

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“ENRAIZADORES Y TIPOS DE ESQUEJES EN EL RENDIMIENTO
DE TUBERCULILLOS DE DOS CULTIVARES DE PAPA
(*Solanum tuberosum* L.) EN INVERNADERO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

REINA ALELI CHATE BENITES

LIMA – PERÚ

2024

ENRAIZADORES Y TIPOS DE ESQUEJES EN EL RENDIMIENTO DE TUBERCULILLOS DE DOS CULTIVARES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN INVERNADERO

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	2%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
2	www.faz.ujed.mx Fuente de Internet	<1 %
3	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
4	ko.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
5	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
6	Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1 %
7	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
8	www.smcsmx.org Fuente de Internet	<1 %

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“ENRAIZADORES Y TIPOS DE ESQUEJES EN EL RENDIMIENTO
DE TUBERCULILLOS DE DOS CULTIVARES DE PAPA
(*Solanum tuberosum* L.) EN INVERNADERO”**

REINA ALELI CHATE BENITES

Tesis para optar el título de
INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Erick Espinoza Núñez

PRESIDENTE

.....
Ph. D. Rember Emilio Pinedo Taco

ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto

MIEMBRO

.....
Dr. Juan Waldir Mendoza Cortez

MIEMBRO

Lima – Perú

2024

DEDICATORIA

Deseo dedicar este trabajo de investigación con profunda gratitud y emoción a mi amado Creador, Jehová. Como bien expresa Isaías 41:10, él ha sido mi fuente inagotable de fortaleza y ha sabido sostenerme en todo momento.

A mis admirables y entrañables padres Máximo Chate Ochante y Reina Benites Huamán, les agradezco de corazón por su infinita paciencia, amor incondicional y esperanza inquebrantable para conmigo. Han sido la pieza fundamental en mi desarrollo personal, académico y espiritual, brindándome confianza y alentándome a seguir adelante a lo largo de estos años.

A mis queridas hermanas Zarela y Keyla, les agradezco por ser mis fieles compañeras, por inspirarme con sus decisiones y logros.

A mi querida y apreciada tía Esnaida Príncipe, a quien considero una segunda madre. Su amor sincero siempre ha estado presente en mi vida.

A mis mejores amigas, Teresa Araujo y Alicia Pachas, por enseñarme el verdadero significado de la incondicionalidad, fidelidad y por haberme motivado a soñar en grande. Su amistad ha sido un pilar fundamental en mi camino y las guardaré eternamente en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial al Ph. D. Rember Emilio Pinedo Taco, mi asesor, por su invaluable apoyo y dedicación durante todo el proceso de desarrollo de mi tesis. Su compromiso y profundo conocimiento en el área de producción de semillas de papa fueron fundamentales.

También quiero expresar mi agradecimiento al ingeniero Julian Coaquira, jefe de fundo del IRD-Sierra y al viverista Mario Yupari por brindarme su tiempo y conocimientos empíricos para el correcto desarrollo de mi proyecto.

Además, agradezco a la facultad de Agronomía por subvencionar mi estadía en el IRD-Sierra mientras desarrollaba mi investigación.

No puedo dejar de mencionar a mi alma mater, la Universidad Nacional Agraria La Molina, por haberme brindado la oportunidad de formarme como agrónoma en sus instalaciones. Gracias a su compromiso con la excelencia académica y su enfoque en educación integral, he adquirido los conocimientos y habilidades necesarias para sobresalir en mi carrera profesional.

Por último, quiero agradecer a mi amiga y compañera de prácticas agronómicas Liz Huamali, por ayudarme a superar los desafíos que atravesamos juntas. Sin duda, estas experiencias nos han fortalecido y enseñado a ser resilientes.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	Generalidades del cultivo de papa.....	3
2.1.1.	Origen y distribución	3
2.1.2.	Taxonomía	3
2.1.3.	Descripción botánica	4
2.2.	Situación actual del cultivo de papa	4
2.2.1.	Producción nacional de papa	5
2.2.2.	Área sembrada e intenciones de siembra.....	6
2.2.3.	Importancia económica.....	7
2.2.4.	Producción de semillas y uso de semilla certificada	8
2.3.	Variedades de importancia comercial	9
2.3.1.	Variedad INIA Canchan 303	9
2.3.2.	Variedad Única	10
2.4.	Manejo agronómico en la producción de tuberculillos de papa en invernadero ...	10
2.4.1.	Preparación del sustrato.....	11
2.4.2.	Siembra	11
2.4.3.	Fertilización	12
2.4.4.	Aporque	12
2.4.5.	Tutoreo.....	12
2.4.6.	Medidas sanitarias	13
2.4.7.	Cosecha.....	13
2.4.8.	Almacenamiento	14
2.5.	Multiplicación de semilla de alta calidad	14
2.5.1.	Propagación por semilla botánica.....	14
2.5.2.	Propagación vegetativa o clonal	15
2.6.	Hormonas y reguladores de crecimiento	17
2.6.1.	Auxinas	18
2.6.2.	Citoquininas.....	19
2.6.3.	Giberelinas.....	19
2.7.	Enraizadores	20

2.7.1. Enraizadores sintéticos	20
2.7.2. Enraizador orgánico de origen marino	21
III. METODOLOGÍA	23
3.1. Ubicación.....	23
3.2. Instalación del experimento.....	24
3.3. Conducción del experimento.....	24
3.4. Factores de estudio	25
3.4.1. Factor variedad	25
3.4.2. Factor tipo de esqueje	25
3.4.3. Factor enraizador	26
3.5. Características físico químicas del sustrato.....	27
3.6. Características físico químicas del agua para riego.....	28
3.7. Características climáticas	29
3.8. Diseño experimental.....	31
3.8.1. Modelo estadístico	33
3.8.2. Tratamientos	33
3.9. Conducción del experimento.....	34
3.10. Parámetros evaluados	35
3.10.1. Parámetros de crecimiento.....	35
3.10.2. Parámetros de rendimiento	36
3.10.3. Parámetros de calidad	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Parámetros de crecimiento	39
4.2. Parámetros de rendimiento.....	46
4.2. Correlación de las variables cuantitativas	57
4.3. Categorías de papa pre básica	58
4.4. Calidad de tuberculillos.....	66
V. CONCLUSIONES	68
VI. RECOMENDACIONES.....	69
VII. BIBLIOGRAFÍA	70
VIII. ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción de papa por regiones, 2020/2021	5
Tabla 2: Intenciones de siembra y siembras de papa por región según campaña, agosto-julio 2021/2022 - 2022/2023	6
Tabla 3: Superficie atendida con semilla certificada por cultivos priorizados, campaña 2021/2022	8
Tabla 4: Requerimiento y abastecimiento de semilla de papa, campañas agrícolas 2015/2016 - 2021/2022.....	9
Tabla 5: Resultados del análisis físico químico del bioestimulante marino de anchoveta como abono líquido	27
Tabla 6: Interpretación del análisis de caracterización de la muestra de sustrato en invernadero	28
Tabla 7: Interpretación del análisis de agua para riego	28
Tabla 8: Factores de estudio	31
Tabla 9: Tratamientos.....	34
Tabla 10: Rangos para la clasificación de categorías de semilla de papa prebásica	37
Tabla 11: Escala de clasificación de los tuberculillos en función a sus características cualitativas.....	38
Tabla 12: Efecto del tipo de esqueje y enraizador en la altura de planta en las variedades Única y Canchán bajo condiciones de invernadero.....	39
Tabla 13: Efecto del tipo de esqueje y enraizador en la TCT, PPT, PTP, NTP, NTM y DPT en las variedades Única y Canchan bajo condiciones de invernadero.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Valor bruto de la producción de papa en referencia al valor de producción agrícola, 2010-2021 (a precios constantes de 2007).....	7
Figura 2: Vista del campo experimental en el IRD-sierra san Lorenzo, provincia de Jauja, departamento de Junín en Perú.....	23
Figura 3: Temperatura en el invernadero durante el experimento.....	30
Figura 4: Humedad relativa en el invernadero durante el experimento	30
Figura 5: Disposición de las unidades experimentales	34
Figura 6: Curva de crecimiento según la altura, desde el trasplante de esqueje hasta los 60 ddt.....	41
Figura 7: Curvas de cobertura foliar desde el trasplante de esqueje hasta los 60 ddt	44
Figura 8: Curvas de área foliar desde el trasplante de esqueje hasta los 60 ddt.....	45
Figura 9: Efecto de variedad, tipo de esqueje y enraizador para la tasa de crecimiento (cm. día-1)	49
Figura 10: Efecto de la variedad y tipo de esqueje para la peso promedio de tuberculillo por planta (g. planta-1)	50
Figura 11: Niveles del factor esqueje para el peso total de tuberculillos por planta (g. planta-1).....	51
Figura 12: Efecto de la variedad, tipo de esqueje y enraizador para el número de tuberculillos por planta	53
Figura 13: Efecto de la variedad y tipo de esqueje y enraizador para el número de tuberculillos (m ²)	55
Figura 14: Efecto de la variedad, tipo de esqueje y enraizador, respecto al diámetro promedio de tuberculillos (cm)	57
Figura 15: Correlación de las variables cuantitativas	58
Figura 16: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de primera categoría por tratamiento.....	59
Figura 17: Efectos principales para el número de tuberculillos de segunda categoría de papa prebásica	60
Figura 18: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de segunda categoría por tratamiento	61
Figura 19: Efectos principales para el número de tuberculillos de tercera categoría de	

papa prebásica	62
Figura 20: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de tercera categoría por tratamiento	62
Figura 21: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de cuarta categoría por tratamiento	63
Figura 22: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de quinta categoría por tratamiento	64
Figura 23: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de sexta categoría por tratamiento	65
Figura 24: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de séptima categoría por tratamiento.....	66
Figura 25: Clasificación de tuberculillos según su característica cualitativa	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos de altura de planta.....	78
Anexo 2: Datos de cobertura y área foliar.....	80
Anexo 3: Prueba de Normalidad de errores y Homogeneidad de varianzas	81
Anexo 4: Prueba Tukey para el efecto de la variedad, tipo de esqueje y tipo de enraizador respecto a la variable TCT.....	82
Anexo 5: Prueba de Tukey para el efecto de la variedad y el tipo de esqueje respecto a la variable PPT	82
Anexo 6: Prueba de Tukey para el efecto del factor tipo de esqueje respecto a la variable PTPP.....	82
Anexo 7: Prueba de Bonferroni para el efecto de los factores variedad, tipo de esqueje y tipo de enraizador respecto a las variables NTP, NTM y DPT	83
Anexo 8: Registro fotográfico de la desinfección de semillas para plantas madre	84
Anexo 9: Registro fotográfico de desinfección y preparación del sustrato.....	85
Anexo 10. Registro fotográfico de fertilización y siembra en macetas de tuberculillos, para la obtención de plantas madres	85
Anexo 11: Registro fotográfico de aporque y mantenimiento de plantas madres.....	86
Anexo 12: Registro fotográfico de corte de esquejes apicales y laterales, inmersión en enraizadores y siembra a jabs de almacigo.....	87
Anexo 13: Registro fotográfico de trasplante de esquejes apicales y primera fertilización.....	88
Anexo 14: Registro fotográfico de trasplante de esquejes laterales y primera fertilización.....	88
Anexo 15: Registro fotográfico de aporque a los 15 días del trasplante de esquejes.....	89
Anexo 16: Registro fotográfico de medición de altura y control químico de plantas	89
Anexo 17: Registro fotográfico de medición de área foliar	90
Anexo 18: Registro fotográfico de medición de cobertura foliar.....	90
Anexo 19: Registro fotográfico de medición de la temperatura y humedad con el termohigrómetro	90
Anexo 20: Registro fotográfico de mantenimiento del cultivo (tutoreo, riego, control químico).....	91
Anexo 21: Registro fotográfico de corte de tallos y cosecha de tuberculillos	91

Anexo 22: Registro fotográfico de medición de la calidad cualitativa de tuberculillos.....	92
Anexo 23: Registro fotográfico de medición del diámetro y peso de tuberculillos	93
Anexo 24: Registro fotográfico de procesamiento de imágenes en el programa imageJ para el cálculo de la cobertura y área foliar	93

RESUMEN

La investigación se realizó en el invernadero del Instituto Regional de Desarrollo-Sierra de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el fundo San Juan de Yanamucllo, distrito de San Lorenzo, provincia de Jauja, Junín, con el objetivo de evaluar el efecto de esquejes apicales y laterales de plantas madre de papa, provenientes de plántulas in vitro y cuatro tipos de enraizadores de origen sintético y orgánico (Root Hor, Rapid Root, bioestimulante marino y un testigo) en el rendimiento y calidad comercial de tuberculillos de las variedades mejoradas Canchán y Única. El experimento se instaló bajo un diseño completamente al azar (DCA) de 2x4x2 con 16 tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables en estudio fueron consideradas con aspectos botánicos y agronómicos. La mayor tasa de crecimiento se constató con el tratamiento Canchán-esqueje apical-enraizador testigo (T07), con una tasa de 1.364 cm / día, 56.36 % de cobertura foliar y 5610.320 cm² de área. El mayor rendimiento de tuberculillos se logró con el tratamiento Canchán-esqueje apical-enraizador Rapid Root (T03), con 23 tubérculos por planta y 722 por metro cuadrado. Mientras que para el peso promedio de tuberculillo destacaron los tratamientos con variedad Única y esqueje apical, con 47.7 g. planta⁻¹ en promedio, y el mayor peso total de tuberculillos se obtuvo con los tratamientos con esqueje apical, con 496.135 g. planta⁻¹ en promedio. En términos de calidad, los tratamientos con esqueje apical y enraizador Root Hor resaltaron en las dos variedades, logrando alcanzar más del 80% de tuberculillos de primera, segunda y tercera categoría de papa prebásica. Por lo indicado, las características varietales, el tipo o procedencia de los esqueje y las fuentes de enraizador empleados tienen efecto en el rendimiento y calidad de los tuberculillos prebásicos.

Palabras clave: Esqueje apical, esqueje lateral, enraizador, semilla prebásica, *Solanum tuberosum*.

ABSTRACT

The research was conducted in the greenhouse of the Regional Development Institute-Sierra at the National Agrarian University La Molina, on the San Juan de Yanamuclo estate, San Lorenzo district, Jauja province, Junín, with the aim of evaluating the effect of apical and lateral cuttings from mother potato plants originating from in vitro seedlings and four types of root enhancers of synthetic and organic origin (Root Hor, Rapid Root, marine bio-stimulant, and a control) on the yield and commercial quality of mini-tubers of the improved Canchán and Única varieties. The experiment was set up under a Completely Randomized Design (DCA) of 2x4x2 with 16 treatments and four replications. The variables under study were considered in terms of botanical and agronomic aspects. The highest growth rate was observed in the Canchán - apical cutting - control enhancer treatment (T07), with a rate of 1.364 cm/day, 56.36% leaf coverage, and 5610.320 cm² of area. The highest mini-tuber yield was achieved with the Canchán - apical cutting - Rapid Root enhancer treatment (T03), with 23 tubers per plant and 722 per square meter. While the average weight of mini-tubers stood out for the treatments with the Única variety and apical cutting, averaging 47.7 g. plant⁻¹, the highest total weight of mini-tubers was obtained with treatments involving apical cutting, averaging 496.135 g. plant⁻¹. In terms of quality, treatments with apical cutting and Root Hor enhancer stood out in both varieties, managing to achieve over 80% of first, second, and third-grade pre-basic potato mini-tubers. As indicated, the varietal characteristics, type or origin of the cuttings, and the sources of enhancers used have an effect on the yield and quality of pre-basic mini-tubers.

Keywords: Apical cutting, lateral cutting, enhancer, pre-basic seed, *Solanum tuberosum*.

I. INTRODUCCIÓN

En Perú se siembran 340 999 hectáreas de papa por más de 711 313 familias, constituyendo a la papa como un cultivo de alta importancia económica y alimentaria (MIDAGRI, 2022). No obstante, la baja calidad comercial y el rendimiento de los tubérculos, son aspectos críticos que afectan la rentabilidad y competitividad de los productores de papa. Este problema se presenta debido a la escasez de semilla de alta calidad. La cadena de la semilla de calidad empieza con la semilla del genetista, a partir del cual se generan las categorías básica, registrada, certificada y autorizada.

Para obtener las categorías antes mencionadas se requiere el abastecimiento permanente de tuberculillos de categoría prebásica. Estos se obtienen por medio de plántulas in vitro libres de virus o mediante la producción de tuberculillos producidos en infraestructuras de invernadero. Sin embargo, con las técnicas actualmente empleadas, la tasa de multiplicación es baja, lo cual incrementa el costo de cada tuberculillo debido a los altos costos de los materiales y el mantenimiento con personal especializado. Debido a ello, se genera improvisación de infraestructura de invernaderos o casas malla que no cumplen las reglamentaciones sanitarias y ofrecen un producto de baja calidad fisiológica y sanitaria. Estas deficiencias no se perciben a simple vista, pero se manifiestan durante el desarrollo del cultivo, disminuyendo el potencial productivo y el rendimiento, expresado con plantas de baja calidad, con follaje deficiente y senescencia anticipada.

Por consiguiente, es necesario analizar métodos de multiplicación acelerada para reducir los costos y sobre todo garantizar un flujo continuo de semillas de papas comerciales. Por lo indicado, el objetivo del presente estudio, es evaluar el efecto en el rendimiento y calidad de tuberculillos de las variedades comercial de papa Canchán y Única, el uso de esquejes de tallo apical y lateral, así como los tipos de enraizadores de origen sintético y orgánico.

De esta manera, se podrá recomendar la mejor alternativa que favorezca a una mayor tasa de multiplicación por metro cuadrado y por ende, disminuya los costos de producción para la mayor accesibilidad del productor usuario de semillas de calidad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de papa

2.1.1. Origen y distribución

La papa cultivada (*Solanum tuberosum*) se origina a partir del complejo *S. brevicaulle*, que se desarrolló entre Perú, Bolivia y Argentina (Spooner *et al.*, 2005). Según evidencias arqueológicas, los primeros vestigios de papa fueron encontradas en el Cañón del Chilca, en Lima, Perú, donde se presume que la antigüedad es de 4900 a.C (Garzón, 2007). Otras investigaciones mencionan que, a partir de las especies de papa amargas encontradas en la cueva de Pachamachay (1800 a.C) en Junín, Perú, se originaron las especies cultivadas, que luego se domesticaron al Norte del Lago Titicaca, en los Andes centrales (Spooner *et al.*, 2005).

El proceso de domesticación de las papas cultivadas, se sostiene en los criterios de selección de los antiguos pobladores, realizados entre 6000 y 10 000 años atrás, en la parte Norte del lago Titicaca y al Sur de los Andes del territorio peruano (Rodríguez, 2010). Entre los criterios de selección, destacan; la reducción de estolones, la precocidad de la variedad, la resistencia a factores bióticos y abióticos, el sabor y mayor tamaño de tubérculos (Egúsquiza, 2014). A partir de especies silvestres diploides, del complejo *S. brevicaulle* (*S. bukasovii*, *S. canasense* y *S. multisecticum*), posiblemente se originó la primera papa cultivada; *S. stenotomum*, que mediante procesos consecutivos de poliploidización, dio origen a *S. andígena*, que fue diversificándose y adaptándose por hibridación (Molano, 2010).

2.1.2. Taxonomía

Según el sistema APG IV (Angiosperm Phylogeny Group IV), la papa (*Solanum tuberosum*) se encuentra en el reino Plantae, división Magnoliophyta (Angiospermas), clase Eudicots (Eudicotiledóneas), orden Solanales, familia Solanaceae (Solanáceas), género *Solanum* y especie *Solanum tuberosum* (Cole Tch, Hilger, Stevens, & Medan, 2017).

2.1.3. Descripción botánica

La papa es una planta de tipo anual en la parte aérea y en su medio natural es potencialmente perenne en los tallos subterráneos o tubérculos, los cuales se desarrollan en la parte final de los estolones (Egúsquiza, 2014). Los tallos se caracterizan por ser de forma angular y formar ramificaciones secundarias (Ríos, 2007). Si provienen de una semilla sexual, desarrollarán únicamente un tallo, pero si la semilla es botánica, la planta generará varios tallos (Ramírez, 2019). Las primeras hojas son alternas simples mientras que las hojas secundarias son compuestas imparipinnadas, y la cantidad de folíolos varía según la variedad, lo cual también determina la disectividad (Ríos, 2007).

La flores son hermafroditas, completas y perfectas, generalmente pentámeras, tetracíclicas y con un cáliz emocépaló lobulado. La corola puede presentar una gama de colores, desde blanco hasta púrpura, y consta de cinco estambres y anteras amarillas o anaranjadas que producen polen (Ríos, 2007). La fecundación de las flores da origen al fruto, que es una baya de color verdoso y contiene alrededor de 400 semillas sexuales (Quijandría, 2018).

Las raíces pueden alcanzar una longitud entre 25 a 50 cm y se desarrollan a partir de los nudos del tallo principal, con un crecimiento inicial vertical y posteriormente horizontal en el suelo. Además, las raíces son muy ramificadas y fibrosas (Ríos, 2007).

2.2. Situación actual del cultivo de papa

El Perú alberga gran número de variedades modernas y nativas de papa. Actualmente, este cultivo cumple un rol importante en la economía agrícola, pues se considera el segundo cultivo transitorio de mayor superficie cultivada a nivel nacional, después del arroz (MIDAGRI, 2022). En la campaña agrícola de agosto 2020-julio 2021 se sembró en una superficie total de 342 597 hectáreas y en la campaña de agosto 2021-abril 2022 se sembró en una superficie total de 292 085 hectáreas (MIDAGRI, 2022). La papa se puede sembrar durante todo el año, en altitudes desde 200 m.s.n.m. hasta 4 200 m.s.n.m. Es sembrado por comunidades rurales de zonas alto andinas, sirviéndoles de sustento y generando empleo (MINAGRI, 2018).

2.2.1. Producción nacional de papa

La producción de papa se encuentra distribuida en 19 departamentos, con una concentración significativa en la sierra sur, particularmente en Puno, con 16,9% del total nacional del año 2021. En la sierra centro destaca Huánuco con 14,0%, del total nacional del año 2021. Puno destina su producción principalmente a la industria de chuño blanco y al autoconsumo, mientras que Huánuco, abastece el Mercado Mayorista de Lima Metropolitana. En la sierra norte, sobresale el departamento de La libertad con un 9,5% del total nacional del año 2021 (MIDAGRI, 2022). La Tabla 1 muestra un aumento del 2,6% en la producción de papa a nivel nacional.

Tabla 1: Producción de papa por regiones, 2020/2021

Zonas de producción	2020 (t)	2021 (t)	Variación porcentual 2021/2020	Estructura % 2021	Incidencia 2021
<u>Sierra sur</u>	2 458 600	2 464 158	0,2	43,5	0,1
Apurímac	378 425	401 696	6,1	7,1	0,4
Arequipa	319 755	3000 631	-6,0	5,3	-0,3
Ayacucho	448 891	353 155	-21,3	6,2	-1,7
Cusco	442 050	434 366	-1,7	7,7	-0,14
Moquegua	6 645	7 232	8,8	0,1	0,0
Puno	854 970	957 130	11,9	16,9	1,9
Tacna	7 864	9 949	26,5	0,2	0,0
<u>Sierra centro</u>	1 657 965	1 608 869	1,4	29,7	0,4
Huancavelica	319 851	284 850	-10,9	5,0	-0,6
Huánuco	744 913	790 705	6,1	14,0	0,83
Junín	418 259	421 583	0,8	7,4	0,06
Pasco	174 943	183 730	5,0	3,2	0,2
<u>Sierra Norte</u>	1 107 934	1 219 309	10,1	21,5	2,0
Amazonas	67 704	70 968	4,8	1,3	0,1
Áncash	105 451	114 388	8,5	2,0	0,2
Cajamarca	365 515	405 977	11,1	7,2	0,73
La Libertad	537 500	595 844	10,9	10,5	1,06
Lambayeque	4 246	3 359	-20,9	0,1	0,0
Piura	27 518	28 774	4,6	0,5	0,0
<u>Costa Centro</u>	290 879	297 107	2,1	5,2	0,1
Ica	115 275	119 440	3,6	2,1	0,08
Lima	175 605	177 667	1,2	3,1	0,0
Total Nacional	5 515 378	5 661 443	2,6	100,0	2,6

Nota. Tomado del MIDAGRI (2022, p. 111-112)

2.2.2. Área sembrada e intenciones de siembra

Según los datos recopilados por la ENIS-2022, se observa que el 95,7% de las siembras planificadas se ejecutarán en la sierra, mientras que el 4,3% restante se realizará en la costa. En cuanto a la distribución estimada de la siembra, se estima que el 34% corresponderá a variedades mejoradas o híbridas de papa, el 23% a papas de color y 43% a papas nativas. El Marco Orientador de Cultivo de MIDAGRI (2022) indica que para la campaña 2022/2023 se destinarán aproximadamente 331,2 mil hectáreas, lo cual representa una disminución del 7,4% en comparación con la campaña anterior (2021/2022), lo que implica una reducción de 26, 645 hectáreas destinadas a la producción de papa.

En relación a las áreas de siembra por región (Tabla 2) para la campaña 2022/2023, se proyecta que Puno contará con la mayor extensión de siembra, alcanzando las 61,7 mil hectáreas, seguida de Huánuco (36,8 mil hectáreas), Ayacucho (33,8 mil hectáreas), Cusco (32,6 mil hectáreas), Cajamarca (28,6 mil hectáreas), La Libertad (25,2 mil hectáreas), Huancavelica (24,6 mil hectáreas), Apurímac (23,6 mil hectáreas), Junín (21,6 mil hectáreas) y Áncash (10,8 mil hectáreas). En conjunto, estos departamentos representarán el 90,3% del total de las intenciones de siembra.

Tabla 2: Intenciones de siembra y siembras de papa por región según campaña, agosto-julio 2021/2022 - 2022/2023

Cultivo de papa	Intenciones de siembra 2022/2023	Campaña agrícola		Intenciones 2022/2023 - Promedio 5 camp.		Intenciones 2022/2023 - camp. 2021-2022	
		Promedio 5 últ. Camp. Ejecutadas*	2021/2022	Variac. %	dig. Ha	Variac. %	dif. Ha
TOTAL	331 165	340 999	357 810	↓-2,9	-9,834	↓-7,4	-26 645
Amazonas	3 698	3 574	3 614	↑3,5	124	↑2,3	84
Áncash	10 784	9 308	11 222	↑15,9	1 476	↓-3,9	-438
Apurímac	23 571	23 942	23 122	↓-1,5	-371	↑1,9	449
Arequipa	8 462	9 016	9 107	↓-6,1	-554	↓-7,1	-645
Ayacucho	33 835	28 023	34 715	↑20,7	5 812	↓-2,5	-880
Cajamarca	28 554	29 176	30 650	↓-2,1	-622	↓-6,8	-2 096
Cusco	32 579	31 971	34 623	↑1,9	608	↓-5,9	-2 044
Huancavelica	24 562	25 393	24 746	↓-3,3	-831	↓-0,7	-184
Huánuco	36 785	44 930	46 248	↓-18,1	-8 145	↓-20,5	-9 463
Ica	2 084	3 278	2 637	↓-36,4	-1 194	↓-21,0	-553
Junín	21 595	25 687	26 497	↓-15,9	-4 092	↓-18,5	-4 902
La Libertad	25 248	25 749	26 755	↓-1,9	-501	↓-5,6	-1 507

«Continuación»

Lambayeque	470	569	590	↓-17,5	-99	↓-20,3	-120
Lima	5 608	5 954	6 830	↓-5,8	-346	↓-17,9	-1 222
Lima metropolitana	61	44	55	↑38,0	17	↑10,9	6
Moquegua	697	573	590	↑21,7	124	↑18,1	107
Pasco	7 866	9 410	9 154	↓-16,4	-1 544	↓-14,1	-1 288
Piura	2 504	2 186	2 331	↑14,5	318	↑7,4	173
Puno	61 681	61 741	63 757	↓-0,1	-60	↓-3,3	-2 076
Tacna	521	476	568	↑9,4	45	↓-8,3	-47

Nota. Tomado del MIDAGRI (2022, p.74)

2.2.3. Importancia económica

En el año 2021, la producción de papa representó aproximadamente el 10,4% del valor bruto de la productividad agrícola (a precios constantes de 2007). La Figura 1 muestra que el año 2014, la producción de papa alcanzó su máxima participación, con un 11,3% del VBP. Posteriormente, se observó una disminución en esta proporción, según lo señalado en el Marco Orientador de Cultivo del MIDAGRI (2022). Esta reducción se atribuye al aumento en la producción de cultivos de agroexportación, como el arándano, la palta, la uva y el café.

