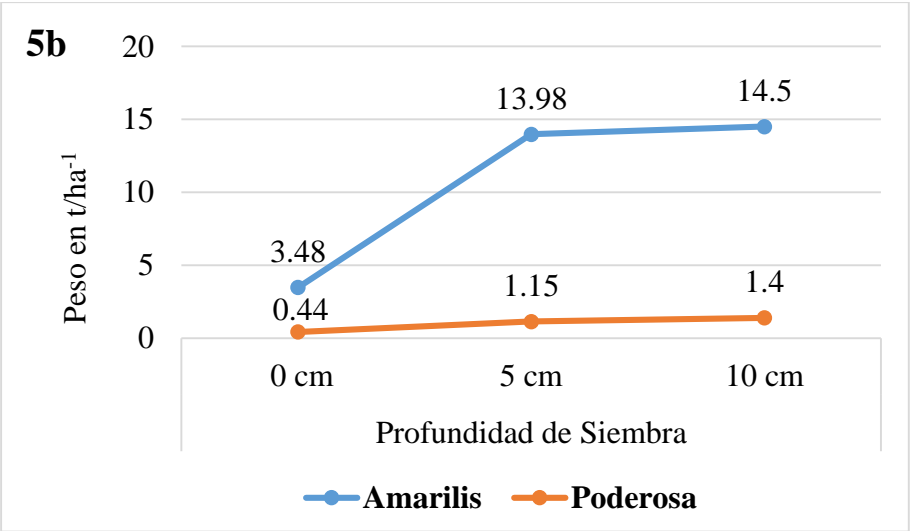


Figura 5b.
*Interacción de factores dobles variedad * profundidad de siembra, en el peso de tubérculos comerciales.*



Estos resultados, especialmente en Amarilis, son inferiores a los reportados por Ruiz (2019), quien obtuvo 17.859 t ha⁻¹ de tubérculos comerciales en condiciones similares, lo que sugiere que factores externos como el ataque del psílido de la papa limitaron el rendimiento en el presente estudio. En el caso de Poderosa, su escasa acumulación de biomasa y baja productividad se atribuyen principalmente a su alta susceptibilidad a esta plaga, lo que refuerza la necesidad de considerar el comportamiento varietal frente a factores bióticos en el manejo agronómico.

4.5. Altura de planta

El análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de planta reveló que, el efecto de bloque fue altamente significativo ($p = 0.0001$), lo que evidencia diferencias marcadas entre las repeticiones del experimento, esta variabilidad puede atribuirse a factores no controlados durante el ensayo, como la heterogeneidad del suelo entre repeticiones. Así también, se observa significancia estadística en el factor variedad ($p = 0.026$) y la interacción V*M ($p = 0.0181$), lo que indica que el crecimiento en altura está influenciado tanto por el genotipo como por su respuesta al tipo de cobertura. En contraste, el efecto del mulch evaluado de forma individual no fue significativo ($p = 0.5158$), lo que sugiere que el espesor de cobertura no tuvo una influencia directa sobre la altura de las plantas. La profundidad de siembra mostró una tendencia cercana a la significancia ($p = 0.0853$), aunque sin superar el umbral del 5%, por lo que su efecto no puede considerarse concluyente. Las demás interacciones evaluadas (V*P, M*P y VM*P) tampoco presentaron efectos significativos. El coeficiente de variación (CV) fue de 9%, lo que refleja una excelente precisión experimental, con baja dispersión relativa de los datos y alta confiabilidad en los resultados obtenidos.

Tabla 16.

Análisis de varianza (ANOVA) para altura de planta, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor	
Bloque	2045.32	2	1022.66	15.19	0.0001	**
Variedad (V)	383.57	1	383.57	5.7	0.026	**
Mulch (M)	29.36	1	29.36	0.44	0.5158	NS
Profundidad de siembra (P)	371.34	2	185.67	2.76	0.0853	NS
V*M	439.39	1	439.39	6.53	0.0181	*
V*P	105.89	2	52.95	0.79	0.4678	NS
M*P	147.32	2	73.66	1.09	0.3523	NS
V*M*P	102.97	2	51.49	0.76	0.4774	NS
Error	1480.89	22	67.31			
Total	5106.06	35				

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV:9%

La tabla 17, muestra la prueba de comparación múltiple de Tukey, respecto de la interacción V*M de la variable altura de planta, revelando diferencias estadísticas significativas. La variedad Poderosa con 20 cm de mulch alcanzó la mayor altura promedio (96.13 cm), evidenciando un desarrollo vegetativo superior. Seguido de Amarilis con 30 cm de mulch (91.41 cm) y Poderosa con 30 cm de mulch (90.95 cm), sin diferencia significativa entre sí. Por el contrario, Amarilis con 20 cm de mulch registró la menor altura (82.61 cm).

Tabla 17.

Prueba de Tukey para altura de planta por efecto de la interacción variedad-mulch.

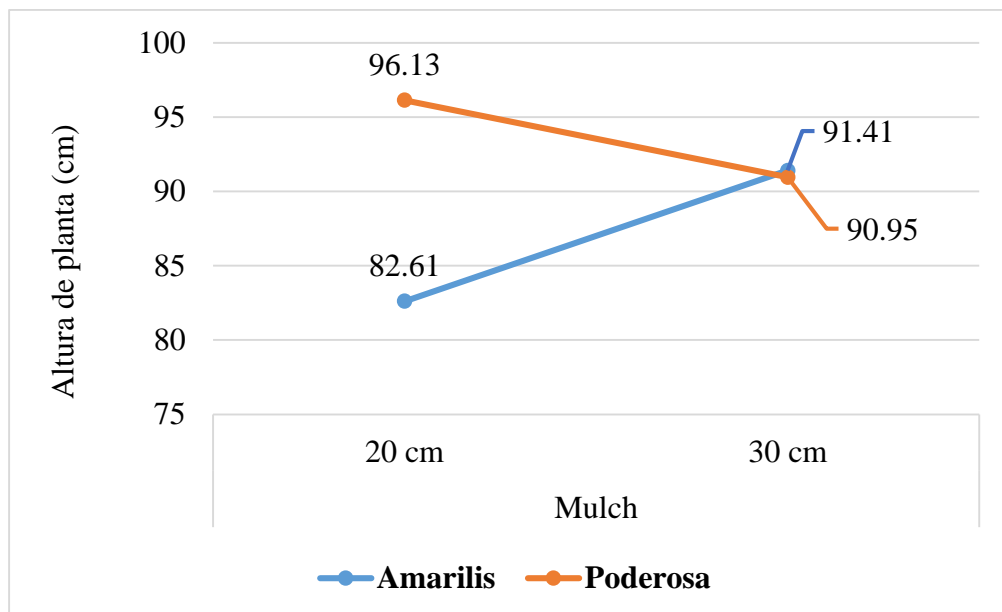
Variedad	Mulch	Altura de planta	Agrupación
Poderosa	20 cm	96.13	A
Amarilis	30 cm	91.41	AB
Poderosa	30 cm	90.95	AB
Amarilis	20 cm	82.61	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La figura 6, muestra que la altura de la planta varía significativamente según la interacción entre la variedad y el espesor del mulch. Poderosa presenta mayor altura de planta con espesor de mulch de 20 cm (96.13 cm) y con espesor de 30 cm (91.41 cm). Por el contrario, la variedad Amarilis disminuye su altura de 90.95 cm con 30 cm de mulch a 82.61 cm con 20 cm, lo que indica una mayor dependencia de una cobertura más densa para mantener su vigor.

Figura 6.

*Interacción de factores dobles entre variedad*mulch en la altura de planta.*



4.6. Número de tallos

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la variable número de tallos por planta reveló, el efecto de bloque no fue significativo ($p = 0.7229$), lo que indica condiciones experimentales homogéneas. No obstante, la variedad fue el único factor con efecto estadísticamente significativo ($p = 0.0007$), los factores mulch ($p = 0.7231$) y profundidad de siembra ($p = 0.1382$), así como sus respectivas interacciones, no mostraron efectos estadísticamente significativos sobre el número de tallos. No obstante, la interacción entre V*M presentó una tendencia cercana a la significancia ($p = 0.0865$), lo que sugiere un posible efecto combinado que podría ser relevante en condiciones específicas y merece ser explorado en estudios posteriores. Además, el coeficiente de variación ($CV = 13.15\%$) refleja una variabilidad aceptable dentro del experimento, lo que respalda la confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 18.

Análisis de varianza (ANOVA) para número de tallos por planta, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X : dato).

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor
Bloque	0.08	2	0.04	0.33	0.7229 NS
Variedad (V)	1.9	1	1.90	15.66	0.0007 **
Mulch (M)	0.02	1	0.02	0.13	0.7231 NS
Profundidad de siembra (P)	0.53	2	0.26	2.17	0.1382 NS
V*M	0.39	1	0.39	3.22	0.0865 NS
V*P	0.1	2	0.05	0.42	0.6637 NS
M*P	1.04	2	0.52	3	0.0637 NS
V*M*P	0.06	2	0.03	0.26	0.7704 NS
Error	2.67	22	0.12		
Total	6.79	35			

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV:13.15%

La tabla 19, de la prueba de comparación múltiple de Tukey evidenció diferencias estadísticas significativas en el número de tallos por planta entre las variedades de papa evaluadas. La variedad Poderosa presentó una media de 2.88 tallos por planta, mientras que Amarilis registró una media menor de 2.42 tallos por planta. Estas diferencias se reflejan en la asignación de letras distintas en la agrupación estadística (A para Poderosa y B para Amarilis), lo que confirma que ambas variedades difieren significativamente en esta característica. En consecuencia, se puede afirmar que Poderosa supera significativamente a Amarilis en cuanto al número de tallos por planta, lo que podría indicar una mayor capacidad de ramificación o vigor vegetativo en esta variedad.

Al comparar estos valores con investigaciones previas, se observa que los resultados son inferiores a los reportados por Muñoz (2022), quien registró hasta 7.00 tallos por planta, y Burgos (2019), con 8.7 tallos, lo que podría atribuirse a diferencias en condiciones agroecológicas, manejo agronómico o genotipos utilizados. Sin embargo, los valores obtenidos superan los reportados por Quispe (2021), quien encontró 2.5 tallos por planta, y se aproximan

a los de Santa Cruz (2017), con 2.80 tallos.

