

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



**EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var,
Colombia BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO PARA LA PRODUCCIÓN DE
SEMILLA EN EL MUNICIPIO DE PAMPLONA**

Yerly Dayana Estupiñan Avellaneda

Programa de Ingeniería Agronómica

Pamplona, 2024.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



**EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var,
Colombia BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO PARA LA PRODUCCIÓN DE
SEMILLA EN EL MUNICIPIO DE PAMPLONA**

Trabajo de grado bajo la modalidad de investigación, presentado como requisito para optar al
título de Ingeniero Agrónomo.

Yerly Dayana Estupiñán Avellaneda

1006532403

Director

M.Sc. Javier Francisco Castellanos Martínez

Programa de Ingeniería Agronómica

Pamplona, 2024

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico primeramente a Dios quien fue quien sirvió de guía para poder lograr este objetivo, a mi mamá Olga Avellaneda y a mi papa Luis Estupiñán quienes siempre estuvieron presentes en todo momento, dando su voz de aliento para que no me rindiera y me apoyaron para lograr cumplir este sueño, al resto de mi familia que de una u otra manera aportaron un granito de arena a mi proceso de formación.

A mis compañeros de estudio quienes me apoyaron, compartieron y me ayudaron sin esperar nada a cambio, quienes estuvieron presentes en todo mi proceso y me aportaron conocimientos, risas, tristezas y triunfos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero extender mi más sincero agradecimiento a mi tutor M.Sc. Javier Francisco Castellanos

Martínez por su ayuda para la realización de esta tesis de investigación, por todo el conocimiento compartido y por su disponibilidad para la realización del mismo.

Agradezco también a mis jurados de trabajo de grado por sus conocimientos brindados, a la universidad de pamplona en especial a la facultada de ciencias agrarias por permíteme ser parte de ella y lograr culminar mi carrera.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que estuvieron presentes en todo mi proceso de formación académica, ya que de una u otra forma me aportaron apoyo y compañía para cumplir con el sueño de terminar mi carrera universitaria.

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen.....	10
2. INTRODUCCIÓN	11
3. PROBLEMA	14
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	14
4. JUSTIFICACIÓN.....	16
5. DELIMITACIONES	19
6. OBJETIVOS.....	20
7.1 Objetivo general.....	20
7.2 Objetivos específicos.	20
7. MARCO TEÓRICO	21
7.3 Antecedentes.....	21
7.3.1 Internacional.....	21
7.3.2 Nacional.....	22
7.3.3 Regional	24
8. Marco contextual.....	28
8.1 Departamento de Norte de Santander.....	28
8.2 Municipio de Pamplona	29
9. Bases conceptuales.....	30
10. Descripción de las variables y métodos de análisis	37

11.	Marco legal	39
12.	METODOLOGÍA.....	43
13.	ANÀLISIS DE RESULTADOS.....	45
14.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
15.	CONCLUSIONES	71
16.	RECOMENDACIONES	72
17.	BIBLIOGRAFÍA	73
18.	ANEXOS	79

Lista de figuras.

Figura 1. Mapa división política departamento de Norte de Santander, tomada de IGAC, 2018	28
Figura 2. Departamento del Norte De Santander, municipio de Pamplona. Tomado de alcaldía de Pamplona, 2016.	29
Figura 3. Raíces adventicias, B. Raíces sobre los nudos, C. sistema radicular totalmente desarrollado (Inostroza, S.F)	31
Figura 4. habito de crecimiento de la planta de papa (Inostroza, S.F)	31
Figura 5. Determinación de AF con imageJ	37
Figura 6. ubicación del invernadero	43
Figura 7. Distribución e identificación de las camas y los bloques al azar	45
Figura 8. selección y clasificación de semilla.	46
Figura 9. Realización de la siembra.	46
Figura 10. Invernadero con los ventiladores, riego y nebulizadores prendidos	47
Figura 11. implementación del tutorado.....	48
Figura 12. primera aplicación de hongos entomopatógenos.	48
Figura 13. aplicación de fertilizantes 10-30-10.....	49
Figura 14. A: Mezcla y desinfección del sustrato 10 de octubre, B: aplicación del sustrato al suelo.....	49
Figura 15. Estadio principal 0, germinación / brotación total de 13 días	58
Figura 16. Estadio principal 1. Desarrollo de hojas	58
Figura 17. Estadio principal 2: Formación de brotes laterales	59
Figura 18. Estadio principal 5: aparición del órgano floral	59

Figura 19. Estadio principal 8: Maduración de frutos y semillas A: Maduración, B: Cosecha	60
Figura 20. Floración del cultivo del invernadero	81
Figura 21. Implementación de tutorado	81
Figura 22. Ajuste del tutorado y aplicación de fertilizante foliar	82
Figura 23. Aparición de las primeras flores	82
Figura 24. Implementación del tutorado con maya	83
Figura 25. Planta de papa después de la emergencia	83
Figura 26. Distribución de los bloques al azar en le invernadero	84
Figura 27. Cosecha final	84
Figura 28. Implementación de tutorado	84
Figura 29. Implementación de tutorado	84
Figura 30. Aparición de las primeras flores	84
Figura 31. toma de muestras para hallar el ara foliar	86

Lista de tablas.