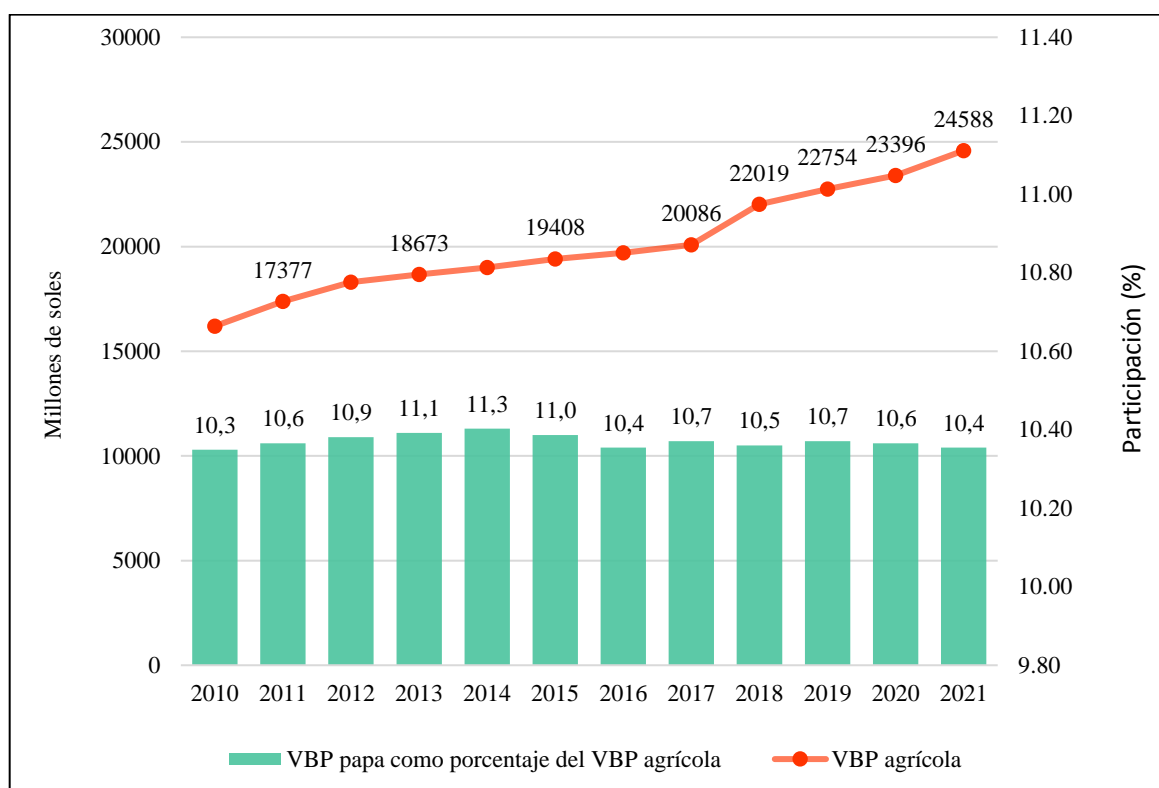


Figura 1: Valor bruto de la producción de papa en referencia al valor de producción agrícola, 2010-2021 (a precios constantes de 2007)

Nota. Tomado del MIDAGRI (2022, p. 110)

2.2.4. Producción de semillas y uso de semilla certificada

De acuerdo con el informe del MIDAGRI (2022), la dinámica de oferta y demanda de semilla certificada de papa ha experimentado dificultades debido a la baja demanda registrada en las últimas campañas. Sin embargo, se ha observado un aumento del 7,9% en la producción nacional de semillas desde la campaña 2020/2021 hasta la campaña 2021/2022. Durante este último periodo, se sembraron un total de 277,96 mil hectáreas con semillas certificadas, lo que representa el 19,9% del área total sembrada. La Tabla 3 muestra que el cultivo de arroz presenta la tasa más alta en uso de semillas certificadas (61,4%), seguido por el maíz amarillo duro (7,8%). Para el resto de cultivos, el uso de semillas certificadas se sitúa por debajo de 2,8%.

Tabla 3: Superficie atendida con semilla certificada por cultivos priorizados, campaña 2021/2022

Cultivos	Superficie sembrada (ha)	Superficie atendida con semilla certificada (ha)	%
Arroz	408 198	250 681	61,4
Maíz amarillo duro	294 438	22 854	7,8
Frijol grano seco	82 664	2 201	2,7
Quinoa	71 008	1 042	1,5
Papa	331 333	743	0,2
Maíz amiláceo	205 950	435	0,2
Total	1 393 591	277 956	19,9

Nota. Tomado del MIDAGRI (2022, p. 56).

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 4, en la campaña 2020/2021, la oferta de semillas certificadas de papa alcanzó las 1,8 mil toneladas, que representa solo el 0,3% de cobertura. Esto significa que el 99,7% de la demanda fue cubierto por la producción nacional de semillas no certificadas. Estos datos revelan una situación en la que la producción de semillas certificadas de papa a nivel nacional resultó insuficiente para satisfacer la demanda de 706,3 mil toneladas de semillas en la campaña 2020/2021. Esta limitación se atribuye al alto costo de las semillas certificadas y la necesidad de una inversión significativa en infraestructura. Para la campaña 2021/2022, se estimó una demanda de 662,6 mil toneladas, pero la oferta de semillas certificadas fue muy baja, alcanzando solo las 1,79 mil toneladas.

Tabla 4: Requerimiento y abastecimiento de semilla de papa, campañas agrícolas 2015/2016 - 2021/2022

Campaña agrícola (agosto-julio)	Requerimiento de semillas			Cobertura de semillas						
	Siembras ejecutadas (ha)	Semillas utilizadas (kg/ha)	Demanda de semillas (t)	Producción nacional de semilla certificada (t)	%	Superficie con semilla certificada (ha)	Importación de semilla (t)	%	Semilla no certificada (t)	%
2015-2016	316 952	2 000	633 904	1 840	0,3	920	-	-	632 064	99,7
2016-2017	318 880	2 000	637 760	1 499	0,2	750	-	-	636 261	99,8
2017-2018	323 626	2 000	647 252	2 130	0,3	1 065	-	-	645 122	99,7
2018-2019	339 113	2 000	678 226	1 723	0,3	862	-	-	676 503	99,7
2019-2020	340 483	2 000	680 966	1 991	0,3	995	-	-	678 975	99,7
2020-2021	353 155	2 000	706 310	1 799	0,3	900	-	-	704 511	99,7
2021-2022*	331 333	2 000	662 666	1 799	0,3	900	-	-	660 867	99,7

Nota. *Estimado. Tomado del MIDAGRI (2022, p. 57)

2.3. Variedades de importancia comercial

2.3.1. Variedad INIA Canchan 303

Es una variedad de papa de alta calidad comercial, desarrollada y liberada en 1990 por el Centro Internacional de la Papa (CIP) en colaboración con el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Esta variedad se destaca por su amplia adaptación, pudiendo ser cultivada tanto en la sierra como en la costa peruana. Además, presenta atributos deseables como precocidad, alto rendimiento y tolerancia a *Phytophthora infestans* (INIA, 2012) y sarna de la papa (*Spongospora subterránea f. sp.*). Sin embargo, el manejo del cultivo debe enfocarse en el control de *Phytophthora infestans*, pues la variedad ha ido perdiendo parte de su tolerancia a esta enfermedad con el paso del tiempo.

INIA Canchán 303 posee un porte mediano, con flores escasas que varían entre tonos rojos y violáceos. La fructificación es mínima y los tubérculos tienen forma redondeada, con una piel de color rojo claro y ojos superficiales o poco profundos. La pulpa de los tubérculos muestra tonalidades amarillo cremosas y los brotes presentan un color rojizo (Egúsquiza, 2014). En cuanto a tamaño, los tubérculos son medianos a grande, y la superficie de la piel puede ser lisa o ligeramente rugosa.

Una ventaja de esta variedad es la producción de tubérculos uniformes, lo que facilita su comercialización y manejo. También es preferida por su alta productividad y calidad culinaria. Además, tiene un sabor agradable y es apta para diversas preparaciones como hervidos, fritos, al horno, entre otros.

2.3.2. Variedad Única

Esta variedad fue desarrollada en colaboración entre la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica y el Centro Internacional de la Papa (CIP) y liberada en 1998. Es preferida por los agricultores debido a su precocidad, calidad industrial y amplia adaptabilidad geográfica, tanto en zonas costeras como en altitudes elevadas en los Andes. Presenta resistencia a virus como PVX, PVY y PLRV, al nematodo del nudo (*Meloidogyne ssp.*), una tolerancia leve a las sales y una madurez temprana (Gutiérrez *et al.*, 2007).

Por lo mencionado, se ha generado una alta demanda en el mercado nacional, especialmente para consumo fresco. Sin embargo, también se comercializa en la industria del pollo a la brasa como papas procesadas, peladas y cortadas en tiras, debido a su contenido promedio de materia seca (19,06%) (Vásquez, 2003).

Única es de porte mediano (90 a 120 cm), con tallos gruesos y pigmentados de color verde oscuro. Presenta una floración escasa, con colores varían entre violáceo a violáceo pálido, y su fructificación se ve limitada en épocas de bajas temperaturas (Gutiérrez *et al.*, 2007). Sus tubérculos tienen una forma alargada u oblonga, de color rojo claro, con ojos superficiales y con pulpa color marfil. La pulpa del tubérculo va desde tonalidades blanquecinas hasta rosadas y los brotes son de color rojo violáceo (Egúsquiza, 2014). Después de la cocción presenta una textura firme y suave.

2.4. Manejo agronómico en la producción de tuberculillos de papa en invernadero

La producción de semillas de papa se realiza en invernadero para mantener las condiciones medioambientales controladas y prevenir el ingreso de agentes patógenos o plagas, como insectos y roedores. De esta manera se garantiza la producción de semillas de alta calidad. El invernadero debe estar ubicado en una zona donde el techo reciba una adecuada exposición a la luz solar. En consecuencia, se recomienda utilizar una malla que no tenga

ningún tipo de coloración. La malla debe ser antiáfida, con una medida de 50 x 40 mesh, y debe estar debidamente sellada (Avilés *et al.*, 2019).

Es indispensable que el invernadero cuente con una doble puerta de entrada, como área preventiva (Avilés *et al.*, 2019). Esta área preventiva, cumple una función de trampa para capturar cualquier plaga que haya logrado ingresar. Por lo tanto, se debe contar con una solución desinfectante para el calzado (Flores y Brenes, 1999) y se recomienda el uso de mandiles y lavado de manos con abundante agua y jabón para eliminar cualquier riesgo por contaminación.

Se recomienda que el piso del área de siembra del invernadero esté compuesto por piedras, lo cual ayuda a prevenir el crecimiento de malezas (Flores y Brenes, 1999).

2.4.1. Preparación del sustrato

Se sugiere esterilizar el sustrato, mediante técnicas de calor o químicamente, con la finalidad de eliminar algún patógeno presente en el suelo. Asimismo, es recomendable incorporar materia orgánica y materiales inertes a la mezcla, a fin de mejorar la estructura. Además, es importante llevar a cabo una fertilización adecuada (Avilés *et al.*, 2019).

Con respecto al tipo de suelo empleado para el sustrato, se recomienda utilizar dos partes de tierra preparada, una parte de arena de río (previamente lavada) y una parte del material inerte como musgo. Luego de preparar la mezcla se debe realizar un análisis químico al sustrato para verificar la disponibilidad de los nutrientes según el pH (Avilés *et al.*, 2019).

2.4.2. Siembra

Los factores que determinan una buena siembra son: la emergencia rápida y la uniformidad (Egúsqüiza, 2014). Para la producción de semillas de papa en invernadero, se recomiendan el uso de macetas de plástico (Flores y Brenes, 1999; Avilés *et al.*, 2019). El procedimiento de siembra es colocar de 1 a 3 tuberculillos o 1 a 3 esquejes por maceta, dependiendo de la variedad, a una profundidad de 5cm. En este momento se puede aplicar abonos o fertilizantes (Araujo *et al.*, 2021).

2.4.3. Fertilización

Previamente se recomienda realizar un análisis de suelo para determinar el nivel de fertilización (Araujo *et al.*, 2021) y evitar excesos en las cantidades. Arcos *et al.*, (2020) recomienda aplicar el 50% de nitrógeno, el 100% de fósforo y el 100% de potasio, en el momento de la siembra. La manera correcta de aplicación es evitando el contacto directo con los tuberculillos. Para ello, se coloca los fertilizantes entre tuberculillos o al borde de la maceta y después se procede a taparlos. El 50% restante de nitrógeno se debe aplicar junto con el primer aporque para evitar pérdidas al momento de la siembra ya que es muy soluble en agua (Cabrera, 2009).

Vizcaíno (2017) recomienda el uso de fertilizantes líquidos que contengan fósforo para promover el crecimiento de las raíces y, por ende, aumentar la producción de tubérculos.

2.4.4. Aporque

Se recomienda iniciar con esta labor entre 15 y 20 días después de realizar el deshierbo y antes de que el cultivo entre en floración, pero si la variedad es tardía, se realiza hasta los 90 días después de la siembra (Araujo *et al.*, 2021). Esta práctica consiste en agregar tierra al cuello de planta con ayuda de una herramienta manual (pala de mano), con la finalidad de proteger la base de los tallos del daño causado por enfermedades (*Phytophthora infestans*) o plagas de insectos (*Premnotrypes* spp). Además, esta labor favorece el aumento del número de tubérculos (Cabrera, 2009), confiere anclaje a la planta y protege a los tubérculos de la radiación que podría ocasionar verdeamiento de los mismos.

2.4.5. Tutoreo

Paredes *et al.* (2006) y Vizcaíno (2017) recomiendan utilizar una malla plástica para sostener a las plantas. Otra opción es el uso de tutores a base de madera o fierro, colocados en las esquinas de las filas de las macetas. Estos tutores se anclan con una profundidad de 15 cm para establecerlos firmemente en el suelo. Luego, se procede a colocar rafia gruesa de manera longitudinal, sujetando cada esquina de los tutores. Los pisos de rafia se establecen cada 15 cm o 20 cm, dependiendo la altura de planta según la variedad. Normalmente se realizan entre cuatro a cinco pisos con rafia.

2.4.6. Medidas sanitarias

La producción de semilla prebásica requiere procedimientos de asepsia y aislamiento con el entorno en donde se maneja los invernaderos. Para prevenir las enfermedades fungosas, bacterianas y virales en las plántulas de papa prebásica, es necesario contar con semillas de alta calidad provenientes de plántulas in vitro. Vizcaíno (2017) señala que las semillas deben tratarse previamente con insecticidas y fungicidas para garantizar la sanidad del cultivo, lo que resultará en altos rendimientos y calidad.

Los procedimientos de siembra y trasplante (en el caso de esquejes) deben darse con el mayor cuidado aséptico, por lo que se recomienda desinfectar las herramientas (Egúsqiza, 2014). Además, se sugiere no reutilizar el sustrato para prevenir la contaminación y propagación de plagas (Pérez y Forbes, 2011).

Durante la producción de semilla prebásica es crucial contar con buena infraestructura que garantice el aislamiento de enfermedades como: la racha (*Phytophthora infestans*), alternaria (*Alternaria solani*), rizoctonia (*Rizoctonia solani*), la verruga (*Synchytrium endobioticum*), la roña (*Spongospora subterranea f. sp.*), marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*); los insectos: polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*), pulgones (*Aphis gossypii*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*, *Aulocartum solani*), nematodos (*Meloidogyne spp.*, *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*); y las malezas: kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), mostaza (*Brassica spp.*).

Para el manejo de malezas, como el kikuyo y la mostaza, se sugiere desinfectar el sustrato, eliminar las malezas manualmente, regular el riego y hacer uso de variedades competitivas (Kroschel *et al.*, 2012). No se recomienda uso de herbicidas a nivel de invernadero.

2.4.7. Cosecha

El momento óptimo para iniciar la cosecha es cuando la planta ha alcanzado la madurez fisiológica. De acuerdo a Avilés *et al.* (2019), este proceso depende de la variedad de papa, si es precoz, semi precoz o tardía. Durante el momento de la cosecha, se debe verificar que la piel del tubérculo no se desprenda al contacto con la yema de los dedos (Espinoza, 2021). Para inducir a la maduración, se elimina el follaje, que puede realizarse de manera manual o utilizando productos químicos (Montesdeoca, 2005). Luego, se deja reposar los tubérculos

durante 10 días previos a la cosecha dentro de la maceta para que subericen (Vizcaíno, 2017). Al realizar la cosecha se deben evitar las heridas o golpes, ya que pueden servir como puertas de entrada a las enfermedades. Una vez obtenido los tubérculos, se realiza el secado en un lugar con ventilación y luz difusa (Crisci, 1992).

2.4.8. Almacenamiento

Luego de la cosecha, de seleccionar y clasificar los tubérculos por calibre y sanidad (Avilés *et al.*, 2019), se debe considerar los periodos fisiológicos de: curación, dormición y brotación. El curado o cicatrización sirve para fortalecer la piel, se da en un ambiente con temperatura entre 12-15 °C, humedad relativa mayor a 90%, por aproximadamente 14 días (Crisci, 1992).

El periodo de dormición depende de cada variedad y es el tiempo en que los tubérculos no brotan. Se debe considerar que a mayor temperatura, el tiempo de dormición será menor (Crisci, 1992). Egúsquiza (2014), menciona que en el almacenamiento es necesario contar con luz difusa, buena ventilación y mayor humedad relativa. La luz difusa promueve la aparición de brotes cortos y vigorosos. Además, induce al verdeamiento de los tuberculillos debido a que la luz promueve la producción de clorofila y esto le confiere un sabor amargo (por la sustancia tóxica glicoalcaloide) que protege la semilla del daño por plagas y enfermedades.

Para prevenir daños causados por la polilla de la papa, se debe almacenar a 2 o 3 grados, ya que a esa temperatura el insecto no se reproduce (García y González, 2009). Finalmente, el periodo de brotación se da entre 2 a 3 meses luego de la cosecha. La temperatura debe ser aproximadamente 4 °C y la luz debe ser difusa (Crisci, 1992).

2.5. Multiplicación de semilla de alta calidad

2.5.1. Propagación por semilla botánica

Este tipo de propagación se lleva a cabo mediante la siembra directa de semillas sexuales de la planta. Estas semillas son el resultado de la fusión de los gametos sexuales masculinos (contenidos en el grano de polen) y femenino (presentes en el óvulo del saco polínico)

(Salomón, 2001). Estas semillas sexuales expresarán, en diferentes grados, características únicas de sus progenitores (Egúsqüiza, 2014). Por lo tanto, cada semilla es única, y al ser sembrada, evidencia la variabilidad genética, que se manifiesta en la desuniformidad.

2.5.2. Propagación vegetativa o clonal

a. Multiplicación de tuberculillos prebásicos con plantas in-vitro

La multiplicación de plántulas in vitro de papa se realiza para producir semillas de papa de categoría prebásica y se lleva a cabo bajo condiciones de laboratorio. Este proceso implica una producción masiva a partir de yemas que se colocan en medios de cultivo, lo que resulta en índices de multiplicación de 15:1 y, en tubos de ensayo se obtienen 15 veces más (Benítez, 1988). Los rendimientos que se obtienen por unidad de superficie (metro cuadrado) son de 300 a 800 mini tubérculos, que sirven como semillas de alta calidad. Sin embargo, para esta producción se requiere seguir todas las medidas de inocuidad por parte del personal capacitado (Arias, 2009).

El proceso de producción comienza con la selección de una planta madre de alta calidad, con un buen historial sanitario y cultivada en condiciones de invernadero. Esta planta madre es sometida a tratamientos de termo o quimioterapia para el saneamiento, que incluye la eliminación de partículas virales (Mejía *et al.*, 2013).

Una vez realizado el procedimiento, se prepara el medio de cultivo mezclando micro y macronutrientes, vitaminas y reguladores de crecimiento (Fernández *et al.*, 2013). Luego se extrae de la planta madre, explantes (meristemos y ápices de estacas, brotes u hojas) que previamente son desinfectados con alcohol (70%), Tween 20, u otros agentes desinfectantes. Estos explantes se inoculan en el medio de cultivo y se colocan en una cámara de crecimiento, donde las plántulas se desarrollarán hasta estar listas para el trasplante (Mejía *et al.*, 2013). Finalmente, las plántulas se siembran en macetas dentro de invernaderos, y los tuberculillos cosechados que tienen menos de cinco gramos, son seleccionados como semillas vegetativas para su posterior siembra en invernadero (Benítez, 1988).

b. Propagación por esqueje de tallo juvenil

Para llevar a cabo la propagación mediante la técnica asexual de esquejes, se requiere utilizar plantas madres provenientes de tubérculos que pesen entre 30 g a 50 g, y que sean de excelente estado sanitario. Este método ofrece una alta tasa de multiplicación, permitiendo obtener en promedio de 20 a 60 esquejes por cosecha en cada planta. Sin embargo, es importante tener en cuenta que su efectividad puede variar dependiendo la variedad utilizada (Dávila, 2014).

El momento óptimo para realizar los cortes es cuando la planta tiene alrededor de 5 o 6 nudos (Gonza *et al.*, 2014). Al momento de realizar los cortes los utensilios, como el bisturí o cuchilla, deben estar en constante desinfección. Para ello, se recomienda utilizar una solución jabonosa con hipoclorito de sodio al 10% (Mejía *et al.*, 2013).

El corte se realiza formando un ángulo recto con el tallo, a 5 mm por encima de la primera hoja basal. Este proceso debe realizarse cuando la planta madre ha desarrollado ocho hojas simples, lo cual suele ocurrir aproximadamente 30 días después de la siembra. Cada sección de corte, que corresponde a los esquejes, debe contener una hoja y una yema axilar (Dávila, 2014).

Posterior al corte se procede a aplicar una hormona enraizante a los esquejes, en polvo o líquido, considerando el tiempo en las instrucciones del producto. Finalmente, los esquejes se plantan en una cama de enraizamiento, manteniendo una profundidad de 4 cm. Después de aproximadamente cinco días, se sugiere trasplantar los esquejes a las camas definitivas (Dávila, 2014).

c. Propagación por esquejes de tallo lateral

Los esquejes laterales son obtenidos luego de realizar el despunte apical a las plantas madres, el cual consiste en la eliminación de los meristemos de crecimiento apical de los tallos que conforman la planta. Esta práctica estimula el crecimiento de yemas axilares, las cuales posteriormente se desarrollarán y darán origen a los esquejes laterales (Gonza, 2014).

Estos esquejes deben ser cortados entre 10 a 15 días después del despunte, cuando alcanzan una altura entre 10 cm a 15 cm. Para realizar el corte, se sugiere utilizar bisturí o pinzas previamente desinfectadas con una solución al 1% de hipoclorito de sodio (Cotes y Ñustez, 2001).

d. Propagación por esqueje de tallo adulto

Los esquejes de tallo adulto se obtienen de plantas que han alcanzado la madurez fisiológica. Por lo tanto, al realizar los cortes de los esquejes, se debe asegurar que cada uno tenga un tallo y una hoja, sin ninguna yema, para evitar el crecimiento de tallos aéreos. Esto es relevante porque al sembrar dichos esquejes en sustrato de arena, la presencia de yemas puede dar lugar a la formación de tuberculillos (Cotes y Ñustez, 2001).

El crecimiento de tuberculillos comenzará aproximadamente dos semanas después de haber iniciado la siembra y terminará entre 4 y 6 semanas después de haber trasplantado. Se espera alcanzar un rendimiento promedio de 350 tuberculillos por metro cuadrado (Dávila, 2014).

e. Propagación por esquejes de brotes

La propagación mediante esquejes de brotes se realiza a partir de brotes que han crecido de los tuberculillos o tubérculos semillas que han sido almacenados en condiciones de luz y luego en oscuridad. De esta manera, se induce la elongación de brotes y la distancia de nudos aumenta, lo cual facilita el corte de los esquejes (Gonza, 2014).

Una vez que los brotes han alcanzado un tamaño de aproximadamente de 3 cm, se procede a realizar el corte de los mismos y se sumergen en enraizantes para promover el enraizamiento (Dávila, 2014). Posteriormente, los esquejes se colocan en camas con arena gruesa y se espera a que alcancen entre 10 a 15 cm para el trasplante en macetas, camas o campo definitivo (Egúsquiza, 2014).

2.6. Hormonas y reguladores de crecimiento

Según Yana (2021), las hormonas que se sintetizan de forma natural en las plantas se conocen como fitohormonas, mientras que las hormonas producidas de manera sintética o artificial se denominan reguladores de crecimiento.

Dado que las hormonas presentes en las plantas se encuentran de forma natural en cantidades mínimas, es necesario aplicar una dosis adicional de estas hormonas, en cultivos de producción comercial (Cortes *et al.*, 2019). Estas hormonas, desempeñan un papel fundamental en la regulación del crecimiento y desarrollo durante la ontogenia de cada planta. Sus efectos y acciones resultan de la interacción de múltiples mecanismos, lo cuales inducen expresiones morfológicas específicas (Jordan y Casaretto, 2006). Entre las hormonas más comunes se encuentran; las auxinas, las citoquininas y las giberelinas.

Es importante destacar que muchas plantas son capaces de enraizar sin la aplicación de estas hormonas, y un exceso de hormonas podría frenar o detener el desarrollo de las raíces (León, 2011).

2.6.1. Auxinas

La auxina IAA (ácido 3-indol-acético) es una hormona natural presente en el meristemas de los brotes de la planta. Es ahí donde viaja a las distintas partes de la planta y favorece la formación de raíces. Con la finalidad de aumentar la actividad hormonal del IAA, se sintetizaron nuevas auxinas como el AIB (ácido 3-indol-butírico) y el ANA (ácido 1-naftaleno-acético). Estas dos auxinas son la base de los productos comerciales modernos (León, 2011). El AIB es de acción localizada, no tóxica, menos sensible a la degradación biológica (Yana, 2021) y tiene mayor efectividad que el ANA. Si un producto contiene ambas hormonas se espera que su efecto sea mayor. Por otro lado, se recomienda el uso de IAA para esquejes tiernos y el uso de AIB para esquejes leñosos (León, 2011).

Estas hormonas se encuentran en la presentación comercial de polvo, líquido (con un disolvente) y tabletas (para disolver en agua), cada una con diferente formulación. El polvo tiene un uso general y la presentación líquida tiene un uso más profesional porque se considera el tiempo de impregnación. Las tabletas suelen conservarse por más tiempo pero una vez disueltas en agua deben utilizarse al instante (León, 2011).

Las auxinas están involucradas en procesos de formación de órganos, elongación celular debido a que permite la acumulación de agua dentro del interior de la célula, esto genera un estiramiento (Cortes *et al.*, 2019) y crecimiento diferencial. Transportan los carbohidratos

de cofactores foliares a la base de los esquejes para promover el desarrollo de raicillas pues se sintetiza en los meristemas apicales de órganos aéreos (Yana, 2021) y también interactúan con otras hormonas y regulan genes relacionados con el enraizamiento. Esto influye positivamente en el desarrollo de las raíces en los esquejes.

Otras funciones que desempeña son: la inhibición del crecimiento de las yemas apicales, activación del meristemo secundario, favorece la maduración de frutos e interviene en el tropismo (Morocho, 2015).

2.6.2. Citoquininas

Las citoquininas se encuentran en menor concentración en comparación con otras fitohormonas (Duval, 2006). Son sintetizadas principalmente en las raíces (en la zona de los meristemas apicales), también pueden producirse dentro de las frutas y tejidos embrionarios (Cortes *et al.*, 2019). Dentro de los diferentes tipos están: la benciladenina, kinetina y zeatina. Su transporte dentro de la planta es acropétalo (en un solo sentido) desde el ápice de la raíz hasta los tallos mediante el xilema (Martínez, 2018).

Las funciones principales de las citoquininas son: estimular la división celular que resulta en el crecimiento de la planta, interrumpir la latencia de las yemas axilares, retrasar la senescencia e inhibir el acrecentamiento de las raíces laterales (Valenzuela, 2011). Su acción también se involucra en el establecimiento de cierto grado de tolerancia a condiciones de salinidad y temperaturas altas (Javid *et al.*, 2011). Por lo tanto, influyen en el desarrollo de los esquejes al estimular la división celular, promover la formación de brotes laterales regular la diferenciación de los tejidos. Además, el equilibrio entre citoquininas y auxinas es esencial para lograr un óptimo desarrollo de los esquejes.

2.6.3. Giberelinas

Estas hormonas de crecimiento son de naturaleza diterpenoide tetracíclicas. Su nombre se debe a que fue aislado a partir del hongo *Gibberella fujikoroii* que causaba la enfermedad del “bakanae” en el cultivo de arroz (Cortes *et al.*, 2019). Dicha enfermedad provocaba una mayor altura a la planta y déficit en la formación de granos, esto debido a que las concentraciones altas de giberelinas, incrementan el crecimiento vegetativo, interrumpen la

latencia en las semillas, inducen la brotación de yemas y estimulan la síntesis de mRNA. Actualmente, las giberelinas comerciales de más importancia son: GA1, GA3, GA4, GA7 y GA9 (Valenzuela, 2011). Se diferencia de las auxinas por la forma en que se transporta dentro de la planta. Mientras que las auxinas presentan un transporte polarizado, las giberelinas se mueven por el floema junto con los fotosintatos y se presume que por un desplazamiento radial pueden moverse del floema al xilema (Duval, 2006).