Estas comparaciones consienten contextualizar los resultados dentro del marco de la variabilidad genética y ambiental que identifica el cultivo de papa. La diferencia significativa entre variedades propone que el número de tallos es una característica influenciada principalmente por el genotipo, y que Poderosa podría ofrecer ventajas en términos de arquitectura vegetal bajo las condiciones del presente estudio.

Tabla 19.

Prueba de Tukey para número de tallos por planta por efecto de variedad.

Variedad	Medias	Agrupación
Poderosa	2.88	A
Amarilis	2.42	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

4.7. Peso de follaje

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la variable peso de follaje evidenció alta significancia estadística entre bloques ($p = 0.0008$), sugiriendo posibles diferencias edafoclimáticas entre repeticiones asociadas principalmente al genotipo y su interacción con la cobertura del suelo. As también, el factor variedad manifestó un efecto altamente significativo ($p < 0.0001$), este resultado destaca la influencia del genotipo en la acumulación de biomasa aérea, aspecto clave para la productividad. Del mismo modo, la interacción entre V*M presento significancia estadística al contar con un p-valor menor que 0.05 ($p = 0.026$), lo que indica que la respuesta en peso de follaje está condicionada por la combinación específica entre el material genético y la cobertura empleada. En contraste, los factores mulch ($p = 0.163$) y profundidad de siembra ($p = 0.7245$), evaluados de forma individual, no presentaron efectos significativos, al igual que las demás interacciones. Finalmente, el coeficiente de variación ($CV = 14.46\%$) indica una variabilidad experimental moderada, considerada aceptable en estudios de campo, lo que respalda la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 20.

Análisis de varianza (ANOVA) para peso del follaje, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F- calculado	p-valor	
Bloque	111.96	2	55.98	10.1	0.0008	**
Variedad (V)	744.29	1	744.29	134.27	<0.0001	**
Mulch (M)	11.55	1	11.55	2.08	0.163	NS
Profundidad de siembra (P)	3.63	2	1.81	0.33	0.7245	NS
V*M	31.6	1	31.6	5.7	0.026	*
V*P	5.52	2	2.76	0.5	0.6143	NS
M*P	8.23	2	4.12	0.74	0.4874	NS
V*M*P	6.59	2	3.29	0.59	0.5605	NS
Error	121.95	22	5.54			
Total	1045.33	35				

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV:14.46%

La tabla 21. Muestra la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey evidencia una interacción significativa entre V*M sobre el peso del follaje reforzando los resultados obtenidos en el análisis de varianza. La variedad INIA-325 (Poderosa) mostró los valores más altos de biomasa aérea con ambas coberturas, siendo significativamente superior con 30 cm de mulch (514.50 g), seguida por la misma variedad con 20 cm de mulch (380.32 g). En contraste, la variedad INIA-302 (Amarilis) presentó los valores más bajos, con 149.35 g y 132.85 g para 20 cm y 30 cm de mulch, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas. La asignación de distintas letras en la agrupación estadística (A, B y C) evidencia que Poderosa con 30 cm de mulch se diferencia significativamente de los demás tratamientos, mientras que Amarilis no muestra sensibilidad al espesor de cobertura en términos de acumulación de follaje. Estos resultados manifiestan una fuerte influencia genotípica en la respuesta al manejo del suelo, posiblemente asociada a diferencias en arquitectura foliar, eficiencia fotosintética o adaptación fisiológica al microclima generado por el mulch.

Tabla 21.

Prueba de Tukey para el peso del follaje por efecto de la interacción variedad-mulch.

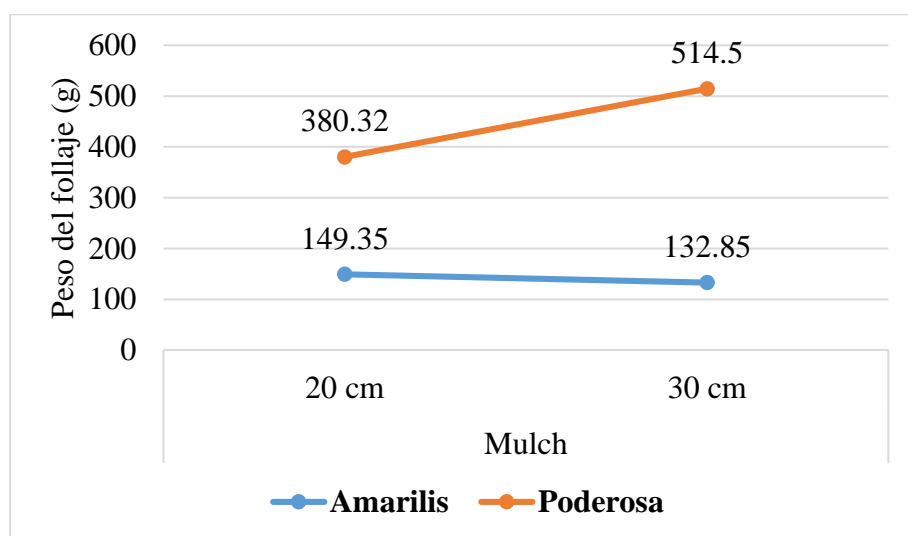
Variedad	Mulch	Peso Follaje	Agrupación
Poderosa	30 cm	514.50	A
Poderosa	20 cm	380.32	B
Amarilis	20 cm	149.35	C
Amarilis	30 cm	132.85	C

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La figura 7, complementa la información de la tabla 20, al mostrar patrones contrastantes entre ambas variedades. En Amarilis, se observa una leve mejora con 20 cm de mulch, lo que podría indicar una preferencia por condiciones menos restrictivas en términos de cobertura. Por el contrario, Poderosa exhibe una respuesta positiva marcada al aumento del mulch, lo que podría estar relacionado con una mayor eficiencia en el aprovechamiento del microclima generado por la cobertura, diferencias en arquitectura foliar o una mayor capacidad fotosintética.

Figura 7.

Niveles de mulch, en el peso del follaje de papa INIA 302 -amarilis y INIA 325-poderosa.



4.8. Cobertura de follaje

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la variable cobertura del follaje no mostró efectos significativos atribuibles a los factores experimentales evaluados, con excepción del bloque, que fue altamente significativo ($p < 0.0001$), lo que sugiere la existencia de variaciones

edafoclimáticas o microambientales entre las repeticiones del ensayo, posiblemente relacionadas con diferencias en humedad, fertilidad, exposición solar o textura del suelo. En contraste, los factores individuales variedad ($p = 0.2334$), mulch ($p = 0.1798$) y profundidad de siembra ($p = 0.5123$) no mostraron efectos estadísticamente significativos sobre la cobertura del follaje. Asimismo, ninguna de las interacciones evaluadas (V*M, V*P, M*P y V*M*P) presentaron diferencias relevantes, indicando que, bajo las condiciones del presente estudio, la cobertura vegetal no fue influenciada de manera directa por el genotipo ni por las prácticas de manejo agronómico consideradas.

El coeficiente de variación ($CV = 14.7\%$) refleja una variabilidad experimental moderada, aceptable en estudios de campo, lo que respalda la confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 22.

Análisis de varianza (ANOVA) para cobertura del follaje, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X : dato).

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor	
Bloque	25.05	2	12.53	34.34	<0.0001	**
Variedad (V)	0.55	1	0.55	1.50	0.2334	NS
Mulch (M)	0.70	1	0.70	1.92	0.1798	NS
Profundidad de siembra (P)	0.50	2	0.25	0.69	0.5123	NS
V*M	4.9E-03	1	4.9E-03	0.01	0.9088	NS
V*P	0.37	2	0.18	0.50	0.6130	NS
M*P	0.35	2	0.18	0.48	0.6233	NS
V*M*P	0.06	2	0.03	0.09	0.9187	NS
Error	8.02	22	0.36			
Total	35.61	35				

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV: 14.7%

4.9. Materia seca de tubérculos

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la variable materia seca en tubérculos mostró efectos altamente significativos para varios factores y sus interacciones. El factor variedad presentó un efecto altamente significativo ($p < 0.0001$), lo que confirma que el genotipo influye de manera determinante en la acumulación de materia seca en los tubérculos. Asimismo, la profundidad de

siembra también mostró un efecto altamente significativo ($p = 0.0001$), indicando que esta práctica agronómica tiene un impacto directo sobre esta variable. Asimismo, la interacción entre V*M fue significativa ($p = 0.0320$), al igual que la interacción entre V*P con un valor altamente significativo ($p < 0.0001$), lo que sugiere que la respuesta en materia seca está condicionada por combinaciones específicas entre el genotipo y las prácticas de manejo. En contraste, los factores mulch ($p = 0.3211$) y la interacción entre M*P, así como la triple interacción triple V*M*P, no mostraron efectos significativos. El efecto de bloque fue significativo ($p = 0.0425$), lo que podría reflejar variaciones ambientales entre repeticiones del experimento.

Finalmente, el coeficiente de variación ($CV = 15\%$) indica una variabilidad experimental moderada, aceptable en estudios de campo, lo que respalda la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 23.

Análisis de varianza (ANOVA) para materia seca de tubérculos, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor	
Bloque	0.64	2	0.32	3.66	0.0425	*
Variedad (V)	34.46	1	34.46	394.55	<0.0001	**
Mulch (M)	0.09	1	0.09	1.03	0.3211	NS
Profundidad de siembra (P)	9.47	2	4.74	54.24	<0.0001	**
V*M	0.46	1	0.46	5.24	0.0320	*
V*P	3.32	2	1.66	19.01	<0.0001	**
M*P	0.40	2	0.20	2.29	0.1249	NS
V*M*P	0.35	2	0.17	2.00	0.1588	NS
Error	1.92	22	0.09			
Total	51.11	35				

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV:15%

La tabla 24, muestra la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey para la materia seca de tubérculos. Según la interacción V*M evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. La variedad Amarilis, con 30 cm como con 20 cm de mulch, presentó los valores más altos en contenido de materia seca (20.30% y 17.50% respectivamente), agrupándose en el mismo grupo estadístico A. En contraste, la variedad

Poderosa mostró los valores más bajos, con 2.4 % para 20 cm de mulch y 1.79 % para 30 cm, ambos pertenecientes al grupo B, sin diferencias significativas entre ellos.

