



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

**Evaluación de sustratos y densidades de siembra en la producción de
semillas de papa prebásicas en condición de túneles en La Perla,
Miraflor**

Cruz, N; Rodríguez, D; Sánchez, G.

Tutor(a)

MSc. Karen Elizabeth Velásquez Meza

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

**Centro Universitario Regional de Estelí
CUR-Estelí**

Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”

Departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud

**Evaluación de sustratos y densidades de siembra en la
producción de semillas de papa prebásicas en condición
de túneles en La Perla, Mirafior**

Trabajo de Investigación para optar al grado de Ingenieros Agrónomos

Autores

Nicky Josué Cruz Calvo

Denise Rodríguez Molina

Gerald Jovany Sánchez Talavera

Tutor

MSc. Karen Elizabeth Velásquez Meza

Diciembre, 2025



Dedicatoria

Esta investigación se la dedicamos en primer lugar a Dios por ayudarnos a conciliar el conocimiento adquirido en estos años, por la perseverancia, sabiduría, disciplina, salud y actitud para asimilar de manera gratificante todos los valores que nos hicieron culminar esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres por ser los principales en formarlos desde casa e inculcarlos valores necesarios para ser alguien de bien.

A nuestros apreciados maestros Ing. Eliezer Alfaro, Ing. Jorge Pinell, Ing. Josué Urrutia, MSc. Karen Elizabeth Velásquez Meza, por brindarnos su apoyo incondicional y el mejor acompañamiento en toda nuestra preparación profesional, por transmitirnos sus valiosos conocimientos e inculcarnos valores éticos y profesionales.

Nicky Josué Cruz Calvo

Denise Rodríguez Molina

Gerald Jovany Sánchez Talavera

Agradecimiento

Queremos agradecer a Dios por permitir culminar esta investigación y esta etapa de nuestras vidas proporcionando todo lo necesario a pesar de las altas y bajas que se nos presentaron en el camino, nos dio la fortaleza para seguir siempre adelante.

A nuestra tutora MSc. Karen Elizabeth Velásquez Meza, quién dedicó tiempo y esfuerzo para culminar este estudio a la par de nosotros en todo momento y disponiendo de todos sus conocimientos para compartir con nosotros de la mejor manera.

De igual manera agradecer al Instituto nacional de tecnología agropecuaria (INTA) por brindarnos la oportunidad de trabajar con ellos, de igual manera agradecerles por facilitarnos sus instalaciones y completa disponibilidad de recursos e información, por facilitar el acceso a sus instalaciones y trabajar de la mano con universidades y población en general.

Nicky Josué Cruz Calvo

Denise Rodríguez Molina

Gerald Jovany Sánchez Talavera



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELÍ
"2025: Eficiencia y Calidad para seguir en victorias"
Departamento de Ciencias de la Educación y Humanidades

CARTA AVAL DEL TUTOR

Estelí, 01 de diciembre de 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutor(a) del trabajo de modalidad de graduación titulado: "Evaluación de sustratos y densidades de siembra en la producción de semillas de papa prebásicas en condición de túneles en La Perla, Miraflor", elaborado por el(la)/los(as) estudiante(s):

Nicky Josué Cruz Calvo,	15-06807-9
Denise Rodríguez Molina,	21-51291-9
Gerald Jovany Sánchez Talavera,	19-50633-0

Estudiante(s) de la carrera de Ingeniería Agronómica, hago constar que he brindado acompañamiento académico y metodológico durante el desarrollo de dicho trabajo, cumpliendo con lo establecido en el cronograma y en la normativa institucional vigente. Asimismo, avalo que el trabajo cumple con los requisitos formales, científicos y éticos exigidos por la Universidad, en cumplimiento de la modalidad de graduación correspondiente.

Atentamente,

Mtra. Karen Elizabeth Velásquez Meza

Orcid: 0000-0003-0910-9929

UNAN-Managua/CUR-Estelí

CC/

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENATREL, Tel 27137734, Ext 7424
dceh.curesteli@unan.edu.ni

Resumen

La investigación tiene como objetivo evaluar tres sustratos y tres densidades de siembra en la producción de semilla de papa prebásica (*Solanum tuberosum* L.) de la variedad INTA Industrial, en condición de túneles en la Perla, Miraflores. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), las variables consideradas fueron porcentaje de prendimiento, crecimiento vegetativo y rendimiento. Los resultados mostraron que el sustrato TNCA70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz) y TN/A50/50 (Tierra negra + arena) fueron los que produjeron plantas más vigorosas, con mayor diámetro y altura a la floración, en tanto para el rendimiento productivo expresado en kg/ m², las densidades de siembra de 66 y 33 plantas mostraron mejor rendimiento y por efecto del tipo de sustrato, el que presentó mejor resultado fue el TNCA_70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz). Los tratamientos estudiados y las densidades de siembra presentan condiciones óptimas para el desarrollo de las plántulas de papa en la producción de semilla prebásica bajo condiciones controladas.

Palabras claves: Semilla prebásica, Producción agrícola, Sustratos, Densidades de siembra

Abstract

The objective of this research is to evaluate three substrates and three planting densities in the production of pre-basic potato seeds (*Solanum tuberosum* L.) of the INTA Industrial variety, grown in tunnels in La Perla, Miraflor. A completely randomized experimental design (CRD) was used, and the variables considered were percentage of establishment, vegetative growth, and yield. The results showed that the TNCA70/30 (black soil + rice husks) and TN/A50/50 (black soil + sand) substrates produced the most vigorous plants, with greater diameter and height at flowering. while for productive yield expressed in kg/m², planting densities of 66 and 33 plants showed better yield and, due to the type of substrate, the one that presented the best result was TNCA_70/30 (black soil + rice husks). The treatments studied and the planting densities present optimal conditions for the development of potato seedlings in the production of pre-basic seed under controlled conditions.

Keywords: Pre-basic seed, Agricultural production, Substrates, Planting densities

Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Antecedentes.....	2
3.	Planteamiento del problema	4
4.	Justificación.....	5
5.	Objetivos de investigación	6
5.1.	Objetivo General.....	6
5.2.	Objetivos específicos.....	6
6.	Limitaciones del estudio.....	7
7.	Hipótesis.....	8
8.	Operacionalización de Variables	9
9.	Marco Teórico.....	10
9.1	Generalidades del cultivo de papa.....	10
9.1.1	Taxonomía	10
9.1.2	Morfología y fisiología de la papa.....	11
9.1.3	Fases fenológicas de la papa.....	11
9.2	Producción de semilla de papa prebásica	13
9.2.1	Sistema de producción.....	13
9.2.2	Requerimientos nutricionales	15
9.3	Producción en ambiente protegidos, túneles	16
9.4	Definición de sustratos	16
9.4.1	Tipos de sustratos más comunes en horticultura	17
9.5	Densidad de siembra en la papa	18
9.5.1	Efectos en la densidad de siembra.....	18
10.	Diseño metodológico.....	20
10.1.	Descripción de la ubicación del área de estudio.....	20
10.2.	Tipo de investigación.....	20
10.3.	Diseño experimental.....	21
10.3.1.	Tratamientos	22
10.4.	Población y selección de la muestra	23
10.5.	Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos	23

10.6.	Confiabledad y validez de los instrumentos	25
10.7.	Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos	25
11.	Análisis y discusión de resultados	26
11.1.	Porcentaje de prendimiento	26
11.1.1.	Prendimiento a los siete días	26
11.1.2.	Prendimiento a los catorce días	27
11.2.	Crecimiento y desarrollo vegetativo	28
11.2.1.	Vigor	28
11.2.2.	Diámetro de tallo	29
11.2.3.	Altura de la planta a la floración	30
11.3.	Rendimiento de tubérculos de semilla prebásica de papa.	31
11.3.1.	Numero de tubérculos/m ²	31
11.3.2.	Rendimiento kg/ m ²	33
11.3.3.	Rendimiento por categoría.....	34
11.3.4.	Peso por categoría.....	35
11.3.1.	Descarte de tubérculos.....	36
12.	Conclusiones.....	38
13.	Recomendaciones	39
14.	Referencias	40
15.	Anexos	42

Índice de tablas

<i>Tabla 1</i> Operacionalización de variables.....	9
<i>Tabla 2</i> Taxonomía de la papa	10
<i>Tabla 3</i> Materiales residuales que pueden ser utilizados como sustratos	17
<i>Tabla 4</i> Tipos de sustratos y densidades de siembra.....	22
<i>Tabla 5</i> Rendimiento por categoría, por efecto de las densidades de siembra.....	34
<i>Tabla 6</i> Rendimiento por categoría, por efecto de los tipos de sustratos	35
<i>Tabla 7</i> Peso por categoría, por efecto de las densidades de siembra	35
<i>Tabla 8</i> Peso por categoría, por efecto los tipos de sustratos.....	36
<i>Tabla 9</i> Descarte de tubérculos por efecto de las densidades de siembra	37

Índice de figuras

<i>Figura 1</i> Ciclo del cultivo de papa	12
<i>Figura 2</i> Ubicación del área de estudio	20
<i>Figura 3</i> Prendimiento a los siete días, en el estudio de tres densidades de siembra de semilla prebásica de papa (<i>Solanum tuberosum</i> . L.).....	26
<i>Figura 4</i> Prendimiento a los catorce días, en el estudio de tres sustratos y tres densidades de siembra de semilla prebásica de papa (<i>Solanum tuberosum</i> . L.)	27
<i>Figura 5</i> Variable vigor, en el estudio de tres tipos de sustratos	28
<i>Figura 6</i> Diámetro de tallo en la evaluación de tres tipos de sustratos	29
<i>Figura 7</i> Altura de la planta a la floración, en la evaluación de tres tipos de sustratos	30
<i>Figura 8</i> Número de tubérculos/ m ² , en el estudio de tres tipos de sustratos	31
<i>Figura 9</i> Número de tubérculos/ m ² , en el estudio de tres tipos de densidades de siembra	32
<i>Figura 10</i> Rendimiento kg/m ² por efecto de las densidades de siembra.....	33

1. Introducción

La producción de semilla de calidad es un componente fundamental para el desarrollo sostenible del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*). La papa representa en la actualidad, el tercer alimento más consumido del mundo, después del trigo (*Triticum aestivum L.*), arroz (*Oryza sativa L.*) y es un pilar fundamental de la alimentación de la población mundial, debido a su capacidad para desarrollarse en menos tierra que cualquier otro cultivo importante (FAO, 2024).

Este tubérculo es ampliamente valorado por su riqueza nutricional, elevado rendimiento y rentabilidad por unidad de superficie, lo que lo convierte en un recurso clave para garantizar la seguridad alimentaria en países en vías de desarrollo (FAO, 2024). No obstante, uno de los principales desafíos para los productores radica en el acceso limitado a semilla certificada, libre de enfermedades, lo cual se agrava en contextos donde predominan prácticas tradicionales y limitados recursos tecnológicos (Nascimento et al., 2020).

En este contexto, la producción de semilla prebásica mediante técnicas como el cultivo in vitro y la hidroponía en sustratos inertes, ha cobrado relevancia como alternativa para la propagación eficiente de plántulas sanas, aunque sigue enfrentando limitaciones económicas, técnicas y ambientales (Gullino et al., 2003).