Tabla 1 Bases normativas, principales.....	41
Tabla 2. Distribución de los tratamientos en las camas del invernadero	44
Tabla 3. Temperatura y humedad encontrada en el invernadero	50
Tabla 4. Numero de hojas y área foliar del tratamiento 1 por repeticiones	51
Tabla 5. Numero de hojas y área foliar del tratamiento 2 por repeticiones	52
Tabla 6. Numero de hojas y área foliar del tratamiento 3 por repeticiones	52
Tabla 7. ANOVA por tratamientos y por repeticiones de área foliar	54
Tabla 8. Índice de área foliar por tratamiento y repetición.....	55
Tabla 9. ANOVA por tratamientos y por repeticiones del índice de área foliar	56
Tabla 10. Ciclo fenológico del cultivo de papa criolla variedad Colombia en el invernadero.....	60
Tabla 11. Escala BBCH de los estados fenológicos de la planta de papa criolla solanum phureja juz. & bukasov var, colombia bajo condiciones de invernadero	61
Tabla 12. tabla de la materia seca por tratamiento y repetición	61
Tabla 13. ANOVA por tratamientos y por repeticiones para materia seca de raíces	63
Tabla 14. ANOVA por tratamientos y por repeticiones para materia seca de Tallos	63
Tabla 15. Incidencia de la Gota o Tizón Tardío Solanum phureja	64
Tabla 16. evaluación de rendimientos	67
Tabla 17. ANOVA por tratamientos y por repeticiones con relación al peso total	69

1. RESUMEN

Este trabajo de investigación fue realizado en el municipio de Pamplona Norte de Santander, en las instalaciones de la Universidad de Pamplona, con el objetivo de evaluar la adaptabilidad de *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var, Colombia bajo condiciones de invernadero para la producción de semilla certificada. Esta investigación nace de la necesidad de reducir costos de producción del cultivo de papa criolla al reemplazar semillas provenientes de otras regiones que genera más costos. Usando un diseño experimental de bloques al zar con cuatro repeticiones, donde el tratamiento uno hacer referencia a semillas de 20g a 40g, el tratamiento dos corresponde a semillas de 40g a 60g y el tratamiento tres de semillas mayores a 60g, se evaluaron parámetros como índice de área foliar, materia seca y rendimientos en condiciones controladas. Se identificaron limitaciones como la enfermedad del Tizón Tardío o gota que es causado por el Oomyceto *Phytophthora infestans*. Los resultados indican que las condiciones de invernadero aceleran el ciclo fenológico del cultivo, aunque las altas temperaturas y la alta incidencia de la enfermedad afectan el rendimiento final, por otra parte, el tratamiento con mayor área foliar y mayor números de tubérculos fue el tratamiento tres

Palabras clave: adaptabilidad, variables fisiológicas, *Phytophthora infestans*.

2. INTRODUCCIÓN

En Colombia se comercializan dos materiales o grupos los cuales son el grupo Andigena que son el las papa de año o negras y las *phujeras* que son las papas criollas o amarillas.

La papa *Solanum spp.* es el cuarto cultivo más sembrado en cien países siendo el alimento básico de Europa y estados unidos y es la principal hortaliza consumida a nivel mundial según estadísticas de la FAO (2008), se producen alrededor de 385 millones de toneladas por año en una superficie de 19,2 millones de ha. El 60% de la producción mundial se realiza en 6 países como lo es china con más del 24%, seguido de India, Rusia, Ucrania, EEUU y Alemania Rothman S (2007)

La papa contiene proteínas de alta calidad, tiene aminoácidos esenciales y vitamina C y A, contiene carbohidratos, minerales que contribuyen a una dieta balanceada, y también se usan para producir almidón y diferentes comidas como comidas rápidas, chips de papas, entre otros. INTA (2004)

Aunque su tasa de consumo es muy alta encontramos también que hay factores que limitan la producción de papa de buena calidad, uno de estos es los escasos de la semilla certificada, el uso de esta semilla, junto con el manejo adecuado de los terrenos pueden llegar a garantizar la reducción de los costos del cultivo y minimizar el riesgo de infección de plagas y enfermedades para el mismo y maximizar los rendimientos y obtener una producción de buena calidad. Ríos (2007)

Velázquez y Montesdeoca (2006) afirman que una semilla de buena calidad aumenta la producción, productividad y optimiza el uso de insumos debido a igualdad de emergencia y vigor de la planta.