Estos resultados se confirman en la figura 8, donde se observa que la variedad Amarilis supera significativamente a Poderosa en acumulación de materia seca de tubérculos, independientemente del espesor de mulch utilizado, lo que sugiere una mayor eficiencia fisiológica y adaptación del genotipo Amarilis a las condiciones del experimento.

Tabla 24

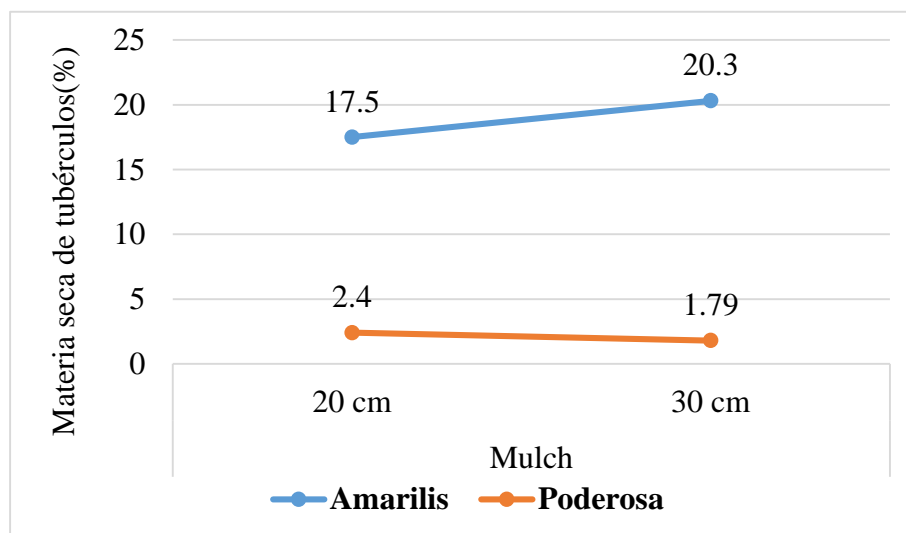
Prueba de Tukey para materia seca de tubérculos por efecto de la interacción variedad-mulch

Variedad	Mulch	MS tubérculos	Agrupación
Amarilis	30 cm	20.30	A
Amarilis	20 cm	17.50	A
Poderosa	20 cm	2.40	B
Poderosa	30 cm	1.79	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

Figura 8.

*Interacción de factores dobles variedad*mulch en el peso del follaje.*



La tabla 25, muestra la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey para la materia seca de tubérculos. Según la interacción V*P, se evidencia diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. La variedad Amarilis mostró los valores más altos de materia seca con profundidades de siembra de 10 cm (25.44 %) y 5 cm (24.53 %), ambos agrupados en el grupo estadístico A, lo que indica que no existen diferencias significativas entre estas dos

profundidades para dicha variedad. En cambio, Amarilis sembrada a 0 cm presentó una reducción considerable en la acumulación de materia seca (6.74 %), ubicándose en el grupo B junto con todos los tratamientos de la variedad Poderosa, cuyos valores fueron notablemente inferiores (2.94 %, 2.42 % y 0.93 % para 10 cm, 5 cm y 0 cm, respectivamente).

Tabla 25.

Prueba de Tukey para materia seca de tubérculos por efecto de la interacción variedad-profundidad de siembra.

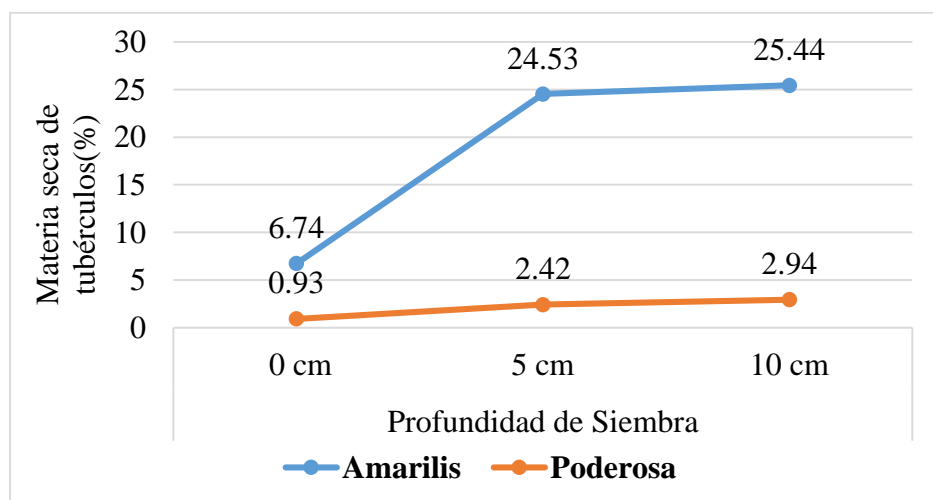
Variedad	Profundidad de Siembra	MS tubérculos	Agrupación
Amarilis	10 cm	25.44	A
Amarilis	5 cm	24.53	A
Amarilis	0 cm	6.74	B
Poderosa	10 cm	2.94	B
Poderosa	5 cm	2.42	B
Poderosa	0 cm	0.93	B

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La figura 9 muestra que la acumulación de materia seca en los tubérculos varía significativamente entre las variedades Amarilis y Poderosa. Estos resultados confirman que Amarilis responde favorablemente a mayores profundidades de siembra, mientras que Poderosa muestra una baja acumulación de materia seca independientemente de la profundidad utilizada, lo que sugiere una marcada influencia genotípica en la eficiencia fisiológica y en la adaptación al manejo agronómico.

Figura 9.

*Interacción de factores dobles de variedad*profundidad de siembra en el peso de materia seca de tubérculos.*



Los valores obtenidos en esta investigación para la variedad amarilis son ligeramente superiores a los encontrados por; Ruiz (2019) y Santa Cruz (2017), quienes registraron contenidos de materia seca de 21 % y 19.30 %, respectivamente, lo que respalda la validez y consistencia de los resultados obtenidos en el presente estudio.

4.10. Materia seca del follaje (%)

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la variable materia seca del follaje presentó un efecto altamente significativo para el factor variedad ($p < 0.0001$), indicando que el genotipo influye en la acumulación de materia seca del follaje. Asimismo, la interacción entre V*M presentó un efecto significativo ($p = 0.0258$), demostrando que la respuesta en materia seca del follaje está condicionada por la combinación entre el tipo de variedad y el espesor de cobertura del suelo. En contraste, los factores mulch ($p = 0.2091$) y profundidad de siembra ($p = 0.7132$), evaluados de forma individual, no mostraron efectos significativos, al igual que las demás interacciones (V*P, M*P, V*M*P). Sin embargo, el efecto de bloques fue altamente significativo ($p = 0.0007$), lo que podría reflejar variaciones edafoclimáticas entre las repeticiones del experimento. Finalmente, el coeficiente de variación ($CV = 14\%$) indica una variabilidad moderada, considerada aceptable en estudios de campo.

Tabla 26.

Análisis de varianza (ANOVA) para materia seca del follaje, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor	
Bloque	3.49	2	1.75	10.22	0.0007	**
Variedad (V)	12.43	1	12.43	72.69	<0.0001	**
Mulch (M)	0.29	1	0.29	1.67	0.2091	NS
Profundidad de siembra (P)	0.12	2	0.06	0.34	0.7132	NS
V*M	0.98	1	0.98	5.71	0.0258	*
V*P	0.18	2	0.09	0.54	0.5908	NS
M*P	0.25	2	0.13	0.73	0.4919	NS
V*M*P	0.2	2	0.1	0.57	0.5712	NS
Error	3.76	22	0.17			
Total	21.69	35				

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV: 14%

La tabla 27, muestra la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey para la materia seca del follaje. Según la interacción V*M, evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. La variedad Poderosa presentó los valores más altos de materia seca con ambos espesores de cobertura, alcanzando 29.39 % con 30 cm de mulch y 21.73 % con 20 cm, agrupados en el grupo estadístico A, lo que indica que no existen diferencias significativas entre estos dos niveles de cobertura para dicha variedad. En contraste, la variedad Amarilis mostró valores considerablemente inferiores, con 11.94 % y 10.62 % para 20 cm y 30 cm de mulch, respectivamente, ubicándose en el grupo B.

Tabla 27.

Prueba de Tukey para materia seca del follaje por efecto de la interacción variedad-mulch.

Variedad	Mulch	MS Follaje	Agrupación
Poderosa	30 cm	29.39	A
Poderosa	20 cm	21.73	A
Amarilis	20 cm	11.94	B
Amarilis	30 cm	10.62	B

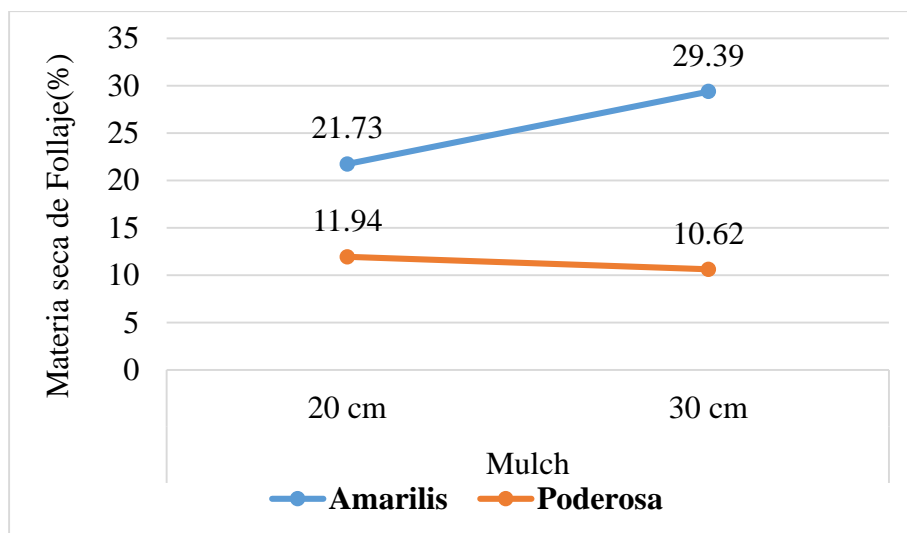
Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La figura 10, muestra claramente una interacción significativa entre la variedad de papa y el espesor de mulch sobre la acumulación de materia seca en el follaje. La variedad Poderosa presentó una respuesta positiva al incremento del mulch, aumentando su contenido de materia seca de 21.73 % con 20 cm a 29.39 % con 30 cm, lo que indica que esta variedad se beneficia de una mayor cobertura del suelo, posiblemente debido a un microclima más favorable para el desarrollo vegetativo. En cambio, la variedad Amarilis mostró una tendencia opuesta, con una leve disminución de 11.94 % a 10.62 % al pasar de 20 cm a 30 cm de mulch, manifestando que esta variedad no responde favorablemente al aumento de cobertura, e incluso podría verse limitada por condiciones de exceso de humedad o menor aireación en el sistema radicular. Estos resultados reflejan una clara influencia genotípica en la acumulación de materia seca foliar, donde Poderosa demuestra una mayor capacidad de síntesis y almacenamiento de biomasa aérea, independientemente del espesor de cobertura aplicado. Esta tendencia sugiere que Poderosa podría tener ventajas fisiológicas asociadas a su

arquitectura foliar o eficiencia fotosintética bajo condiciones de cobertura, lo que la convierte en una opción favorable para sistemas de producción que priorizan el desarrollo vegetativo.