Estas hormonas vegetales desempeñan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas y en el caso de los esquejes, las giberelinas pueden tener varios efectos que promueven su desarrollo y enraizamiento. Esto se debe a que uno de los efectos principales es la estimulación de la elongación celular, pues estas hormonas promueven la división y expansión celular (Jordán y Casaretto, 2006), lo que resulta en un crecimiento rápido de los tejidos en los esquejes. Esto se evidencia especialmente en el desarrollo de las partes aéreas de los esquejes, como los tallos y hojas, lo que permite un rápido crecimiento y desarrollo de nuevos brotes (Alcántara *et al.*, 2019). Además de la elongación celular, las giberelinas estimulan la formación de raíces adventicias en los esquejes, lo que aumenta las posibilidades de éxito en el enraizamiento de esquejes. Y también interactúan con las auxinas y citoquininas para coordinar el desarrollo adecuado de los esquejes en función a la formación de raíces adventicias y elongación del tallo.

2.7. Enraizadores

2.7.1. Enraizadores sintéticos

Los enraizadores sintéticos son utilizados mayormente a escala industrial por contener fitohormonas sintéticas de crecimiento. Sin embargo, el costo de tales insumos es altamente elevado si se utiliza constantemente y en grandes extensiones de terreno. Las materias prima para la producción de fertilizantes químicos provienen principalmente de yacimientos mineros. Si se agrega en dosis inadecuadas causan desequilibrio en el suelo, produciendo infertilidad. Son fácilmente lixiviados y contaminan el agua (Florez, 2017). Por ello, se buscan métodos eficaces de aplicación, para evitar pérdidas del producto (Palacios, 2014). Además, estos insumos químicos afectan a los controladores biológicos y organismos benéficos presentes en el suelo (Florez, 2017).

El mercado ofrece estos enraizadores en distintas presentaciones; polvo, líquido y tabletas, siendo estos últimos, los de periodo de vida más prolongado. Sin embargo; son los enraizadores líquidos los de mayor uso debido a la delicadeza del producto, pese a que su tiempo de vida es corto (León, 2011).

2.7.2. Enraizador orgánico de origen marino

Los enraizadores orgánicos se encuentran dentro del grupo de los abonos orgánicos. Estos productos biológicos pueden tener diversos orígenes y también actúan como fertilizantes. Se obtienen a través de la descomposición de animales y/o vegetales en condiciones de anoxia. Los nutrientes presentes en estos enraizadores son fácilmente asimilados por las plantas (Florez, 2017).

Quiroz (2021) utilizó extractos vegetales a base de lentejas, canela, sábila y agua de coco y encontró compuestos con un alto contenido de azúcares, vitaminas, aminoácidos e iones inorgánicos. Por su parte, Leblanc *et al.*, (2007) mencionan que los abonos de origen orgánico mantienen la supervivencia de bacteriana que sirve como fuente de alimentación de las plantas. Sin embargo, cabe mencionar que los enraizadores de origen orgánico no tienen un efecto inmediato frente a los enraizadores sintéticos y, además, son perecederos pues poseen una vida útil limitada.

Ahora bien, el abono orgánico a partir de residuos de pescado sobresale frente al estiércol de ganado ovino por su alto contenido de N y P disponible para la planta (Saavedra, 2022). Este abono orgánico se puede obtener a partir de vísceras de pescado, lo cual contribuye a reducir la contaminación ambiental al reutilizar los desechos provenientes de pescado. Estos desechos contienen grasas, por lo que no es conveniente desecharlos indiscriminadamente, pues su acumulación genera problemas ambientales como: la contaminación del aire por el olor hediondo que emite los restos de pescado y el aumento de plagas (insectos y roedores). Actualmente existen vertederos ilegales que acumulan estos residuos y generan contaminación de la tierra donde los almacenan. La industria procesadora de pescado utiliza alto consumo de agua y espacio para el secado a sol de estos desechos (Bueno y García, 2022). Hoy en día, estos residuos pueden valorizarse mediante la reutilización y transformación de ensilados, harina de pescado y fertilizantes.

Estos fertilizantes orgánicos recomponen los niveles de materia orgánica del suelo, favoreciendo la capacidad de retención de nutrientes (Flores, 2017). Estas bondades reducen el impacto negativo al ambiente, ocasionado por el uso indiscriminado de fertilizantes químicos.

Los residuos de pescado, como las vísceras, colas, cabezas, sangre y alas, son ricos en contenidos altos de nitrógeno, potasio y ácido fosfórico. Por ejemplo, la espina dorsal y el cartílago son fuentes de calcio, minerales y fosfato. Por lo tanto, si se elaboran fertilizantes, abonos o bioestimulantes a base de estos residuos, el suelo puede adquirir tales nutrientes (Bueno y García, 2022).

En línea con lo expuesto, Vásquez (2008) recalca que los bioabonos tienen un efecto similar al humus, insecticidas, estimulantes e incluso pueden sustituir la aplicación de nitratos a base de fertilizantes químicos. Esto se ha demostrado mediante el análisis físico-químico que muestran mejores resultados en el pH, porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio presentes en el suelo después de su aplicación.

Cabe resaltar que el uso y venta de extractos orgánicos a base de algas marinas se han incrementado en los últimos años en Perú, por lo que es necesario realizar pruebas de dosificación y evaluar su efectividad en distintos cultivos (Layten, 2015). Estas investigaciones científicas determinarán la influencia en la productividad y calidad de los cultivos.

En síntesis, los abonos orgánicos, que en algunos casos actúan como enraizadores, son recomendables debido a los microorganismos benéficos que poseen, a su capacidad de movilizar nutrientes, a su efecto locales rápido y específico, y su precio reducido en comparación con productos químicos. Sin embargo, para lograr eficacia, se requiere repetir la aplicación (León, 2011).

III. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación

La investigación se realizó en un invernadero del Programa de Investigación y Proyección Social de Raíces y Tuberosas (PIPS-RT) del Instituto Regional de Desarrollo (IRD) de la Universidad Nacional Agraria la Molina, en el fundo San Juan de Yanamucllo, situado en el distrito de San Lorenzo, provincia de Jauja, departamento de Junín en Perú. El campo experimental se encuentra a una altitud de 3200 m.s.n.m, con coordenadas geográficas 11°46'30'' de latitud Sur y 75°30'00'' de longitud oeste.



Figura 2: Vista del campo experimental en el IRD-sierra san Lorenzo, provincia de Jauja, departamento de Junín en Perú

Nota. Extraído de Google Earth

3.2. Instalación del experimento

La siembra de las plantas madre, se realizó el 15 de septiembre de 2021. El transplante de esquejes apicales y laterales a las macetas definitivas se llevó a cabo el 20 de noviembre y el 12 de diciembre de 2021, respectivamente. Finalmente, la cosecha de tuberculillos provenientes de los esquejes se realizó el 16 de abril del 2022.

3.3. Conducción del experimento

Se utilizaron como plantas madre tuberculillos de categoría pre básica de las variedades INIA Canchán 303 (Canchán) de cuarta categoría y Única de tercera categoría, provenientes de plantas in vitro proporcionadas por el PIPS-RT, IRD-Sierra. Estos tuberculillos se sumergieron durante tres minutos en una solución con Agrostemin (inductor de crecimiento compuesto por auxinas, citoquinas y giberelinas) a una dosis de 12.5 ml / 5 L de agua, para estimular el brotamiento uniforme. Y se secaron a luz difusa por 4 horas. Posteriormente, se espolvoreó Malathion 4% P.S. para prevenir el ataque de plagas de almacén. Finalmente, se colocaron en jabs bajo luz difusa por alrededor de 20 días.

Una vez que los tuberculillos emitieron brotes apicales, se realizó el desbrotamiento para inducir la formación de brotes múltiples, uniformes y vigorosos, que darán lugar a varios tallos por planta. Luego de 4 días del desbrotamiento de tuberculillos, el 15 de septiembre del 2021, se realizó la siembra de plantas madre, bajo condiciones controladas de invernadero. La densidad utilizada fue de 3 tuberculillos por maceta de 2 kg y por cada variedad se sembraron 40 macetas, con un total de 120 plantas por variedad.

La fertilización fue fraccionada. Primero, al momento de la siembra se incorporó en la parte basal de la maceta 4 g de MOLIMAX, luego se cubrió con una capa de 15 cm de sustrato. Y la segunda fertilización se realizó al momento del aporque, a los 15 días después de la siembra y con la misma dosis por maceta. Posteriormente se realizaron las labores agrícolas correspondientes (riego, control de plagas y enfermedades y manejo cultural).

3.4. Factores de estudio

3.4.1. Factor variedad

Se emplearon dos variedades híbridas de mayor demanda comercial dentro del mercado nacional.

a. Variedad INIA Canchán-303

Se emplearon 120 tuberculillos-semilla procedentes de plántulas in vitro que fueron proporcionadas por el Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas (PIPS - RT).

b. Variedad Única

Se emplearon 120 tuberculillos-semilla procedentes de plántulas in vitro que fueron proporcionadas por el PIPS - RT.

3.4.2. Factor tipo de esqueje

Se emplearon dos tipos de esqueje de tallo, que se describen a continuación:

a. Esqueje apical

Se extrajeron de las plantas madre cuando estas tenían 30 días de haber sido sembradas y alcanzaban una altura entre 30 y 45 cm. Se realizó un corte transversal recto con ayuda del bisturí en la zona de crecimiento de meristemas apicales, considerando una altura de 7 cm aproximadamente para cada esqueje, dejando de 1 a 2 hojas y una yema axilar. Después de cada corte, se desinfectó el bisturí en una solución desinfectante compuesta por jabón (10%) e hipoclorito de calcio (10%). Los esquejes fueron colocados sobre papel toalla en una bandeja y asperjados con agua para prevenir la deshidratación. Finalmente, se aplicó el enraizador correspondiente para cada tratamiento y se plantaron en bandejas de almacigo.

b. Esqueje lateral

Para obtener los esquejes laterales se esperó un periodo de 20 días después del corte de los esquejes apicales. Durante este tiempo, se estimuló el crecimiento de las yemas axilares después del despunte apical. Las yemas axilares desarrollaron tallos laterales, de los cuales

se extrajeron los esquejes laterales. Se siguió el mismo procedimiento de corte. Se cortaron esquejes de 7 cm de longitud, se dejaron 2 a 3 hojas y una yema axilar. Luego, se aplicaron los tratamientos con el enraizador según el tipo de tratamiento y se colocaron en bandejas de almacigo utilizando el sustrato PREMIX.

3.4.3. Factor enraizador

Se utilizaron tres enraizadores y un testigo (sin enraizador):

a. Root-Hor

Regulador de crecimiento líquido compuesto por las auxinas: Ácido Alfa Naftalenacético (ANA) y Ácido 3 Indol Butírico (AIB), Ácidos Nucleicos y aditivos. Su función es acelerar la formación de raicillas en los esquejes (Ficha técnica del Root-Hor). Se aplicó sumergiendo los esquejes en una solución preparada con una concentración del producto al 0.5% (5 ml / L de agua) durante 5 minutos.

b. El Rapid Root

Regulador de crecimiento en forma de polvo compuesto por Ácido 3 Indol Butírico (AIB) e ingredientes inertes. Recomendado para la propagación asexual, favorece la formación de pelos absorbentes en las raíces, mejorando la capacidad de enraizamiento y vigor (Ficha técnica de Rapid Root). Se aplicó colocando los esquejes, previamente humedecidos en la parte basal, a una profundidad de 3 cm en el producto en polvo.

c. Enraizador de origen orgánico

El bioestimulante de origen marino se utilizó a una dosis probada de 2.5 ml / L de agua durante 15 minutos. A continuación se detalla su composición en base al análisis que se realizó en el Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Agronomía.

Tabla 5: Resultados del análisis físico químico del bioestimulante marino de anchoveta como abono líquido

Propiedades físicas/químicas	Valor
pH	3.40
C.E. (dS/m)	12.70
Sólidos Totales (g/L)	45.65
M.O en solución (g/L)	36.63
N Total (mg/L)	733.32
P Total (mg/L)	31.99
K Total (mg/L)	1583.33
Ca Total (mg/L)	608.33
Mg Total (mg/L)	266.67
Na Total (mg/L)	350.00
Fe Total (mg/L)	5.34
Cu Total (mg/L)	10.83
Zn Total (mg/L)	11.17
Mn Total (mg/L)	8.60
B Total (mg/L)	0.64

d. Testigo

Luego del corte de esquejes, estos se mantuvieron hidratados con agua destilada, sin enraizador. Posteriormente, los esquejes fueron sembrados en bandejas de almacigo y se les permitió un periodo de 30 días para el enraizamiento antes de ser trasplantados a las macetas definitivas.

3.5. Características físico químicas del sustrato

Para las bandejas de enraizamiento en el que fueron colocados los esquejes, se utilizó el sustrato PREMIX, que actúa como aislante térmico, retiene humedad y aireación, proporciona nutrientes y está libre de patógenos, además; no daña las raíces debido a su estructura fina.

Para el trasplante de esquejes enraizados a macetas definitivas (de 2 kg), se utilizó una mezcla de sustrato en proporción 1: 1 compuesta por musgo y arena de río, previamente desinfectada. Este sustrato se llevó al Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Agronomía, para realizar un análisis de caracterización. Dicho análisis, se detalla a continuación:

Tabla 6: Interpretación del análisis de caracterización de la muestra de sustrato en invernadero

Propiedades físicas/químicas	Valor	Interpretación
pH (1:2)	5.82	Suelo moderadamente ácido (Castellanos, 2010).
C.E (dS/m)	0.78	Suelo libre de sales y por lo tanto es ideal para cultivar (Castellanos, 2010).
Textura	Material orgánico	Se clasifica al suelo como material orgánico debido a que posee 22.68% de materia orgánica a partir del 20% de materia orgánica presente en la muestra, se considera al suelo como material orgánico (Keys to Soil taxonomy 13th edition, 2022)
CIC	26.4	Suelo con capacidad media (Garrido, 1993) para retener e intercambiar nutrientes (calcio, magnesio, sodio y potasio principalmente).
% CaCO ₃	0.98	Suelo libre de carbonatos (Castellanos, 2010)
% M.O	22.68	Alto porcentaje de materia orgánica.
P (ppm)	25	Nivel óptimo de fósforo (Molina y Meléndez, 2002)
K (ppm)	156	Este valor equivale a 0.50323 cmol/L y se encuentra en un nivel medio de K (Molina y Meléndez 2002).
Porcentaje de Saturación de bases	78	Suelo con capacidad media (Aguilar, 2002) de retener cationes.

3.6. Características físico químicas del agua para riego

El agua de riego utilizada para el experimento proviene del pozo de las instalaciones del IRD- Fundo San Juan de Yanamucllo. El análisis químico se realizó en el Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Agronomía (Tabla 7).

Tabla 7: Interpretación del análisis de agua para riego

Propiedades físicas/químicas	Valor	Interpretación
pH	6.87	Agua moderadamente salina (Castellanos, 2010). Es de calidad media.
C.E (dS/m)	0.9	Moderadamente alto.
RAS	0.28	Agua muy baja en sodio (Castellanos, 2010). Esta condición es ideal
Bicarbonatos HCO ₃ (meq/L)	4.58	Agua con problemas moderados en bicarbonato (Castellanos, 2010). Se recomienda uso de ácidos para neutralizar

«Continuación»

Cloruro (meq/L)	1.1	Agua libre de problemas por cloruros (Castellanos, 2010). Presenta condición ideal para riego de cultivos.
Boro	0.45	Agua de buena calidad, libre de toxicidad por boro (Castellanos, 2010). Tener ligero cuidado con especies sensibles en Boro.
Clasificación	C3-S1	Según las Normas de Riverside, las aguas de riego C3 y S1 presentan salinidad media y se emplean para suelos con buena o moderada permeabilidad. Son aguas bajo en sodio, no recomendable para cultivos muy sensibles a sales (Cantu-Medina, 2018).

Cabe mencionar que el agua que abastecía el invernadero donde se instaló el experimento, se alimentaba de un tanque de 1000 L que contenía una solución nutritiva con las siguientes dosis:

- Nitrato de Compomaster: 500 mL
- Nitrato de Potasio: 330 mL
- Fosfato de triple calcio: 220 mL
- Sulfato de magnesio: 270 mL
- Fetrilon combi: 50 mL
- Quelato de hierro: 6 mL

La frecuencia de riego fue de cada dos o tres días, dependiendo la temperatura del invernadero y humedad del sustrato, con riego manual por manguera.

3.7. Características climáticas

Las condiciones climáticas estuvieron controladas por desarrollarse el experimento bajo invernadero. Se registraron las medidas de temperatura y humedad relativa en cuatro momentos a partir del días 15 después del transplante de los esquejes a las macetas definitivas, con intervalos de 15 días, entre las 12 pm y 1 pm.

La temperatura mínima en promedio fue 21.9 °C, la temperatura máxima promedio 27.9 °C, mientras que la temperatura promedio en los cuatro momentos registrados fue 25°C (Figura 3). No se registraron las temperaturas ni humedad relativa en durante la mañana o noche.

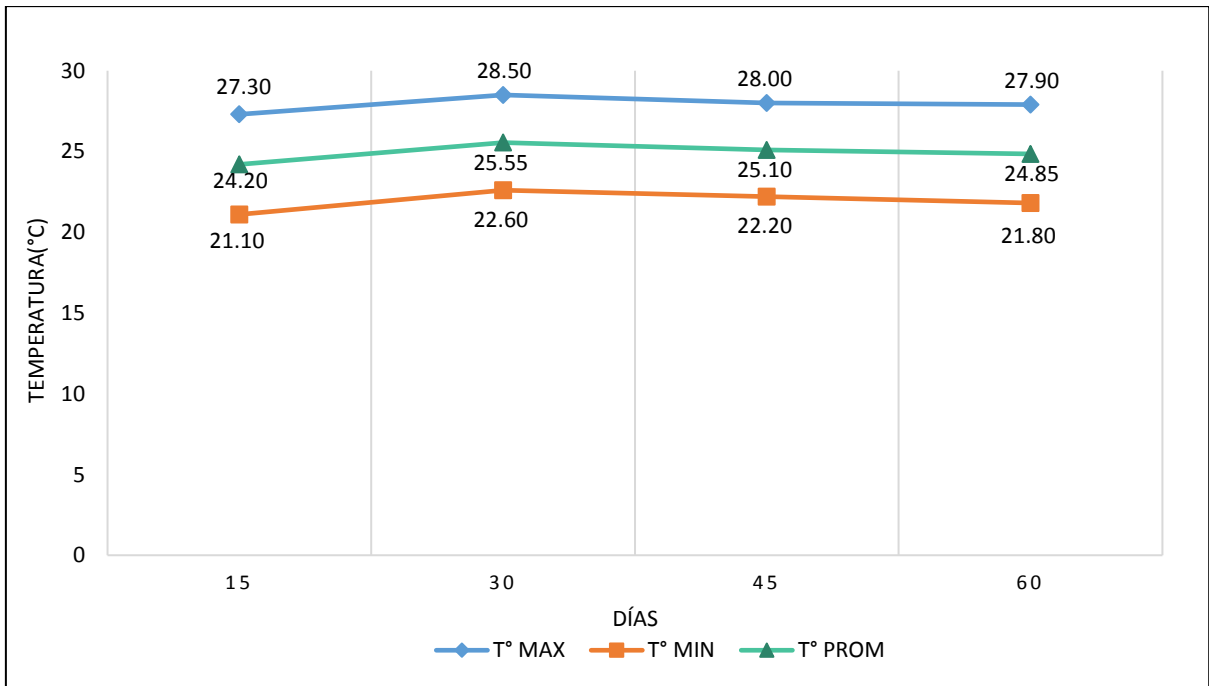


Figura 3: Temperatura en el invernadero durante el experimento

Los registros de humedad relativa fluctuaron desde 38 hasta 45%, los mismos que fueron favorables para el desarrollo del cultivo (Figura 4).

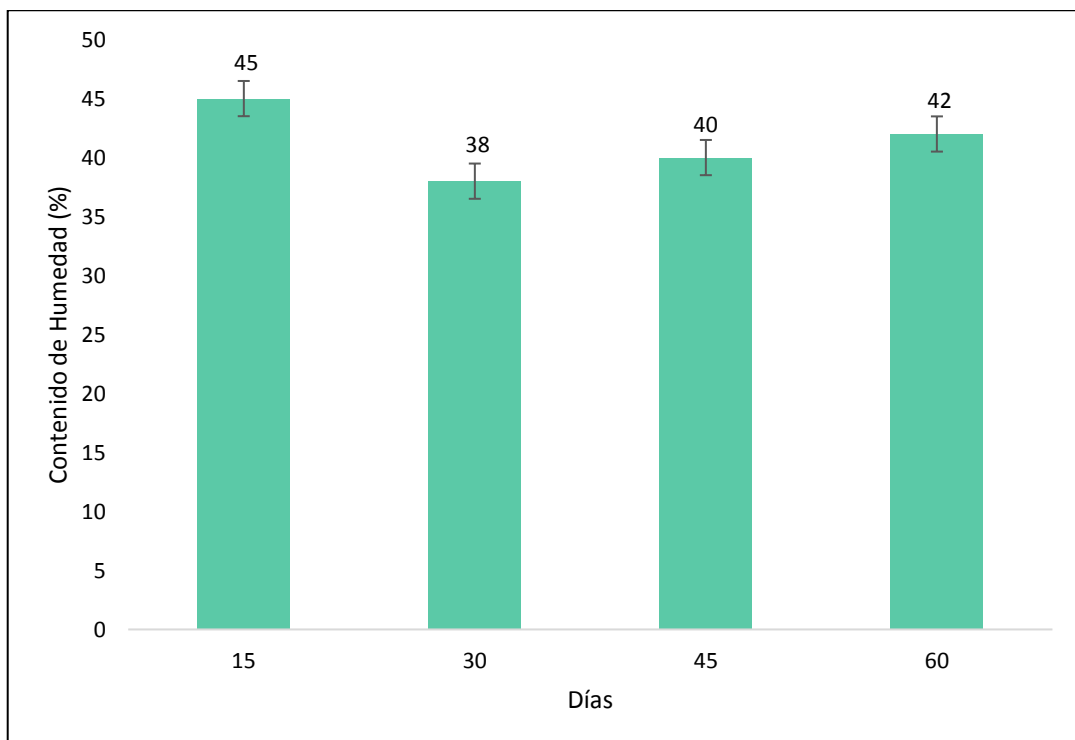


Figura 4: Humedad relativa en el invernadero durante el experimento

3.8. Diseño experimental

La investigación se ajustó a un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 2x4x2, haciendo un total de 16 tratamientos con dos tipos de esquejes (esqueje apical y lateral), cuatro tipos de enraizadores (Root-Hor, Rapid Root, el Bioestimulante marino y el control sin bioestimulante); y dos variedades de papa mejorada o moderna: INIA Canchán 303 y Única (Tabla 8).

En función a los recursos y espacio del invernadero, se determinó realizar 4 repeticiones por tratamiento. Cada repetición se conformó por una unidad experimental compuesta de cuatro macetas, generando un total de 16 macetas por tratamiento.

Tabla 8: Factores de estudio

Factores	Niveles
Variedades de papa	INIA Canchán 303 (V ₁)
	Única (V ₂)
Tipo de esqueje	Esqueje apical (E ₁)
	Esqueje lateral (E ₂)
	Root-Hor (B ₁)
	RAPID ROOT (B ₂)
Enraizador	Bioestimulante marino (B ₃)
	Testigo (B ₄)

Al terminar las evaluaciones biométricas de parámetros de crecimiento y parámetros de rendimiento, según la variedad de papa, tipo de esqueje y enraizador, los datos se procesaron en el programa estadístico R studio.

Se realizó una prueba de normalidad de errores y homogeneidad de varianza, para estimar que la distribución de los residuales se aproxime a una distribución normal o campana de Gauss (Fernández *et al.*, 2010), de esta manera se analizó cuánto difiere la distribución de los datos observados con respecto a lo esperado (Gavilánez, 2021). Para comprobación de la normalidad, se utilizó la prueba analítica de Lilliford, que es un test basado en la prueba de Kolmogórov-Smirnov y se aplica cuando existen más de 50 muestras.

Para los grupos que siguieron la distribución normal, se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas de Bartlett, mientras que para los grupos que no cumplieron los supuestos de

normalidad, se utilizó la prueba de Levene dado que es una prueba más robusta debido a que es poco sensible a la desviación de la normalidad (Correa *et al.*, 2006) y además evalúa si las varianzas de los grupos son iguales. En ambas pruebas, se rechazó la hipótesis nula cuando el p valor resultante fue un valor menor que el umbral de significancia (0.05), por lo que se concluyó que existen diferencias significativas entre los grupos.

Luego se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) para separar las causas de variación (segregación de variabilidades parciales) de la variabilidad total que se presentaron en los grupos observados de las variables respuesta (Gavilánez, 2021).

Se esperó obtener diferencias significativas entre las variables de estudio. Aquellos factores estadísticamente significativos fueron sometidos a una prueba de Tukey a un nivel de confianza de 95%. Se empleó este test de comparaciones múltiples muy exigente y rígido luego de rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias, que asevera que no existen diferencias entre los factores de estudio (Melo *et al.*, 2020). Posteriormente se procedió a interpretar los resultados, con ayuda de tablas y figuras.

Sin embargo, para las variables que no cumplieron el supuesto de normalidad de errores y homogeneidad de varianzas, y por ende no se pudieron analizar con la estadística paramétrica, se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para comparar las medianas de dos o más grupos independientes (Fernández *et al.*, 2010). Se empleó esta técnica como una alternativa al análisis de varianza (ANOVA) para evaluar si existen diferencias significativas en las distribuciones de los grupos, sin proporcionar información específica sobre qué grupos son diferentes entre sí. Por consiguiente, luego de realizar esta prueba, se analizaron las diferencias entre los grupos por el método de corrección de Bonferroni para ajustar los p valores al realizar múltiples pruebas estadísticas en simultáneo y reducir el riesgo de falsos positivos (Fallas, 2012).

Finalmente se realizó una gráfica de correlación entre todas las variables cuantitativas para interpretar, según el coeficiente de Pearson (que varía entre -1 y 1), la medida cuantitativa de la relación lineal entre dos variables, su valor y la dirección de la línea de regresión. De esta manera se verá la fuerza y dirección de la correlación (Lalinde *et al.*, 2018).

3.8.1. Modelo estadístico

El modelo aditivo lineal es:

$$X_{ijkl} = \mu + \tau_i + \epsilon_i(jkl) + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}(kl) + \delta_k + (\tau\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\tau\beta\delta)_{ijk} + \epsilon_{ijk}(l)$$

Dónde:

X_{ijkl} = Observación cualesquiera dentro del experimento.

μ = Media poblacional.

τ_i = Efecto aleatorio del i-ésimo nivel del factor V

$\epsilon_i(jkl)$ = Error experimental del factor V

β_j = Efecto aleatorio del j-ésimo nivel del factor E

$(\tau\beta)_{ij}$ = Efecto aleatorio de la interacción de los niveles de los factores V y E

$\epsilon_{ij}(kl)$ = Error experimental del factor E

δ_k = Efecto aleatorio del k-ésimo nivel del factor B

$(\tau\delta)_{ik}$ = Efecto aleatorio de la interacción de los niveles de los factores V y B

$(\beta\delta)_{jk}$ = Efecto aleatorio de la interacción de los niveles de los factores E y B

$(\tau\beta\delta)_{ijk}$ = Efecto aleatorio de la interacción de los niveles de los factores VxExB

$\epsilon_{ijk}(l)$ = Error experimental del factor B

$i = 1, 2, 3, 4, \dots, a$ niveles del Factor V (variedad de papa)

$j = 1, 2, 3, 4, \dots, b$ niveles del Factor E (tipo de esqueje)

$k = 1, 2, 3, 4, \dots, c$ niveles del Factor B (tipo de enraizador)

$l = 1, 2, 3, 4, \dots, r$ repeticiones o muestras

3.8.2. Tratamientos

En total se contó con 16 tratamientos (Tabla 9) y 64 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo compuesta por cuatro macetas (con densidad de un esqueje por maceta), las mismas que se repitieron cuatro veces, dando como resultado 16 macetas por tratamiento y 256 macetas en total (entre ambas variedades). Estas macetas se instalaron bajo condiciones de invernadero, utilizando además una malla aislante alrededor del invernadero, para evitar daños por heladas.

Tabla 9: Tratamientos

Tratamiento	Código	Tratamiento	Código
T01	V1E1B1	T09	V2E1B1
T02	V1E2B1	T10	V2E2B1
T03	V1E1B2	T11	V2E1B2
T04	V1E2B2	T12	V2E2B2
T05	V1E1B3	T13	V2E1B3
T06	V1E2B3	T14	V2E2B3
T07	V1E1B4	T15	V2E1B4
T08	V1E2B4	T16	V2E2B4

La Figura 5 muestra la distribución de los tratamientos en el invernadero.