La elección del sustrato y la densidad de siembra son factores críticos que influyen directamente en la calidad del mini tubérculo, al afectar el desarrollo radicular, la absorción de nutrientes y la uniformidad del cultivo (López et al., 2008; Hidalgo et al., 1999) citado por (Aluoch, 2025). De esta manera, se plantea como tema central de este estudio, la evaluación de tres sustratos y tres densidades de siembra en la producción de semilla prebásica de papa bajo condiciones de túneles, utilizando plántulas obtenidas por propagación in vitro, empleando un diseño completamente al azar (DCA). El presente documento se estructura de la siguiente manera: Introducción, Antecedentes, Planteamiento del problema, Justificación, Objetivos de la investigación, Limitaciones del estudio, Hipótesis, Operacionalización de variables, Marco Teórico, Diseño metodológico, Análisis y discusión de resultados, Conclusiones, Recomendaciones y finalmente, se incluyen las referencias bibliográficas utilizada y los anexos que complementan la propuesta investigativa.

2. Antecedentes

A continuación, se detallan algunos aportes de investigaciones referentes al tema en estudio:

La investigación realizada por Vásquez-Ramírez (2019), con el objetivo de evaluar tres variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*), tres densidades de siembra y dos sustratos para la producción de semilla prebásica, presentando como resultados con mayores porcentajes de rendimientos de mini tubérculos por m² con densidad de 37.5 plantas por m², la combinación escoria volcánica 60% más fibra de coco 40%. (Vasquez-Ramirez y otros, 2019).

El estudio realizado por Rojas (2015), con el objetivo evaluar de cuatro sustratos en la producción de semilla prebásica de papa (*Solanum tuberosum L.*) en dos variedades. TUMBACO, PICHINCHA. Los resultados muestran que el mejor sustrato es el humus estafa 389,75 tubérculos/ m² en la variedad Súperchola y 151,75 tubérculos/m² en la variedad Capiro. (Rojas Olmedo, 2015).

Camposeco en el 2015, presento estudio sobre evaluación de seis tipos de sustratos para la producción de semilla pre básica de papa (*Solanum tuberosum L.*), variedad Loman bajo condiciones protegidas ICTA, Labor Ovalle, Quetzaltenango en Guatemala, donde el principal resultado se enfocó en que los sustratos evaluados en la producción de semilla pre básica de papa variedad Loman mostraron diferencias estadísticas significativas en la variable número de tubérculos/m², existiendo cinco sustratos (peatmoss, suelo labor Ovalle, tezontle, poma y arena de río con 423 tubérculos/m²) superior al sustrato arena blanca con producción de 195 tubérculos/m². (Camposeco Silvestre, 2015).

Barahona & Vallecillo en el 2024, realizaron un estudio con el fin de Evaluación de dos fuentes de abono orgánico y la asociación de Trichoderma sp para desarrollar el sistema radicular en material vegetativo de papa (*Solanum tuberosum L.*). Los resultados que se obtuvieron mostraron que el tratamiento Sc + Trichoderma obtuvo un mayor número de yemas con respecto a los de más tratamientos, el tratamiento Sc, presento la mayor cantidad de tubérculos en comparación a las demás mezclas y el Sc reflejo el mayor índice de peso en los tubérculos obtenidos, (Barahona & Vallecillo, 2024).

Basados en las revisiones bibliográficas que se realizó, se puede decir que hay diversidad de artículos científicos relacionados con el tema de estudio a nivel internacional y nacional, lo que permitió tomarlo como referentes. La mayoría de las investigaciones estaban enfocadas en evaluar sustratos y en diferentes variedades de papas.

3. Planteamiento del problema

La producción de semilla de papa de alta calidad es un reto constante para los agricultores en Nicaragua. Esto se debe, en gran parte, al uso de materiales vegetativos en mal estado, la escasez de acceso a semillas certificadas y las prácticas de manejo inadecuadas. Esta situación se agrava por las malas prácticas empleadas y no solo limita los rendimientos, sino que también incrementa la incidencia la vulnerabilidad ante enfermedades y reduce la eficiencia económica del cultivo.

Un factor clave que afecta la eficiencia en la producción de semilla es el tipo de sustrato que se utiliza para el cultivo, ya que este influye directamente en las propiedades físicas y químicas esenciales, como la porosidad, la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes. Igualmente, la densidad de siembra es una variable crucial que impacta el crecimiento de las plantas, la distribución de recursos y la formación de tubérculos.

A pesar de su relevancia, hay pocas investigaciones locales que guíen a los productores sobre las mejores combinaciones de sustrato y densidad para optimizar la producción de semilla. Esta falta de información técnica lleva a decisiones empíricas que pueden perjudicar la productividad y la calidad del material vegetativo.

Por lo tanto, es fundamental investigar cómo diferentes tipos de sustrato y densidades de siembra influyen en la producción de semilla de papa. Los resultados de este estudio, permitirá establecer recomendaciones prácticas que ayuden a mejorar la eficiencia, sostenibilidad y rentabilidad del sistema de producción, por lo cual se efectúa la siguiente interrogante de investigación:

¿Qué tipo de sustrato y densidad es el más idóneo para cultivar semillas de papas según sus efectos en estas?

4. Justificación

La producción de semilla de papa de calidad es esencial para asegurar la eficiencia y sostenibilidad del cultivo de papa en Nicaragua, un sector que tiene un gran peso económico y social. En este sentido, esta investigación es relevante, ya que generará soluciones concretas al evaluar la interacción entre sustratos y densidades de semilla de papa.

Desde la perspectiva de la importancia de la investigación, este estudio aborda un problema agronómico real: la escasez de semilla certificada y la falta de conocimiento sobre cómo factores como el sustrato y la densidad de siembra afectan la calidad y cantidad de semilla producida. Abordar esta necesidad técnica podría traducirse en una mejora directa en la productividad y salud del cultivo a nivel nacional.

En cuanto a la conveniencia de llevar a cabo esta investigación, los resultados ofrecerán a viveristas, técnicos y productores, información científica que respalde sus decisiones sobre el manejo del cultivo en condiciones controladas, optimizando así el uso de los recursos disponibles. Esta conveniencia se traduce en una mayor rentabilidad en el proceso de incrementación de semilla, disminuyendo los riesgos de pérdidas por prácticas inadecuadas.

Desde un enfoque social, este estudio ayudará a modernizar la seguridad alimentaria y los ingresos de pequeños y medianos agricultores. Una semilla de papa sana y de alto rendimiento puede dar lugar a cultivos más productivos, estables y menos dependientes de insumos externos, beneficiando de igual manera a los productores y a los últimos consumidores.

En el ámbito académico y científico, la investigación aporta significativamente a la teoría y reducir la brecha de conocimiento, ya que profundiza en la comprensión de cómo interactúan el tipo de sustrato y la densidad de siembra en la fisiología del cultivo y en la formación de tubérculos-semilla. Estos conocimientos enriquecen la base teórica sobre propagación vegetativa, fisiología de cultivos y manejo de sistemas agrícolas intensivos.

5. Objetivos de investigación

5.1. Objetivo General

- Evaluar tres sustratos y tres densidades de siembra en la producción de semilla prebásica de papa (*Solanum tuberosum L.*) bajo condiciones de túneles en La Perla, Miraflores

5.2. Objetivos específicos

- Calcular el porcentaje de prendimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en tres sustratos y tres densidades de siembra para la producción de semilla prebásica bajo condiciones de túneles.
- Determinar el efecto de tres tipos de sustratos y tres densidades de siembra en el crecimiento y desarrollo vegetativo de tubérculos de semilla prebásica de papa.
- Estimar el efecto de los sustratos y las densidades de siembra sobre el rendimiento de tubérculos de semilla prebásica de papa.

6. Limitaciones del estudio

Para la ejecución de esta investigación se ha considerado como una de las principales limitaciones, la obtención de materia prima para la elaboración de los sustratos a implementar, ya que se esperaba utilizar un sustrato a partir de cascarilla de café, pero no fue posible su elaboración dado a que no era temporada de despulpado de café y en la zona no había disponibilidad de esta. Por lo que se optó por realizar la investigación únicamente con el testigo (Tierra negra + arena) y cascarilla de arroz, modificando sus dosis para llevar a cabo dicho experimento; otra limitación poco relevante pero existente fue la accesibilidad al área donde se llevó a cabo la experimentación, dado al deterioro del camino y la distancia, además de las condiciones climáticas para llegar al sitio.

7. Hipótesis

Hipótesis nula: La densidad de siembra y el tipo de sustratos no tiene efecto significativo en el crecimiento de las plantas ni en el rendimiento de tubérculos.

Hipótesis alternativas

H₁: Existe una diferencia significativa entre el tipo de sustrato y la densidad de siembra, lo que influye directamente en el rendimiento y calidad de la semilla prebásica de papa.

8. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Indicadores	Instrumento o técnica	Fuente de datos
Porcentaje de prendimiento	Proporción de plantas que logran sobrevivir y se establecen después del trasplante.	Número de plantas vivas / Número total de plantas sembradas	Nº de plantas vivas a los 14 días.	Observación y conteo directo, registro en bitácora.	Evaluación en campo.
Crecimiento y desarrollo vegetativo	Proceso de expansión de raíces, tallos y alturas durante el ciclo de vida de la planta.	Altura: medirá en los primeros días de floración Vigor: grosor del tallo y aspectos generales de la planta	Altura en Cm Grosor y altura de la planta	Cinta métrica Pie de rey registro en bitácora	Evaluación en campo
Rendimiento	El rendimiento es la cantidad de tubérculos por planta al momento de la cosecha	Peso total de cada tratamiento por m ²	Peso Cantidad de tubérculos por categoría	Conteo directo	Evaluación en campo
Descarte de tubérculos	Es el número de tubérculos a desecharse al momento de la cosecha	El descarte de tubérculos que presenten anomalías o características no deseadas	Peso cantidad de tubérculos al descarte	observación y conteo directo	evaluación en campo

9. Marco Teórico

9.1 Generalidades del cultivo de papa

En los que respecta a la papa (*Solanum Tuberosum L.*), también conocida como patata, tiene su origen en Sudamérica (entre Perú y Bolivia). Es una planta suculenta herbácea anual, de tallo grueso, fuerte, posee una altura que oscila entre 0.5 y 1 m, presenta hojas compuestas, con una forma lanceolada y se disponen en forma espiralada en los tallos, su fruto es de forma redondeada y de color verde, que al momento de madurar se torna de color amarillo. Es cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles. Es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo en términos de consumo humano después del arroz y del trigo. En Nicaragua se siembran aproximadamente 1,500 hectáreas de papa, que representa entre el 40 y 60% de la demanda nacional, cultivándose en zonas con alturas de 800 a 1,500 msnm. (MEFCCA, s.f).

9.1.1 Taxonomía

Tabla 2

Taxonomía de la papa

Reino	Plantae
División	Fanerógama
Sub. División	Angiosperma
Clase	Dicotiledóneas
Sub. Clase	Simpétala
Sección	Aninoscarpeas
Orden	Tubiflorineas
Familia	Solanáceas
Genero	Solanum L.
Especie	Solanum tuberosum

(Martinez T. G., 2017).

9.1.2 Morfología y fisiología de la papa

La papa pertenece a las suculentas, herbácea, perenne por sus tubérculos (tallos subterráneos) que se desarrollan al final de los estolones que nacen a través del tallo principal, y en otras ocasiones de varios tallos, esto dependerá del número de yemas que presente el tubérculo. Los tallos son de sección angular y en las axilas de las hojas con los tallos forman ramificaciones laterales. Las hojas son alternas las primeras hojas tienen aspecto sencillo, vienen después de las hojas con un foliolo impar con tres pares de hojuelas laterales y una hojuela terminal entre las hojuelas laterales hay hojuelas en segundo orden.