Figura 10.

*Interacción de factores dobles de variedad*mulch para materia seca del follaje.*



4.11. Índice de cosecha

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al índice de cosecha mostró efectos altamente significativos en varios de los factores evaluados. El factor variedad presentó un efecto altamente significativo ($p < 0.0001$), demostrando que el genotipo influye en la eficiencia con la que la planta convierte su biomasa total en producto cosechable. Asimismo, la profundidad de siembra también mostró un efecto altamente significativo ($p < 0.0001$), lo que sugiere que esta práctica agronómica impacta directamente en la distribución de biomasa entre el follaje y los órganos cosechables. Asimismo, se observa alta significancia estadística entre las interacciones V*M ($p = 0.0047$) y V*P ($p < 0.0001$), lo que evidencia que la eficiencia de cosecha está condicionada por combinaciones específicas entre el genotipo y las prácticas de manejo.

En contraste, los factores mulch ($p = 0.1468$), la interacción M*P ($p = 0.3007$), y la triple interacción V*M*P ($p = 0.2246$) no mostraron efectos significativos, lo que indica que, de forma aislada o en combinación, estos factores no influyeron directamente en el índice de cosecha. No obstante, el efecto de bloque fue significativo ($p = 0.005$), lo que podría reflejar variaciones

ambientales entre las repeticiones del experimento. Finalmente, el coeficiente de variación (CV = 19.9 %) indica una variabilidad experimental moderada, aceptable en estudios de campo, lo que respalda la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 28.

Análisis de varianza (ANOVA) para índice de cosecha, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra.

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor
Bloque	587.96	2	293.98	6.8	0.005 **
Variedad (V)	21910.41	1	21910.41	506.9	<0.0001 **
Mulch (M)	97.78	1	97.78	2.26	0.1468 NS
Profundidad de siembra (P)	3085.59	2	1542.79	35.69	<0.0001 **
V*M	427.59	1	427.59	9.89	0.0047 **
V*P	1447.54	2	723.77	16.74	<0.0001 **
M*P	109.78	2	54.89	1.27	0.3007 NS
V*M*P	138.28	2	69.14	1.6	0.2246 NS
Error	950.94	22	43.22		
Total	28755.87	35			

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV.19.9%

La tabla 29, muestra la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey para el índice de cosecha, según la interacción V*M, evidenciando diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. La variedad Amarilis mostró los valores más altos de eficiencia productiva, con un índice de cosecha de 62.75% cuando se utilizó 30 cm de mulch y 52.56% con 20 cm, agrupados en los grupos estadísticos A y B respectivamente, lo que indica que el aumento en el espesor de mulch favorece la asignación de biomasa hacia los órganos cosechables en esta variedad. En contraste, la variedad Poderosa presentó índices de cosecha considerablemente inferiores, con 10.11% y 6.51% para 20 cm y 30 cm de mulch, respectivamente, ambos pertenecientes al grupo C, sin diferencias significativas entre ellos. Esto refleja una marcada influencia genotípica en la eficiencia de conversión de biomasa total en producto cosechable, donde Amarilis demuestra una mayor capacidad de asignación hacia los tubérculos, especialmente bajo condiciones de mayor cobertura del suelo. En cambio, Poderosa muestra una baja eficiencia, lo que podría estar relacionado con una mayor inversión en biomasa vegetativa o una menor respuesta fisiológica al manejo del mulch.

Tabla 29.

Prueba de Tukey del índice de cosecha por efecto de la interacción variedad-mulch.

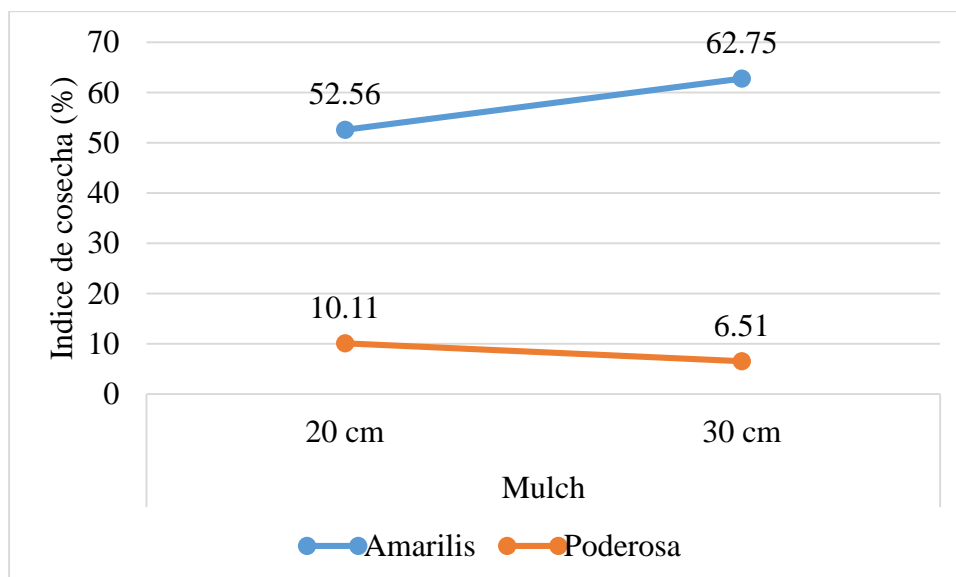
Variedad	Mulch	Medias	Agrupación
Amarilis	30 cm	62.75	A
Amarilis	20 cm	52.56	B
Poderosa	20 cm	10.11	C
Poderosa	30 cm	6.51	C

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La Figura 11, muestra la interacción entre V*M sobre el índice de cosecha, evidenciando contrastes entre genotipos. Amarilis respondió positivamente al incremento del mulch, aumentando su índice de 52.56 % con 20 cm a 62.75 % con 30 cm, indicando mayor eficiencia en la asignación de biomasa hacia los tubérculos bajo mayor cobertura. En cambio, Poderosa mostró una tendencia inversa, disminuyendo de 10.11 % a 6.51 %, lo que sugiere menor capacidad de respuesta fisiológica a este manejo. Esta interacción refleja que el efecto del mulch sobre la eficiencia productiva está condicionado por el genotipo, siendo Amarilis más favorable, mientras Poderosa mantiene baja eficiencia independientemente del espesor aplicado.

Figura 11.

*Interacción de factores dobles de variedad*mulch para índice de cosecha.*



La tabla 30 muestra la prueba de Tukey para el índice de cosecha según la interacción V*P, revelando diferencias significativas entre los tratamientos. Amarilis presentó los valores más altos de

eficiencia productiva, con índices de 70.42 % y 66.85 % para profundidades de siembra de 10 cm y 5 cm, respectivamente, ambos en el grupo estadístico A, indicando que no existen diferencias significativas entre estas profundidades. Sin embargo, sembrada a 0 cm, Amarilis redujo su índice a 35.69 %, ubicándose en el grupo B, lo que sugiere que menor profundidad limita la asignación de biomasa hacia los órganos cosechables. En cambio, Poderosa presentó índices significativamente inferiores en todas las profundidades, con valores de 10.87 %, 9.84 % y 4.22 % para 10 cm, 5 cm y 0 cm, respectivamente, todos en el grupo C, sin diferencias entre ellos. Esta tendencia indica que Poderosa tiene baja eficiencia en la conversión de biomasa total en producto cosechable, independientemente de la profundidad.

Tabla 30.

Prueba de Tukey del índice de cosecha por efecto de la interacción variedad-mulch.