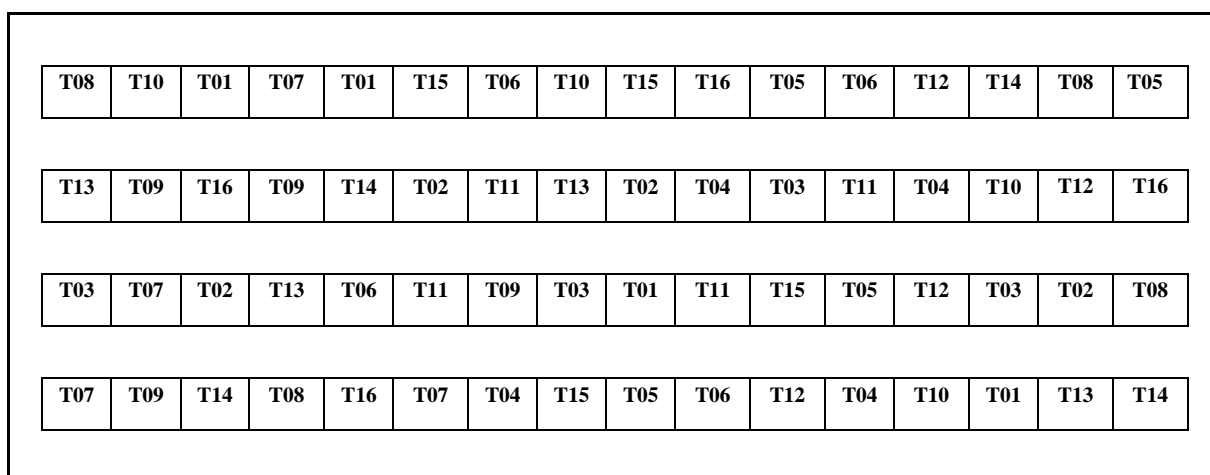


Figura 5: Disposición de las unidades experimentales

3.9. Conducción del experimento

Previo a la instalación del experimento se fumigó el invernadero con un insecticida piretroide a una dosis de 25 ml/20 L de agua.

La instalación del experimento como tal, inició con el corte de esquejes a las plantas madre. Posteriormente, los esquejes fueron ubicados en bandejas enraizadoras empleando como sustrato el PREMIX, previamente desinfectado con un fungicida a base de thiophanate methyl + thiram a una dosis de 24 g / 20 L de agua. Al momento de trasplantar los esquejes a las macetas definitivas, también se desinfectó el sustrato de las macetas con el fungicida a la misma dosis.

La fertilización se realizó al momento de la siembra y durante el aporque (20 días después del trasplante), con una dosis de 4 g de MOLIMAX por maceta en cada aplicación. Además, el agua con la que se regó contenía una solución nutritiva que aportó magnesio, hierro y calcio.

Al cabo de 5 días luego del trasplante se aplicó ATP UP a una dosis de 20 ml / 20 L de agua, para uniformizar el crecimiento de los esquejes. A los 10 días, se aplicó un fungicida a base de azoxystrobin + difenoconazol a una dosis de 10 ml / 20 L de agua. Y a los 30 días luego del trasplante, se aplicó un insecticida a base de alfa-cipermetrina a una dosis de 25 ml / 20 L de agua.

La floración de las plantas provenientes de esquejes apicales comenzó alrededor de los 45 días, siendo la papa Única más precoz. Una vez alcanzado una altura promedio de 30 cm por planta, se procedió a colocar tutores que se dirigieron con rafia para brindar mayor estabilidad y orden al crecimiento. Esta actividad facilitó el riego.

Las evaluaciones de los parámetros de crecimiento se realizaron cada 15 días y en 4 momentos. Dos semanas previas a la cosecha, se dejó de regar para inducir a la planta a que deposite los fotosintatos presentes en las hojas hacia los tubérculos. Luego se realizó el tumbado y corte de follaje. En este momento se procedió a cosechar los tuberculillos.

3.10. Parámetros evaluados

3.10.1. Parámetros de crecimiento

a. Altura e índice de crecimiento

La altura se registró en cuatro momentos con intervalos de 15 días. La primera medición se realizó luego de 15 días trasplantados los esquejes. Para ello se utilizó una cinta métrica, que se colocó desde la base o cuello de planta hasta la última hoja en crecimiento y se anotó la medida. Con los datos registrados se calculó la tasa de crecimiento por día, utilizando la fórmula de la tasa de crecimiento relativo:

$$(TCR) = \text{Ln}(\text{Tamaño final}) - \text{Ln}(\text{Tamaño inicial}) / \text{Tiempo transcurrido}$$

Donde:

\ln = Representa el logaritmo natural.

Tamaño inicial= Es la altura de la planta al inicio del período de medición.

Tamaño final= Es la altura de la planta al final del período de medición.

Tiempo transcurrido= Es la diferencia en tiempo entre el inicio y el final del período de medición, expresado en días.

Esta fórmula proporciona la medida del crecimiento de planta en promedio por día durante los intervalos de tiempo.

b. Cobertura y área foliar

Las variables área foliar y cobertura se registraron en cuatro momentos (a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante de esquejes) y solo se analizó 1 muestra por cada fecha evaluada, pues dicha muestra fue destruida. Se tomó al azar una maceta por cada repetición, obteniendo 4 muestras por tratamiento. El procedimiento para medir la cobertura, fue colocar la maceta en el centro de un costal blanco vacío (con área de 1 m x 1 m) y al lado la wincha extendida que sirvió de referencia métrica. Luego se tomó fotografía desde 1,5m de altura. Una vez registrada la fotografía, se procedió a deshojar la planta y colocar las hojas sobre el mismo costal de color blanco y con la wincha extendida, de referencia métrica. Finalmente se tomó una fotografía de desde 1,5m de altura. Ambos datos de cobertura y área foliar, se procesaron en el programa imageJ, donde se ajustó la escala, tomando como referencia la medida de la wincha.

3.10.2. Parámetros de rendimiento

Estos parámetros se evaluaron luego de la cosecha. Para ello, se utilizaron bolsas kraft (28.5 cm x 16 cm x 9.5 cm) rotuladas con el tratamiento y repetición, donde se colocaron los tuberculillos por maceta. Por cada tratamiento se obtuvieron tres bolsas kraft, correspondiente a las 3 macetas por unidad experimental (inicialmente eran cuatro pero una muestra fue destruida). Posteriormente se procedió a contar el número de tubérculos por tratamiento (gramos/planta) y por m^2 (se realizaron conversiones en función al área de la maceta, tomando el radio 0.1 m como distanciamiento entre plantas). Los datos se registraron en tablas de Excel.

a. Peso de tuberculillos

Se registró el peso unitario de cada tuberculillo, por tratamiento y el peso total por planta (por maceta). Para ello se dispuso de una balanza gramera calibrada.

b. Número de tuberculillos

Se determinó mediante el conteo de tuberculillos por maceta luego se la cosecha. Al momento de la cosecha había tres macetas por tratamiento, que conformaban la unidad experimental, y esta se repetía cuatro veces. Se procesaron los datos de número de tuberculillos/planta y número de tuberculillos/ m². Para llevar a m² se calculó el área de la maceta (de 0.1 m de radio) y el número de plantas por metro cuadrado sembradas a una distancia de 0.1 m.

c. Diámetro de tuberculillos

Fue medido con ayuda del vernier, colocado en la parte central (ecuatorial) de la estructura.

3.10.3. Parámetros de calidad

a. Clasificación por categoría de papa prebásica

De acuerdo al rango de diámetro ecuatorial y peso establecidos para la categorización de los tubérculos de semilla de papa pre básica, se procedió a clasificar por categorías.

Tabla 10: Rangos para la clasificación de categorías de semilla de papa prebásica

Categoría	Rango según el diámetro de tuberculillo	Rango según el peso de tuberculillo
Extra	≥ 5.0 cm	-
1°	4.9 cm - 4.5 cm	>60 g
2°	4.4 cm - 4.0 cm	40-60 g
3°	3.9 cm - 3.5 cm	20-40 g
4°	3.4 cm - 3.0 cm	10-20 g
5°	2.9 cm - 2.5 cm	5-10 g
6°	2.4 cm - 2.0 cm	2-5 g
7°	1.9 cm - 1.5 cm	<2 g
8°	1.4 cm - 1.0 cm	-
9°	< 1.0 cm	-

Nota. Adaptado en base a los datos mencionados por Osorio (2020) y según la Norma general de semilla de papa (MINAGRI, 2018).

b. Calidad de los Tuberculillos

Para medir la calidad de tuberculillos en función de sus características cualitativas, se diseñó una tabla con cuatro niveles de clasificación. Posteriormente, se llevó a cabo la evaluación de los tuberculillos recolectados en cada tratamiento. Se compararon la forma y color característicos de las variedades Única y Canchán de acuerdo a la propuesta de Egúsqiza (2014).

Para evaluar la textura de la piel de los tuberculillos, se realizó una palpación utilizando las yemas de los dedos para determinar si presentaba o no un desprendimiento de piel. Además, se llevó a cabo una inspección visual para detectar posibles daños fitosanitarios, como perforaciones o esporulaciones causados por insectos, hongos o pseudohongos. También se descartó algún mal olor causado por putrefacción.

Tabla 11: Escala de clasificación de los tuberculillos en función a sus características cualitativas

Escala	Característica cualitativa del tuberculillo	Descripción
1	Excelente	El 100% expresa fidedignamente características de la variedad en cuanto a forma, color, textura de piel y ausencia de daño fitosanitario.
2	Bueno	El 80% expresan características de la variedad en cuanto a forma, color y textura de piel. Todas las muestras están libres de daño fitosanitario.
3	Regular	El 70% expresan algunas características de la variedad en cuanto a forma, color, textura de piel y ausencia de daño fitosanitario.
4	Malo	No expresan características de la variedad en cuanto a forma, color y textura de piel y ausencia de daño fitosanitario.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros de crecimiento

a. Altura de planta (cm)

Con respecto a la variable altura de planta, a los 15 ddt no se encontraron diferencias altamente significativas para la interacción de la variedad, tipo de esqueje y enraizador (VxExB). Sin embargo, los factores variedad (V) y tipo de enraizador (B) presentaron alta significancia ($p < 0.001$) de manera individual. El factor tipo de esqueje (E) tuvo un $p > 0.05$ y este resultado se atribuye al proceso de adaptación de los esquejes al medio, pues los primeros días luego del transplante los esquejes se establecen y desarrollan un sistema radicular sólido antes de mostrar un crecimiento significativo.

A los 30, 45 y 60 ddt se identificó un aumento significativo en la altura de planta, demostrado por la interacción entre la variedad, tipo de esqueje y enraizador (VxExB), con valores de $p < 0.05$, $p < 0.01$ y $p < 0.01$ respectivamente. Este incremento en la altura es una característica de las variedades con ciclos de crecimiento cortos.

Tabla 12: Efecto del tipo de esqueje y enraizador en la altura de planta en las variedades Única y Canchán bajo condiciones de invernadero

Altura de planta	Días después del transplante (ddt)			
	15	30	45	60
Fuentes de variación	p valor	p valor	p valor	p valor
Variedad (V)	8.437 E-07 ***	1.338 E-05 ***	0.0058 **	7.345 E-04 ***
Esqueje (E)	0.1890 ns	0.0352 *	1.585 E-07 ***	1.204 E-06 ***
Enraizador (B)	9.871 E-04 ***	0.0035 **	0.0138 *	0.0341 *
Interacción (VxE)	0.0502 ns	0.1313 ns	0.9936 ns	0.4935 ns
Interacción (VxB)	0.2229 ns	0.3488 ns	0.9840 ns	0.9975 ns
Interacción (ExB)	0.1616 ns	0.4846 ns	0.3785 ns	0.3885 ns
Interacción (VxExB)	0.0559 ns	0.0126 *	0.0053 **	0.0063 **

Nota. *Significación al 5% de probabilidad. **Significación al 1% de probabilidad. ***Significación al 0.1% de probabilidad. ns: No significativo.

La Figura 6 muestra las curvas logarítmicas de crecimiento según el tratamiento, en relación con la altura. Estas curvas describen el crecimiento de los esquejes de papa en función del tiempo transcurrido desde el trasplante. Las fórmulas siguen la forma: $y=a.\ln(x)+ b$, y muestran cómo se relaciona la altura de planta (y) con el tiempo después del trasplante (x). El coeficiente “a” representa la tasa de crecimiento, mientras que “b” representa un estimado de la altura inicial de los esquejes al ser trasplantados. Ahora bien, los valores negativos de “b” no implican errores o gran variabilidad en los datos, estos indican cómo se ajusta el modelo matemático al patrón de crecimiento observado. En el contexto de las ecuaciones de crecimiento para plantas por esqueje, esos valores pueden deberse a que la altura inicial no presenta un crecimiento lineal por no provenir de una semilla.

El coeficiente de determinación (R^2) cercano a 1 indica que la fórmula logarítmica se ajusta bien a los datos observados y explica una gran parte de la variabilidad en el crecimiento de las plantas por lo que es una fórmula confiable y sólida.

Es importante señalar que estas fórmulas logarítmicas modelan el crecimiento de las plantas hasta un máximo de 75 días después del trasplante. Después de este punto, las plantas entran en un estado de senescencia, por lo que se sugiere no reemplazar “x” con valores mayores a 75.

Los tratamientos T04, T08, T09 y T02 con valores en porcentaje de R^2 de 90.07%, 88.64%, 87.74% y 87.49% respectivamente (Figura 6), expresan un ajuste sólido a los datos, destacando la confiabilidad de sus ecuaciones. Sin embargo, estos tratamientos no alcanzaron la mayor altura a los 60 ddt.

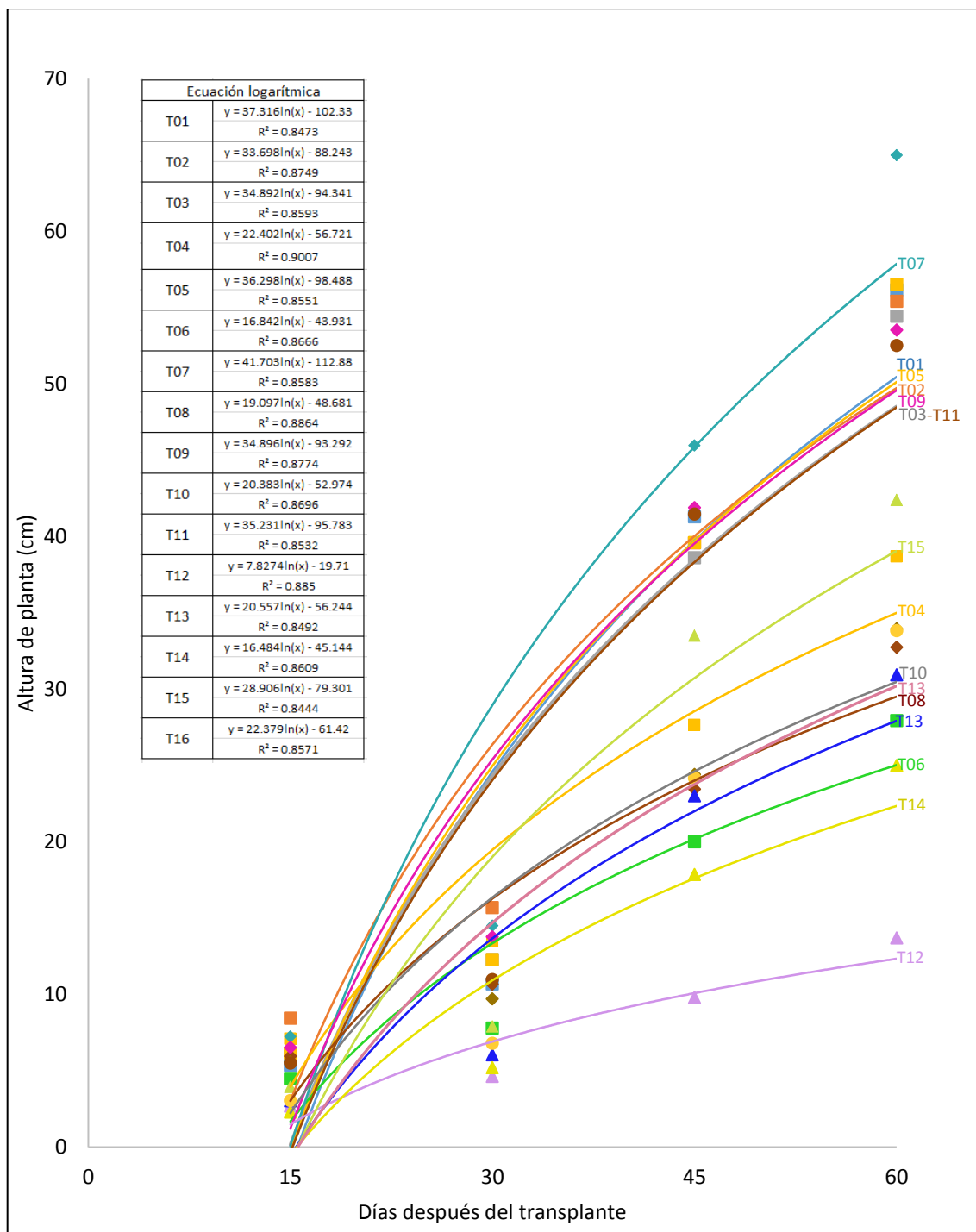


Figura 6: Curva de crecimiento según la altura, desde el trasplante de esqueje hasta los 60 ddt

A partir del día 30 hasta el día 60 ddt, los tratamientos conformados por la variedad Canchan (V1) y el esqueje apical (E1) incrementaron su altura pasando los 55 cm (Anexo 1), destacando los tratamientos T07=V1E1B4 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador testigo) T05=V1E1B3 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador a base de

bioestimulante marino) y T01= V1E1B1 (variedad Canchán, esqueje apical y Root Hor). Estos resultados coinciden con Baltazar (2015), quien constató la mayor altura en plantas de papa provenientes de esqueje apical (51.97 cm), en comparación con el esqueje basal (41.73 cm) y esqueje medio (33.63 cm). Sin embargo, Fweltala (2020), en los tratamientos con esquejes de corte apical, medio y basal de la variedad de papa Superchola, no encontró diferencias significativas (en promedio 30 cm de altura) y atribuye este resultado al bajo enraizamiento de los esquejes, producto de la falta de acumulación de fotoasimilados y hormonas en los tejidos apicales.

Con respecto al tratamiento T05 compuesto por el enraizador a base de bioestimulante marino, que se posicionó en segundo lugar en altura final evaluada a los 60 ddt (Anexo 1), con 56.53 cm en promedio, Bueno y García (2022) mencionaron que los residuos de pescado que incluyen escamas y han sido enzimáticamente solubilizados y transformados en compuestos orgánicos, actúan como generador de crecimiento al inducir la elongación de raíces. Por lo tanto, este tratamiento expresó influencia de la interacción del tipo de esqueje y enraizador. Además, la altura de planta se relaciona con el desarrollo de un sistema radicular de calidad (López *et al.*, 2019) y en las zonas apicales se encuentran zonas activas de crecimiento.

Los tratamientos T16=V2E2B4 (variedad Única, esqueje lateral y enraizador testigo) y T06=V1E2B3 (variedad Canchán, esqueje lateral y enraizador a base de bioestimulante marino), conformados por esqueje de tipo lateral (E2) alcanzaron menos de 20 cm de altura a los 60 ddt. Este tipo de esqueje fue estudiado por Franco *et al.* (2011), quien evaluó el uso de esqueje lateral como propagación de 104 genotipos de papa criolla (*Solanum phureja*) con la aplicación de ácido naftalenacético (tipo de auxina) al 0.4% en la base del esqueje como enraizador, y obtuvo un porcentaje de sobrevivencia superior al 90% para la variedad Colombia (los genotipos 15, Criolla Colombia, 72 y 125). Por lo que se deduce que los esquejes laterales requieren adición de un enraizador con auxinas. Y los tratamientos T16 y T06 fueron tratados con enraizador testigo (B4), que no contiene hormonas (auxinas), y con el bioestimulante marino (B3), que se ha demostrado que actúa favorablemente con los esquejes de tipo apical que tienen mayor cantidad de auxinas naturales (Bueno y García, 2022). Asimismo, el bajo efecto del enraizador a base de bioestimulante marino puede

deberse a la baja dosis de aplicación (2.5 ml/L) que no aportó cantidades relevantes de auxinas.

b. Cobertura

La Figura 7 muestra las curvas logarítmica del desarrollo de cobertura foliar por tratamiento. Las ecuaciones describe la relación entre la cobertura foliar (y) y el tiempo (x). Se observa valores altos del coeficiente de determinación ($R^2 > 0.7$) que indican un ajuste sólido de los datos observados, y permite reemplazar el valor de “x” desde 1 (ddt) hasta 75 (ddt) con la finalidad de estimar el porcentaje de cobertura foliar para dicho día.

Se destaca el tratamiento T10 con R^2 de 99.14%, donde el coeficiente 10.488 indica la tasa de crecimiento o cambio en la cobertura foliar con respecto al tiempo, mientras que -15.859 es un ajuste de la constante que representa la cobertura foliar inicial en el momento de la medición. Sin embargo; este tratamiento (T10) no alcanzó la mayor cobertura foliar a los 60 ddt, como fue el caso de T15, T07 y T01 (Anexo 2).

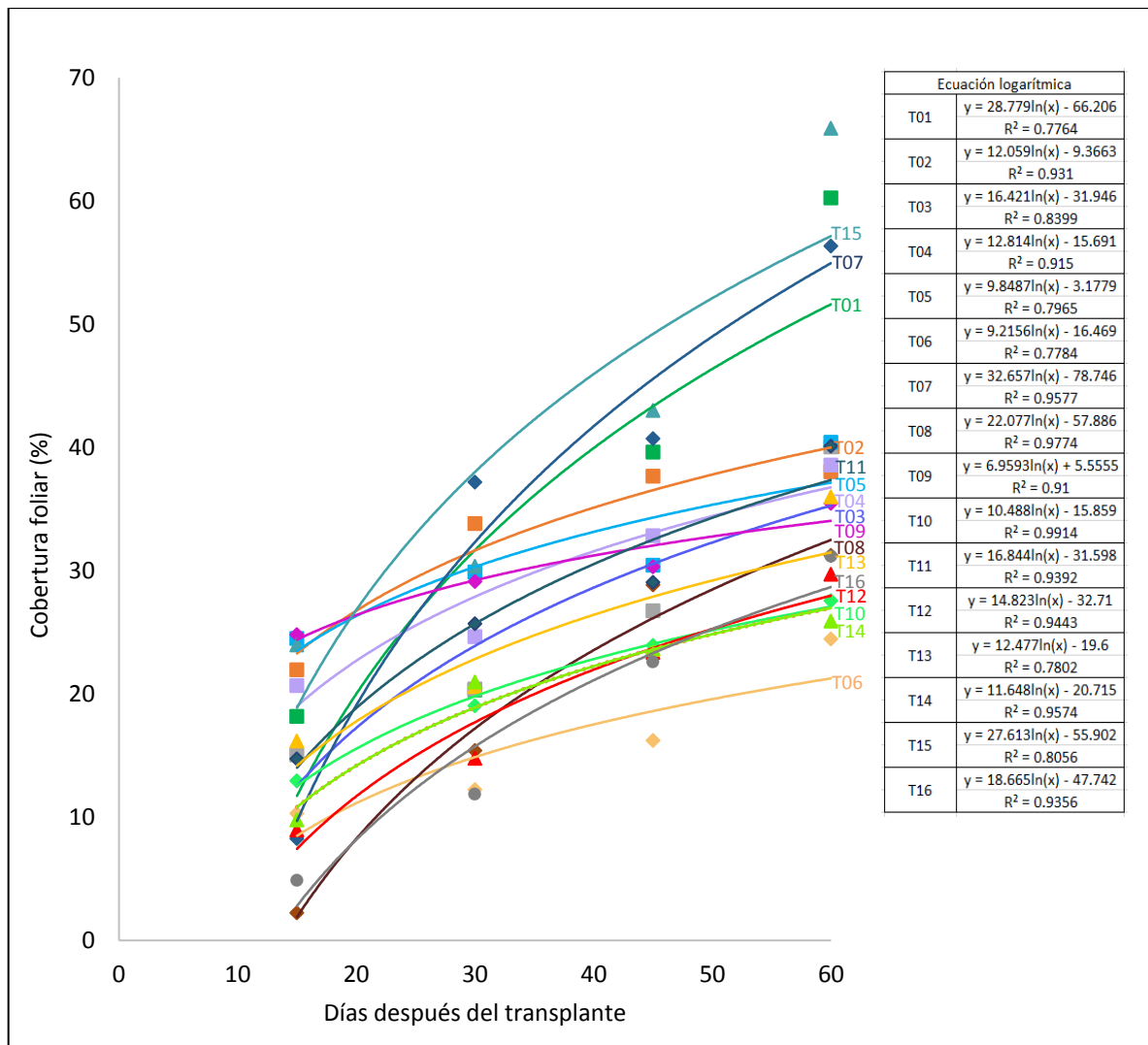


Figura 7: Curvas de cobertura foliar desde el trasplante de esqueje hasta los 60 ddt

Los tratamientos T15=V2E1B4 (variedad Única, esqueje apical y enraizador testigo), T01=V1E1B1 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador Root Hor) y T07=V1E1B4 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador testigo) obtuvieron los mayores porcentajes de cobertura a los 60 ddt con 65.89%, 60.24% y 56.36% respectivamente (Anexo 2). Lo indicado anteriormente concuerda con lo reportado por Baltazar (2015) quien comparó la cobertura foliar de esquejes de papa, teniendo como mejor resultado el esqueje apical con 31.51% de cobertura, seguido del esqueje basal con 30.31% de cobertura y el esqueje medio con 13.45% de cobertura.

c. Área foliar

La Figura 8 muestra las curvas logarítmica del incremento del área foliar de los esquejes de papa en relación con el tiempo después del trasplante. Analizando los tratamientos en función al coeficiente de determinación (R^2), destacan los tratamientos T08, T06, T13, T11 y T05 con valores en porcentaje de R^2 de 99.78%, 99.11%, 98.69%, 98.66% y 98.02% respectivamente, lo que indica que la fórmula logarítmica presentada se ajusta muy bien a los datos. En el tratamiento T08 el coeficiente de 2645.5 representa la tasa de crecimiento del área foliar en función del tiempo, mientras que -7116.9 es un ajuste de la constante que representa el área foliar inicial de los esquejes de papa al momento del trasplante. El coeficiente de determinación (R^2) de 0.7351 indica que esta fórmula explica aproximadamente el 73.51% de la variación en el área foliar para este tratamiento.