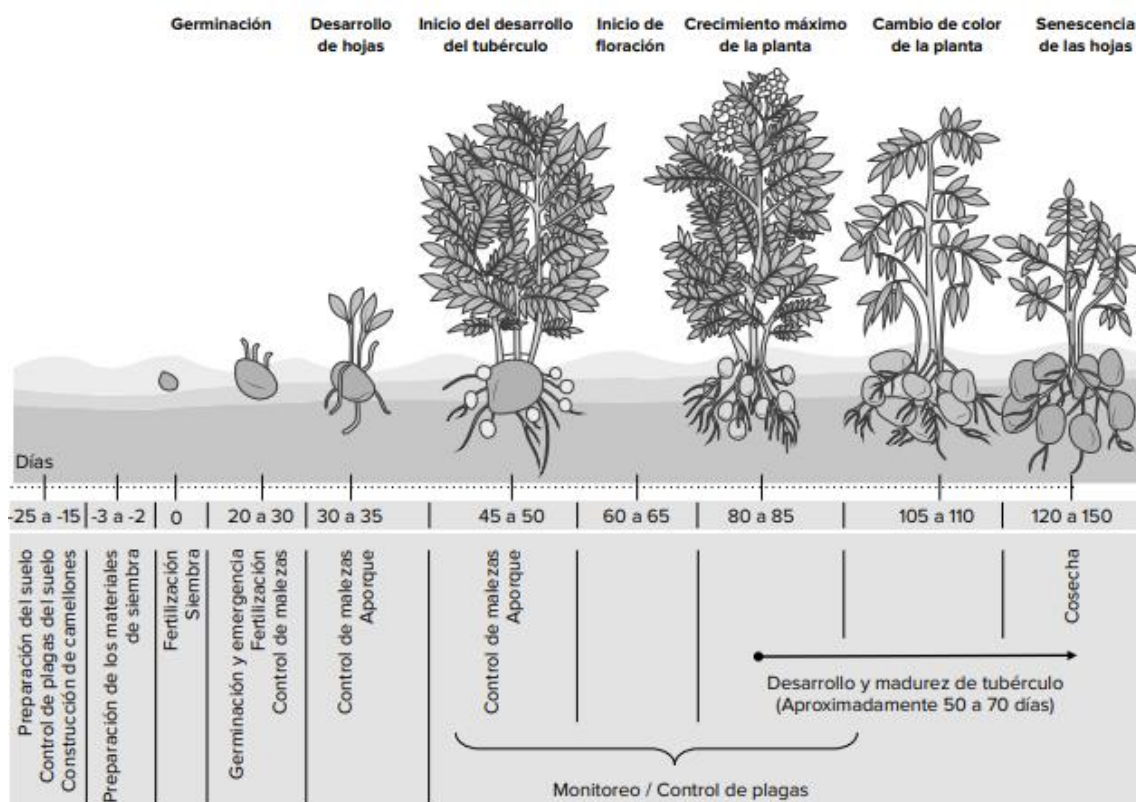
Las flores son hermafroditas, pentámeras, tetracíclicas; el cáliz es gamosépalo lobulado; la corola de color blanco a púrpura presentando cinco estambres anteras de color amarillento más fuerte o anaranjado que por sí o si su función es producir polen. Las raíces se maduran esencialmente en el verticilo en los nudos del tallo principal su desarrollo es inicialmente vertical dentro de la capa de suelo arable, luego horizontal de 25 a 50 cm, esta planta de papa consta de un sistema radicular fibroso y muy ramificado. El tubérculo es un sistema morfológico ramificado, los ojos de los tubérculos tienen una disposición rotada alterna desde el extremo proximal del tubérculo donde va inserto el estolón hasta el extremo distal, donde los ojos son más abundantes. (Morales, 2007).

9.1.3 Fases fenológicas de la papa

El ciclo fenológico del cultivo de papa se puede dividir en 5 fases, iniciando desde la fase de brotación (fase 1), hasta la fase de maduración y la cosecha (fase 5). Su ciclo fenológico dura según este determinado por la variedad y las condiciones agroclimáticas de cada una de las regiones donde es producida. Por lo general su ciclo en todas sus etapas fenológicas dilata de 90 a 120 días en promedio.

Figura 1

Ciclo del cultivo de papa



9.1.4 Importancia económica

Nicaragua autosatisface entre 40% y 60% de la demanda nacional de papa. Este cultivo es uno de los rubros más importantes que se ha venido extendiendo a lo largo de los últimos años y esta se focaliza primordialmente en la zona norte de nuestro país.

El cultivo de papa es una actividad de importancia para todas las familias que la producen y desarrollan, así como también un rubro de relevancia para la economía y seguridad alimentaria del país. La productividad de este cultivo depende de una buena selección de semilla, prácticas de campo y condiciones óptimas del clima; en Nicaragua las variedades más utilizadas son: Carola, Picazo, Asterix, Eyeri y Desiré. (MEFCCA, s.f).

Las principales zonas productivas se encuentran en los municipios de San Rafael del Norte, Jinotega, La Concordia, San Sebastián de Yalí, Estelí, Condega, San Nicolás, Matagalpa y Tuma la Dalia.

9.2 Producción de semilla de papa prebásica

Para la siembra de papa es indispensable arar el suelo un mes antes de la fecha indicada, para el manejo de las plagas de una forma natural ya sea por efecto del sol o enemigos naturales. La papa se siembra cuando ya han caído las primeras lluvias y exista humedad en el suelo al menos a 15 centímetros de profundidad y que no haya encharcamiento, se realizan dos a tres pases de arado para la siembra de papa, posteriormente se procede a sembrar en suelos bien sueltos para que se desarrollen mejor las plantas, es importante realizar un buen tapado de la semilla. (INTA, 2018).

9.2.1 Sistema de producción

- **Preparación del suelo:** Es necesario empezar con la preparación un mes antes de realizar la siembra, con el objetivo de ayudar la disgregación de los residuos de cosechas anteriores e impulsar la germinación previa de malezas, para obtener un buen control de estas al momento de la siembra. Estos procedimientos pueden variar de acuerdo con las condiciones topográficas que presente el terreno. Dentro de las recomendaciones lo primero es arar a una profundidad de 30 cm, pasando dos veces las gradas en cruz, a continuación, nivelar y surcar con el objetivo de obtener una buena cama de siembra, y añadir materia orgánica y control de maleza.

- **Selección de la semilla para la siembra:** El proceso de seleccionar la semilla es un agente indispensable para la obtención de buenos rendimientos a la hora de cosechar el cultivo. La semilla tiene que ser de una variedad con demanda en el mercado tomando en cuenta al mercado meta que está dirigida. Lo más primordial es que esté libre de enfermedades y plagas, ya que la mayoría de las enfermedades son transmitidas por las mismas semillas. Se debe utilizar como semilla una papa que tenga buen desarrollo de germines, pequeña, que oscile un peso de 40 a 60 g. La semilla botánica de papa y el cultivo de tejido se utilizan con fines de investigación y desarrollo de variedades nuevas.

- **Desinfección de los tubérculos:** Para evitar la infiltración de agentes patógenos por las laceraciones en los tubérculos se tiene que aplicar el siguiente proceso de desinfección:

a) Zambullir toda la semilla seleccionada en un saco, en un lapso de 10 a 15 min en solución a base de fungicida, se recomienda el Trichoderma en 40 g/20 L de agua. b) Extraer el material y rosear cal o ceniza a los cortes para sellar y aminorar efectos nocivos de los microorganismos.

- **Épocas de siembra:** En Nicaragua están definidas tres periodos de siembra: La primera (mayo a junio), postrera (agosto a septiembre) y apante-riego (diciembre a enero); las primeras dos se caracterizan porque las lluvias son regulares y los días cortos, la época de apante-riego es más contingente por la escases de precipitaciones pero importante por las bajas temperaturas, sobre todo en zonas ubicadas entre los 1,200 y 1,500 msnm, donde la temperatura mínima promedio es de 15 °C durante los meses de noviembre y diciembre, obteniéndose mayores rendimientos en estos lugares haciendo uso de riego complementario.

- **Siembra:** El método tradicional es el más común, se surquea y se aplica un insecticida o nematicida al fondo de éste, luego se coloca la semilla a mano y posteriormente se cubre de tierra con la ayuda de un azadón, realizando un pequeño camellón por encima de toda la semilla uniformemente, a una profundidad de 10 a 15 cm en suelos arcillosos y de 15 a 20 cm en suelos francos. La cantidad de semillas a utilizar es de 2,000 a 2,500 kg/ha para una población aproximada de 25,000 a 33,000 plantas/ha. Los tubérculos empleados como semilla tienen un margen de hasta el 60% de los costos totales de este cultivo.

- **Densidad de siembra:** La distancia que debe haber entre plantas dependerá del tamaño promediado de la semilla, mientras más pequeño el tamaño de la semilla, menor es la distancia y viceversa. En promedio se siembran 30 quintales por manzana, esta cantidad varía en dependencia del tamaño del tubérculo en los primeros 20 días mientras se establece el cultivo. (MEFCCA, s.f).

9.2.2 Requerimientos nutricionales

El grado de fertilidad de un suelo se mide normalmente en función de la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Hay que tener en cuenta que, un suelo con grandes cantidades de nutrientes no siempre es fértil, ya que existen un sin número de factores, como es la compactación, el mal drenaje, la sequía, y enfermedades o insectos pueden limitar el acceso a la disposición de nutrientes que ofrece el suelo. Por ello, el concepto de fertilidad siempre debería insertar criterios químicos, físicos y biológicos. El cultivo intensivo, erosión continua y el mal manejo agronómico, así como también otras prácticas pueden colaborar a la pérdida de fertilidad de un suelo, cada nutriente es de gran importancia ya que ejerce un papel único e importante en el apoyo al crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo de papa.

Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). Se les define como macronutrientes esenciales ya que son 8 los que este cultivo necesita en mayor cantidad. Si bien estos nutrientes hacen presencia en todos los suelos, puede pasar que se encuentren en niveles no óptimos para la absorción del cultivo, perjudicando desfavorablemente su área foliar y fin de cuentas el rendimiento, a pesar de todo lo anterior hay que destacar que no hay una dosis única de fertilización.

El nitrógeno (N) es necesario y de mucha importancia para la absorción de proteínas y el crecimiento vegetativo en general, contribuyendo a obtener altos rendimientos. El fósforo (P) es necesario para la calidad y rendimiento de todos los cultivos. Colabora con los procesos de fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división y crecimiento celular. El fosforo (P) impulsa el pronto desarrollo de tubérculos y aumento de las raíces es un elemento constitutivo de los tejidos vegetales y forma parte de los ácidos nucleicos. Estimula el crecimiento en el inicio de las plantas y el desarrollo de las raíces; impulsa la madurez y estimula la producción de semillas.

El potasio (K) ayuda en el transporte de azúcares, regula la función estomática y activa numerosas enzimas, al tiempo que mejora la resistencia de las plantas a las enfermedades.

Los requerimientos nutricionales aumentan cuando el crecimiento de las plantas ha de efectuarse en tiempo frío, cuando las plantas tienen un desarrollo radicular limitado y cuando se requiere un crecimiento inicial rápido de la parte aérea de la planta. (Lazo Pineda & López Valdivia, 2018).