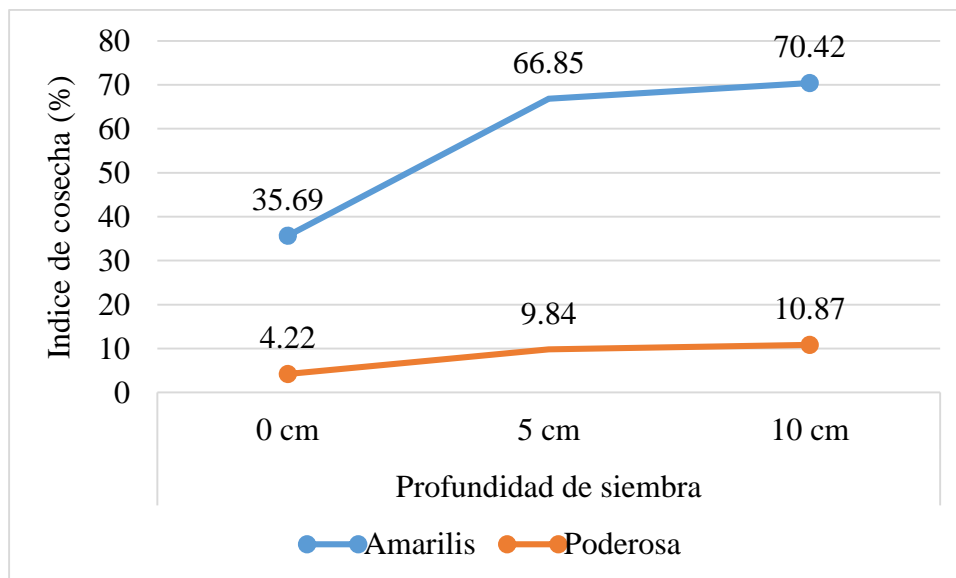
Variedad	Profundidad de siembra	Medias	Agrupación
Amarilis	10 cm	70.42	A
Amarilis	5 cm	66.85	A
Amarilis	0 cm	35.69	B
Poderosa	10 cm	10.87	C
Poderosa	5 cm	9.84	C
Poderosa	0 cm	4.22	C

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La Figura 12, muestra la interacción entre V*P sobre el índice de cosecha, evidenciando contrastes entre genotipos. Amarilis respondió positivamente al incremento de la profundidad de siembra, aumentando su índice de 35.69 % con 0 cm, a 70.42 % con 10 cm, indicando mayor eficiencia en la asignación de biomasa hacia los tubérculos bajo mayor profundidad. Asimismo, Poderosa también mostró un aumento de 4.22 % con 0 cm, a 10.87 % con 10 cm de profundidad de siembra. Esta interacción refleja que el efecto de la profundidad de siembra sobre la eficiencia productiva está condicionado por el genotipo.

Figura 12.

*Interacción de factores dobles de variedad*profundidad de siembra para índice de cosecha.*



4.12. Huella de carbono

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la variable huella de carbono evidenció efectos altamente significativos para los factores individuales; variedad y profundidad de siembra, así como para la interacción entre V*P con un p-valor de 0.0001. Asimismo, la interacción V*M también fue significativa ($p = 0.0342$), sugiriendo que el comportamiento en términos de huella de carbono está condicionado por la combinación específica entre el material genético y la cobertura del suelo. En contraste, los factores mulch ($p = 0.2917$), la interacción entre M*P ($p = 0.118$), y la triple interacción V*M*P ($p = 0.1522$) no mostraron efectos significativos, lo que indica que, de forma aislada, estos factores no influyen directamente en la huella de carbono. El efecto de bloque fue significativo ($p = 0.0478$), lo que podría reflejar variaciones ambientales entre las repeticiones del experimento. Finalmente, el coeficiente de variación ($CV = 15.20\%$) indica una variabilidad experimental moderada, considerada aceptable en estudios de campo, lo que respalda la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 31.

Análisis de varianza (ANOVA) para huella de carbono, de dos variedades de papa, con dos espesores de mulch y tres profundidades de siembra (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X : dato).

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	p-valor	
Bloque	2.55	2	1.27	3.5	0.0478	*
Variedad (V)	161.42	1	161.42	443.71	0.0001	**
Mulch (M)	0.42	1	0.42	1.17	0.2917	NS
Profundidad de siembra (P)	39.34	2	19.67	54.06	0.0001	**
V*M	1.85	1	1.85	5.1	0.0342	*
V*P	15.06	2	7.53	20.7	0.0001	**
M*P	1.72	2	0.86	2.36	0.118	NS
V*M*P	1.49	2	0.75	2.05	0.1522	NS
Error	8	22	0.36			
Total	231.85	35				

Nota. **= Alta Significancia *=Significancia; NS = No Significativo.

CV: 15.20%

La tabla 32, muestra la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey para la huella de carbono. Según la interacción V*M, se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, evidenciando una diferenciación nítida entre los grupos genotípicos evaluados. La variedad Amarilis, con mulch de 30 cm y 20 cm, presentó los valores más altos de huella de carbono (43.63kg CO₂ - eq t⁻¹ y 37.61 kg CO₂ - eq t⁻¹, respectivamente), lo que indica un mayor impacto ambiental asociado a su manejo. En contraste, la variedad Poderosa mostró valores considerablemente inferiores en condiciones de cobertura (4.3 kg CO₂ - eq t⁻¹ y 3.21 kg CO₂ - eq t⁻¹), con valores significativamente menores, reflejando una menor emisión de carbono asociada a su cultivo.

Tabla 32.

Prueba de Tukey huella de carbono por efecto de la interacción variedad-mulch.

Variedad*Mulch	Huella de Carbono	Agrupación
Amarilis*30 cm	43.63	A
Amarilis*20 cm	37.61	A
Poderosa*20 cm	4.30	B
Poderosa*30 cm	3.21	B

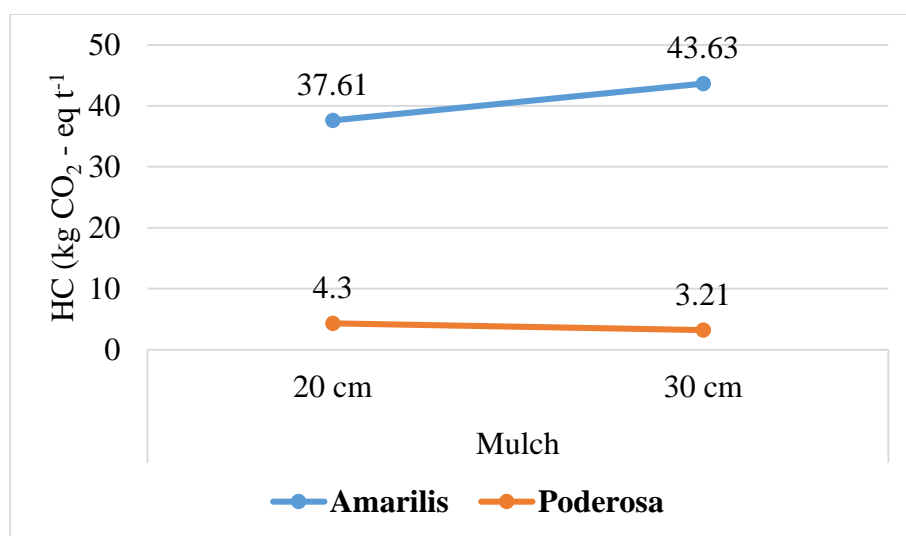
Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

La figura 13 muestra que la huella de carbono presenta patrones contrastantes en las variedades 'Amarilis' y 'Poderosa' en función del espesor del mulch. En Amarilis, se observa

una tendencia descendente al reducir el mulch de 30 cm a 20 cm, pasando de 43.63 kg CO₂-eq t⁻¹ a 37.61 kg CO₂-eq t⁻¹, lo que sugiere que una menor cobertura vegetal podría reducir las emisiones de CO₂. Por el contrario, en Poderosa la huella de carbono aumenta de 3.21 a 4.3 kg CO₂-eq t⁻¹ al disminuir el mulch, indicando que esta variedad podría necesitar una mayor cobertura para mitigar el estrés y evitar el incremento de emisiones.

Figura 13.

*Interacción de factores dobles de variedad*mulch para huella de carbono.*



La tabla 32, muestra la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey para la huella de carbono, evidenciando diferencias altamente significativas entre la interacción V*P, lo que corrobora una combinación significativa entre ambos factores. La variedad Amarilis, sembrada a 10 cm y 5 cm, presentó las mayores emisiones de carbono (54.67kg CO₂ - eq t⁻¹ y 52.71kg CO₂ - eq t⁻¹), ambos comparten el grupo estadístico A, lo que indica que no existen diferencias significativas entre estas dos profundidades para dicha variedad. Sin embargo, cuando Amarilis fue sembrada a 0 cm, se observó una reducción considerable en la huella de carbono (14.48kg CO₂ - eq t⁻¹) situándose en el grupo B. En contraste, la variedad Poderosa mostró los valores más bajos en todos los niveles de profundidad con 5.27kg CO₂ - eq t⁻¹ y 4.34kg CO₂ - eq t⁻¹, sin diferencias significativas entre tratamientos, lo que refleja una baja sensibilidad de este genotipo frente al cambio de profundidad en términos de emisiones, siendo

relevante para la toma de decisiones en sistemas de producción sostenible, donde se busca equilibrar rendimiento agronómico con responsabilidad ambiental.

Tabla 32

Prueba de Tukey huella de carbono por efecto de la interacción variedad-profundidad de siembra

Variedad	Profundidad de Siembra	Huella de Carbono	Agrupación
Amarilis	10 cm	54.67	A
Amarilis	5 cm	52.71	A
Amarilis	0 cm	14.48	B
Poderosa	10 cm	5.27	C
Poderosa	5 cm	4.34	C
Poderosa	0 cm	1.67	C

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas.

Respecto a la interacción V*P, la figura 14, muestra una interacción clara entre la variedad de papa y la profundidad de siembra en relación con la huella de carbono (HC, kg CO₂-eq t⁻¹). La variedad Amarilis presenta un marcado incremento en la huella de carbono conforme aumenta la profundidad de siembra: desde 14.48 kg CO₂-eq t⁻¹ a 0 cm, hasta 52.71 y 54.67 kg CO₂-eq t⁻¹ a 5 cm y 10 cm, respectivamente. Esta tendencia propone que Amarilis, aunque posiblemente más productiva, genera un impacto ambiental considerablemente mayor cuando se siembra a mayor profundidad, probablemente debido a una mayor demanda de insumos, energía o actividad biológica asociada al desarrollo radicular. En contraste, la variedad Poderosa muestra una huella de carbono mucho más baja y estable, con valores que aumentan ligeramente de 1.67 a 5.27 kg CO₂-eq t⁻¹ entre 0 cm y 10 cm de profundidad. Esta respuesta indica que Poderosa es más eficiente desde el punto de vista ambiental, manteniendo bajos niveles de emisión independientemente de la profundidad de siembra.