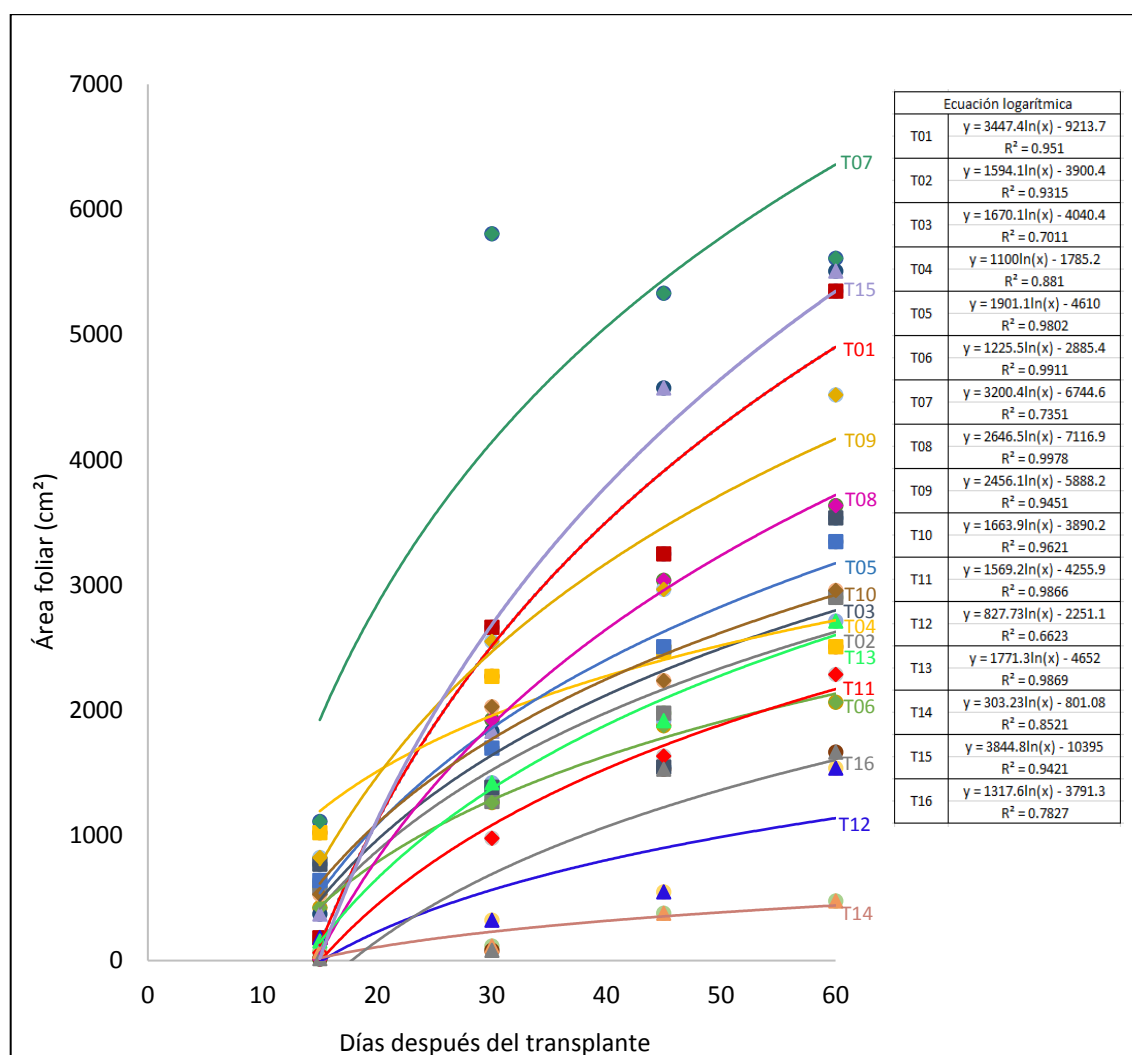


Figura 8: Curvas de área foliar desde el trasplante de esqueje hasta los 60 ddt

El tratamiento T07=VIE1B4 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador testigo) alcanzó mayor área foliar (5806.055 cm²) a los 30 ddt, posteriormente se observa un descenso de la misma (Anexo 2). No obstante, este dato es relativo pues no existió un promedio de muestras en cada evaluación ya que solo se registró una muestra al azar por evaluación. Aun así, se puede analizar el área final de cada tratamiento a los 60 ddt, donde destacan los tratamientos T07, T15=V2E1B4 (variedad Única, esqueje apical y enraizador testigo) y T01=V1E1B1 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador Root Hor) en dicho orden.

Los tratamientos de menor área foliar a los 60 ddt fueron T12=V2E2B2 (variedad Única, esqueje lateral y enraizador a base de bioestimulante marino) y T14=V2E2B3 (variedad Única, esqueje lateral y enraizador Rapid Root) con 1537.167 cm² y 477.112 cm² respectivamente. Ambos tratamientos coinciden con la variedad y el tipo de esqueje, por lo que se atribuyen estos resultados al efecto de la interacción de dichos factores.

4.2. Parámetros de rendimiento

Para el factor variedad (V), todas las variables a excepción del peso total de tuberculillos por planta, presentaron medias estadísticamente diferentes para los cultivares (Tabla 13). La tasa de crecimiento de tallo fue mayor en 23.23% (0.23 cm.día⁻¹) en la variedad Canchán con respecto a la variedad Única. El peso promedio de tuberculillo fue mayor en 32.90% (13.48 g) en la variedad Única. El número de tuberculillos por planta fue mayor en 45.29% (7.84 unidades) en la variedad Canchán con respecto a la variedad Única. El número total de tuberculillos por m² fue mayor en 46.33% (255.26 unidades) en la variedad Canchán respecto a la variedad Única. Y el diámetro promedio de tuberculillos fue mayor en 29.73% (1.54 cm) en la variedad Única con respecto a la variedad Canchán. Las diferencias significativas reportadas se atribuyen a la expresión genética propia de cada variedad. Canchán se caracteriza por altos rendimientos (número de tuberculillos) mientras que la variedad Única se caracteriza por presentar tuberculillos de mayor tamaño y peso.

Para el factor tipo de esqueje (E), se evidencia medias estadísticamente diferentes para todas las variables a excepción del diámetro promedio de tuberculillos (Tabla 13). Sobresale el efecto del esqueje apical, siendo 40.36% (0.35 cm.día⁻¹) mayor en la tasa de crecimiento, 11.51% (4.18 g) mayor en el peso promedio de tuberculillo, 37.25% (184.82 g) en el peso total de tuberculillo por planta, 37.99% (6.28 unidades) más en el número de tuberculillo por

planta y 39.02% (205.1) más en el número de tuberculillo por m², con respecto al esqueje lateral. No se evidenció diferencia significativa para las medias de la variable diámetro promedio de tuberculillo con respecto al factor tipo de esqueje.

Para el factor tipo de enraizador (B), se evidencia medias estadísticamente diferentes para la variable tasa de crecimiento de tallo (Tabla 13). Siendo el mejor tratamiento el enraizador Root Hor, seguido del enraizador testigo y Rapid Root. El enraizador a base de bioestimulante marino tuvo la menor tasa de crecimiento (0.29 cm.día⁻¹), 28% menos en comparación al mejor enraizador. Cabe resaltar que para las otras variables no se encontraron diferencias estadísticas significativas, con respecto al factor tipo de enraizador.

Tabla 13: Efecto del tipo de esqueje y enraizador en la TCT, PPT, PTTP, NTP, NTM y DPT en las variedades Única y Canchan bajo condiciones de invernadero

Variables/Factores	TCT	PPT	PTTP	NTP	NTM	DPT
	Media (cm)	Media (g)	Media (g)	Media	Media	Media (cm)
Variedad (V)						
V1: Canchán	0.99 A	27.49 A	431.45 A	17.31 A	550.91 A	3.64 A
V2: Única	0.76 B	40.97 B	376.00 A	9.47 B	295.65 B	5.18 B
Tipo de esqueje (E)						
E1: Esqueje apical	1.09 A	36.32 A	496.14 A	16.53 A	525.87 A	4.52 A
E2: Esqueje lateral	0.65 B	32.14 B	311.32 B	10.25 B	320.69 B	4.31 A
Tipo de enraizador (B)						
B1: Root Hor	1.03 A	39.64 A	454.52 A	13.75 A	435.69 A	4.74 A
B2: Rapid Root	0.82 AB	28.77 A	335.21 A	12.13 A	375.67 A	3.78 A
B3: Bioestimulante marino	0.74 B	34.42 A	410.01 A	13.44 A	427.51 A	4.36 A
B4: Testigo (agua)	0.91 AB	34.08 A	415.16 A	14.25 A	454.25 A	4.78 A
Promedio general	0.88	34.24	403.73	13.39	423.28	4.41
Análisis Estadístico		ANOVA			Kruskal Wallis	
Fuentes de variación	p valor	p valor	p valor	p valor	p valor	p valor
Variedad (V)	0.0030**	0.0001***	0.0952 ns	8.669 E-06***	7.396 E-06***	7.271 E-08***
Esqueje (E)	1.274 E-07***	0.1968 ns	7.892 E-07***	0.0002**	9.459 E-05***	0.7270 ns
Enraizador (B)	0.0433*	0.1365 ns	0.0853 ns	0.8702 ns	0.7115 ns	0.3033 ns
Interacción (VxE)	0.6511 ns	0.0056**	0.8654 ns	6.343 E-08***	4.307 E-08***	1.643 E-07***
Interacción (VxB)	0.9526 ns	0.8313 ns	0.3743 ns	0.0034**	0.0025**	1.97 E-05***
Interacción (ExB)	0.3624 ns	0.0949 ns	0.5247 ns	0.0350*	0.0138*	0.5497 ns
Interacción (VxExB)	0.0234 *	0.0859 ns	0.2762 ns	0.0007***	0.0003***	0.0002***
C.V (%)	28.89	33.77	26.93	28.25	27.31	19.12

Nota. TCT: Tasa de crecimiento de tallo. PPT: Peso promedio de tuberculillos. PTTP: Peso total de tuberculillos por planta. NTP: Número de tuberculillos por planta. NTM: Número de tuberculillos por metro cuadrado. DPT: Diámetro promedio de tuberculillos. *Significación al 5% de probabilidad. **Significación al 1% de probabilidad. ***Significación al 0.1% de probabilidad. CV: Coeficiente de Variabilidad.

a. Tasa de crecimiento (cm día⁻¹) en función a la altura de tallo

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza (Tabla 13), para la variable tasa de crecimiento de tallo, existe significación ($p < 0.05$) para la variedad (V) y el tipo de enraizador (B) y alta significación ($p < 0.001$) para el tipo de esqueje (E). Se deduce que los factores en estudio no actuaron de forma independiente debido a que existe interacción ($V \times E \times B = p < 0.05$). De acuerdo a la Figura 9 y la prueba de Tukey (Anexo 4) para el parámetro tasa de crecimiento, el tratamiento T07=V1E1B4 conformado por la variedad Canchán, esqueje apical y enraizador testigo (agua) alcanzó la mayor tasa de crecimiento (1.365 cm. día⁻¹) y altura a los 60 ddt (65 cm en promedio, Anexo 1). Estos resultados concuerdan con lo indicado por De la Cruz y Viera (2022), quienes reportaron un tamaño máximo de crecimiento (77.98 cm) con la variedad Canchán y un menor tamaño (64.53 cm) con la variedad Única.

Al respecto Pereira y Fortes (2001) mencionaron que cuando se propaga asexualmente por esquejes, es de esperar que los esquejes apicales desarrollen mejores raíces pues contienen zonas de hormonas crecimiento (auxinas) que favorecen la inducción de raíces. En este caso, el enraizador conformado por el testigo alcanzó la mayor tasa de crecimiento y esto coincide con lo reportado por Pereira y Fortes (2004) quienes afirmaron que la exposición durante 1 minuto de AIB (auxinas) en concentraciones de 250; 500; 750 y 1000 mg L⁻¹ en esquejes de papa de tipos apical, medio y basal provocaron una disminución en el porcentaje de enraizamiento aproximadamente de 2.0% y 1.6%, en esquejes de tipo apical y medio respectivamente, por cada incremento unitario en la concentración de AIB y se tuvo como mejores porcentajes de enraizamiento (61% en esquejes apicales y 21% en esquejes medios) a los tratamientos testigos (sin haber sido sometido al AIB). Los autores atribuyen dicho comportamiento al ligero efecto fitotóxico en los microesquejes. En consecuencia, se puede inferir que la aplicación de un enraizador en esquejes de papa, no garantiza un mejor enraizamiento pues el tejido apical ya promueve la producción de auxinas y al añadir mayores concentraciones se puede generar una ligera fitotoxicidad, en consecuencia, dosis o concentraciones distintas en las variedades de estudio (Canchán y Única) pueden ser favorables.

El tratamiento con menor tasa de crecimiento (Figura 9), fue T12=V2E2B2, conformado por la variedad Única, esqueje lateral y enraizador Rapid Root (compuesto por el Ácido 3 Indol

Butúrico), alcanzando 0.27 cm.día^{-1} y 18 cm (Anexo 1) como promedio máximo de altura a los 60 ddt. Estos valores son inferiores respecto al mejor tratamiento mencionado anteriormente (T07=V1E1B4). Además, el coeficiente de variación para la interacción de la variedad, tipo de esqueje y tipo de enraizador (VxE) tiene un valor de 28.89% (Tabla 13), lo cual indica que los datos muestrales son homogéneos y la media ($0.88 \text{ cm. día}^{-1}$) es representativa, pues no excede el valor de 35% (Martínez, 2018) establecido para estos experimentos con más de dos factores que se caracteriza por tener un mayor rango de variabilidad en los datos.

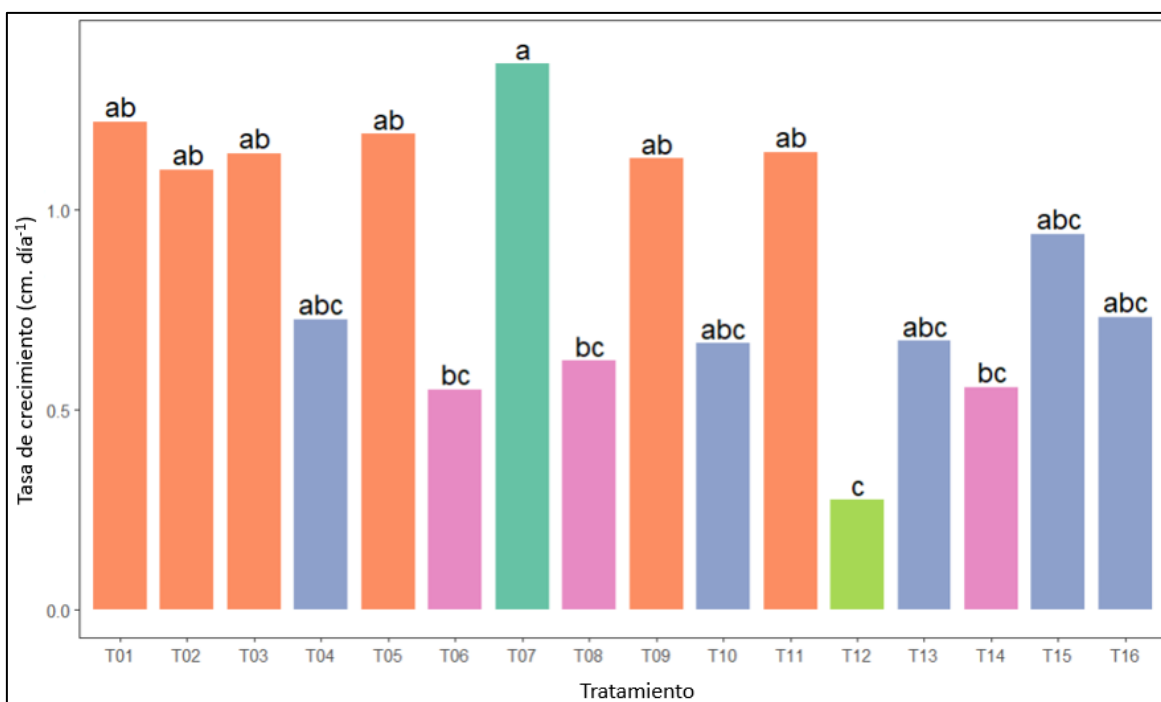


Figura 9: Efecto de variedad, tipo de esqueje y enraizador para la tasa de crecimiento (cm. día⁻¹)

Nota. Datos obtenidos de la prueba de Tukey para la tasa de crecimiento (cm. día⁻¹) según la interacción de la variedad, tipo de esqueje y enraizador (Anexo 4). Igual color y coincidencia en una o más letras, indican que no existen diferencias significativas.

b. Peso promedio de tuberculillo por planta (g. planta⁻¹)

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza mostrados en la Tabla 13, para la variable peso promedio de tuberculillo por planta (g. planta⁻¹), existe alta significancia ($p < 0.001$) para la variedad (V). No existe significancia ($p > 0.05$) para el tipo de esqueje (E) y el tipo de enraizador (B). Sin embargo, los factores variedad y tipo de esqueje (VxE) mostraron interacción significativa ($p < 0.01$) y no actuaron de forma independiente.

Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 5) respecto peso promedio de tuberculillo por planta (g. planta^{-1}), para la interacción variedad y el tipo de esqueje (VxE), los tratamientos conformados por la variedad Única y esqueje apical (V2E1) presentan en promedio $47.7 \text{ g. planta}^{-1}$, superando a los tratamientos conformados por la variedad Canchán con esqueje apical (V1E1) y lateral (V1E2) y la variedad Única con esqueje lateral (V2E2), que presentan en promedio menos de 35 g de peso de tuberculillo por planta (Figura 10). Lo indicado anteriormente se explica por la característica cualitativa propia de los tuberculillos de la variedad Única, que al ser alargados y tener mayor diámetro que los tuberculillos de la variedad Canchán (Egúsqiza, 2014), obtienen mayor peso. Además, Barquero *et. al.* (2001) evidenciaron en su estudio de producción de papa prebásica en invernadero, que el número de tuberculillos con pesos mayores a 10 g aumentó en contenedores de 3 L , en comparación con los contenedores de 1 L pues se traslocaron mayor cantidad de fotoasimilados. Esto debido a la influencia del tamaño del contenedor donde se produjeron las plantas. Por lo tanto, se deduce que los tuberculillos se desarrollan con mayor vigorosidad en maceteros mayores a 1 L y en el caso de la presente investigación se supera dicho volumen. Sin embargo, el volumen del recipiente no influye en el número de tuberculillos por área.

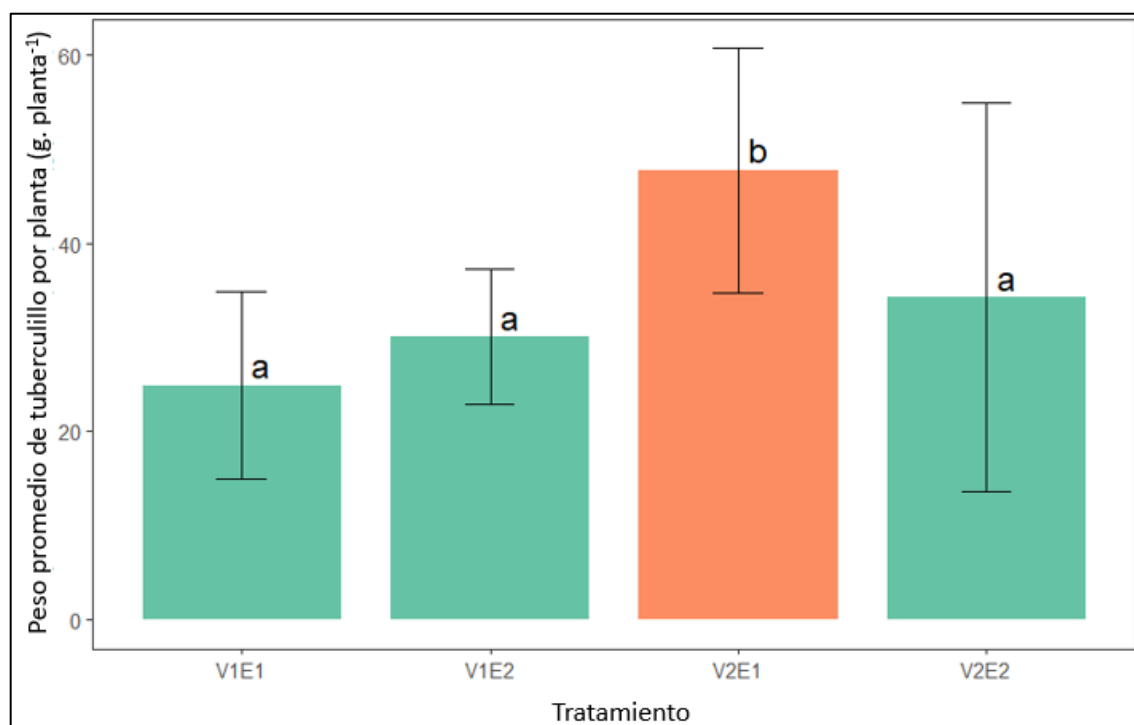


Figura 10: Efecto de la variedad y tipo de esqueje para la peso promedio de tuberculillo por planta (g. planta^{-1})

Nota. Datos obtenidos de la prueba de Tukey para el peso promedio de tuberculillo por planta (g. planta^{-1}) según los niveles de la interacción de la variedad y tipo de esqueje (Anexo 5). Igual color y letra indica que no existen diferencias significativas.

c. **Peso total de tuberculillos por planta (g. planta⁻¹)**

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza mostrados en la Tabla 13, para la variable peso total de tuberculillos por planta (g. planta⁻¹), existe alta significación ($p < 0.001$) el factor tipo esqueje (E). No se encontraron diferencias significativas entre los otros factores (variedad y tipo de enraizador). Se deduce que los factores en estudio actuaron de forma independiente debido a que no existe interacción ($V \times E \times B = p > 0.05$). Al realizar la prueba de Tukey (Anexo 6) respecto al peso total de tuberculillo por planta (g. planta⁻¹) en función a los niveles del factor esqueje, como se muestra en la Figura 11, los tratamientos con esqueje apical (E1) superan a los tratamientos con esqueje lateral (E2), en 184.82 g. planta⁻¹ (0.18482 kg. planta⁻¹). Los resultados obtenidos concuerdan con Baltazar (2015), quien obtuvo el mejor peso promedio de tubérculos por planta, en los tratamientos proveniente de esqueje apical (0.55 kg), y en la presente investigación se ha obtenido datos muy cercanos (0.496 kg) con los tratamientos de esqueje apical (Anexo 6). Por otra parte, Centeno y Vittorelli (1988), obtuvieron un menor peso promedio de tuberculillos por maceta (en el experimento fue considerado por planta porque en cada maceta había una planta proveniente de un esqueje), entre 70 g y 80 g existiendo 40% de diferencia en el peso entre los esquejes apicales y esquejes provenientes de la parte media superior, para la variedad de papa Mariva.

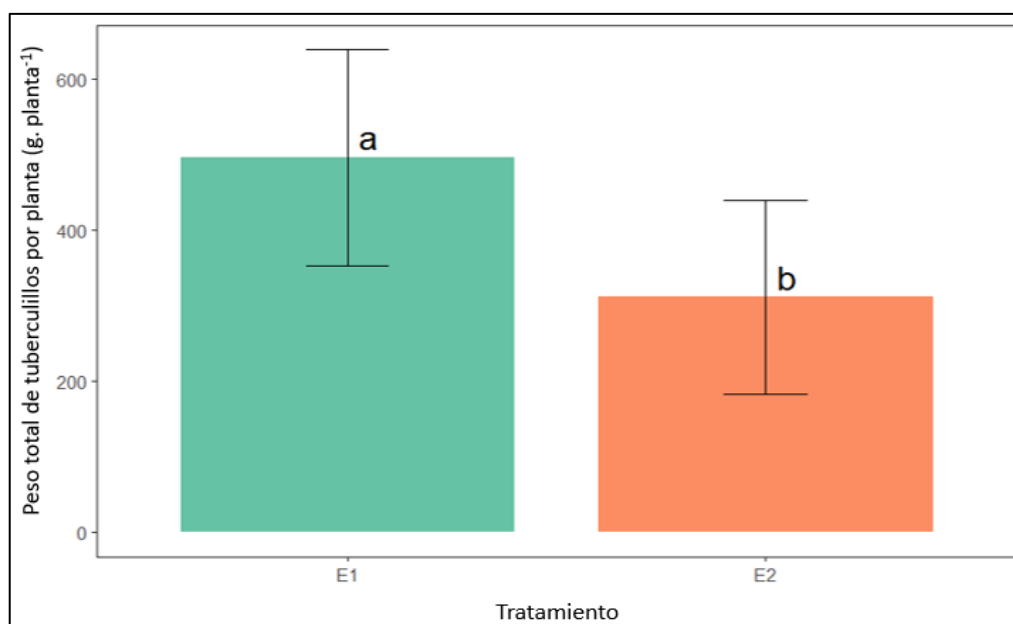


Figura 11: Niveles del factor esqueje para el peso total de tuberculillos por planta (g. planta⁻¹)

Nota. Datos obtenidos de la prueba de Tukey para el peso total de tuberculillos por planta (g. planta⁻¹) respecto a los niveles del factor esqueje (Anexo 6). Letras diferentes indican diferencias significativas.

d. Número de tuberculillos por planta

La variable número de tuberculillos por planta no cumplió con los supuestos de normalidad de errores y homogeneidad de varianzas (Anexo 3). Por lo tanto, al ser una prueba no paramétrica, se evaluó en función a la prueba de Kruskal Wallis. De acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 13, existe alta significación ($p < 0.01$) para la variedad (V) y tipo de esqueje (E). No existe significancia ($p > 0.05$) para el tipo de enraizador (B). Sin embargo, existe interacción entre la variedad, tipo de esqueje y tipo de enraizador (VxExB), por lo que se deduce que los factores en estudio, no actuaron de forma independiente ($p < 0.001$).

Posteriormente se procedió a realizar la prueba de Bonferroni (Anexo 7) respecto al número de tuberculillos por planta, para la interacción variedad, tipo de esqueje y tipo de enraizador (VxExB), y según la Figura 12, se observa que el tratamiento T03=V1E1B2 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador Rapid Root) destaca con 22.5 tuberculillos promedio por planta, seguido del tratamiento T05=V1E1B3 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador a base de bioestimulante marino) con 21.5 tuberculillos promedio por planta, seguido de los tratamientos T01=V1E1B1 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador Root Hor) y T07=V1E1B4 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador testigo), ambos con 20.5 tuberculillos en promedio (Anexo 8). Teniendo en común, estos 4 tratamientos, la variedad Canchán y el esqueje tipo apical.

Estos resultados coinciden en lo expresado por Fweltala (2020) quien obtuvo diferencia estadística para la variable productividad con los tratamientos provenientes de esqueje apicales en su estudio con la variedad Superchola. De igual forma, Centeno y Vittorelli (1988), respecto al número de tubérculos, obtuvieron que el tratamiento proveniente de esqueje apical de la variedad de papa Mariva (*Solanum andigena x Solanum tuberosum*) presentó diferencia de aproximadamente 1 tubérculo más (4.9 unidades o 32% más en unidades cosechadas) por maceta en comparación con el tratamiento proveniente de esqueje medio inferior. Los autores atribuyen el resultado a los tejidos más jóvenes presentes en el esqueje apical. Del mismo modo, Baltazar (2015) reportó mayor promedio de número de tubérculos por planta con los tratamientos provenientes de esqueje apical (12 unidades), seguido del esqueje basal (8 unidades) y el esqueje medio (7 unidades). Por otra parte, De la Cruz y Viera (2022) no obtuvieron diferencias significativas para el número de tuberculillos en las variedades Canchán y Única, reportando en promedio 4.9 y 4.4 tuberculillos

respectivamente. En el caso de los tratamientos conformados por la variedad Única y esqueje lateral (V2E1), tuvieron en promedio 9 tuberculillos por planta; este resultado supera a lo reportado por Vega (2018) quien tuvo como resultado que la variedad Única alcanzó 3.15 tuberculillos por planta en promedio, en el mejor tratamiento evaluado durante la cosecha. Dicha investigación se realizó utilizando tubérculo semilla. Por lo tanto, se puede inferir que la propagación vegetativa por esquejes en papa aporta mayores rendimientos (número de tuberculillos por planta). Sin embargo, esto está sujeto a la variedad y tipo de esqueje.

A pesar de no haber analizado la variable número de tuberculillos por planta por medio de un ANOVA, se calculó el coeficiente de variación para comparar la dispersión o variabilidad de los datos en función a las medias aritméticamente diferentes, donde se obtuvo un valor de 28.25% (Tabla 13), lo que indica que la media de 13.39 tuberculillos por planta es representativa, pues no excede el valor de 35% (Martínez, 2018).

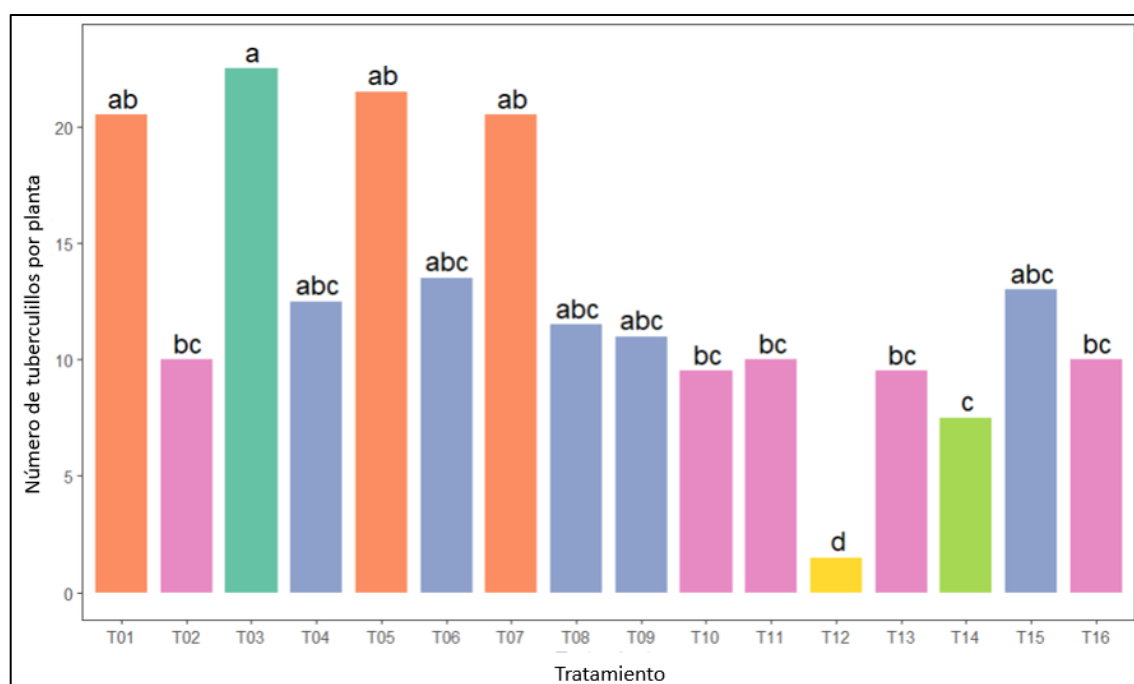


Figura 12: Efecto de la variedad, tipo de esqueje y enraizador para el número de tuberculillos por planta

Nota. Datos obtenidos de la prueba de Bonferroni para número de tuberculillos por planta según la interacción de la variedad, tipo de esqueje y enraizador (Anexo 7). Igual color y letra indica que no existen diferencias significativas.

e. Número de tuberculillos por m²

La variable número de tuberculillos por m² no cumplió con los supuestos de normalidad de errores y homogeneidad de varianzas (Anexo 3). Por lo tanto, al ser una prueba no paramétrica, se evaluó en función a la prueba de Kruskal Wallis. De acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 13, existe alta significación ($p < 0.001$) para la variedad (V) y tipo de esqueje (E). No existe significancia ($p > 0.05$) para el tipo de enraizador. Sin embargo, existe interacción entre la variedad, tipo de esqueje y tipo de enraizador (VxExB), por lo que se deduce que los factores en estudio, no actuaron de forma independiente ($p < 0.001$).