9.3 Producción en ambiente protegidos, túneles

Producción en ambientes protegidos o túneles ayuda a sostener un entorno de desarrollo generado únicamente para obtener los máximos rendimientos y calidad del cultivo, por lo que su dentro de este ambiente se permite otorgar protección contra el viento, lluvia, calor y frío, la ventaja principal es que crea un ambiente controlado que protege las plantas de plagas e insectos y esto puede reducir la vulnerabilidad del cultivo antes plagas y enfermedades.

La producción en ambientes protegidos o túneles es una técnica agrícola que utiliza estructuras cubiertas de mallas para proteger los cultivos de condiciones climáticas extremas, plagas y enfermedades, esta estrategia permite cultivar de una manera más segura, obteniendo mayores rendimientos, mejor calidad y la posibilidad de cosechar fuera de temporada.

Los túneles se definen como estructuras agrícolas temporales, puesto que no tienen una base o cimientos de concreto y se pueden trasladar de un punto a otro o se pueden dejar en el lugar durante varias temporadas de cultivo según lo considere el productor. (Martínez J. A., 2023).

9.4 Definición de sustratos

Sustratos son aquellos materiales orgánicos distintos de los suelos naturales que se utilizan para el cultivo de las plantas los sustratos no tienen componentes que frenen el crecimiento de las plantas. El sustrato puede ser natural de síntesis o residual, mineral u orgánico que introducido en un recipiente tierra o contenedor en forma pura o en mezcla permite y facilita el anclaje del sistema radicular de las plantas en su desempeño y soporte. Este genera las condiciones adecuadas para que las raíces puedan realizar correctamente el suministro del nutriente por absorción; dentro de las propiedades de los sustratos de cultivos se encuentran las propiedades físicas como son porosidad, densidad, estructura,

granulometría, alta capacidad de retención de agua y de fácil disponibilidad, suministro de aire, distribución del tamaño de las partículas, baja densidad aparente y estructura estable, los sustratos pueden tener una densidad aparentemente más baja en comparación a la densidad del suelo. (Bures Pastor, 2002).

El término sustrato, se aplica a todo material sólido distinto del suelo natural o de síntesis, mineral u orgánico que, puesto en un contenedor, sirve como un medio de anclaje del sistema radicular (López et al., 2008). Los sustratos empleados en la propagación de esquejes pueden ser de tipo orgánico (tierra, turba, compost, cascarilla de arroz., entre otros), e inorgánicos (la perlita, la vermiculita y la arena) (López et al., 2008). Para obtener buenos resultados, el sustrato debe reunir características como: a) tener suficiente firmeza y densidad para mantener las plantas en su lugar durante el cultivo, b) su volumen no debe variar mucho cuando está seco a mojado, c) debe retener suficiente humedad para evitar los riegos frecuentes, d) debe ser lo suficientemente poroso, de modo que drene el exceso de agua y permita una aireación adecuada y e) no debe tener un nivel excesivo de salinidad.

9.4.1 Tipos de sustratos más comunes en horticultura

Tabla 3

Materiales residuales que pueden ser utilizados como sustratos

Actividad	Material
Explotación forestal	Mantillo vegetal o tierra de bosque, hojas, corteza de árboles, piñas.
Explotación agrícola	Paja, compost, restos de poda, fibra de coco, restos de caña de azúcar
Explotación ganadera	Estiércoles
Industria agroalimentaria	Residuos de café, cascarilla de arroz, restos vegetales, orugo de uva.
Explotación de yacimientos naturales	Turbas, arena, granito, vermiculita, arcilla expandida, piedra de pómez
Policarbonatos de síntesis	Poliestireno expandido, poliuretanos
Explotaciones marinas	Algas y plantas marinas

9.5 Densidad de siembra en la papa

Antes de la siembra de los tubérculos-semilla son seleccionados según sus tamaños, para garantizar una plantación uniforme y disminuir la competencia entre plantas. Para efectuar la siembra los tubérculos deben ser depositados con cuidado, para no perder brote alguno en este proceso. Se sitúa la yema apical en orientación del surco a una profundidad de 15 - 25 cm. Para lograr un desarrollo rápido y vigoroso de la planta, es primordial que existan la suficiente humedad en el suelo.

9.5.1 Definición

La densidad es primordial para empezar en lo más básico para las ciencias experimentales. En su mayoría de las investigaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la densidad se basan en el concepto de otros temas como flotación. siempre ha existido una discusión acerca de la comprensión de la definición de densidad centrándose en las relaciones que hay entre las variables involucradas en su concepto. Los fundamentos se desarrollan a partir de cuatro objetivos de aprendizaje sobre el aspecto del concepto se muestran y se discuten los resultados obtenidos de la aplicación. (Ekkert, 2022).

9.5.1 Efectos en la densidad de siembra

La densidad de plantación afecta directamente el rendimiento de los cultivos. Una densidad ideal puede optimizar de una mejor manera el rendimiento para así estar seguro de que cada una de las plantas tenga acceso suficiente a los recursos que necesita para su desarrollo.

En los cultivos como la papa y el cultivo de maíz, se ha demostrado que una densidad de plantación adecuada aumenta grandemente su rendimiento. Otras investigaciones han arrojado resultados donde la densidad de plantación optima incrementa hasta un 20% de rendimiento en comparación cuando la densidad no es la adecuada.

Cuando la densidad es demasiada grande ocasiona una competencia ardua entre plantas, lo que nos lleva a un menor rendimiento. Las plantas crean una competencia de agua, luz y

nutrientes ya sean macro o micro y esto conlleva a una afectación negativa en su desarrollo y crecimiento.

Cuando la densidad es altamente baja puede ocasionar una ineficiencia del espacio y los recursos que estén disponibles, por lo cual afectaría el rendimiento total del cultivo.

La densidad de plantación tiene un impacto directo en el rendimiento de los cultivos. Una densidad adecuada puede maximizar el rendimiento al asegurar que cada planta tenga acceso suficiente a los recursos necesarios para su crecimiento (MEFCCA, s.f).

Es importante mencionar que las densidades de siembra utilizadas en esta investigación fueron establecidas por el INTA cada una con su respectivo método de siembra.

10. Diseño metodológico

10.1. Descripción de la ubicación del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el centro de desarrollo de tecnología agropecuaria (CTD), Comandante Filemón Rivera, especializado en la adaptación y generación de nuevas variedades de papa, así como hortalizas que se producen en condiciones de altura y bajas temperaturas. Está ubicado en la zona protegida de Miraflores en el municipio de Estelí, comunidad La Perla, al noroeste de la ciudad con las coordenadas latitud 13.26068° y longitud -86.27145° , se encuentra a 1379 msnm aproximadamente y presenta una pluviosidad de 800 a 825 mm anuales de agua. (INTA, 2025).

Figura 2

Ubicación del área de estudio



10.2. Tipo de investigación

Según el nivel de profundidad la investigación es descriptiva, ya que busca describir con precisión y sistemáticamente la interacción entre sustratos y densidades de siembra de semilla prebásica de papa. Según el área de estudio y modalidad nuestra investigación es

Científica, por que posee un proceso dinámico que se caracteriza por ser ordenado y sistematizado, de análisis y estudio.

Según la manipulación de las variables esta investigación es experimental, ya que se utiliza un diseño completamente al azar, con la aplicación de tres tipos de sustratos y tres densidades de siembra, con tres repeticiones. El alcance temporal de nuestra investigación es de tipo transversal, puesto que la recopilación de información se contempla para un ciclo del cultivo de papa (duración de 90 días).

Según el enfoque filosófico corresponde al paradigma positivista (cuantitativo), también llamado paradigma naturalista y a veces paradigma racionalista, que es un paradigma de investigación el cual establece cuales deben de ser los principios de la investigación científica, iniciando de la base que todo conocimiento debe venir de la experiencia de los sentidos, de lo experimentable y observable, de lo absolutamente objetivo este ha sido el paradigma más dominante y prevaleciente.

Esta investigación se enmarca en las líneas de investigación estipuladas por la UNAN-Managua, ubicada en el área del conocimiento de ciencias agropecuarias bajo la sub-línea CAG-1.1: sistemas de producción agrícolas. Llevar a cabo la realización de una sub-línea de investigación de sistemas de producción agrícolas es fundamental para obtener mejores resultados en la producción de alimentos, esto va de la mano con la seguridad alimentaria, para promover el desarrollo rural y enfrentar los nuevos desafíos que nos presenta el cambio climático. (UNAN Managua, s.f).

10.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), con tres repeticiones y dos factores; sustratos (3) y densidades (3), para un total de 9 tratamientos, cada unidad experimental tenía un área de 1.5 m² de bancal, para un área por banco 13.5 m², y un área total del experimento de 52 m².

10.3.1. Tratamientos

En el primer banco se utilizó como sustrato tierra negra 70% más cascarilla de arroz 30%, en el segundo banco se utilizó tierra negra 50% y arena 50% y el tercer banco se utilizó tierra negra 80% y cascarilla de arroz 20%.

Además, se utilizaron tres tipos de densidades de siembra por metro cuadrado, una de 66 plantas con un tipo de siembra a los 10 cm lineales, seguido de 33 plantas con un tipo de siembra a 3 bolillos y por último 22 plantas con tipo de siembra en surco, cada 10 cm.

Tabla 4

Tipos de sustratos y densidades de siembra

Nº	Sustrato	Densidad	Codificación para procesamiento de datos
1	Tierra negra más arena 50/50	66 plantas por m ² , Siembra cada 10cm	TNA50/50_66
2	(Testigo)	33 plantas por m ² , Siembra a 20cm, 3 bolillos	TNA50/50_33
3		22 plantas por m ² , Siembra en surco, cada 10cm	TNA50/50_22
4		Tierra negra más cascarilla de arroz 70/30	66 plantas por m ² , Siembra cada 10cm
5	70/30	33 plantas por m ² , Siembra a 20cm, 3 bolillos	TNCA70/30_33
6		22 plantas por m ² , Siembra en surco, cada 10cm	TNCA70/30_22
7		Tierra negra más cascarilla de arroz 80/20	66 plantas por m ² , Siembra cada 10cm
8	80/20	33 plantas por m ² , Siembra a 20cm, 3 bolillos	TNCA80/20_33
9		22 plantas por m ² , Siembra en surco, cada 10cm	TNCA80/20_22

10.4. Población y selección de la muestra

La población universal de la investigación, fueron 1023 plántulas, establecidas en cultivo de papa bajo condición de túnel en la Perla, Miraflores.

La muestra en la investigación es el número de tratamientos, equivalente a nueve tratamientos por tres repeticiones (3 sustratos por 3 densidades), para un total de 27 parcelas o unidades experimentales de 1.5m², en las que se medirán las variables anteriormente mencionadas, establecidas bajo condición de túneles.

10.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos

Dentro de las técnicas que utilizamos para recolectar los datos esta la observación directa, el conteo directo y registro en bitácoras (formato de base de datos), y los instrumentos utilizados para este procedimiento fueron la cinta métrica, que se utilizó para medir con precisión la longitud de las plantas, pie de rey electrónico que se utilizó para medir de manera correcta el diámetro del tallo de las plantas, carretillas, piocha y palas que se utilizaron para soltar la tierra y llenar de bancos con los sustratos, mangueras para el traslado de agua y cintas para riego por goteo. Además, se utilizaron dos básculas una en (kg) para medir el rendimiento por unidad experimental y otra en (gr) para medir el peso de los tubérculos según la categoría de clasificación de estos.

El estudio se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel, con estructura semicircular que contempla áreas experimentales de tipo bancal, con medidas aproximadas de 6x20 metros, lo que permitió contar con parámetros climáticos homogéneos.