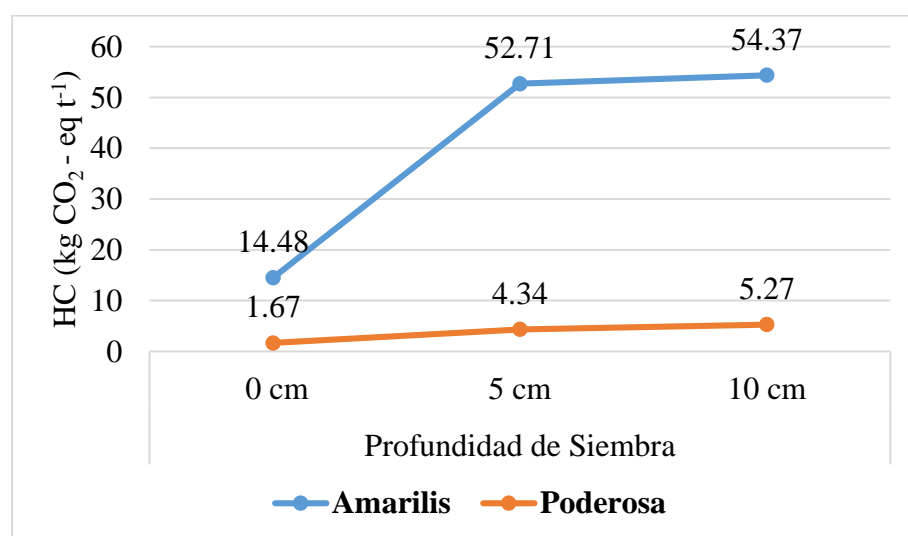
En conjunto, la gráfica evidencia que la elección varietal y el manejo agronómico influyen significativamente en el impacto ambiental del cultivo, siendo Amarilis más intensiva en emisiones, mientras que Poderosa representa una alternativa más sostenible para sistemas de producción que priorizan la reducción de la huella de carbono. Cabe señalar que los valores obtenidos para la variedad Poderosa en este estudio son relativamente inferiores a los

reportados por Briceño (2024), quien documentó una huella de carbono de 61 kg CO₂-eq t⁻¹ de tubérculo fresco para esta misma variedad. Esta diferencia podría atribuirse a diferencias en las condiciones edafoclimáticas, el sistema de producción, el tipo de fertilización, o el momento de evaluación, lo que resalta la importancia de contextualizar los resultados dentro del entorno experimental. No obstante, la tendencia observada en este estudio, donde Poderosa mantiene bajos niveles de emisión independientemente de la profundidad de siembra, refuerza su potencial como una alternativa más sostenible en sistemas agrícolas orientados a la reducción del impacto ambiental.

La huella de carbono determinada bajo las condiciones experimentales del presente estudio evidencia diferencias significativas entre las variedades de papa evaluadas. Los tratamientos control, sometidos a un manejo agrícola convencional (T-1 Amarilis y T-2 Poderosa), registraron las emisiones más elevadas, con valores de 71.18 kg CO₂-eq t⁻¹ y 62.48 kg CO₂-eq t⁻¹, respectivamente. Estos resultados indican un mayor impacto ambiental en comparación con los tratamientos en los que se implementó mulch como práctica dentro del sistema de agricultura regenerativa.

Figura 14.

*Niveles de variedad * profundidad de siembra, en la huella del carbono de tubérculos frescos de papa INIA 302 -amarilis y INIA 325-poderosa.*



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Entre las conclusiones están las siguientes:

La variedad INIA 302-Amarilis presentó diferencias estadísticas significativas en las interacciones variedad*mulch y variedad*profundidad, alcanzando los mayores rendimientos con la aplicación de 30 cm de mulch (11,57 t ha⁻¹) y 20 cm (9,98 t ha⁻¹), así como a profundidades de siembra de 10 cm (14,5 t ha⁻¹) y 5 cm (13,98 t ha⁻¹).

La variedad Amarilis presentó los valores más altos de huella de carbono, especialmente cuando se sembró a mayor profundidad (hasta 54.67 kg CO₂-eq t⁻¹), lo que sugiere una mayor demanda de insumos y actividad biológica. En contraste, Poderosa mostró una huella de carbono baja y estable en todas las condiciones (entre 1.67 y 5.27 kg CO₂-eq t⁻¹). No obstante, es preciso señalar que este bajo impacto ambiental no responde a una eficiencia intrínseca, sino a la drástica reducción del rendimiento causada por la incidencia del psílido de la papa, lo que alteró el balance de emisiones por tonelada producida.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda seguir este tipo de investigación bajo el sistema de agricultura regenerativa, utilizando otros tipos de mulch y mayores profundidades de siembra (15 y 20 cm).

A los interesados en futuras investigaciones relacionadas al tema el espesor de mulch más recomendable es de 30 cm de espesor.

Se recomienda investigar la susceptibilidad de la variedad Poderosa al psílido de la papa, para desarrollar estrategias de manejo integrado. Para la variedad

Amarilis, se recomienda realizar estudios a fin de optimizar la profundidad de siembra y el espesor del mulch, y explorar la rotación de cultivos para mejorar la salud del suelo.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFÍA

- Arana, G. (2021). Efecto del mulch, en la reducción de estrés hídrico y térmico en el cultivo de la papa «*Solanum Tuberosum*» durante el verano costero”. UNALM. Lima-Perú.
- Armas Vega, F. V. (2024). Beneficios de la agricultura regenerativa en la salud del suelo. RECIAMUC, 8(2), 665-677.
[https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.\(2\).abril.2024.665-677](https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.(2).abril.2024.665-677)
- Barreda C., Guerrero, J., y Cruz, M. (2017). Image Canopy: Software to estimate canopy cover, International Potato Center, V2.
<https://doi.org/10.21223/P3/50TASS>.
- Bhardwaj, R., Meena, C., Singh, N., Ojha, S., y Dadhich, S. (2011). Informe de progreso anual de Krishi Vigyan Kendrs, Sirohi, MPUAT Udaipur, págs. 45-46.
- Bolin, B., Doos, B., Jager, J., y WarrickEl, R. (1986). Efecto invernadero, cambio climático y ecosistemas, Consejo Internacional de Uniones Científicas, París (Francia). Comité Científico de Problemas del Medio Ambiente, p. 541.
- Briceño, P. (2024). “Agricultura regenerativa en el cultivo de papa: Efecto en el rendimiento, rentabilidad y huella de carbono en la variedad INIA 325 - Poderosa.” Universidad Nacional de Cajamarca.
- Buriticá, M & londoño, L. (2022). Inversiones en agricultura regenerativa. UNIVERSIDAD EAFIT Medellín, junio, 2022.
- Burgos, E. (2019). Rendimiento de *Solanum tuberosum* L. var. “Poderosa” en función de un fertilizante organico en Yanac, Huamachuco, La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo.

- Blum, W. E. H., Brevik, E. C., & Zehetner, F. (2019). The importance of soil biodiversity in agricultural ecosystems. *Soil Systems*, 3(1), 11-25.
<https://doi.org/10.3390/soilsystems3010011>
- Centro Internacional de la Papa (CIP). (2015). Como crecen las papas, Recuperado de <http://cipotato.org/es/potato/how-potato-grows/>.
- Cline, W. (2008). Calentamiento global y agricultura”, *Finanzas y Desarrollo*, marzo: 23-27.
- Cool Farm Alliance. (2023). Cool Farm Tool, Online V2.
<https://app.coolfarmtool.org/account/login/>.
- Dilip, G., Sachin, S., & Rajesh K. (1990). Importancia del acolchado en la producción de cultivos. *Revista india de Conservación del suelo*, 18: 20-26.
- Eggleston, S., Buendía, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Disponible en línea: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4>.
- Eruola, A., Bello, N., Ufoegbune, G., & Makinde, A. (2012). Efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo y el régimen de humedad sobre la aparición, el crecimiento y el rendimiento del ñame blanco en un clima tropical húmedo y seco. *Revista Internacional de Agricultura y Silvicultura*, 2(1), 93–100.
<https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20120203.04>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2019). Agricultura y cambio climático. Retos y Oportunidades a Nivel Global y Local. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Frohmann, A & Olmos, X. (2013). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Disponible en: <https://bvearmb.do/bitstream/handle/123456789/4731/S2013998.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gálvez, Y. (2014). Exposición de taxonomía y morfología de la papa. Lima – Perú. 61 diapositivas.
- INIA. (2009). Guía para el cultivo de papa. Disponible en: www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36470.pdf.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria, P. (2004). Amarilis INIA: variedad de papa para procesamiento. Hoja divulgativa N° 16. Perú. 1 p.
- INIAP. (2012). Cultivo de papa. Disponible en: www.iniap.gob.ec.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2019). Cambio climático y tierra. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/srccl-report-download-page/>.
- Jacks, C., Brind, W., & Smith, R. (1955). Comm de Tecnología de Mulching, No. 49, Common Wealth. Boletín de Ciencia del suelo. Págs. 118.
- Jaramillo, S. (2024). La Agricultura Regenerativa: un camino para aumentar la sostenibilidad de la caficultura colombiana. Memorias De La Cumbre De Café Y Cambio Climático, 1(1), e01109. <https://doi.org/10.38141/10803/e01109>
- Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C., & Bowyer, J. (2023). Regenerative Agriculture: A Review on Practices to Improve Soil Health. Sustainability, 15(3), 2338. <https://doi.org/10.3390/su15032338>

- Lal, R. (2020). Agricultura regenerativa para la alimentación y el clima. Revista de conservación del suelo y el agua, 75(5), 123A-124A. <https://doi.org/10.2489/jswc.2020.0620A>.
- León, M., y Acevedo, A. (2021). Sostenibilidad del manejo del suelo en procesos productivos de transición agroecológica. Ecosistemas Revista Científica Y Técnica De Ecología Y Medio Ambiente, 30(2), 1-11. 10.7818/ECOS.2061.
- Librogen (2009). Variedad agronómica. Disponible en: www.librogen.com.ar/mejoramiento.htm.
- Meneses, M. (2023). “Agricultura regenerativa sustentable para promover la diversidad en el suelo”. Babahoyo - Los Ríos – Ecuador.
- MINAGRI. (2021). MOC Marco orientador de cultivos 2021. Ministerio de Agricultura y Riego, 148, 162.
- Ministerio de Agricultura. (1982). Decreto Supremo N.º 105-82-AG: Reglamento específico de semilla de papa. Diario Oficial El Peruano, 23 de septiembre de 1982.
- Muñoz, K. (2022). Evaluación de seis cultivares de (*Solanum tuberosum* L.) “Papa” en rendimiento, bajo condiciones ambientales del caserio Pariaucro, Provincia de Huari, Ancash. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho - Perú.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri). (2023). Observatorio de las siembras y perspectivas de la producción de papa: Campaña agrícola 2021/2022 y 2022/2023 (Julio C. Rospigliosi Zevallos, Elab.). Dirección General de Políticas Agrarias, Dirección de Estudios Económicos. <https://bit.ly/3Dnhi4n>.