Posteriormente se procedió a realizar la prueba Bonferroni (Anexo 7) respecto al número de tuberculillos por m², para la interacción de la variedad, tipo de esqueje y tipo de enraizador (VxExB). Según la Figura 13, se observa que el tratamiento T03=V1E1B2 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador Rapid Root) destaca con 721.5 tuberculillos promedio por m². Los tratamientos T05=V1E1B3 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador a base de bioestimulante marino), T01=V1E1B1 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador Root Hor) y T07=V1E1B4 (variedad Canchán, esqueje apical y enraizador testigo) también sobresalen con más de 645 tuberculillos por m².

Por otro lado, los tratamientos con la variedad Única en promedio alcanzaron 286.92 tuberculillos por m², donde sobresale el tratamiento T15=V2E1B4 (variedad Única, esqueje apical y enraizador testigo) que obtuvo 424.4 tuberculillos por m² (Anexo 7). Esto difiere en lo reportado por Vega (2018), quien en su investigación con la variedad Única, obtuvo 76.03 tubérculos por m² en un distanciamiento de siembra de 0.2 m y dosis de fertilización 180-120-100. Estos resultados siguen siendo bajos en comparación con los obtenidos en el presente experimento que fueron sembrados a una distancia de 0.1 m. Sin embargo, los mejores resultados en este experimento se obtuvieron con la variedad Canchán.

A pesar de no haber analizado la variable número de tuberculillos por m² por medio de un ANOVA, se calculó el coeficiente de variación para comparar la dispersión o variabilidad de los datos en función a las medias aritméticamente diferentes, donde se obtuvo un valor de 27.31% (Tabla 13), lo que indica que la media de 423.28 tuberculillos por m² es representativa, pues no excede el valor de 35% (Martínez, 2018).

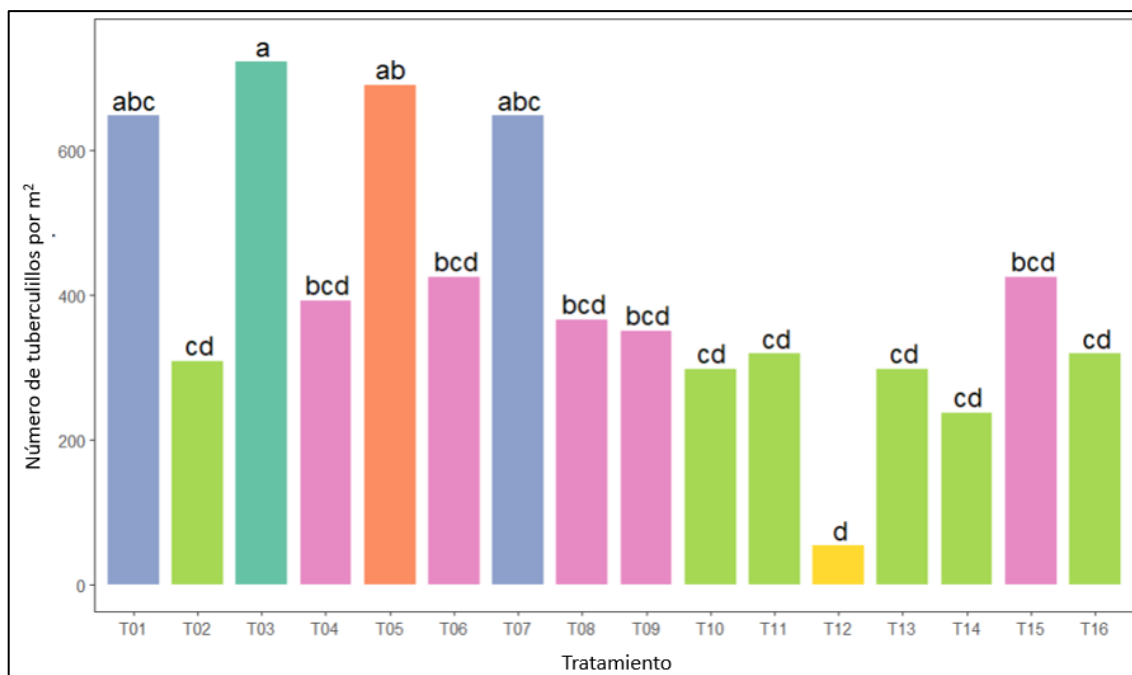


Figura 13: Efecto de la variedad y tipo de esqueje y enraizador para el número de tuberculillos (m²)

Nota. Datos obtenidos de la prueba Bonferroni para número de tuberculillos (m²) según la interacción de la variedad, tipo de esqueje y enraizador (Anexo 7). Igual color y letra indica que no existen diferencias significativas.

f. Diámetro promedio de tuberculillos (cm)

La variable diámetro de tuberculillos no cumplió con los supuestos de normalidad de errores y homogeneidad de varianzas (Anexo 3). Por lo tanto, al ser una prueba no paramétrica, se evaluó en función a la prueba de Kruskal Wallis. De acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 13, existe alta significancia ($p < 0.001$) para las variedades (V) y no existe significancia ($p > 0.05$) para los tipos de esqueje (E) y enraizador (B). Se deduce que los factores no actuaron de forma independiente debido a la influencia de la variedad, pues existe interacción significativa entre la variedad y el tipo de esqueje (VxE), la variedad y el tipo de enraizador (VxB) y la variedad, tipo de esqueje y tipo de enraizador (VxExB). Pero no existe interacción entre el tipo de esqueje y tipo de enraizador (ExB).

Se observa diferencias significativas en los tratamientos T11=V2E1B2 (variedad Única, esqueje apical y enraizador Rapid Root) que tuvo 5.69 cm de diámetro promedio y T10=V2E2B1 (Variedad Única, esqueje lateral y enraizador Root Hor) que tuvo 5.68 cm de diámetro promedio (Figura 14). Los tratamientos con menor diámetro promedio fueron

mayormente los de la variedad Canchán, siendo el tratamiento T12=V2E2B3 (variedad Única, esqueje lateral y enraizador Rapid Root) de menor diámetro promedio (2.25 cm) (Anexo 7). Estos resultados concuerdan con Egúsqüiza (2014) quien resalta la característica de la variedad Única por producir tubérculos oblongos y alargados en comparación a la variedad Canchán que presenta tubérculos redondeados. Así mismo, Vega (2018), también obtuvo mayor longitud promedio de tubérculos de la variedad Única (6 cm) considerándola con mejor rendimiento comercial y atribuyendo este resultado al comportamiento de la variedad durante el desarrollo de su investigación, pues se destacó en mejor porte de planta, cobertura foliar, peso de hoja, tallo y tubérculo. Por otro lado, Gutarra y Chagua (2021) estudiaron las características y rendimiento de las semillas de papa, provenientes de esquejes de tallos laterales, de las variedades Peruanita y Amarilla Tumbay, teniendo como resultado para la variable diámetro de tubérculo, un valor promedio de 2.9 cm. Este resultado es muy cercano con los diámetros menores obtenidos en el presente experimento, provenientes de esqueje lateral.

Los mejores tratamientos mencionados, fueron los conformados por el esqueje apical (E1) y hormonas de crecimiento tipo auxinas: Rapid Root (AIB) y Root Hor (ANA + AIB). Al respecto, Choque *et al.* (2021), afirman que los reguladores de crecimiento si se suministran en dosis pequeñas y controladas, estimulan y modifican procesos fisiológicos de las plantas y las auxinas actúan como promotores de crecimiento. Por lo tanto, estos enraizadores tuvieron un efecto positivo frente al enraizador testigo (B4) y el bioestimulante marino (B3) que contenían nada y muy poca cantidad de auxinas respectivamente.

A pesar de no haber analizado la variable diámetro promedio de tuberculillo por medio de un ANOVA, se calculó el coeficiente de variación para comparar la dispersión o variabilidad de los datos en función a las medias aritméticamente diferentes, donde se obtuvo un valor de 19.12% (Tabla 13) lo que indica que la media de 4.41 cm en el diámetro de tuberculillo es representativa, pues no excede el valor de 35% (Martínez, 2018).

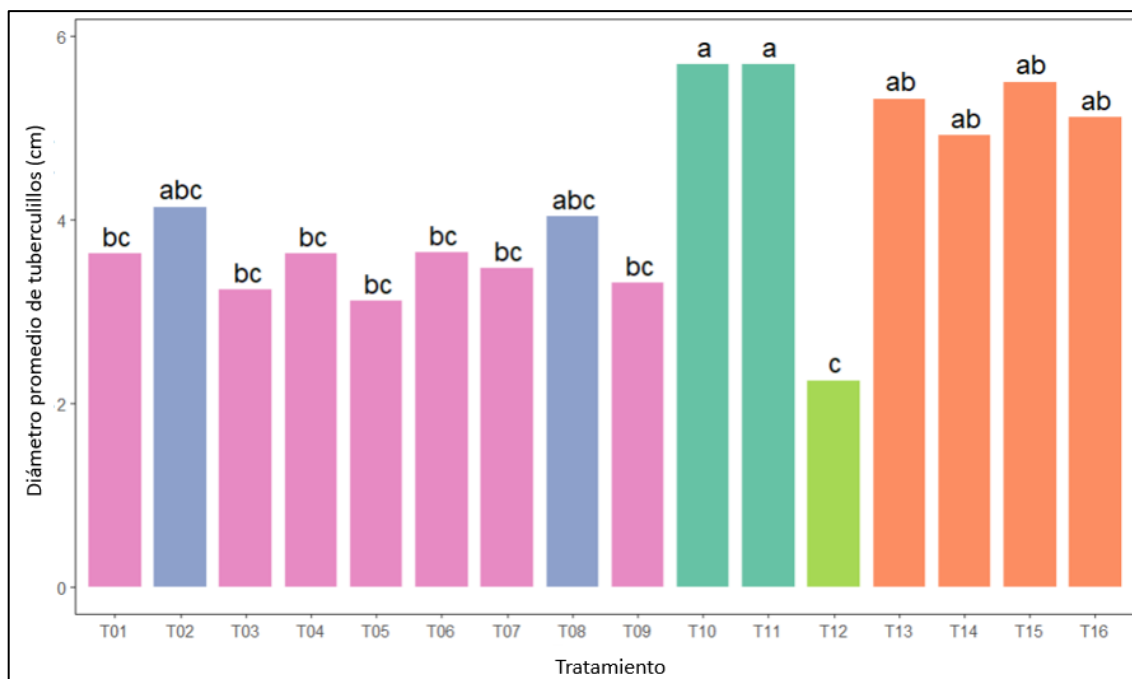


Figura 14: Efecto de la variedad, tipo de esqueje y enraizador, respecto al diámetro promedio de tuberculillos (cm)

Nota. Datos obtenidos de la prueba Bonferroni para el diámetro promedio de tuberculillos (cm) según los niveles de la interacción de la variedad, tipo de esqueje y enraizador (Anexo 7). Igual color y coincidencia en una o más letras, indican que no existen diferencias significativas.

4.2. Correlación de las variables cuantitativas

Según la Figura 15, las variables número de tuberculillos por planta y número de tuberculillos por m², tienen coeficiente de correlación de Pearson de 1, lo que indica que existe una correlación positiva perfecta entre ambas variables y están relacionadas en dirección creciente. Es decir, cuando aumenta el número de tuberculillos por planta también aumenta el número de tuberculillos por m².

Las variables diámetro promedio de tuberculillos y peso promedio de tuberculillos también presentan correlación positiva (0.82), es decir; a medida que aumenta el diámetro promedio de tuberculillos, también aumenta el peso promedio de los mismos. Los puntos del diagrama de dispersión, que representan un par de observaciones para las dos variables en estudio, tienen pendiente positiva y tendencia a formar una línea de regresión (Figura 15).

Existe una correlación negativa (inversa o indirecta) entre las variables; número de tuberculillos por planta y diámetro promedio de tuberculillos (-0.26), número de

tuberculillos por m² y diámetro promedio de tuberculillos (-0.26), número de tuberculillos por m² y peso promedio de tuberculillos (-0.31), pues el valor del coeficiente de Pearson es negativo, lo que indica que a medida que aumenta una variable, la otra disminuye. Lo indicado anteriormente se evidencia en la Figura 15, dónde los puntos del diagrama de dispersión, tienen una pendiente negativa.

Las correlaciones entre las otras variables, si bien tienen pendiente positiva debido a que tienen un coeficiente de correlación de Pearson va de 0.25 a 0.75, tienen correlación de débil a intermedia (Friallos, 2021), pues la gráfica de dispersión muestra puntos dispersos que no tienden a formar la línea de regresión.

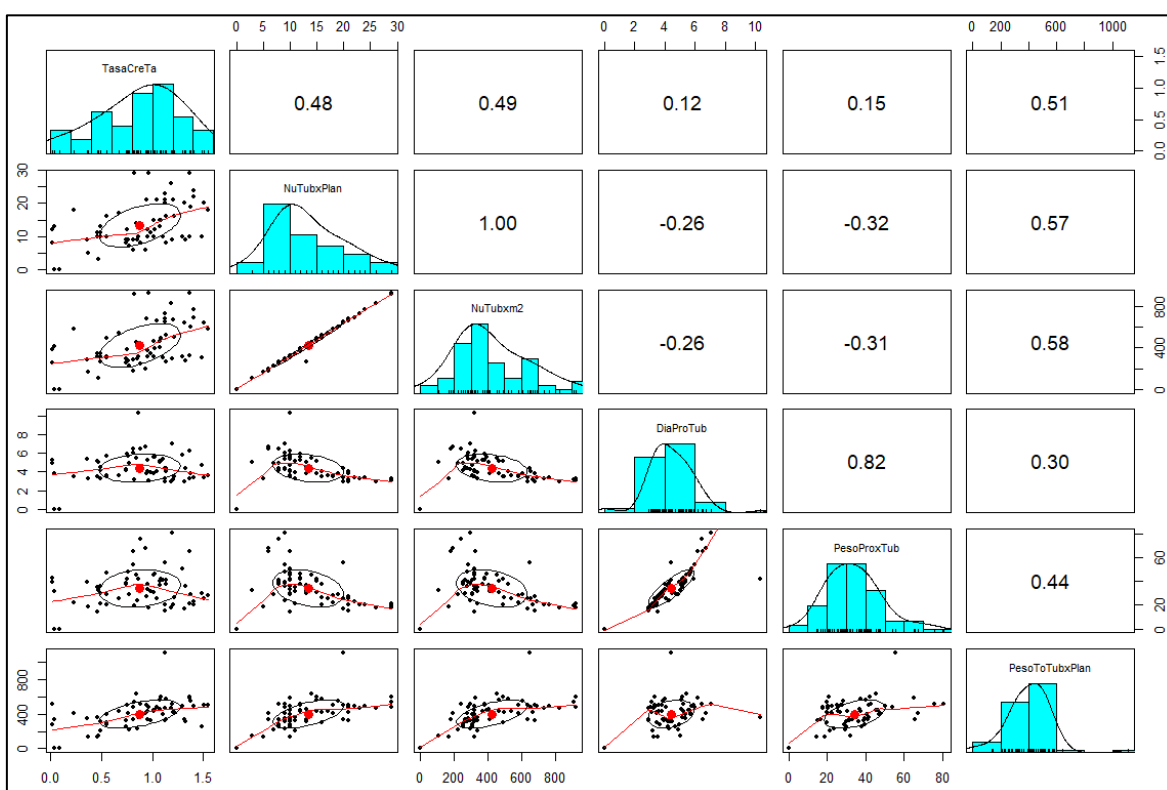


Figura 15: Correlación de las variables cuantitativas

4.3. Categorías de papa pre básica

a. Papa de primera

En la Figura 16, los tratamientos T10 y T11 tuvieron en promedio 3 unidades de tuberculillos con el calibre de primera categoría de papa pre básica (> 60 g, Tabla 10). Estos dos

tratamientos coinciden en el tipo de variedad Única (V2). Sin embargo, el efecto del tipo de esqueje y enraizador fue variado, siendo el tratamiento T10 conformado por esqueje de tipo lateral (E2) y enraizador Root Hor (B1) y el tratamiento T11, por esqueje de tipo apical (E1) y enraizador Rapid Root (B2). Los tratamientos T09 y T15 también destacaron con 2.5 unidades promedio de tuberculillo para esta categoría, coincidiendo en la variedad Única (V2) y tipo de esqueje apical (E1).

La obtención de 3 tuberculillos para esta categoría es mayor a lo reportado por Ticona (2015) quien produjo en promedio 1 tuberculillo a partir de esquejes apicales.

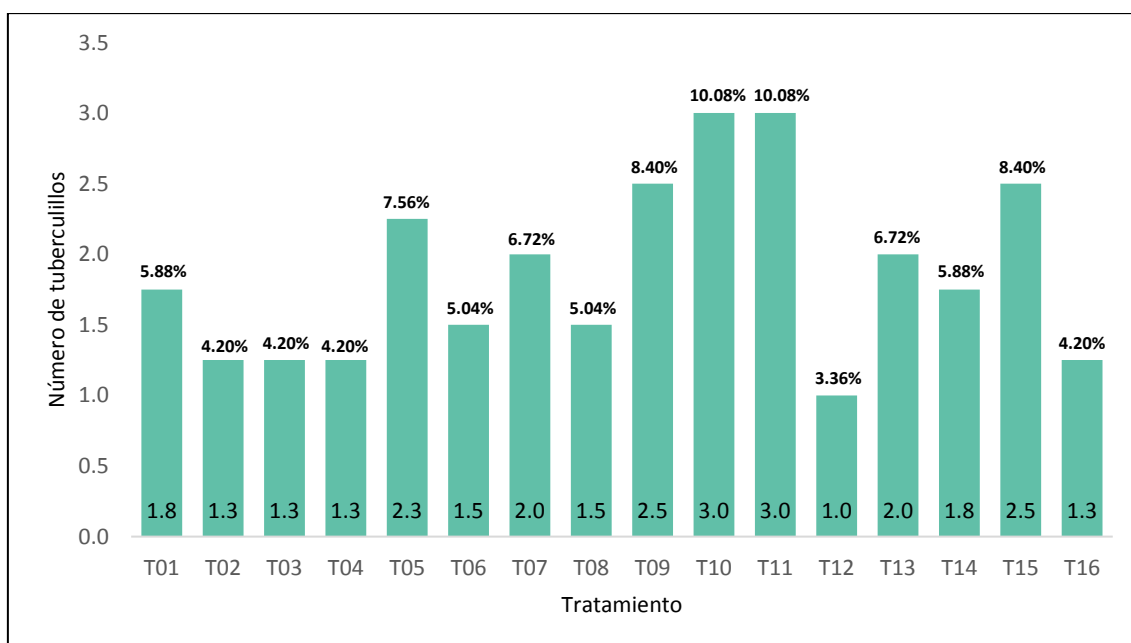


Figura 16: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de primera categoría por tratamiento

b. Papa de segunda

La Figura 17 de efectos principales, muestra que existe diferencia entre los tipos de esquejes E1 y E2 (apical y lateral) y los enraizadores B1, B2, B3 y B4 (Root Hor, Rapid Root, bioestimulante marino y testigo, respectivamente), destacándose los enraizadores B1 y B3 (Root Hor y bioestimulante marino) pues la dispersión de sus medias es de mayor longitud.

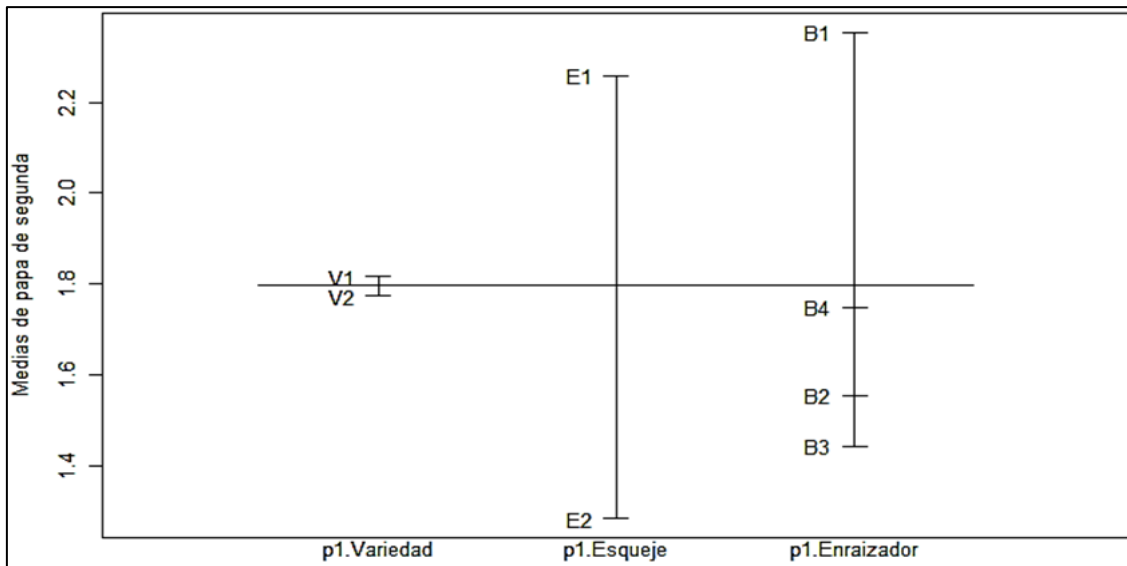


Figura 17: Efectos principales para el número de tuberculillos de segunda categoría de papa prebásica

De acuerdo a la Figura 18, se observa que los tratamientos T01 y T13 destacaron por presentar en promedio 3 unidades de tuberculillos, y los tratamientos T07 y T09 también resaltaron con más de 2.4 unidades de tuberculillos para el calibre de segunda categoría de papa pre básica (40 - 60 g, Tabla 10). Estos cuatro tratamientos coinciden únicamente con el tipo de esqueje apical (E1), por lo que se deduce que este factor tuvo mayor influencia para el número de tuberculillos de este calibre. Sin embargo, los resultados obtenidos se encuentran muy por debajo de lo reportado por Ticona (2015), quien obtuvo entre 8 y 9 tuberculillos para este calibre en plantas de papa provenientes de esqueje apical.

Los tratamientos T01 y T07 se conformaron por la variedad Canchán (V1) y los tratamientos T09 y T13 se conformaron por la variedad Única (V2). Sin embargo, el efecto del enraizador fue variado, destacando el enraizador Root Hor (B1), pues conformó los tratamientos T01 y T09. Su efecto favorable se atribuye a las cantidades de ANA y AIB que contiene y que aumentaron la producción de auxinas en la zona de formación de raíces, dando lugar a un sistema de raíces desarrollado y funcional, que aporta nutrientes y energía necesarios para el crecimiento y desarrollo de los estolones, que a su vez contribuyen a una buena cosecha de tubérculos de papa. Por el contrario, el enraizador Rapid Root (B2) que contiene AIB, que es también un tipo de auxina, no conformó ningún tratamiento con mayor número de tuberculillos para este calibre. Esto puede deberse a la dosis empleada.

Los demás tratamientos alcanzaron en promedio 2 unidades de tuberculillos para el calibre en mención, a excepción del tratamiento T12.

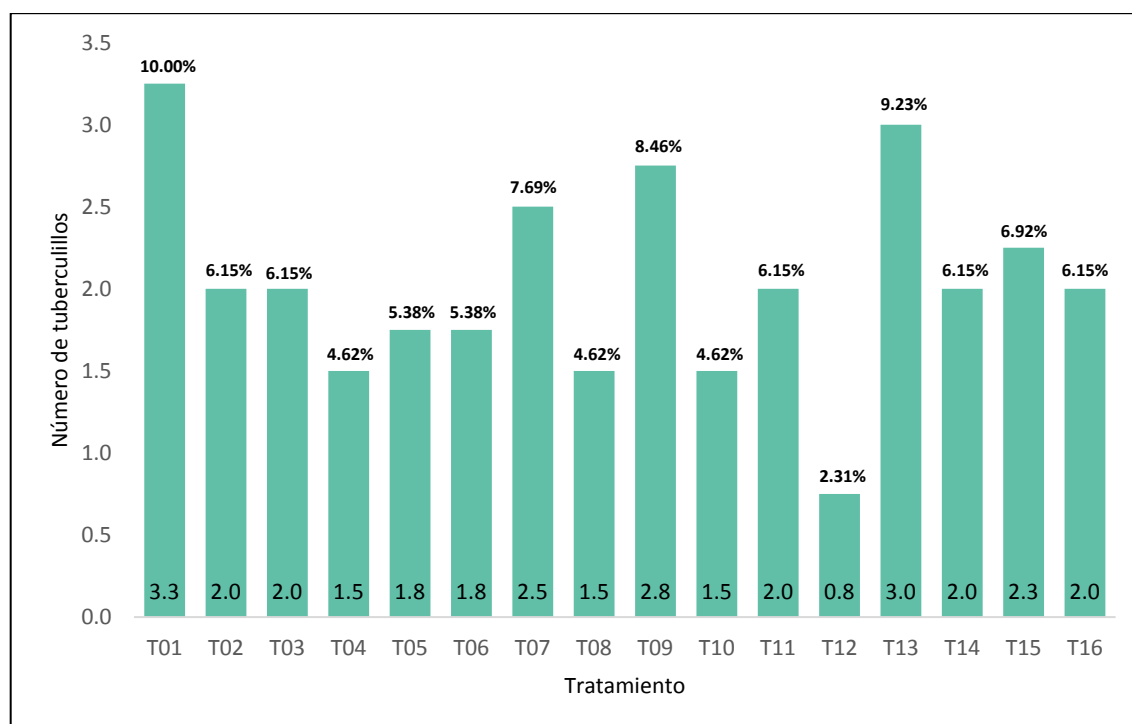


Figura 18: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de segunda categoría por tratamiento

c. Papa de tercera

La Figura 19 de efectos principales, muestra que existe diferencia entre las variedades V1 y V2 (variedad Canchán y Única) y los tipos de esquejes E1 y E2 (apical y lateral) pues la dispersión de sus medias es de mayor longitud. Con respecto al tipo de enraizador, se encuentran diferencias entre B1 y B3 (Root Hor y Bioestimulante marino).

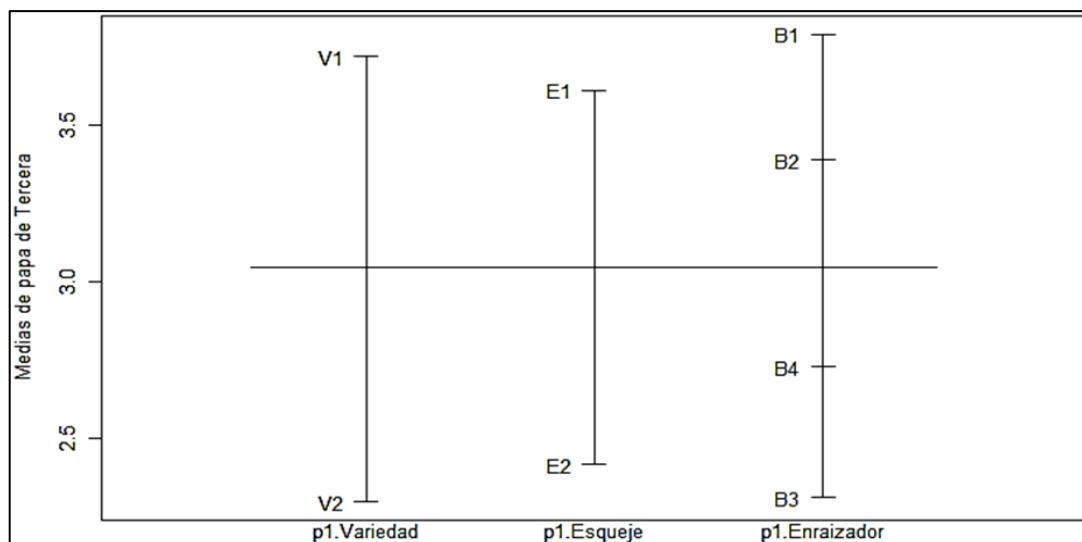


Figura 19: Efectos principales para el número de tuberculillos de tercera categoría de papa prebásica

De acuerdo a la Figura 20, se observa que los tratamientos T01 y T07 tuvieron en promedio 5.5 y 4.8 unidades de tuberculillos con el calibre de tercera categoría de papa pre básica (20 - 40 g, Tabla 10) respectivamente. Ambos tratamientos coinciden en la variedad Canchán (V1) y tipo de esqueje apical (B1). Sin embargo, estos datos difieren de lo obtenido por Ticona (2015) para este calibre de papa, pues reportó más de 40 tuberculillos a partir de esquejes apicales. Estos resultados pueden atribuirse a la mayor densidad y área de siembra que utilizó el investigador.