Para la preparación de sustratos, se utilizó tierra negra más arena, tierra negra más cascarilla de arroz 70 y 30 por ciento y tierra negra más cascarilla de arroz 80 y 20 por ciento, los cuales se distribuyeron en tres bancos con medidas similares.

Para el establecimiento del cultivo se utilizó la variedad de papa INTA Industrial, por medio de plántulas que fueron obtenidas en el laboratorio de tejidos de papa producidas a través del sistema autotrófico hidropónico del INTA. Para el trasplante se utilizaron plantas de 8 a 10 cm, las cuales fueron colocadas en cada unidad experimental en base a la densidad de cada tratamiento (66 plantas, 33 plantas y 22 plantas).

La primera toma de datos se realizó para la variable porcentaje de prendimiento, para lo que se contaron la cantidad de plantas vivas a los primeros 7 días de siembra, luego a los 14 días después de la siembra, para calcular las plantas vivas a la fecha. La siguiente recolección de datos se hizo a los 60 días después de la siembra, se evaluó el vigor y desarrollo, considerando aspectos como el grosor del tallo y aspectos generales de la planta, altura de la planta a la floración, la cual se realizó a los primeros días de floración en cada tratamiento y por cada repetición, tomándola desde la parte basal de la planta hasta el ápice, expresada en centímetros.

Posteriormente a los 90 días se cortó la vegetación de las plantas (corte de follaje), y 10 días después se realizó la última toma de datos de rendimiento y categoría de los tubérculos, considerando también el descarte de tubérculos, reflejando los que poseen algún daño físico o mecánico. Para el rendimiento se tomó en consideración el peso total en cada tratamiento y cada repetición en la cosecha, expresado en kg/m² y para el cálculo de rendimiento por categoría se clasificaron las papas en seis categorías, expresadas en número de tubérculo y en peso por categoría, utilizando la escala:

Categoría peso (g)

Primera >60,01

Segunda 40,01 – 60,00

Tercera 20,01 – 40,00

Cuarta 10,01 – 20,00

Quinta 5,01 – 10,00

Sexta 2,01 – 5,00

Dentro del manejo agronómico lo primero que se realizó fue la preparación de los sustratos, un bancal con sustrato tierra negra + arena en proporción de 50/50%, un bancal tierra negra + cascarilla de arroz 70/30% y un bancal de tierra negra + cascarilla de arroz 80/20%, en los cuales se instalaron mangueras para riego por goteo.

Para prevenir y controlar plagas y enfermedades se realizaron aplicaciones periódicas de fungicidas más insecticidas cada 4 a 5 días, para ello se utilizaron los productos Zorvec, Passat y Arpia como fungicidas y Abamectina, Dzis, Triasofos, Castigo como insecticidas. Se realizó una fertilización antes de la siembra a razón de 150 gramos de 18-4-00, más

100gramos de 00-00-60, para la segunda fertilización se realizó aporque, donde se aplicó urea 46% más MOP a razón de 25 gramos de urea más 50 gramos de MOP por metro cuadrado.

10.6. Confiabilidad y validez de los instrumentos

Para garantizar la confiabilidad y validez de los instrumentos aplicados en la investigación, se realizó un protocolo de medición para cada una de las variables del estudio. Los registros de las mediciones fueron tomados con precisión y claridad para evitar cometer errores y en el caso de utilización de instrumentos de medición (basculas de Kg y gr, pie de rey electrónico) se calibraron de manera correcta para evitar calcular datos erróneos.

10.7. Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos

Se realizó análisis inferencial a través del análisis de varianza y comparación de medias a través de LSD Fisher, $P < 0,05$, mediante el paquete estadístico InfoStat.

Los datos obtenidos de los diferentes tratamientos del ensayo fueron sometidos a las siguientes pruebas estadísticas para tratar de encontrar diferencias entre los diferentes tratamientos:

- Análisis de varianza
- Separación de medias por LSD Fisher, $P < 0,05$,
- Homogeneidad de varianza,
- Normalidad de los datos.

Las pruebas antes indicadas nos permitirán determinar las diferencias entre cada uno de los tratamientos estudiado. Para llevar a cabo lo antes mencionado, se organizaron bases de datos en Microsoft Excel, para registrar la información de cada una de las variables evaluadas en el estudio.

11. Análisis y discusión de resultados

11.1. Porcentaje de prendimiento

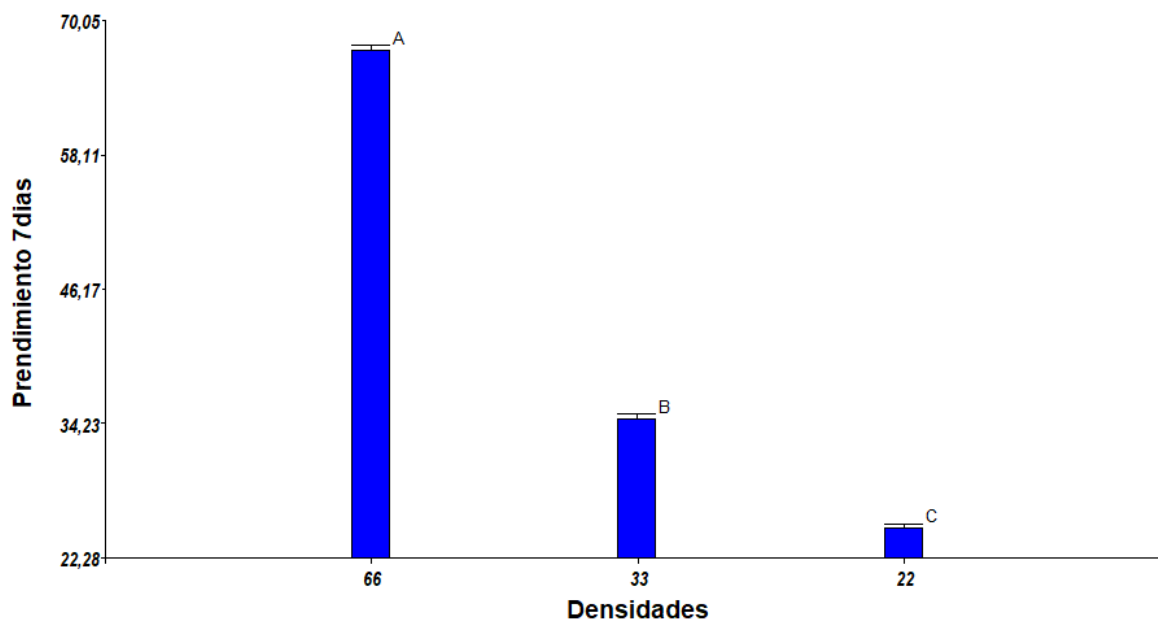
11.1.1. Porcentaje de prendimiento a los siete días por efecto de las densidades de siembra

Se encontró diferencia estadística significativa en el porcentaje de prendimiento de las plántulas de papa por efecto de las densidades de siembra ($F:2624,54$; $p < 0,0001$; Fig. 3). Para la variable porcentaje de prendimiento evaluado a los siete días después del trasplante, muestran que hubo un 100 % de plantas vivas en las tres densidades de siembra, debido a la técnica que se utilizó para la reproducción de las plántulas in vitro.

Según (Rojas Olmedo, 2015) estas plántulas resisten muy bien el trasplante, ya que el crecimiento de las plantas propagadas in vitro, suelen ser más vigorosas que el de las clonadas, esto debido a que las plantas se encuentran libres de enfermedades y sobre todo al rejuvenecimiento.

Figura 3

Prendimiento a los siete días, en el estudio de tres densidades de siembra de semilla prebásica de papa (*Solanum tuberosum*. L.)



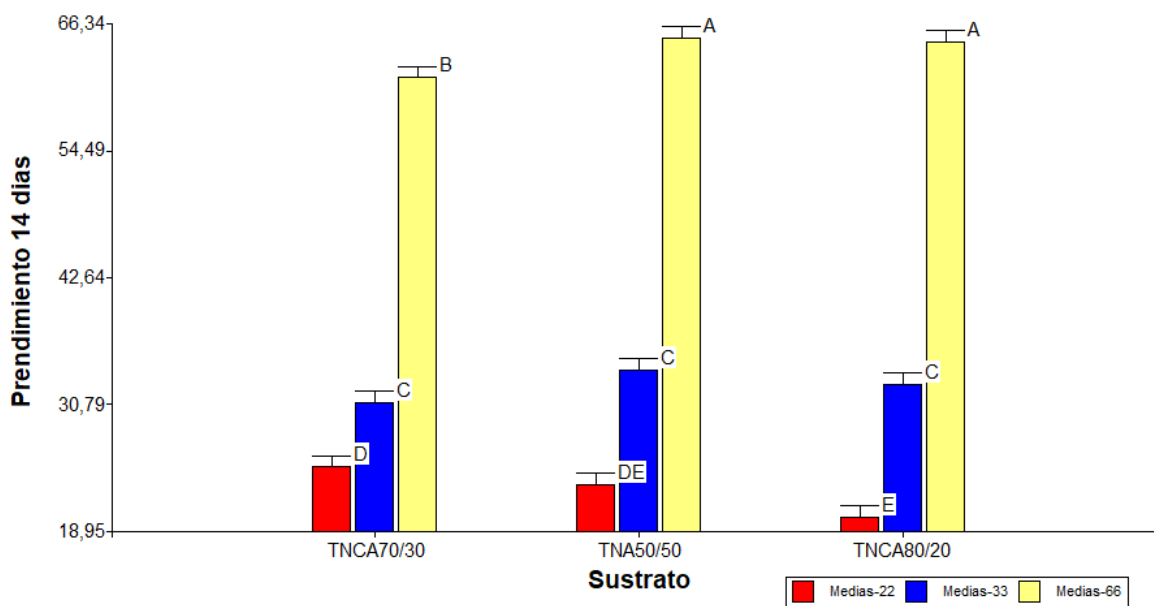
11.1.2. Prendimiento a los catorce días, por efecto de los sustratos

Se encontró diferencia estadística significativa en el porcentaje de prendimiento de las plántulas de papa a los 14 días, por efecto de las densidades de siembra (F: 1239,65; $p < 0,0001$; Fig. 4), caso contrario para los tipos de sustrato (F: 2,37; $p < 0,1219$; Fig. 4). Con un 95% de confiabilidad los datos muestran que, para la densidad de siembra de 66, se presentan medias entre 61.33 y 65 plantas, esto para un porcentaje de prendimiento del 96.45%, en tanto para la densidad de 33, las medias datan de 31 a 33 plantas, para un porcentaje de prendimiento del 98.65%, mientras que, para la densidad de 22, el porcentaje de prendimiento es del 100%.

Estudio realizado por Fano Rodríguez, 2007 reportó que para que existan prendimientos variados en las plantas de papa, la razón principal se debe a las características ambientales del invernadero o a las instalaciones requeridas, ya que afectan en el sombreado, ventilación, control de humedad y temperatura.