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2024). Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización (Junio 2024). Oficina Española de Cambio Climático. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf
- Ne Bambi, L., Ortiz, O., Haverkort, A., & Caldiz, D. (2009). Producción sustentable de papa. Año Internacional de la Papa (Lutaladio, Vol. 127). Güeldres. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.08.003>.
- Nelson, G., Rosegrant, M., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhanes, M., Valmonte, R., Ewing, M., & Lee, D. (2009). Cambio climático. Impacto en la agricultura y costos de la adaptación. Washington, DC: Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias.
- Norman, A. (1961). ADVANCES IN AGRONOMY. AWWUCAN SOCZETY OF AGRONOM. Vol. 13. New York London Toronto Sydney San Francisco. Disponible en: https://cercabib.ub.edu/discovery/fulldisplay?docid=alma991013419010206708&vid=34CSUC_UB:VU1&lang=ca&offset=0&context=U
- Nuri, F. (2022). Agricultura Regenerativa. Madrid - España. Editorial: Ediciones mundi-prensa. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Agricultura_regenerativa/qdmIEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:%22Francesc+Font+Rovira%22&printsec=frontcover.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2016). Agricultura orgánica y cambios climáticos. Recuperado de. <http://www.fao.org/docrep/005/Y4137S/y4137s07.htm>.
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. (2010). Huella de carbono: métodos actuales de estimación. *Monitoreo y Evaluación Ambiental*, 178(1-4), 135-160.
- Ramírez, D. A., Silva-Díaz, C., Ninanya, J., Carbajal, M., Rinza, J., Kakraliya, S. K., Gatto, M., & Kreuze, J. (2022). Potato zero-tillage and mulching is promising in achieving agronomic gain in Asia. *Agronomy*, 12(7), 1494. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071494>
- Pérez, L. (2021). Agricultura regenerativa: aliada para un futuro sostenible. RIA Vol. 47- Argentina.
- Pérez, J. (2006). La política de fomento a la agricultura orgánica. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/325/32513910.pdf>.
- Pulok, M., Roy, T., Bhuiyan, M., Haque, M., & Nur-unnaahar, U. (2016). Efecto del potasio y mantillos sobre el crecimiento, rendimiento y economía de la papa. *p*, 2016,43, 200–210. Disponible en línea:<http://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/PotatoJ/article/view/66622/28545>.
- Quispe, E. (2021). Niveles de guano de las islas en el rendimiento de (*Solanum tuberosum* L.) var. INIA-325 Poderosa, en Cachicadán. Universidad Nacional de Trujillo.
- Rodale Institute. (2023). Regenerative agriculture: A systems approach to farming. Rodale Institute. Retrieved from <https://rodaleinstitute.org>

- Rodas, C. (2017). El imperativo de la agricultura regenerativa. *Ciencia. Prog.* 100, 80–129. doi: 10.3184/003685017X14876775256165.
- Rodríguez, L. (2009). Teorías sobre la clasificación taxonómica de las papas cultivadas (*Solanum* L. sect. *Petota* Dumort.). Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 27(3), 305–312.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-996520090003000003&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Ruiz, W. (2019). Comportamiento de ocho Genotipos de la población de papa B3C3 para rendimiento en Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Salinas, A. (2020). Manejo agronómico de (*Solanum tuberosum* L.) var. INIA-325 Poderosa en el Zaile Santiago de Chuco, La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo.
- Sánchez Moreno, D. E. (2023). Análisis de la agricultura regenerativa como práctica sostenible para la gestión y uso del suelo en Colombia [UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/45170/SánchezMorenoDayanaEstefanía2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santa Cruz, A. (2017). Influencia de la densidad de siembra en la dinámica de crecimiento y los componentes del rendimiento de dos cultivares de papa. EPG- Universidad Nacional de Cajamarca.
- Sarangi, S., Maji, B., Sharma, P., Dígar, S., Mahanta, K., Burman, D., Mandal, S., & Mainuddin, M. (2020). Patata triturada con paja de arroz con labranza cero (*Solanum tuberosum*) El cultivo en los suelos salinos de la costa reduce la salinidad del suelo, aumenta el rendimiento y la rentabilidad. *Actas* 36, 147.

- Satapatía, B., Singh, T., Saikia, K., & Rautaray, S. (2016). Influencia de las fechas de siembra y acolchado en el crecimiento y rendimiento de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum*) en arroz (*Oriza sativa*) barbechos de tierras bajas poco profundas de Asom.indio j. p ,61, 455–459. Disponible en línea:<https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ija&volume=61&issue=4&article=008>.
- Schreefel, L., van Zanten, H., Groot, J., Timler, C., Zwetsloot, M., Schrijver, A., Creamer, R., Schulte, R. y, & de Boer, I. (2022). Soluciones a medida para la agricultura regenerativa en los Países Bajos. *Sistemas Agrícolas*, 203, 103518. 10.1016/j.agsy.20.
- Schreefel, L., Schulte, R. P. O., de Boer, I. J. M., Schrijver, A. P., & van Zanten, H. H. E. (2020). Regenerative agriculture—the soil is the base. *Global Food Security*, 26, 100404. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912420300584>
- Sociedad de Comercio Exterior del Perú (ComexPerú). (2023). Publicado en septiembre 15, 2023 / Semanario 1179 – Economía: disponible en: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/en-2023-el-sector-agropecuario-crecera-37-puntos-porcentuales-menos-por-fenomenos-climatologicos-adversos-como-prepararnos-para-2024>.
- Van Derwerken, J., & Wilcox, L. (1988). Influencia del acolchado plástico y el tipo y frecuencia de riego en Crecimiento y rendimiento del pimiento morrón.*ciencia hortícola*,23:985-988.
- Vásquez, D. (2022). Respuesta Temprana en la Microbiología Funcional y Propiedades del Suelo Posterior a la Implementación de Un Sistema de Manejo de Agricultura Regenerativa. ProQuest Dissertations Publishing.

- White, C. (2020). ¿Por qué agricultura regenerativa? *Revista Estadounidense de Economía y Sociología*, 79(3), 799–812. <https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1111/ajes.12334>.
- Wiedmann, T. (2009). Huella de carbono y análisis insumo-producto: introducción, investigación de sistemas económicos, 21, 175-186.
- YARA (2016). La perspectiva del ciclo de vida de los fertilizantes. Recuperado de. <http://www.yara.es/crop-nutrition/medio-ambiente/reduciendo-huella-decarbono/perspectiva-ciclo-de-vida-del-fertilizante/>

Apéndice

Apéndice 1. Análisis de suelo del experimento.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 040555-24/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : RONALD MARIN ROJAS MOZÁ
 Propietario / Productor : RONALD MARIN ROJAS MOZÁ
 Dirección del cliente : AV. LA PAZ 1885-CAJAMARCA
 Solicitado por : Cliente
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 01 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestra(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : LA VICTORIA/LLANANORA/CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo : 25/01/2024
 Fecha de recepción de muestra(s) : 26/01/2024
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Fitosanitarios - LABSAF Baños del Inca
 Fecha(s) de análisis : 01/02/2024
 Cotización del servicio : 109-24-BI
 Fecha de emisión : 06/02/2024

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1						
Código de Laboratorio	SU0403-BI-24						
Matriz Analizada	Suelo						
Fecha de Muestreo*	25/01/2024						
Hora de inicio de Muestreo (h)*	11:20						
Condición de la muestra	Conservada						
Código/identificación de la Muestra por el Cliente							
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
pH		0,1	4,9				
Acidez intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	0,5	—				
Aluminio intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	0,5	—				
Carbonatos de Calcio equivalente (**)	%	0,5	—				
Materia Orgánica	%	0,1	2,88				
Fósforo disponible (**)	ppm	—	7,63				
Potasio disponible (**)	ppm	—	325				
Conductividad Eléctrica	ppm	—	7,5				
Análisis de Textura							
Arena (**)	%	—	38				
Arilla (**)	%	—	48				
Limo (**)	%	—	14				
Clase Textural (**)	—	—	Arcilloso				



Firmado digitalmente por:
 CABRERA HERNÁNDEZ HECTOR
 Atributo: FAU 20131388904 soft
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 06/02/2024 15:54:48-0500



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Fitosanitarios
 Acreditado con la Norma
 NTP-ISO/IEC 17025:2017
 Dirección: Jr. Wacachichá s/n Baños del Inca, Cajamarca - Cajamarca

Página: 1 de 4
 P-48 / Ver. 04
 www.inia.gob.pe

Apéndice 2. Panel fotográfico de la investigación.

Figura 15.

Limpieza de la parcela experimental



Figura 16.

Arado del terreno con tractor de discos.



Figura 17.

Nivelación del terreno.



Figura 18.
Siembra del cultivo.



Figura 19.
Nota. Aplicación de mulch (paja de arroz) a 20 y 30 cm de espesor.



Figura 20.
Verificación de brotes a los 15 días después de la siembra.



Figura 21.
Control de Epitrix spp.



Figura 22.
Evaluación de cobertura del follaje.



Figura 23.

*Tratamiento químico por parte de SENASA contra *Bactericera cockerelli*.*



Figura 24.

Cosecha del experimento.



Figura 25.
Selección de tubérculos comerciales.



Figura 26.
Secado en estufa de muestras de tubérculos y follaje.