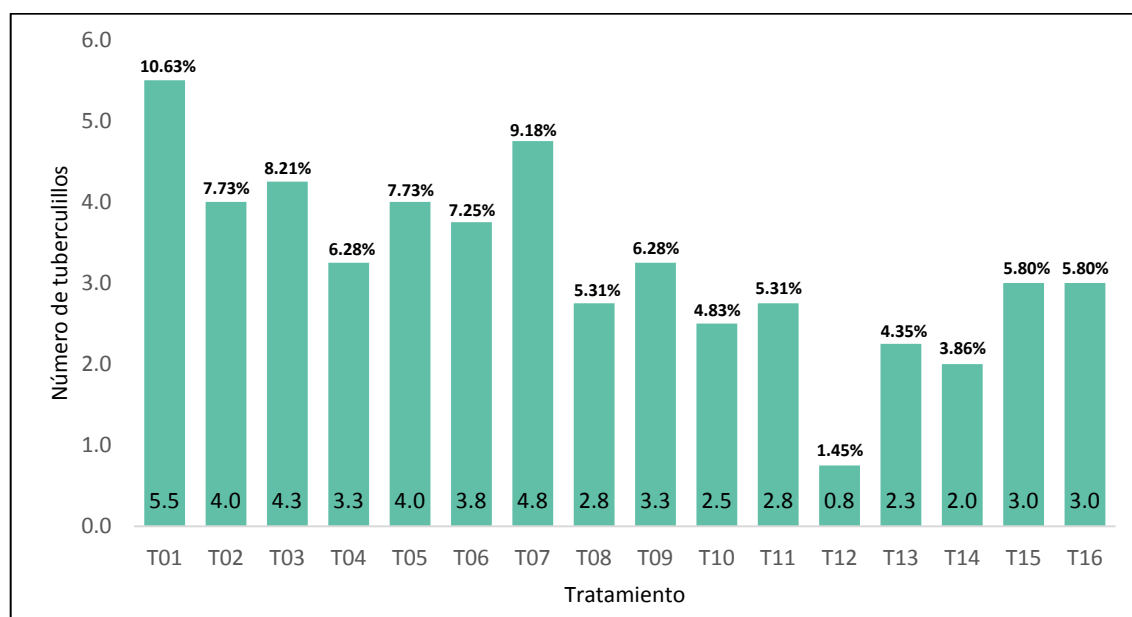


Figura 20: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de tercera categoría por tratamiento

d. Papa de cuarta

De acuerdo a la Figura 21, se observa que los tratamientos T03 y T05 tuvieron en promedio 5.8 y 6 unidades de tuberculillos con el calibre de cuarta categoría de papa pre básica (10 - 20 g, Tabla 10) respectivamente. También destaca el tratamiento T07 con un promedio de 5 unidades de tuberculillos para dicho calibre. Estos tres tratamientos tienen en común la variedad Canchán (V1) y el tipo de esqueje apical (E1). Sin embargo, el efecto del enraizador fue variado, siendo el enraizador Rapid Root (B2) para el tratamiento T03, el bioestimulante marino (B3) para el tratamiento T05 y el testigo (B4) para el tratamiento T07. Por su parte, Rodríguez (2018) tuvo buenos resultados en la producción de papa a partir de esquejes laterales utilizando el regulador ANA a una dosis de 5 mg / L y 10 mg / L pues influyó favorablemente en el prendimiento de los esquejes y con respecto a la categoría de papa, el investigador obtuvo pesos de tuberculillos proveniente de estos esquejes laterales (de las variedades Capiro y Purace) que van desde los 3 g hasta los 21 g, y llevando estos valores a nuestra escala de clasificación, se encontrarían en categorías cuarta, quinta y sexta.

Cabe mencionar que a medida que la categoría de papa prebásica disminuye (cuarta, quinta, sexta y séptima), la variedad con menor diámetro, en este caso la variedad Canchán, va teniendo mayor presencia en la cantidad de tuberculillos.

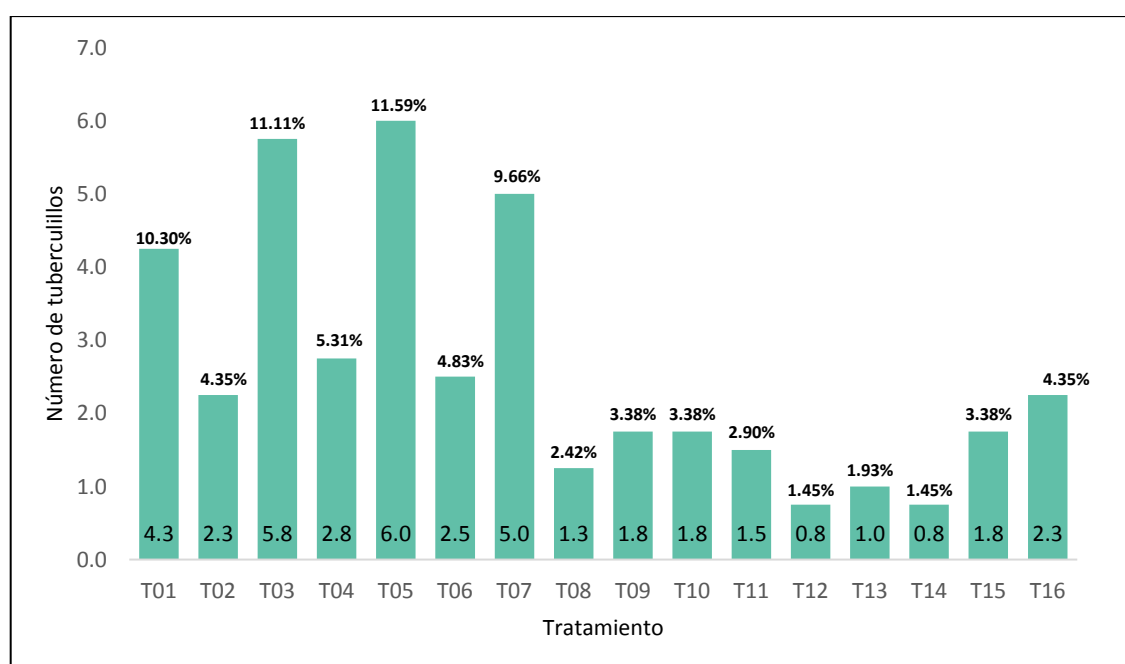


Figura 21: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de cuarta categoría por tratamiento

e. Papa de quinta

De acuerdo a la Figura 22, se observa que los tratamientos T01, T03 y T07 tuvieron en promedio más de 3 unidades de tuberculillos con el calibre de quinta categoría de papa pre básica (5 - 10 g, Tabla 10). Estos tres tratamientos coinciden con el tipo de variedad Canchán (V1) y el tipo de esqueje apical (E1). Por lo que se deduce que existe interacción entre ambos factores y no actuaron de forma independiente. Sin embargo, el efecto del enraizador fue variado, pues T01 se conformó por el enraizador Root Hor (B1), T03 por el enraizador Rapid Root (B2) y T07 por el enraizador testigo (B4).

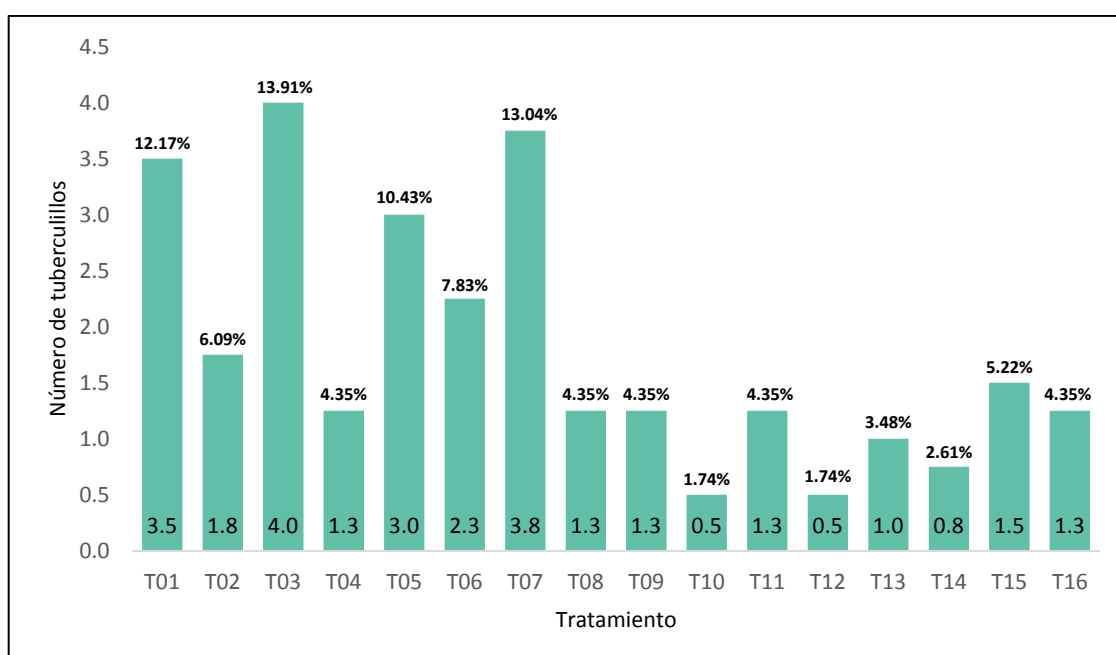


Figura 22: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de quinta categoría por tratamiento

f. Papa de sexta

De acuerdo a la Figura 23, se observa que los tratamientos T03, T05 y T07 tuvieron en promedio más de 2.5 unidades de tuberculillos con el calibre de sexta categoría de papa pre básica (2 - 5 g, Tabla 10). Estos tratamientos coinciden en el tipo de variedad Canchán (V1) y tipo de esqueje apical (E1). Por lo que se deduce que estos factores de estudio no actuaron de forma independiente debido a que existe interacción. Sin embargo, el efecto del enraizador fue variado y no se destacó ningún tipo de enraizador que influya en el número de tuberculillos para este calibre.

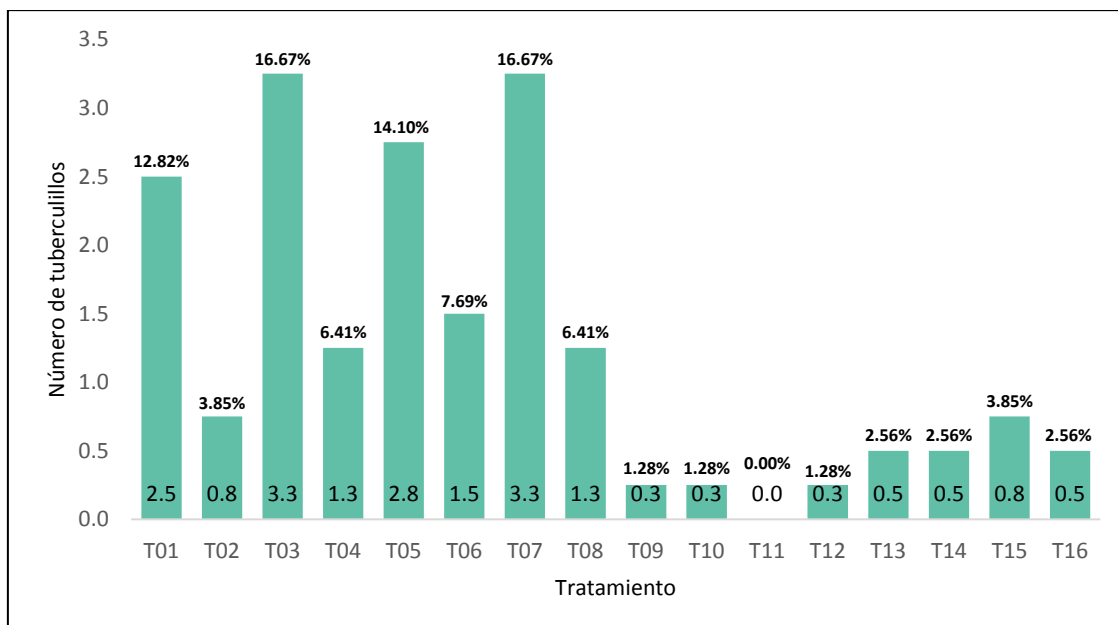


Figura 23: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de sexta categoría por tratamiento

g. Papa de séptima

De acuerdo a la Figura 24, se observa que el único tratamiento con 2.5 de tuberculillos promedio para el calibre de séptima categoría de papa pre básica (< 2 g, Tabla 10) fue T05, conformado por la variedad Canchán (V1), esqueje apical (E1) y enraizador a base de bioestimulante marino (B3), los demás tratamientos presentaron de 0 a 2 tuberculillos en promedio para este calibre. Este resultado es favorable porque indica que el experimento obtuvo cantidades muy mínimas para los calibres de bajas categorías (quinta, sexta y séptima). Y el mercado prefiere las semillas de categorías prebásica de primera, segunda y tercera.

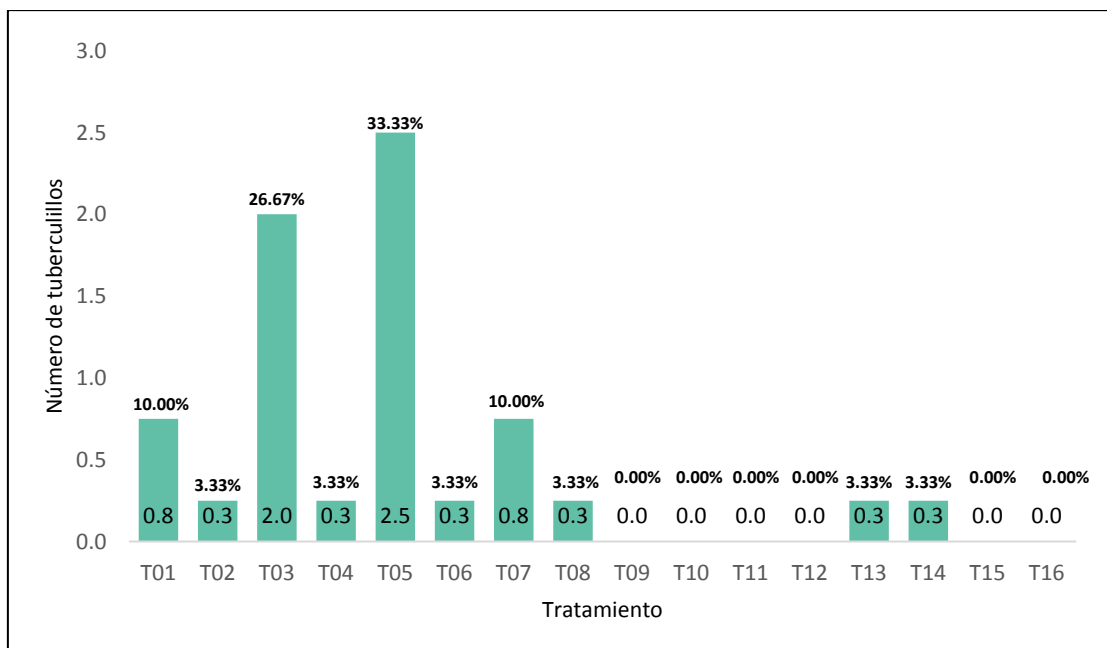


Figura 24: Frecuencia de número de tuberculillos y porcentaje representativo para papa prebásica de séptima categoría por tratamiento

4.4. Calidad de tuberculillos

Según la escala de clasificación para la característica cualitativa de tuberculillos (Tabla 11) donde el valor 1 es excelente y 2 es bueno, se observa en la Figura 25 que los tratamientos T01, T04, T05, T06, T07, T08, T9, T11, T12, T13, T14, 15 y T16 presentaron buena calidad y los tratamientos T02, T03 y T10 presentaron una excelente calidad, expresando más del 80% de las características propias de la variedad Canchán y Única, en cuanto a la forma, color, textura de piel y ausencia de daño fitosanitario. Este resultado es muy favorable y acredita la alta calidad de producción de papa prebásica por el método de esquejes.

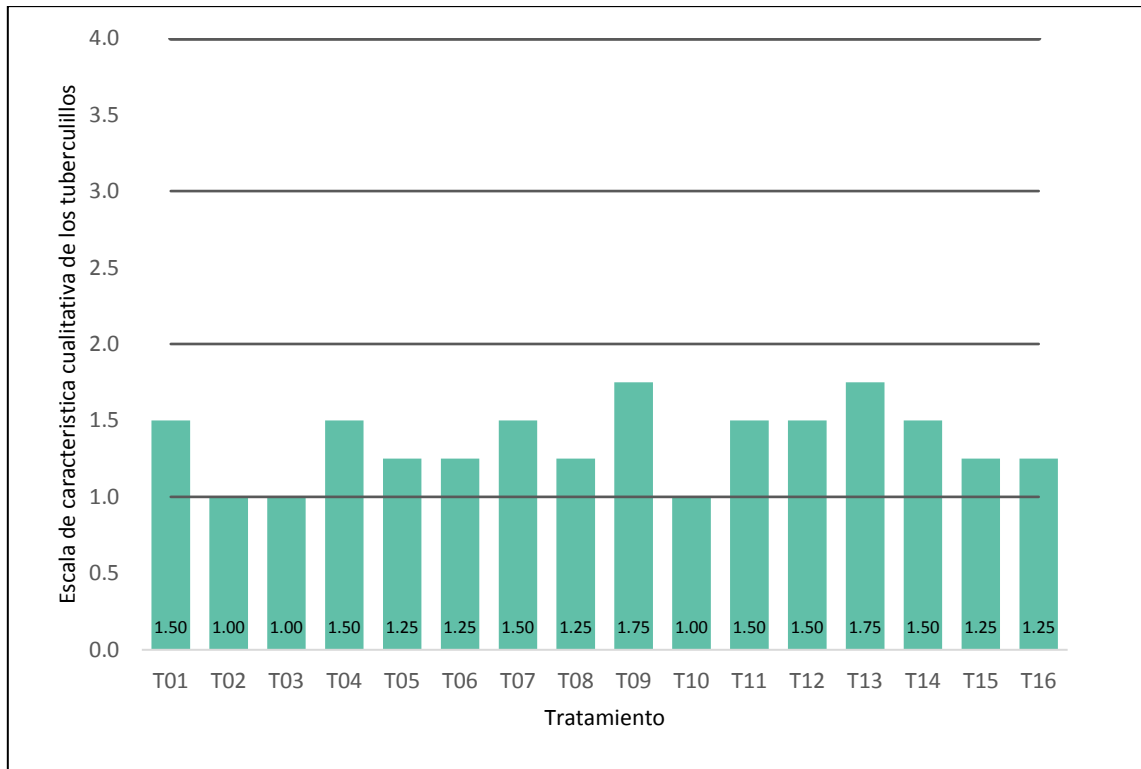


Figura 25: Clasificación de tuberculillos según su característica cualitativa

V. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la característica varietal, la procedencia del tipo de esqueje y tipo de enraizador, influyen en el rendimiento y calidad de tuberculillos prebásicos de papa. La variedad Canchán presenta mayor tasa de crecimiento y rendimiento frente a la variedad Única. Sin embargo, la variedad Única sobresale en la calidad de tuberculillos debido al peso y mayor diámetro ecuatorial, característico de dicha variedad. Respecto al tipo de esqueje, en todos los parámetros evaluados destaca el esqueje de tipo apical y esto se debe a la presencia de alta división celular en la zona meristemática. Sin embargo, el efecto del enraizador varía para cada parámetro evaluado.
- Los enraizadores de tipo sintético y orgánico aportan una dosis adicional de auxina, que puede generar una ligera fitotoxicidad; en consecuencia, pueden afectar el crecimiento y desarrollo de plantas. Por ende, los mejores resultados en altura de planta, cobertura y área foliar se obtuvo con el enraizador testigo, debido a que no afecta las cantidades de auxinas naturales (ácido indolacético) presente en los esquejes.
- El rendimiento de los tuberculillos se ve favorecido por los enraizadores Rapid Root (conformado por la auxina sintética AIB), el bioestimulante marino y Root Hor (conformado por las auxinas sintéticas ANA y AIB) en dicho orden.
- Los calibres de categorías de papa de primera, segunda y tercera para la variedad Canchán, se obtiene con esquejes de tipo apical y enraizador Root, y para la variedad Única, con esquejes de tipo apical y enraizadores sintéticos (Root Hor y Rapid Root en ese orden). Asimismo, la calidad cualitativa para la producción acelerada de semilla prebásica mediante la técnica de esquejes es alta (más del 80%) en cuanto a forma, color, textura de piel y ausencia de daño fitosanitario correspondiente a cada variedad.

VI. RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de riego por goteo para controlar la demanda hídrica específica del cultivo, de tal manera que se optimice el rendimiento y obtención de datos más precisos y confiables. Adicionalmente, se sugiere elaborar curvas de humedad para tener una representación gráfica de la relación entre la cantidad de agua en el sustrato y el tiempo, permitiendo una comprensión más detallada de la dinámica hídrica en el sistema de cultivo. La evaluación de estas curvas podría ofrecer valiosa información para ajustar el régimen de riego de acuerdo con las necesidades específicas de las plantas en cada fase del experimento.
- Reducir el número de tratamientos evaluando dos factores como máximo, para disminuir la dispersión de la desviación estándar.
- Emplear variedades de papa tardía o semi tardía para la réplica del experimento, con la finalidad de observar un mejor efecto hormonal de los enraizadores.
- Probar distintas dosis del bioestimulante marino, diferente a 2.5 ml / L, para encontrar un mejor efecto como enraizador de esquejes de papa.
- Probar distintas densidades de siembra de trasplante (2 o 3 esquejes por maceta) y evaluar los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad para la producción de semilla prebásica de papa.
- Implementar en el análisis la variable de costo de producción y retorno en venta, para generar un aporte de información económica en los agricultores o personas que repliquen el experimento.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. (2002). *Guía de referencia para la interpretación análisis de suelos*. México: AGROLAB. Recuperado de https://www.agrolab.com.mx/sitev002/sitev001/assets/interpretacion_fertsuel.pdf
- Alcántara-Cortes, J.S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J.D., & Sánchez Mora, R.M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109-129.
- Alvarado Martínez, H.A., Galindo Illanes, M.K. y Retamal Pérez, M.L. (2018). Evaluación del aprendizaje de la estadística orientada a proyectos en estudiantes de ingeniería. *Educación matemática*, 30(3), 151-183.
- Araujo Jaramillo, M.A., Cartagena Ayala, Y.E., Castillo Carrillo, C.I., Cuesta Subía, H.X., Monteros Jácome, J.C., Paula Caicedo, N.R., y Andrade Piedra, J.L. (2021). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores* (3ra ed.). 117 p.
- Arcos Pineda, J.H., Mamani Huayta, H., Barreda Quispe, W.L. & Holguín Chuquimamani, V. (2020). Manual técnico: manejo integrado del cultivo de papa.
- Arias, D. (2009). *Producción de semilla prebásica en el sistema aeropónico en el Ecuador* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Avilés Chaves, J. y Lines Gutiérrez, K. (2019). Producción de semilla pre-básica en invernadero. 4 p. Recuperado de <https://fundecooperacion.org/wp-content/uploads/2020/08/07-PRODUCCION-DE-SEMILLA.pdf>
- Baltazar Pérez, V.H. (2015). *Evaluación del efecto de tres niveles de vermicompuesto en la tuberización de papa (Solanum Tuberosum) a partir de tres cortes del esqueje de brote en Irupata, provincia Bustillos de Potos* (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Barquero, M., Gómez, L., Brenes, A. y Valverde, R. (2001). El tamaño del pote en la producción de semilla pre-básica de papa en invernadero. *Agronomía Costarricense*, 25(1), 61-66.

- Benítez, P. (1988). Siembra de tres densidades de plantas in vitro esquejes y tubérculos en dos variedades mejoradas de papa, Santa Catalina INIAP (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Bueno Vizcarra, V.Y. y García Aparicio, Y.G. (2022). Aprovechamiento de los residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes. Revisión Sistemática 2022 (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Cabrera, H.A. (2009). *Manual técnico de producción de semilla básica de papa*. Estación Experimental Baños del Inca, Cajamarca. INIA. Lima, Perú. 74 p.
- Cantu-Medina, F.G. (2018). Calidad de agua para riego agrícola en el agua subterránea de la zona árida del suroeste de Tamaulipas, México. *Agro Productividad*, 11(1).
- Castellanos, J.Z. (2010). *Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua*. Recuperado de intagri@intagri.com.mx o www.intagri.com.mx
- Centeno, J.M. y Vittorelli, C. (1988). Desarrollo y producción de esquejes de tallo juvenil en papa obtenidos en cuatro partes diferentes de la misma planta. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 1(1), 50-56.
- Choque, E.S., Delgado, M.T., Sanchez, H.D.B. y Oporto, W. A. M. (2021). Producción de plantines de frutilla (*Fragaria* sp.) con la aplicación de enraizadores naturales, en esquejes, bajo ambiente protegido: Edil Sucojayo Choque, Marcelo Tarqui Delgado, Hugo D. Bosque Sanchez, Willams Alex Murillo Oporto. *Apthapi*, 7(2), 2119-2133.
- CIP. (2002). *Informe Técnico Anual 2.001-2.002 del Proyecto FONTAGRO “Selección y Utilización de Variedades de Papa con Resistencia a Enfermedades para el Procesamiento Industrial de América Latina”*. Centro Internacional de la Papa – CIP. Lima, Perú. 84 p.
- Cole Tch, Hilger, H., Stevens, P. y Medan, D. (2017). *Filogenia de las Angiospermas*. Retrieved from *Sistemática de las plantas con flores*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Diego_Medan/publication/299604398_Filogenia_de_las_Angiospermas_-_Sistemática_de_las_plantas_con_flores_Poster_APG_IV_2016/data/5b154bd4a6fdcce2057dbac7/2017-Cole-Hilger-Stevens-Medan.pdf
- Correa, J.C., Iral, R. y Rojas, L. (2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. *Revista colombiana de estadística*, 29(1), 57-76.
- Cortes, J.S.A., Godoy, J.A., Cortés, J.D.A., y Mora, R.M.S. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109-129.
- Cotes, J.M. y Ñustez, L. (2001). Effect for two types of explant for prebasic seed production

- of native potato (*Solanum phureja* luz et. buk) "yema de huevo". *Agronomía Colombiana*, 18(3), 71-77.
- Crisci, C. (1992). *Almacenamiento de papa. Unidad de Difusión e Información Tecnológica del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria* (ed.). Montevideo, Uruguay: Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. 24 p.
- Dávila Rivera, A.J. (2014). *Crecimiento radial aéreo y radicular de papa (Solanum tuberosum L.) En la var. Canchán mediante brotes y tubérculos* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- De La Cruz Nateros, J.L. y Viera Gamarra, C.I. (2022). *Producción de tubérculos de semilla pre básica de papa con dos cultivares, en dos tipos de substrato y densidades de plantación* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Duval, R. (2006). Hormonas vegetales para el crecimiento y desarrollo de la planta. *Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*. vol, 196, 22-27.
- Egúsqüiza, R. (2014). *La papa en el Perú* (2da ed.). Lima, Perú, Oficina académica de extensión y extensión de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Espinoza Campos, M. (2021). Efecto de la fertilización foliar orgánica en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Canchan INIA en condiciones edafoclimáticas de Huaripampa-Marañon-Huánuco 2020 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú.
- Fallas, J. (2012). Análisis de varianza. Comparando tres o más medias. Vol. 54.
- Fernández, K., Fernández, I.F. y Declerck, S. (2013). Búsqueda de un medio de cultivo para la micorrización in vitro de plántulas de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 34(4), 9-19.
- Fernández, R., Trapero, A. y Domínguez, J. (2010). *Experimentación en agricultura*. Sevilla, España: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. 355 p.
- Friallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2491-2509.
- Flores-Mora, D.M. y Brenes-Madriz, J. (1999). *Producción en invernadero de semilla de papa a partir de vitroplantas*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Centro de Información Tecnológica

- Florez, M.A. (2017). *Elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha (Oncorhynchus mykiss)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Franco, L.A.R., Amaya, C.M.Z. y Torres, J.M.C. (2011). Evaluación de Metodologías de Enraizamiento de Esquejes de Tallo Lateral en Genotipos de Solanum phureja. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 7(2), 182-191.
- Fueltala Torres, J.L. (2020). *Producción de semilla pre-básica de papa (solanum tuberosum) variedad super chola a partir de esquejes provenientes de plantas madre fitomejoradas en tres niveles de corte (apical, medio, basal) en la provincia del Carchi Cantón Espejo, período 2019-2020* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- García, E.T. y González, S.P. (2009). *Plagas y enfermedades de la papa. Identificación y control*. Mosquera, Colombia.
- Garrido, S. (1993). *Interpretación de análisis de suelos. Hoja Divulgativa Nro, 5. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación*. Madrid, España. 40 p.
- Garzón, F.J.M. (2007). Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (Solanum tuberosum) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de la papa*, 14(1), 1-9.
- Gavilánez Luna, F. (2021). *Diseños y análisis estadísticos para experimentos agrícolas*. Ediciones Díaz de Santos. 670 p.
- Gonza, K.A. (2014). Efecto de concentraciones de 2, 4-d en el enraizamiento de esquejes de tallo juvenil de Solanum tuberosum var. yungay en condiciones de invernadero Carabamba. La Libertad, Perú (Tesis de pregrado). Trujillo, Perú, Universidad Nacional de Trujillo.
- Gutarra, D.M. y Chagua, C.P.C. (2021). Características y rendimiento de semillas básicas de papa nativa (Solanum goniocalyx) obtenidas en biorreactor de inmersión temporal en condiciones de invernadero. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 38: 322-341.
- Gutiérrez-Rosales, R.O., Espinoza-Trelles, J.A., & Bonierbale, M. (2007). UNICA: variedad Peruana para mercado fresco y papa frita con tolerancia y resistencia para condiciones climáticas adversas. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 14(1), 41-50.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2012). *Boletín Papa INIA 303 canchan*. Recuperado de http://www.inia.gob.pe/wpcontent/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/papa/INIA_303.pdf

- Javid, M.G., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Sanavy, S.A.M.M. & Allahdadi, I. (2011). The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Aust J Crop Sci* 5:726–734
- Jordán, M. y Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. Squeo, F.A. & Cardemil, L.(eds.). *Fisiología Vegetal*, 1-28.
- Kroschel, J., Cañedo, V., Alcázar, J. y Miethbauer, T. (2012). *Manejo de plagas de la papa en la región andina del Perú. Guía de capacitación*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP). ISBN 978-92-9060-420-9. 2. ed. 88 p.
- Lalinde, J.D.H., Castro, F.E., Rodríguez, J.E., Rangel, J.G.C., Sierra, C.A.T., Torrado, M.K.A. y Pirela, V.J.B. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595.
- Layten, V. (2015). *Efecto de extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de Alcachofa (Cynara scolymus L.) cv. Lorca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Leblanc Ureña, H.A., Miranda Huanca, A., Cerrato, M. y Valle Vera, G.J. (2007). Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. *Tierra Tropical*, 3 (1): 97-107.
- León Araujo, D.P. (2011). *Propagación de dos Especies de Yagual (Polylepis incana y Polylepis racemosa) utilizando dos Enraizadores Orgánicos y dos Enraizadores Químicos en el Vivero Forestal del Crea en el Cantón y Provincia del Cañar* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- López-Corona, B.E., Mondaca-Fernández, I., Gortáres-Moroyoqui, P., Meza-Montenegro, M.M., Balderas-Cortés, J.D.J., Ruiz-Alvarado, C. y Rueda-Puente, E.O. (2019). Enraizamiento de esquejes de *Salicornia bigelovii* (Torr.) por quitosano como un bioproducto de origen marino. *Terra Latinoamericana*, 37(4), 361-369.
- Martínez, A. (2018). *Implicaciones de las hormonas vegetales en respuesta al estrés abiótico* (Trabajo fin de grado en biología). Universidad de Jaén, España.
- Mejía, R., Méndez, S., Pineda, J. y Hernández, L. (2013). *Manual de producción de semilla de papa mediante técnicas de multiplicación asexual*. Centro Nacional de Producción de Semilla de Papa de Honduras (CNPSP-H). Programa PYMERURAL. Tegucigalpa, Honduras. 39 p.
- Melo, O., López, L. y Melo, S. (2020). *Diseño de experimentos: métodos y aplicaciones*.

- Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 696 p.
- MIDAGRI. (30 de mayo de 2022). *MIDAGRI: En el Día Nacional, el Perú lidera la producción de papa en América Latina*. Plataforma digital única del estado peruano. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/612374-midagri-en-el-dia-nacional-el-peru-lidera-la-produccion-de-papa-en-america-latina>
- MIDAGRI. (2022). Marco Orientador de Cultivos. Campaña agrícola 2022-2023. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.13036/1312>
- MINAGRI. (2018). Plan Nacional de cultivos. Campaña agrícola 2019-2020. Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/471867/Plan_Nacional_de_Cultivos_2019_2020b.pdf
- Molano, L.E.R. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 9-17.
- Molina, E. (2007). *Análisis de suelos y su interpretación*. San José, Costa Rica: CIA-UCR-Amino Grow International.
- Montesdeoca, F. (2005). *Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad*. Quito. PNRT, INIAP, Proyecto FORTIPAPA. 38 p.
- Morocho, G.N. (2015). *Propagación vegetativa de café robusta (Coffea canephora) utilizando polvos enraizantes, ácido indolbutírico (Aib), y ácido naftalenacético (Ana) en diferentes concentraciones en ventanas* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- Osorio, P.G. (2000). *Producción de tubérculos semilla en contenedores pequeños*.
- Palacios, R. (2014). Evaluación de enraizadores sintéticos en esquejes de pimienta negra (*Piper nigrum*, Piperaceae); Puerto Barrios, Izabal (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, Zacapa, Guatemala.
- Paredes, M., Calvache, M., Montesdeoca, F. y Benítez, J. (2006). Estudio de producción de tubérculo-semilla categoría prebásica de dos variedades de papa bajo diferentes sistemas de manejo.
- Pereira, J.E.S. & Fortes, G.R.D.L. (2001). Multiplicação e aclimatização da macieira influenciada pelo tipo de explante e pelo tempo de permanência em meio de enraizamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal, v.23, n.2, p.417-420.
- Pereira, J.E.S. & Fortes, G.R.D.L. (2004). Produção de mudas pré-básicas de batata por estaquia a partir de plantas micropropagadas. *Horticultura Brasileira*, 22, 186-192.
- Pérez, W. y Forbes, G. (2011). Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina. International Potato Center.

- Quijandría, A.P. (2018). *Efecto de la aplicación de cinco tipos de compost en el rendimiento de papa (Solanum tuberosum L.) cv. Canchan en un suelo de Quilcas (Valle del Mantaro)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Quiroz Suárez, L.M. (2021). *Análisis de efectividad de los diferentes tipos de enraizantes naturales para la agricultura* (Trabajo de titulación). Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad.
- Ramírez, J.A. (2019). *Características biométricas en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) bajo fertilización edáfica y foliar con zinc* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Ríos, G. (2007). *Distribución y variabilidad de Ralstonia solanacearum E.F. Smith, agente causal de marchitez bacteriana en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.), en tres departamentos del norte de Nicaragua (Estelí, Matagalpa y Jinotega)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Rodríguez Mendoza, F.V. (2018). *Producción de minitubérculos de papa (Solanum tuberosum L.) de los cultivares Karú y Pampeana producidos en biorreactores económicos de inmersión temporal (BEIT) y su mutiplicación por esquejes extraídos de yemas apicales y axilares* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Rodríguez, L.E. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 9-17.
- Saavedra Gamboa, E.B. (2022). *Análisis comparativo entre abonos orgánicos a partir de residuos de pescado y de estiércol de ganado ovino en la fertilización de los suelos agrícolas del centro poblado Tablazo Norte del distrito de La Unión* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Piura, Perú.
- Salomón, J.L. (2001). *Estudio y selección de progenies híbridas de semilla sexual de papa (Solanum tuberosum, L.) en Cuba* (Tesis de maestría). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba.
- Spooner, D.M., Mclean, K., Ramsay, G., Waugh, R. & Bryan, G.J. (2005). A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 126: 14694-14696.
- Soil Survey Staff. (2022). *Keys to Soil Taxonomy* (13th edition). USDA Natural Resources Conservation Service. Recuperado de: <https://rangelandsgateway.org/sites/default/files/2021->

- Ticona Quino, S.R.M. (2015). *Producción de semilla pre-básica de papa (Solanum tuberosum L.) a partir de esquejes de brote de invernadero* (Tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Valenzuela Aguilar, N.M. (2011). *Evaluación de dos hormonas de enraizamiento en la multiplicación vegetativa de Centrolobium ochroxylum (Amarillo de Guayaquil)* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador
- Vásquez, D. (2008). *Producción y evaluación de cuatro bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos (Doctoral dissertation)* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Vásquez, E. (2003). *Influencia de los Factores Ambientales en la Predicción del Comportamiento de los Clones de Papa para la Costa del Perú* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Vega Cobos, K.F. (2018). *Ritmo de crecimiento y tuberización de dos variedades precoces de papa (Solanum tuberosum L.) en condiciones de Costa Central* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Vizcaíno Villota, F.A. (2017). *Evaluación de tres tipos de sustratos en la producción de semilla básica de papa variedad súper chola (Solanum tuberosum L), bajo condiciones de invernadero* (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.
- Yana Ticona, M. (2021). *Fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (Polylepis Tomentella Wedd) en el vivero Alto Huenque de la provincia de Chucuito–Región Puno* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca, Perú.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Datos de altura de planta

Tratamiento	Código	día 15	día 30	día 45	día 60
T01	V1E1B1	4.70	9.40	29.87	46.00
T01	V1E1B1	4.83	9.65	39.10	51.65
T01	V1E1B1	6.18	12.33	49.05	64.33
T01	V1E1B1	5.70	11.40	47.15	62.68
T02	V1E2B1	10.30	19.43	36.90	51.67
T02	V1E2B1	6.95	10.28	34.48	48.25
T02	V1E2B1	9.30	19.40	47.33	66.25
T02	V1E2B1	7.23	13.66	39.68	55.50
T03	V1E1B2	5.78	11.53	32.13	40.13
T03	V1E1B2	4.90	9.78	38.33	51.60
T03	V1E1B2	6.15	12.35	41.65	66.48
T03	V1E1B2	7.75	15.50	42.35	59.55
T04	V1E2B2	7.53	14.78	18.00	25.00
T04	V1E2B2	4.80	8.15	20.38	28.50
T04	V1E2B2	5.98	12.78	33.55	47.00
T04	V1E2B2	10.15	18.33	38.75	54.25
T05	V1E1B3	6.75	13.55	40.17	57.20
T05	V1E1B3	4.33	8.55	41.80	49.65
T05	V1E1B3	7.80	15.53	42.03	64.83
T05	V1E1B3	5.78	11.53	34.45	54.43
T06	V1E2B3	5.08	8.15	20.47	28.67
T06	V1E2B3	3.05	4.88	9.48	13.13
T06	V1E2B3	2.93	5.55	22.17	31.00
T06	V1E2B3	6.93	12.63	27.90	39.00
T07	V1E1B4	8.23	16.50	34.67	54.33
T07	V1E1B4	6.50	13.00	47.80	63.33
T07	V1E1B4	7.83	15.70	54.08	72.13
T07	V1E1B4	6.45	12.85	47.38	70.20
T08	V1E2B4	2.08	3.37	3.10	4.17
T08	V1E2B4	6.83	11.48	20.45	28.50
T08	V1E2B4	11.13	21.63	32.15	45.00
T08	V1E2B4	3.78	6.23	38.13	53.33
T09	V2E1B1	5.15	13.00	38.03	44.37
T09	V2E1B1	7.90	15.83	43.40	54.10

«Continuación»

T09	V2E1B1	6.65	13.28	40.40	51.80
T09	V2E1B1	6.43	13.00	45.73	63.88
T10	V2E2B1	4.88	8.18	26.80	36.67
T10	V2E2B1	4.43	10.87	20.70	29.00
T10	V2E2B1	6.38	10.38	31.08	43.50
T10	V2E2B1	6.67	9.43	19.10	26.67
T11	V2E1B2	6.18	12.33	41.97	55.90
T11	V2E1B2	4.78	9.50	44.10	57.95
T11	V2E1B2	5.93	11.80	38.23	50.75
T11	V2E1B2	5.15	10.30	41.58	45.45
T12	V2E2B2	4.47	7.93	18.20	25.50
T12	V2E2B2	1.23	1.83	3.60	5.00
T12	V2E2B2	1.07	1.67		
T12	V2E2B2	4.00	7.08	17.40	24.33
T13	V2E1B3	3.43	6.85	26.35	37.40
T13	V2E1B3	3.30	6.70	47.17	64.33
T13	V2E1B3	1.95	4.05	14.33	16.70
T13	V2E1B3	3.45	6.58	4.23	5.33
T14	V2E2B3	2.18	4.95	29.30	41.00
T14	V2E2B3	1.70	2.00		
T14	V2E2B3	3.78	9.43	26.20	36.67
T14	V2E2B3	1.55	4.45	15.97	22.33
T15	V2E1B4	4.30	8.58	30.67	39.00
T15	V2E1B4	3.43	6.85	27.15	37.53
T15	V2E1B4	3.98	8.05	34.65	46.40
T15	V2E1B4	4.10	8.18	41.60	46.65
T16	V2E2B4	1.28	3.57	14.65	20.50
T16	V2E2B4	3.53	12.40	29.30	41.00
T16	V2E2B4	4.30	5.65	25.35	35.50
T16	V2E2B4	3.08	5.60	27.40	38.33

Anexo 2: Datos de cobertura y área foliar

Tratamiento	Código	Cobertura foliar (%)				Área foliar (cm ²)			
		día 15	día 30	día 45	día 60	día 15	día 30	día 45	día 60
T01	V1E1B1	18.175	20.325	39.624	60.247	182.996	2663.892	3248.912	5348.501
T02	V1E2B1	21.967	33.825	37.666	38.024	580.886	1271.940	1975.969	2902.863
T03	V1E1B2	15.058	20.412	26.761	40.046	769.797	1384.946	1545.417	3536.356
T04	V1E2B2	20.674	24.659	32.847	38.577	1022.294	2271.209	2468.529	2508.351
T05	V1E1B3	24.499	29.914	30.441	40.417	641.425	1698.602	2508.054	3346.262
T06	V1E2B3	10.304	12.229	16.237	24.469	422.807	1263.106	1877.291	2064.557
T07	V1E1B4	8.259	37.195	40.731	56.360	1111.602	5806.055	5332.386	5610.320
T08	V1E2B4	2.230	15.417	28.861	31.251	12.743	1925.470	3039.091	3633.990
T09	V2E1B1	24.813	29.120	30.318	35.472	823.795	2549.657	2965.185	4518.850
T10	V2E2B1	12.958	19.042	23.929	27.578	529.668	2027.158	2236.030	2957.712
T11	V2E1B2	14.732	25.695	29.068	40.103	62.774	977.245	1634.710	2286.578
T12	V2E2B2	8.967	14.784	23.366	29.722	184.216	322.422	548.548	1537.167
T13	V2E1B3	16.196	20.591	23.629	35.988	156.392	1420.913	1917.524	2713.192
T14	V2E2B3	9.782	20.980	23.655	25.911	71.301	117.513	378.112	477.112
T15	V2E1B4	23.986	30.372	43.005	65.897	372.764	1832.214	4574.149	5507.950
T16	V2E2B4	4.885	11.873	22.609	31.171	16.775	83.422	1529.255	1664.887

Anexo 3: Prueba de Normalidad de errores y Homogeneidad de varianzas

Variable	Factor	Normalidad de errores			Homogeneidad de varianzas		
		Prueba de normalidad	p-value	Condición de hipótesis	Prueba de homogeneidad	p-value	Condición de hipótesis
Tasa de crecimiento de tallo	Variedad (V)	Lilliefors	0.1736	Se acepta Ho	Bartlett	0.8507	Se acepta Ho
	Esqueje (E)	Lilliefors	0.1736	Se acepta Ho	Bartlett	0.6704	Se acepta Ho
	Enraizador (B)	Lilliefors	0.1736	Se acepta Ho	Bartlett	0.3118	Se acepta Ho
	VxE	Lilliefors	0.1736	Se acepta Ho	Bartlett	0.1174	Se acepta Ho
	VxB	Lilliefors	0.1736	Se acepta Ho	Bartlett	0.2544	Se acepta Ho
	ExB	Lilliefors	0.1736	Se acepta Ho	Bartlett	0.1673	Se acepta Ho
	VxExB	Lilliefors	0.1736	Se acepta Ho	Bartlett	0.1053	Se acepta Ho
Número de tuberculillos por planta (NTP)	Variedad (V)	Lilliefors	0.00112	Se rechaza Ho	Levene	0.0004512	Se rechaza Ho
	Esqueje (E)	Lilliefors	0.00112	Se rechaza Ho	Levene	0.01598	Se rechaza Ho
	Enraizador (B)	Lilliefors	0.00112	Se rechaza Ho	Levene	0.6944	Se acepta Ho
	VxE	Lilliefors	0.00112	Se rechaza Ho	Levene	0.05431	Se acepta Ho
	VxB	Lilliefors	0.00112	Se rechaza Ho	Levene	0.008697	Se rechaza Ho
	ExB	Lilliefors	0.00112	Se rechaza Ho	Levene	0.1111	Se acepta Ho
	VxExB	Lilliefors	0.00112	Se rechaza Ho	Levene	0.09594	Se acepta Ho
Número de tuberculillos por m ² (NTM)	Variedad (V)	Lilliefors	8.7E-05	Se rechaza Ho	Levene	0.0002108	Se rechaza Ho
	Esqueje (E)	Lilliefors	8.7E-05	Se rechaza Ho	Levene	0.01146	Se rechaza Ho
	Enraizador (B)	Lilliefors	8.7E-05	Se rechaza Ho	Levene	0.7012	Se acepta Ho
	VxE	Lilliefors	8.7E-05	Se rechaza Ho	Levene	0.04599	Se rechaza Ho
	VxB	Lilliefors	8.7E-05	Se rechaza Ho	Levene	0.1621	Se acepta Ho
	ExB	Lilliefors	8.7E-05	Se rechaza Ho	Levene	0.01146	Se rechaza Ho
	VxExB	Lilliefors	8.7E-05	Se rechaza Ho	Levene	0.09899	Se acepta Ho
Diámetro promedio de tuberculillos (DPT)	Variedad (V)	Lilliefors	0.00856	Se rechaza Ho	Levene	0.01306	Se rechaza Ho
	Esqueje (E)	Lilliefors	0.00856	Se rechaza Ho	Levene	0.8381	Se acepta Ho
	Enraizador (B)	Lilliefors	0.00856	Se rechaza Ho	Levene	0.4361	Se acepta Ho
	VxE	Lilliefors	0.00856	Se rechaza Ho	Levene	0.0002584	Se rechaza Ho
	VxB	Lilliefors	0.00856	Se rechaza Ho	Levene	0.3976	Se acepta Ho
	ExB	Lilliefors	0.00856	Se rechaza Ho	Levene	0.8381	Se acepta Ho
	VxExB	Lilliefors	0.00856	Se rechaza Ho	Levene	2.63E-06	Se rechaza Ho
Peso promedio por tuberculillos (PPT)	Variedad (V)	Lilliefors	0.225	Se acepta Ho	Bartlett	0.0001459	Se rechaza Ho
	Esqueje (E)	Lilliefors	0.225	Se acepta Ho	Bartlett	0.7447	Se acepta Ho
	Enraizador (B)	Lilliefors	0.225	Se acepta Ho	Bartlett	0.4226	Se acepta Ho
	VxE	Lilliefors	0.225	Se acepta Ho	Bartlett	0.0006335	Se rechaza Ho
	VxB	Lilliefors	0.225	Se acepta Ho	Bartlett	0.001695	Se rechaza Ho
	ExB	Lilliefors	0.225	Se acepta Ho	Bartlett	0.7913	Se acepta Ho
	VxExB	Lilliefors	0.225	Se acepta Ho	Bartlett	0.1804	Se acepta Ho
Peso total de tuberculillos por planta (PTTP)	Variedad (V)	Lilliefors	0.1194	Se acepta Ho	Bartlett	0.9993	Se acepta Ho
	Esqueje (E)	Lilliefors	0.1194	Se acepta Ho	Bartlett	0.5548	Se acepta Ho
	Enraizador (B)	Lilliefors	0.1194	Se acepta Ho	Bartlett	0.02898	Se rechaza Ho
	VxE	Lilliefors	0.1194	Se acepta Ho	Bartlett	0.02538	Se rechaza Ho
	VxB	Lilliefors	0.1194	Se acepta Ho	Bartlett	0.0411	Se rechaza Ho
	ExB	Lilliefors	0.1194	Se acepta Ho	Bartlett	0.0009438	Se rechaza Ho
	VxExB	Lilliefors	0.1194	Se acepta Ho	Bartlett	0.01455	Se rechaza Ho

Anexo 4: Prueba Tukey para el efecto de la variedad, tipo de esqueje y tipo de enraizador respecto a la variable TCT

Tratamiento	Código	TCT	
		Media	Grupos
T01	V1E1B1	1.220	ab
T02	V1E2B1	1.099	ab
T03	V1E1B2	1.141	ab
T04	V1E2B2	0.726	abc
T05	V1E1B3	1.189	ab
T06	V1E2B3	0.550	bc
T07	V1E1B4	1.365	a
T08	V1E2B4	0.621	bc
T09	V2E1B1	1.128	ab
T10	V2E2B1	0.666	abc
T11	V2E1B2	1.143	ab
T12	V2E2B2	0.273	c
T13	V2E1B3	0.671	abc
T14	V2E2B3	0.555	bc
T15	V2E1B4	0.940	abc
T16	V2E2B4	0.732	abc

Nota. TCT: Tasa de crecimiento de tallo.

Anexo 5: Prueba de Tukey para el efecto de la variedad y el tipo de esqueje respecto a la variable PPT

Tratamiento	Media	Grupos
V2E1	47.7	a
V2E2	34.2	b
V1E2	30.0	b
V1E1	24.9	b

Nota. PPT: Peso promedio de tuberculillos.

Anexo 6: Prueba de Tukey para el efecto del factor tipo de esqueje respecto a la variable PTTP

Tratamiento	Media	Grupo
E1	496.135	a
E2	311.316	b

Nota. PTTP: Peso total de tuberculillos por planta.

Anexo 7: Prueba de Bonferroni para el efecto de los factores variedad, tipo de esqueje y tipo de enraizador respecto a las variables NTP, NTM y DPT

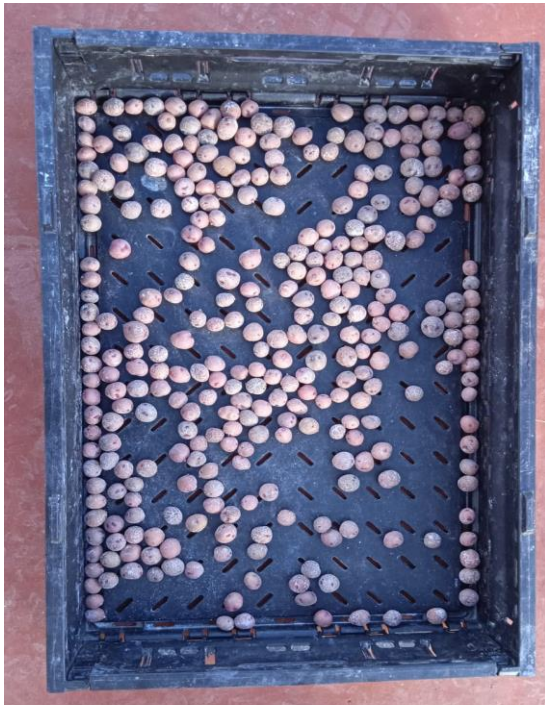
Tratamiento	Código	NTP		NTM		DPT	
		Mediana	Grupos	Mediana	Grupos	Mediana	Grupos
T01	V1E1B1	20.5	ab	647.229	abc	3.629	bc
T02	V1E2B1	10.0	bc	307.699	cd	4.134	abc
T03	V1E1B2	22.5	a	721.501	a	3.236	bc
T04	V1E2B2	12.5	abc	392.581	bcd	3.629	bc
T05	V1E1B3	21.5	ab	689.670	ab	3.108	bc
T06	V1E2B3	13.5	abc	424.412	bcd	3.636	bc
T07	V1E1B4	20.5	ab	647.229	abc	3.469	bc
T08	V1E2B4	11.5	abc	366.055	bcd	4.029	abc
T09	V2E1B1	11.0	abc	350.140	bcd	3.307	bc
T10	V2E2B1	9.5	bc	297.089	cd	5.688	a
T11	V2E1B2	10.0	bc	318.309	cd	5.690	a
T12	V2E2B2	1.5	d	53.052	d	2.245	c
T13	V2E1B3	9.5	bc	297.089	cd	5.315	ab
T14	V2E2B3	7.5	c	236.963	cd	4.913	ab
T15	V2E1B4	13.0	abc	424.412	bcd	5.498	ab
T16	V2E2B4	10.0	bc	318.309	cd	5.107	ab

Nota. NTP: Número de tuberculillos por planta. NTM: Número de tuberculillos por metro cuadrado. DPT: Diámetro promedio de tuberculillos.

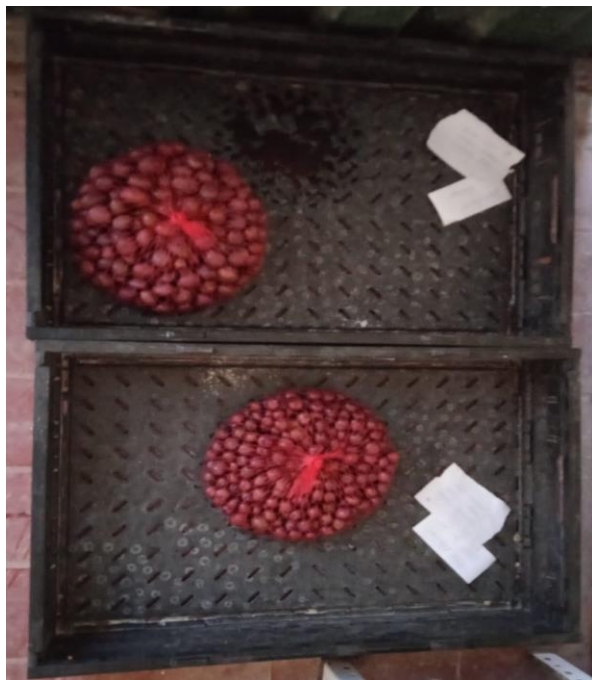
Anexo 8: Registro fotográfico de la desinfección de semillas para plantas madre



**VARIEDAD ÚNICA
3RA CATEGORÍA**



**VARIEDAD CANCHAN
4TA CATEGORÍA**



Anexo 9: Registro fotográfico de desinfección y preparación del sustrato



Anexo 10. Registro fotográfico de fertilización y siembra en macetas de tuberculillos, para la obtención de plantas madres



Anexo 11: Registro fotográfico de aporque y mantenimiento de plantas madres



Anexo 12: Registro fotográfico de corte de esquejes apicales y laterales, inmersión en enraizadores y siembra a jabs de almacigo



Anexo 13: Registro fotográfico de trasplante de esquejes apicales y primera fertilización



Anexo 14: Registro fotográfico de trasplante de esquejes laterales y primera fertilización



Anexo 15: Registro fotográfico de aporque a los 15 días del trasplante de esquejes



Anexo 16: Registro fotográfico de medición de altura y control químico de plantas



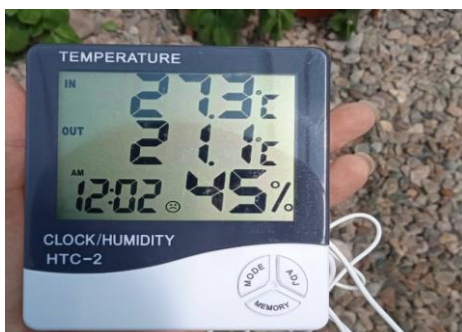
Anexo 17: Registro fotográfico de medición de área foliar



Anexo 18: Registro fotográfico de medición de cobertura foliar



Anexo 19: Registro fotográfico de medición de la temperatura y humedad con el termohigrómetro



Anexo 20: Registro fotográfico de mantenimiento del cultivo (tutorado, riego, control químico)



Anexo 21: Registro fotográfico de corte de tallos y cosecha de tuberculillos



Anexo 22: Registro fotográfico de medición de la calidad cualitativa de tuberculillos



Anexo 23: Registro fotográfico de medición del diámetro y peso de tubérculos



Anexo 24: Registro fotográfico de procesamiento de imágenes en el programa imageJ para el cálculo de la cobertura y área foliar