Figura 4

*Prendimiento a los catorce días, en el estudio de tres sustratos y tres densidades de siembra de semilla prebásica de papa (*Solanum tuberosum*. L.)*



11.2. Crecimiento y desarrollo vegetativo

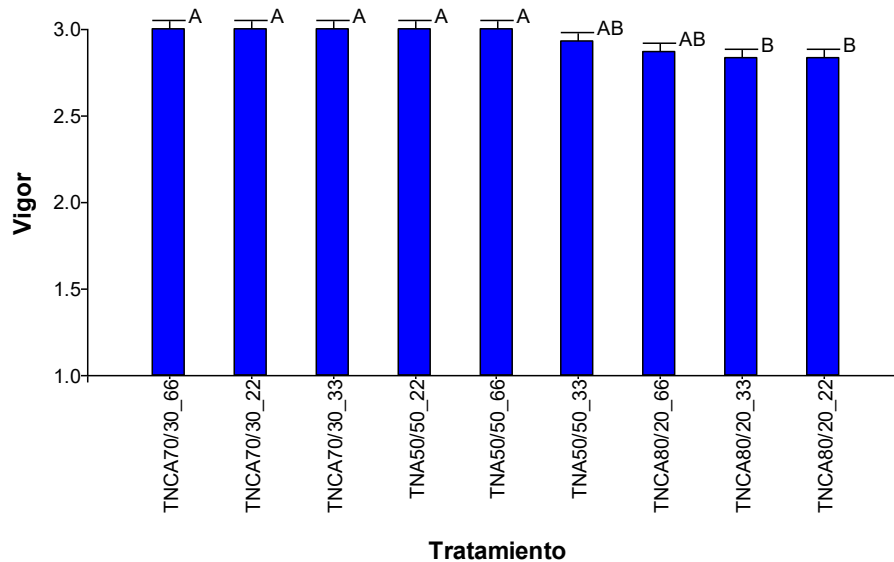
11.2.1. Vigor

Se encontró diferencia estadística significativa en la variable vigor ($F: 2.09; p < 0.0375$; Fig. 5), por efecto del sustrato. Con un 95% de confiabilidad los datos muestran que la mayoría de los tratamientos presentaron plantas vigorosas, con medias entre 2.87 y 3.00, únicamente los tratamientos sustrato TNCA80/20 en todas sus densidades de siembra evidenciaron ligeramente plantas medio vigorosas, pero significativamente menor con medias de 2.83.

Según la Universidad Pontificia Católica de Chile, 2025, el vigor puede ser definido como “la capacidad de producir plántulas normales de manera rápida y uniforme en un amplio rango de condiciones de campo”. Por lo tanto, al calificar la calidad de un lote de semillas, el vigor será un indicador más sensible y exigente que la germinación estándar.

Figura 5

Variable vigor, en el estudio de tres tipos de sustratos



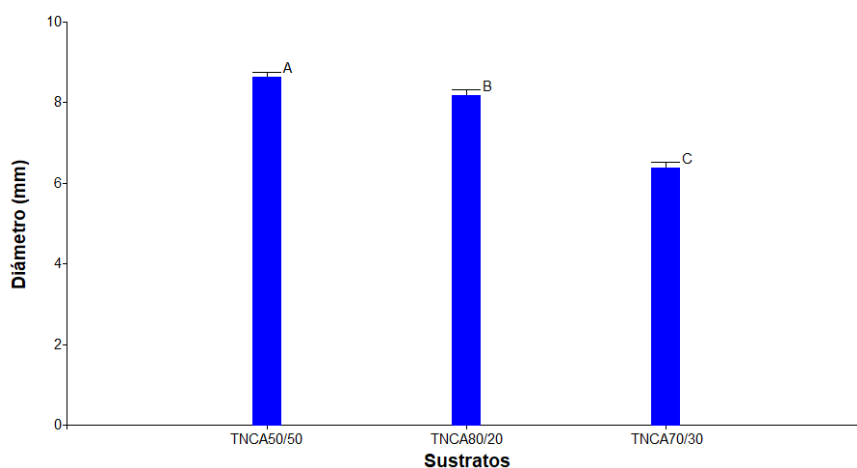
11.2.2. Diámetro de tallo

Se encontró diferencia estadística significativa en la variable diámetro de tallo ($F: 80,80; p < 0,0001$; Fig. 6), por efecto del sustrato. Se evidencia que el mejor sustrato fue el TNA50/50 (Tierra negra + arena), presentando plantas con mayores diámetros en todas sus densidades de siembra, obteniendo una media de 8,63 mm y el que presentó menor diámetro de tallo fue el sustrato TNCA70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz) con medias de 6.39 mm. En cuanto a la densidad de siembra, no mostro tener comportamiento claro de afectación sobre el diámetro del tallo dentro de un mismo sustrato, ni en las demás en comparación, lo que indica que los sustratos son más determinantes en la robustez del diámetro del tallo, que el factor densidad.

Estudio realizado por (Vasquez-Ramirez y otros, 2019), reportó que la para la variable diámetro de tallo, se presentaron diferencias altamente significativas, además la prueba de comparación de medias de Tukey, mostró que existen variación en densidades de siembra seis y ocho mini tubérculos con 3.93 y 3.81 mm de diámetro respectivamente. Sin embargo, al analizar las variedades no existieron diferencias estadísticas significativas.

Figura 6

Diámetro de tallo en la evaluación de tres tipos de sustratos



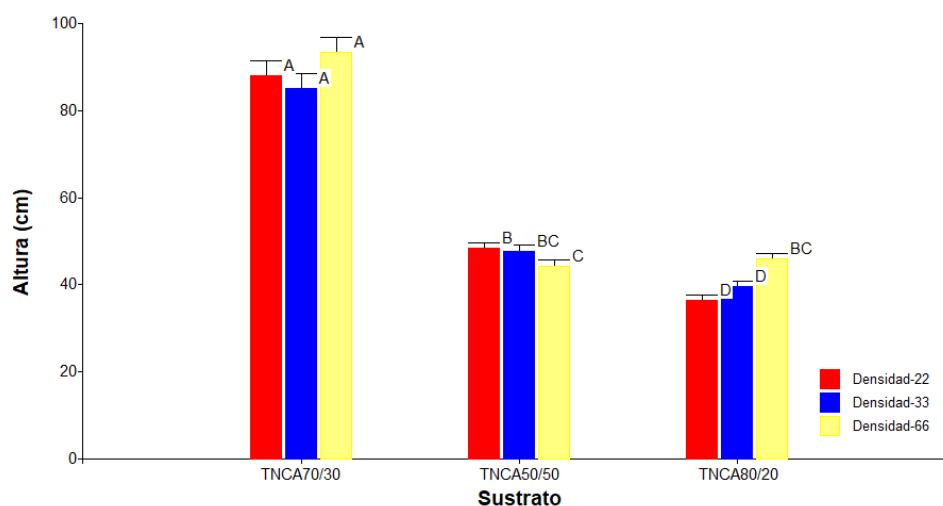
11.2.3. Altura de la planta a la floración

Se encontró diferencia estadística significativa tanto para la densidad de siembra (F: 2,57; $p < 0,0784$; Fig. 7), como para el sustrato (F: 250,64; $p < 0,0001$; Fig. 7) en la variable altura a la floración. Se observa que el sustrato TNCA70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz) tuvo mayor altura de la planta a la floración con una media de 88.77 cm, el sustrato TNCA50/50 (Tierra negra + arena) tuvo una altura media de 47.3 cm y el sustrato TNCA80/20 (Tierra negra + cascarilla de arroz) tuvo la menor altura de planta a la floración con 40.02 cm, lo que nos indica que composición del sustrato influye en el crecimiento de la planta. Con respecto a la densidad de siembra, la densidad de 66 plantas muestra las mayores alturas, en cambio las densidades de 33 y 22 plantas mostraron menor altura, esto puede deberse a la competencia por luz de las plantas.

Estudio realizado por Rojas Olmedo en el 2015, donde se compararon cuatro tipos de sustratos (Humus, tierra negra, ponina y cascarilla de arroz), se obtuvo que el que presenta mayor altura de la planta a la floración fue el sustrato de humus, con un promedio de 142.21 cm y el sustrato de tierra negra con la menor altura promedio (97.74cm), afirmando que puede deberse a los alto contenido de ácidos húmicos y que en el suelo elevan la capacidad de intercambio catiónico, aumentan la porosidad y capacidad de retención de humedad, y facilitan la aireación y el drenaje.

Figura 7

Altura de la planta a la floración, en la evaluación de tres tipos de sustratos



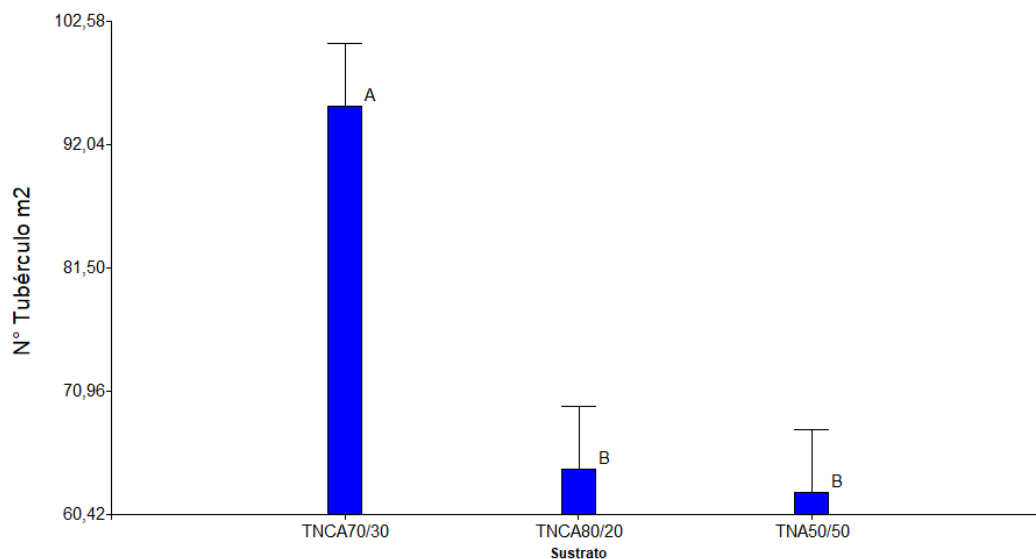
11.3. Rendimiento de tubérculos de semilla prebásica de papa.

11.3.1. Numero de tubérculos/m²

Se encontró diferencia estadística significativa en la variable número de tubérculos/m² por efecto de los tipos de sustrato (F: 12,05; p <0,0005; Fig. 8), y en el caso de las densidades de siembra (F: 8,02; p < 0,0032; Fig. 8). Con un 95% de confiabilidad los datos muestran claramente que el sustrato TNCA70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz) presenta el mayor resultado con una media de 95,33 tubérculos/ m² ubicándose en el primer lugar, seguido del sustrato TNCA80/20 (Tierra negra + cascarilla de arroz) con una media de 64,33 tubérculos/ m² y por último lugar el sustrato TNCA50/50 (Tierra negra + arena) con una media de 63.33 tubérculos/ m².