Apéndice 3. Tablas de evaluación de los diferentes componentes

Tabla 33

Promedios de número total de tubérculos de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa

Tratamiento	Bloques			Promedio
	I	II	II	
T1-V1M1P1	11.13	21.63	11	14.58
T2-V1M1P2	12.63	14.38	22	16.33
T3-V1M1P3	10	14.88	16.63	13.83
T4-V1M2P1	14.5	13.13	16.88	14.83
T5-V1M2P2	14.88	11.88	12.88	13.21
T6-V1M2P3	11.75	11.75	13.13	12.21
T7-V2M1P1	8.5	5.25	6.75	6.83
T8-V2M1P2	14.88	6.63	5.88	9.13
T9-V2M1P3	8.5	6	5.13	6.54
T10-V2M2P1	4.38	4.13	4.88	4.46
T11-V2M2P2	8.38	6.75	6.38	7.17
T12-V2M2P3	9.25	4.25	3.63	5.71

Tabla 34

Promedios de número de tubérculos comerciales de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa

Tratamiento	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T1-V1M1P1	0.38	1.63	0.75	0.92
T2-V1M1P2	5.5	5.63	4.38	5.17
T3-V1M1P3	5.38	2.63	4.38	4.13
T4-V1M2P1	1.25	0.38	3.88	1.83
T5-V1M2P2	5.25	5.38	4.75	5.13
T6-V1M2P3	6.88	4.25	6.63	5.92
T7-V2M1P1	0	0	0	0
T8-V2M1P2	0.38	0.88	0.13	0.46
T9-V2M1P3	0.75	0.88	0.38	0.67
T10-V2M2P1	0	0	0	0
T11-V2M2P2	0	0.38	0.25	0.21
T12-V2M2P3	0.38	0.13	0	0.17

Tabla 35

Promedios del peso total de tubérculos de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa

Tratamiento	bloques			promedios
	I	II	III	
T1-V1M1P1	1.36	4.09	2.11	2.5
T2-V1M1P2	19.19	14.24	11.51	15.0
T3-V1M1P3	17.71	10.13	9.45	12.4
T4-V1M2P1	3.92	6.38	5.18	5.2
T5-V1M2P2	13.59	13.5	11.86	13.0
T6-V1M2P3	19.88	13.89	15.95	16.6
T7-V2M1P1	0.53	0.34	0.48	0.5
T8-V2M1P2	1.65	1.8	0.49	1.3
T9-V2M1P3	2.06	2.03	0.9	1.7
T10-V2M2P1	0.4	0.48	0.43	0.4
T11-V2M2P2	0.73	1.34	0.88	1.0
T12-V2M2P3	1.82	0.25	0.5	0.9

Tabla 36

Promedios del peso de tubérculos comerciales de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa

Tratamiento	Bloques			Preso-t/ha ⁻¹
	I	II	III	
T1-V1M1P1	0.34	2.24	0.98	1.19
T2-V1M1P2	16.16	12.05	8.28	12.16
T3-V1M1P3	15.68	6.92	6.36	9.66
T4-V1M2P1	2.22	4.42	5.09	3.91
T5-V1M2P2	11.67	10.97	9.54	10.73
T6-V1M2P3	17.71	11.56	14.38	14.55
T7-V2M1P1	0	0	0	0
T8-V2M1P2	0.64	0.88	0.2	0.57
T9-V2M1P3	0.76	1.1	0.25	0.7
T10-V2M2P1	0	0	0	0
T11-V2M2P2	0	0.61	0.43	0.35
T12-V2M2P3	0.38	0.12	0	0.17

Tabla 37*Promedios de altura de planta (cm) de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa*

Tratamiento	bloques			promedios
	I	II	III	
T1-V1M1P1	82.25	70.25	83.38	78.6
T2-V1M1P2	85	97	101.5	94.5
T3-V1M1P3	64.5	66.25	93.38	74.7
T4-V1M2P1	84.63	94.13	92.75	90.5
T5-V1M2P2	88	96.88	94.38	93.1
T6-V1M2P3	72	95.75	104.13	90.6
T7-V2M1P1	85.5	91.88	110.13	95.8
T8-V2M1P2	87	102.75	106.13	98.6
T9-V2M1P3	84	93.38	104.38	93.9
T10-V2M2P1	84.13	97.38	93.75	91.8
T11-V2M2P2	82.25	101.13	93.63	92.3
T12-V2M2P3	62	104.25	100	88.8

Tabla 38*Promedios de número de tallos por planta de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa*

Tratamiento	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T1-V1M1P1	3.38	3.5	2.88	3.25
T2-V1M1P2	3.13	2.88	3.13	3.04
T3-V1M1P3	2.38	2.75	3	2.71
T4-V1M2P1	2.63	2.63	3.13	2.79
T5-V1M2P2	3.25	1.63	3	2.63
T6-V1M2P3	3	2.63	2.88	2.83
T7-V2M1P1	2.38	3	2.5	2.63
T8-V2M1P2	2.38	2.38	2.25	2.33
T9-V2M1P3	2	2.13	2	2.04
T10-V2M2P1	2.75	2.63	2.38	2.58
T11-V2M2P2	2.25	1.88	2.25	2.13
T12-V2M2P3	2.88	3	2.5	2.79

Tabla 39

Promedios de peso del follaje (g) por planta de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa

Tratamiento	bloques			promedios
	I	II	III	
T1-V1M1P1	96.75	167.63	154.75	139.7
T2-V1M1P2	99.88	168.88	213.75	160.8
T3-V1M1P3	112.88	128.75	200.88	147.5
T4-V1M2P1	126.88	184.13	118.25	143.1
T5-V1M2P2	169.5	68.75	202.5	146.9
T6-V1M2P3	98.25	85.13	142.25	108.5
T7-V2M1P1	255.75	265.63	437.75	319.7
T8-V2M1P2	328.38	393.13	602	441.2
T9-V2M1P3	437.38	291.5	411.38	380.1
T10-V2M2P1	368.38	429.88	724.75	507.7
T11-V2M2P2	420.38	258.13	787.88	488.8
T12-V2M2P3	604.63	355	681.5	547.0

Tabla 40

Promedios de cobertura del follaje de plantas de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa

Tratamiento	bloques			promedios
	I	II	III	
T1-V1M1P1	17.23	8.8	21.43	15.8
T2-V1M1P2	12.09	7.79	41.92	20.6
T3-V1M1P3	15.76	10.69	23.21	16.6
T4-V1M2P1	12.26	10.92	24.23	15.8
T5-V1M2P2	16.02	9.99	41.85	22.6
T6-V1M2P3	31.44	10.83	25.18	22.5
T7-V2M1P1	16.14	11.8	16.99	15.0
T8-V2M1P2	15.33	10.19	23.28	16.3
T9-V2M1P3	16.72	7.32	17.86	14.0
T10-V2M2P1	13.57	10.2	27.46	17.1
T11-V2M2P2	14.71	9.57	28.41	17.6
T12-V2M2P3	12.01	9.78	34.51	18.8

Tabla 41

Promedios de materia seca de tubérculos de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa

Tratamiento	Bloques			Promedio MS%
	I	II	III	
T1-V1M1P1	4.76	14.34	7.42	8.84
T2-V1M1P2	67.31	49.96	40.37	52.55
T3-V1M1P3	62.12	35.54	33.16	43.61
T4-V1M2P1	13.75	22.39	18.19	18.11
T5-V1M2P2	47.69	47.35	41.61	45.55
T6-V1M2P3	69.74	48.74	55.95	58.14
T7-V2M1P1	2.23	1.42	2	1.88
T8-V2M1P2	6.95	7.55	2.07	5.52
T9-V2M1P3	8.64	8.54	3.8	6.99
T10-V2M2P1	1.68	2.01	1.83	1.84
T11-V2M2P2	3.08	5.65	3.71	4.15
T12-V2M2P3	7.65	4.5	2.12	4.75

Tabla 42

Promedios de materia seca (%) del follaje de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa

Tratamiento	Bloques			Promedio MS%
	I	II	III	
T1-V1M1P1	15.47	26.79	24.74	22.33
T2-V1M1P2	15.97	26.99	34.17	25.71
T3-V1M1P3	18.04	20.58	32.11	23.58
T4-V1M2P1	20.28	29.43	18.9	22.87
T5-V1M2P2	27.09	10.99	32.37	23.48
T6-V1M2P3	15.71	13.61	22.74	17.35
T7-V2M1P1	29.22	30.35	50.01	36.53
T8-V2M1P2	37.52	44.91	68.78	50.4
T9-V2M1P3	49.97	33.3	47	43.42
T10-V2M2P1	42.09	49.11	82.8	58
T11-V2M2P2	48.03	29.49	90.01	55.84
T12-V2M2P3	69.08	40.56	77.86	62.5

Tabla 43

Huella de carbono de tubérculos frescos de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa

Tratamiento	Bloques			t/ha CO2
	I	II	III	
T1-V1M1P1	5.12	15.41	7.97	9.5
T2-V1M1P2	72.34	53.68	43.38	56.47
T3-V1M1P3	66.76	38.2	35.63	46.86
T4-V1M2P1	14.78	24.06	19.54	19.46
T5-V1M2P2	51.25	50.88	44.72	48.95
T6-V1M2P3	74.94	52.37	60.12	62.48
T7-V2M1P1	2	1.27	1.79	1.69
T8-V2M1P2	6.23	6.77	1.86	4.95
T9-V2M1P3	7.75	7.66	3.4	6.27
T10-V2M2P1	1.51	1.81	1.64	1.65
T11-V2M2P2	2.76	5.07	3.32	3.72
T12-V2M2P3	6.86	4.03	1.9	4.26

Tabla 44

Promedio del índice de cosecha de papa INIA 302-Amarilis y INIA 325-Poderosa

Tratamiento	bloques			promedios
	I	II	III	
T1-V1M1P1	23.53	34.87	23.07	27.2
T2-V1M1P2	80.82	64.93	54.16	66.6
T3-V1M1P3	77.50	63.33	50.80	63.9
T4-V1M2P1	40.41	43.21	49.04	44.2
T5-V1M2P2	63.77	81.16	56.24	67.1
T6-V1M2P3	81.61	78.17	71.10	77.0
T7-V2M1P1	7.09	4.47	3.85	5.1
T8-V2M1P2	15.63	14.39	2.92	11.0
T9-V2M1P3	14.74	20.41	7.48	14.2
T10-V2M2P1	3.84	3.93	2.16	3.3
T11-V2M2P2	6.03	16.08	3.96	8.7
T12-V2M2P3	9.97	9.99	2.65	7.5

Tabla 45

Promedio de peso total de tubérculos de testigos

Tratamiento	Medias
T-1 (amarilis)	2.22
T-2 (poderosa)	0.62