Figura 8

Número de tubérculos/ m², en el estudio de tres tipos de sustratos

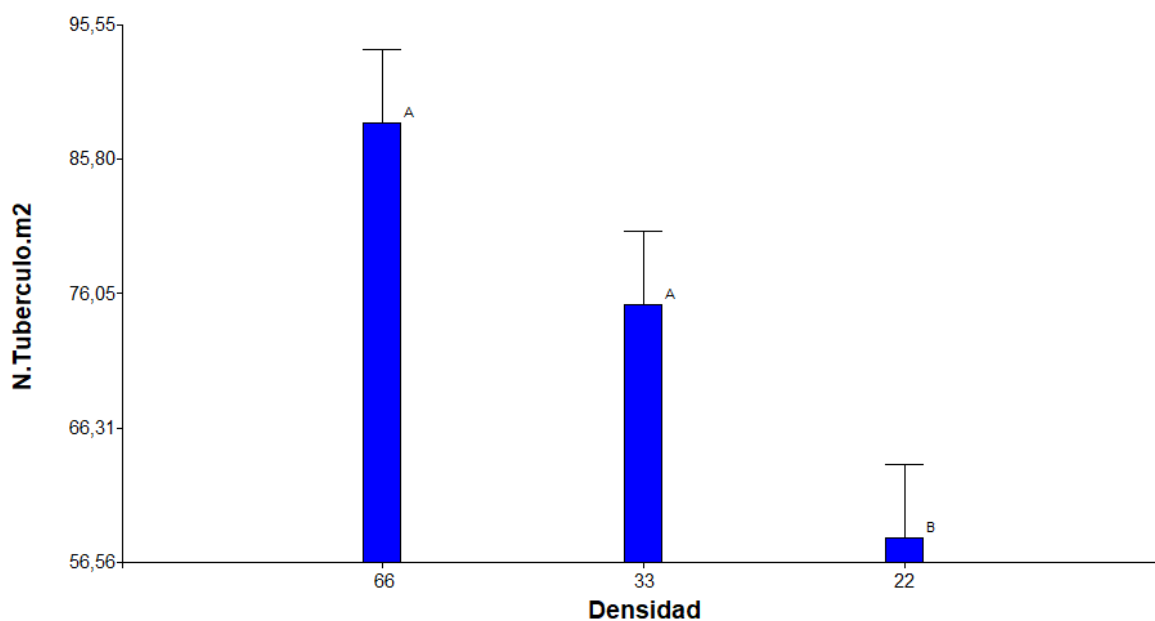


En la figura 9, se observa claramente que la densidad de siembra de 66 plantas obtuvo una media de 88.44 tubérculos/m², seguida de la densidad de siembra de 33 plantas con una media de 75.22 tubérculos/ m² y por último la densidad de 22 plantas con una media de 58.33 tubérculo/ m², lo que muestra una diferencia significativa.

Estudio realizado por Rojas Olmedo en el 2015, detecta alta significancia estadística para variedades de papa, sustratos y la interacción variedad vs sustrato, donde el promedio general fue de 202.71 tubérculo/ m² con un coeficiente de variación de 14.61%.

Figura 9

Número de tubérculos/ m2, en el estudio de tres tipos de densidades de siembra



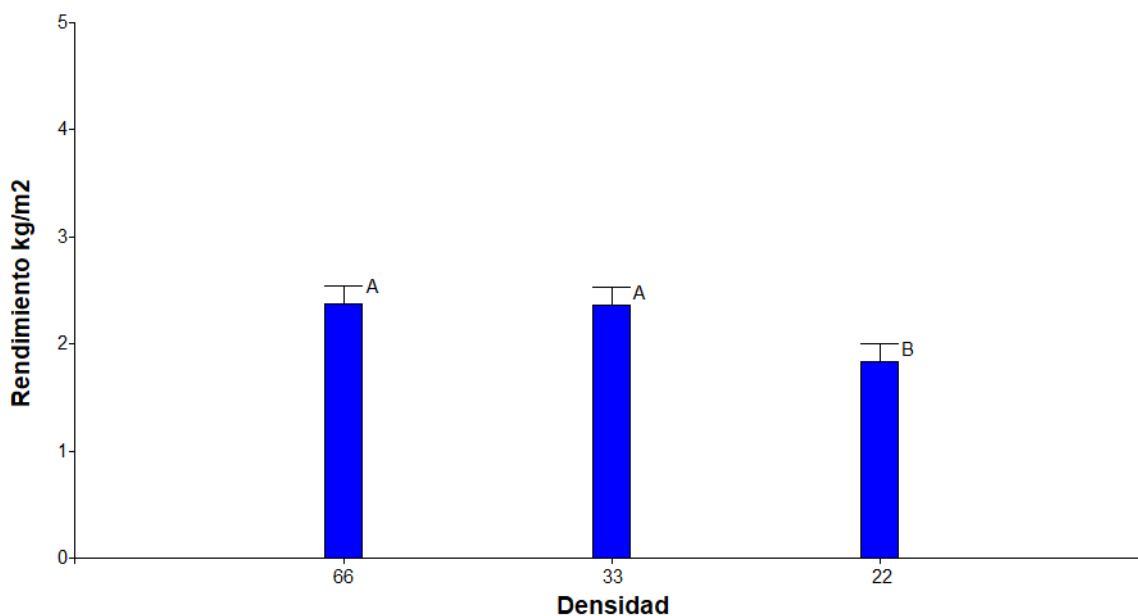
11.3.2. Rendimiento kg/m^2

Se encontró diferencia estadística significativa en la variable rendimiento kg/m^2 por efecto de las densidades de siembra (F: 3,44; $p < 0,0542$; Fig.10). En esta figura se observa similitud entre las densidades de siembra de 66 y 33 plantas, con una media de $2.38 \text{ kg}/\text{m}^2$ y $2.37 \text{ kg}/\text{m}^2$, mientras que la densidad de siembra de 22 obtuvo una media de $1.84 \text{ kg}/\text{m}^2$.

Estudios realizados por Rodríguez et al. (2004), demostraron una respuesta lineal significativa para el rendimiento kg/m^2 en el cultivo de papa, la cual fue inversa, es decir, que a mayor densidad menor es el rendimiento por planta, de tal forma que en la categoría primera el rendimiento por planta disminuyó en $0,0031 \text{ g}$ y $0,00286 \text{ g}$ por cada planta adicional por parcela respectivamente.

Figura 10

Rendimiento kg/m^2 por efecto de las densidades de siembra



11.3.3. Rendimiento por categoría

En la tabla 5, se muestra el rendimiento por categoría según las densidades de siembra, en las categorías >60,01, y 5,00 -2,01 no presenta diferencias significativas, sin embargo, en las otras cuatro categorías si presentaron diferencias significativas, siendo la categoría 40,00 – 20,01 la que presento un mayor peso, obteniendo una media de 23,89 kg/m² para la densidad de siembra de 66 plantas y el que menor peso presentado fue la categoría 10,00 – 5,01 que obtuvo una media de 8,00 kg/m² para la densidad de 22 de plantas, con respecto a las densidades.

Tabla 5

Rendimiento por categoría, por efecto de las densidades de siembra

	Categoría	>60,01	60,00 - 40,01	40,00 - 20,01	20,00 - 10,01	10,00 - 5,01	5,00 -2,01
Densidad	66	7,78 ± 1,22 A	11,89 ± 1,10 AB	23,89 ± 1,60 A	22,33 ± 2,48 A	14,67 ± 1,71 A	7,89 ± 1,87 A
	33	9,89 ± 1,22 A	14,78 ± 1,10 A	17,00 ± 1,60 B	15,00 ± 2,48 A	11,22 ± 1,71 A	7,33 ± 1,87 A
	22	7,22 ± 1,22 A	8,67 ± 1,10 B	14,89 ± 1,60 B	11,22 ± 2,48 B	8,00 ± 1,71 B	8,33 ± 1,87 A
	F-Valor	1,33	7,78	8,65	5,19	3,8	0,07
	P-Valor	0,2886	0,0037	0,0023	0,0166	0,042	0,9312

En la tabla 6, se muestra el rendimiento por categoría según los sustratos estudiados. En las categorías >60,01, 60,00 - 40,01 y 5,00 -2,01 no presenta diferencias significativas, sin embargo, en las otras tres categorías si presento diferencias significativas siendo la categoría 20,00 – 10,01 la que presento un mayor peso obteniendo una media de 23,89 kg/m² en el sustrato TNCA_70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz) y el que menor peso presento fue la categoría 10,00 – 5,01 que obtuvo una media de 6,67 kg/m² en el sustrato TNCA 80/20 (Tierra negra + cascarilla de arroz), con respecto a los sustratos.

Tabla 6*Rendimiento por categoría, por efecto de los tipos de sustratos*

	Categoría	>60,01	60,00 - 40,01	40,00 - 20,01	20,00 - 10,01	10,00 - 5,01	5,00 -2,01
Sustrato	TNA50/50	8,00 ± 1,22 A	12,22 ± 1,10 A	15,89 ± 1,60 B	11,56 ± 2,48 B	8,89 ± 1,71 B	5,78 ± 1,87 A
	TNCA_70/30	9,11 ± 1,22 A	11,56 ± 1,10 A	22,89 ± 1,60 A	23,89 ± 2,48 A	18,33 ± 1,71 A	9,56 ± 1,87 A
	TNCA_80/20	7,78 ± 1,22 A	11,56 ± 1,10 A	17,00 ± 1,60 B	13,11 ± 2,48 B	6,67 ± 1,71 B	8,22 ± 1,87 A
	F-Valor	0,34	0,12	5,53	7,34	13,12	1,05
	P-Valor	0,7138	0,8847	0,0134	0,0047	0,0003	0,3718

11.3.4. Peso por categoría

En la tabla 7, podemos observar el peso por categoría según las densidades de siembra. En las categorías >60,01 y 5,00 – 2,01 no existen diferencias significativas, sin embargo, en las otras cuatro categorías si existen diferencias significativas siendo la categoría con mayor peso 60,00 – 40,01 presentando una media de 0,71 kg/ m² en la densidad de siembra de 33 plantas y la de menor peso fue 10,00 – 5,01 presentando una media de 0,09 kg/m² en la densidad de siembra de 22 plantas, con respecto a las densidades.

Tabla 7*Peso por categoría, por efecto de las densidades de siembra*

	Categoría	>60,01	60,00 - 40,01	40,00 - 20,01	20,00 - 10,01	10,00 - 5,01	5,00 -2,01
Densidad	66	0,61 ± 0,10 A	0,57 ± 0,05 A	0,71 ± 0,05 A	0,35 ± 0,04 A	0,12 ± 0,02 A	0,0 ± 0,06 A
	33	0,78 ± 0,10 A	0,71 ± 0,05 A	0,51 ± 0,05 B	0,25 ± 0,04 A	0,11 ± 0,02 A	0,0 ± 0,06 A
	22	0,58 ± 0,10 A	0,41 ± 0,05 B	0,44 ± 0,05 B	0,17 ± 0,04 B	0,09 ± 0,02 A	0,1 ± 0,06 A
	F-Valor	1,09	7,65	8,59	4,87	0,42	1,31
	P-Valor	0,359	0,0039	0,0024	0,0204	0,6653	0,2932

En la tabla 8, se muestra el peso por categoría según los sustratos estudiados. En las categorías >60,01 y 5,00 – 2,01 no existen diferencias significativas, sin embargo, en las otras cuatro categorías si existen diferencias significativas siendo la categoría con mayor peso 40,00 – 20,01 presentando una media de 0,70 kg/m² en el sustrato TNCA70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz) y la de menor peso fue 10,00 – 5,01 presentando una media de 0,08 kg/m² en el sustrato TNA50/50 (Tierra negra + arena) con respecto a los sustratos.

Tabla 8

Peso por categoría, por efecto los tipos de sustratos

Categoría	>60,01	60,00	-	20,00	-	5,00 - 2,01	
		40,01	40,00 - 20,01	10,01	10,00 - 5,01	5,00 - 2,01	
Sustratos	TNA50/50	0,72 ± 0,10 A	0,62 ± 0,05 A	0,49 ± 0,05 B	0,20 ± 0,04 B	0,08 ± 0,02 B	0,03 ± 0,06 A
	TNCA_70/30	0,66 ± 0,10 A	0,55 ± 0,05 A	0,70 ± 0,05 A	0,38 ± 0,04 A	0,15 ± 0,02 A	0,03 ± 0,06 A
	TNCA_80/20	0,58 ± 0,10 A	0,52 ± 0,05 A	0,46 ± 0,05 B	0,19 ± 0,04 B	0,08 ± 0,02 B	0,13 ± 0,06 A
	F-Valor	0,5	1,04	7,29	7,71	3,44	0,85
P-Valor	0,6152	0,3743	0,0048	0,0038	0,0543	0,4423	

11.3.1. Descarte de tubérculos

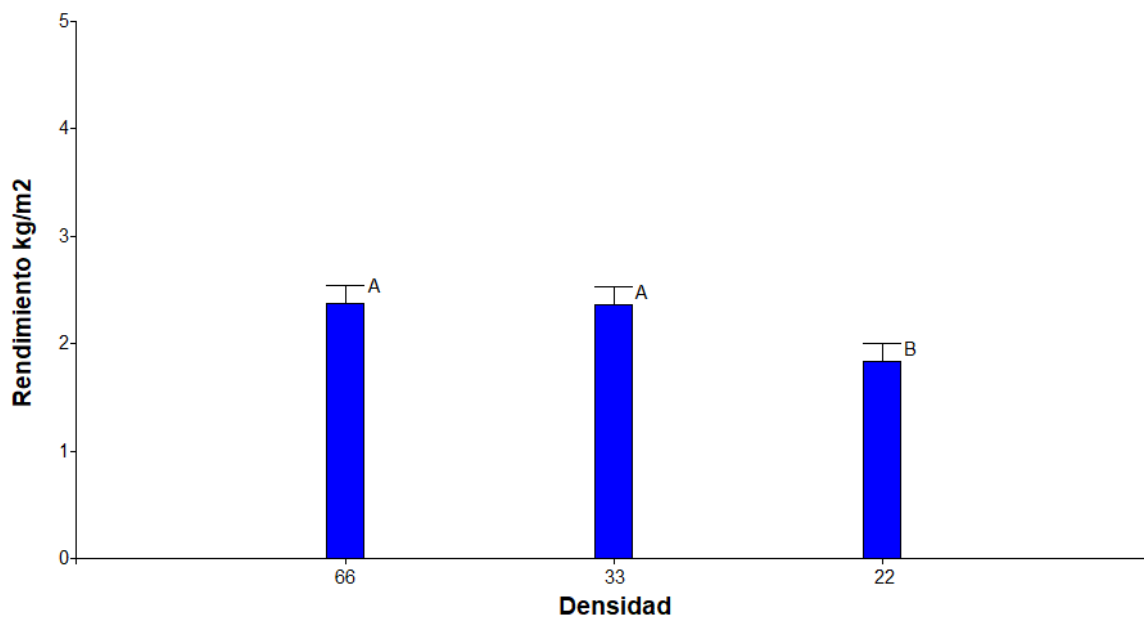
Se encontró diferencia estadística significativa en la variable descarte de tubérculos por efecto de las densidades de siembra (F: 1,99; p <0,0001; Fig.11). En la figura 11, se observa que en la densidad de 22 plantas/ m² obtuvo una diferencia significativa en relación con las otras dos densidades (66 y 33 plantas/ m²) siendo esta la que presento un menor peso de tubérculos descartados.

La cantidad de tubérculos descartados fueron por presentar características no deseadas para la obtención de semilla prebásica de calidad, tomando en cuenta anomalías como infección por plagas en el proceso (galerías realizadas por larvas de palomillas identificadas a simple vista), podredumbres húmedas o secas y/o alguna alteración (lesión) superficial.

No se encontraron investigaciones donde respalden el proceso de descarte de un tubérculo, por lo cual este informe queda de respaldo para investigaciones futuras.

Tabla 9

Descarte de tubérculos por efecto de las densidades de siembra



12. Conclusiones

Para la variable porcentaje de prendimiento se logró comprobar que los tres sustratos estudiados y las tres densidades de siembra presentan condiciones óptimas para el desarrollo de las plántulas de papa en la producción de semilla prebásica bajo condiciones controladas.

En el crecimiento y desarrollo vegetativo se determinó que las plantas más vigorosas fueron las provenientes de los sustratos TN/A50/50 (Tierra negra + arena) y TNCA70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz) en todas sus densidades de siembra, pero en cuanto al diámetro del tallo los sustratos que brindaron mejor grosor fueron el de TNA50/50 (Tierra negra + arena) y el TNCA80/20 (Tierra negra + cascarilla de arroz) en todas sus densidades de siembra, sin embargo, cuando evaluamos la altura, el sustrato que brindó mejor resultado fue el TNCA70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz).

Para la variable rendimiento, el mayor número de tubérculos lo presentó el sustrato TNCA70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz) en la densidad de siembra de 66 plantas con un promedio de 88.44 tubérculos/m². Mientras que el mayor rendimiento en kg/ m² lo presentaron las densidades de siembra de 66 y 33 plantas. Se estimó que la categoría que mostró mejor rendimiento fue la de 40,00g a 20,01g para la densidad de 66 plantas, mientras que, para el rendimiento por efecto del tipo de sustrato, el que presentó mejor resultado fue el TNCA_70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz) en la categoría de 20,00 – 10,01. En cuanto al peso por categoría la de 60,00 a 40,01g presentó mayor peso para las densidades de siembra de 33 plantas y para efecto de los sustratos el que brindó mejor peso fue el de TNCA70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz).

13. Recomendaciones

Se recomienda para futuras investigaciones considerar la implementación del sustrato TNCA70/30 (Tierra negra + cascarilla de arroz) para mejorar el rendimiento y la producción de número de tubérculos de semilla prebásica.

Realizar un análisis costo beneficio de la implementación de los diferentes sustratos o y densidades de siembra en comparación con los métodos tradicionales de siembra de cultivo de papa prebásica.

Seguir realizando investigación del comportamiento agronómico para producción de semilla prebásica de papas en nuestro país, ya que el mayor reto para los productores hoy en día es el acceso a semillas de calidad, lo que permitiría disminuir costos de producción y tener accesibilidad a las mismas.

Se sugiere a los estudiantes que continúen la experimentación de este estudio, para poder determinar con mayor exactitud la densidad de siembra más óptima y que para determinar el efecto de los sustratos realicen análisis físicos y químicos en función de mejorar el rendimiento productivo del cultivo de papa.

14. Referencias

- Bures Pastor, S. (2002). *Sustratos propiedades físicas y químicas*, 70,71. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2002_e_70_79bis.pdf
- Camposeco Silvestre, L. (2015). *Evaluación de seis tipos de sustratos para la producción de semilla pre básica de papa (Solanum tuberosum L.), variedad Loman bajo condiciones protegidas ICTA, labor Ovalle, Quetzaltenango, Guatemala*. Recuperado el 13 de 10 de 2025, de <https://www.cytacunoc.gt/wp-content/uploads/2017/10/Camposeco-Silvestre-Lino-Baldomero-2015.pdf>
- Castillo, A. (s.f). https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/410/1/11121922080_7102417.pdf. Recuperado el viernes de noviembre de 2025, de Propagacion de plantas en el cultivo.
- Ekkert, T. (2022). *Concepto de densidad*. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8537980?show=full>
- Fano Rodríguez, H. (2007). *Producción de Tubérculos-Semillas de Papa Manual de Capacitación*. <https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/b64f2fc4-2bb0-4b4f-a724-47e0f0218dad/content>
- INTA. (2018). *Recomendaciones para la producción de Papa*. Recuperado el octubre de 2025, de INTA. <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2023/11/Recomendaciones-produccion-Papa-2018.pdf>
- Lazo Pineda, L. T., & López Valdivia, J. P. (2018). *Efecto de absorción de Fósforo en el cultivo de Solanum tuberosum utilizando distintas fórmulas de fertilización, Miraflor – Estelí 2018*. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de <http://repositorio.unflep.edu.ni/10/1/D00242018.pdf>.
<http://repositorio.unflep.edu.ni/10/1/D00242018.pdf>
- Martinez, J. A. (marzo de 2023). *Tecnología para mejorar la producción y productividad agropecuaria*. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de <https://repositorio.una.edu.ni/4874/1/RENF01G633.pdf>
- Martinez, T. G. (2017). Recuperado el 14 de octubre de 2025, de Evaluación de las características agronómicas y rendimiento productivo de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum L*), tolerante a tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont de Bary) bajo condiciones de invernadero, Postrera en el Centro experimental. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/4703/1/5819.pdf>
- MEFCCA. (s.f). *Cartilla del Cultivo de papa*. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa.

<https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento4923501.pdf>

Morales, G. R. (2007). *Distribución y variedad de Ralstonia*. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de Universidad Nacional Agraria solanacearum E.F. Smith, AGENTE CAUSAL DE MARCHITEZ BACTERIANA EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L) en tres departamentos de Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/1366/1/tnh20r586.pdf>

Oleo Futuro. (2025). *densidad de plantacion*. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://oleofuturo.com/densidad-de-plantacion-como-afecta-al-manejo-y-la-produccion/>

Pontificia Universidad Católica de Chile. (2025). *Vigor en semillas: Un atributo vital que comienza mucho antes de la siembra*. Recuperado el viernes de noviembre de 2025, de Mundoagro. <https://mundoagro.io/cl/vigor-en-semillas-un-atributo-vital-que-comienza-mucho-antes-de-la-siembra/>

Rodriguez, L., Corchuelo, G., & Núñez, C. (2004). Densidad de poblacion y su efecto sobre el rendimiento de papa (*Solanum Tuberosum* L. cv. Parada pastusa) . *Agronomia Colombiana*.

Rojas Olmedo, V. (2015). *EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN DESEMILLA PREBÁSICA DE PAPA (Solanum tuberosum) EN DOSVARIEDADES. TUMBACO, PICHINCHA*. Recuperado el 13 de 10 de 2025, de researchgate. https://www.researchgate.net/publication/360915710_Evaluacion_de_cuatro_sustratos_en_la_produccion_de_semilla_prebasica_de_papa_Solanum_tuberosum_en_dos_variedades_TUMBACO_PICHINCHA

UNAN Managua. (s.f). *Lineas de Investigación*. Recuperado el 27 de noviembre de 2025, de https://www.unan.edu.ni/wp-content/uploads/lineas_de_investigacion.pdf

Vasquez-Ramirez, W., Pérez-Ascencio, M., & Lara-Ascencio, F. (2019). *Evaluación de tres variedades de pap (Solanun tuberosum L.), tres densidades de siembra y dos sustratos para producción de semilla prebásica*. Recuperado el 30 de 11 de 2025, de Agrociencia. <https://www.ues.edu.sv/agrociencia/index.php/agrociencia/article/download/149/162>

15. Anexos

Anexo A

Libro de campo

I. Datos Generales:

Departamento: Estelí Municipio: Estelí

Localidad:

Nombre de la finca: CDT FRQ

Nombre del productor:

Fecha de siembra: Fecha de cosecha: _____

Ciclo de siembra/año:

II. Características edafoclimáticas

a) Altitud: _____ (m.s.n.m) b) Pendiente del terreno: _____ (%)

c) Drenaje: Excesivo (____) Moderado: (____) Imperfecto: (____)

d) Coordenadas: Latitud N _____

Longitud W _____

Anexo B





REDMI NOTE 13



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