La manera más tradicional y efectiva de obtener semillas certificadas es mediante cultivos in vitro, sustratos esterilizados, donde el resultado será la obtención de micro tubérculos que luego se llevarán a zonas aisladas para aumentar su tasa de multiplicación, la idea de usar este método es aumentar la calidad de la semilla, semillas libres de patógenos que puedan causar algún daño o disminuir su producción. Ya que si una semilla no está en condiciones sanitarias, físicas y fisiológicas adecuadas su producción no va a ser uniforme y se tendrán bajos rendimientos y se aumentara el riesgo de contagio de plagas y enfermedades. Franco et al (2007)

La papas del grupo *Phureja* o criolla es un alimento que ofrece un excelente valor nutricional como lo son las vitaminas A,B y C, Niacina, Tiamina, Carbohidratos y minerales como el sodio, potasio, calcio, hierro, magnesio y fósforo, adicionalmente presenta un aporte mayor en contenido de proteína, por lo tanto este cultivo es de vital importancia para la humanidad ya que trae muchos beneficios alimenticios, por eso es de vital importancia darle el manejo adecuado al cultivo para tener un productos de buena calidad para el consumidor. Ausique (2009)

La papa criolla *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var, Colombia es una especie diploide originaria de América tropical, se distribuye desde el norte de Bolivia hasta el suroccidente venezolano con una gran diversidad genética al sur de Colombia en el departamento de Nariño. Este cultivo presenta importantes características agronómicas y nutritivas, un significativo mercado interno en Colombia y un alto potencial como producto de exportación. Vásquez (2016)

La variedad criolla Colombiana es una nueva variedad de papa criolla, liberada comercialmente durante el primer semestre del año 2005, que presenta un mayor periodo de reposo respecto a otras variedades cultivadas, alto rendimiento por cosecha, frescura duradera, consistencia solida del producto, resistencia a enfermedades que atacan al cultivo como la gota. Las pérdidas anuales de estos tubérculos en postcosecha fluctúan entre el 10 y 15%, siendo la brotación prematura uno de los factores más limitantes. Farfán & Chaparro (2007)

3. PROBLEMA

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La papa ocupa el cuarto lugar entre los alimentos que más se consumen en el mundo debido a su alto contenido de carbohidratos, esto lo hace importante para tener una dieta totalmente balanceada, lo que significa que es de gran importancia la producción de este producto agrícola, teniendo en cuenta que para obtener una producción de buena calidad es importante sembrar semilla de buena calidad con características de adaptación y con el mínimo riesgo de pérdidas de producción por plagas y enfermedades. Coral (2016)

Actualmente en el municipio de Pamplona Norte de Santander no se cuenta con un centro de producción de papa *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var, Colombia bajo invernadero y su producción es escasa. La papa del grupo Phureja tiene una gran aceptación en la canasta familiar debido a sus propiedades organolépticas, pero la ausencia del periodo de dormancia limita su transporte y distribución, debido a que el inicio de la tuberización se da gracias a señales ambientales, como cambios de temperatura, longitud del día o humedad relativa, desencadenando una rápida brotación del tubérculo, este proyecto se realizara con el fin de observar cuales son las condiciones a las que mejor se adapta este tipo de papa y si es rentable o no tener este cultivo bajo las condiciones de invernadero ya que mediante este método las condiciones climáticas se pueden tener más controladas Bonilla et al (2009).

Pamplona Norte de Santander cuenta con las condiciones agroclimáticas como lo son que se encuentra entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m, con temperaturas promedios entre 12° y 18° C con precipitaciones entre 1.000 y 1.600 mm/año. (Unipamplona S.F.) esto quiere decir que se cuenta

con las condiciones adecuadas para la implementación de un cultivo de papa en campo, pero se desconoce el comportamiento de la papa criolla *Solanum phureja* variedad Colombia bajo condiciones de invernadero, lo que dificulta todos los procesos relacionados con la producción de semilla.

4. JUSTIFICACIÓN

El sistema de producción de papa criolla *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var, Colombia, es de vital importancia para los municipios de clima frío ubicados en la provincia de Pamplona, pues su producción atiende las demandas de Santander, Norte de Santander, Arauca, César, Magdalena y la Guajira. La actividad es desarrollada en los municipios de Mutiscua, Pamplona, Silos, Cácuta y Chitagá. El área sembrada en el 2013, según la Secretaría de Desarrollo Económico alcanzó 379 hectáreas, con una producción de 13.698 toneladas y un rendimiento de promedio de 21,5 t/ha, superior al promedio Nacional. (SOTO, 2016)

La papa *Solanum* spp. es una planta que fue domesticada en el altiplano peruano-boliviano. Desarrolla un sistema radicular fibroso y muy ramificado, a partir de la radícula de una plántula proveniente de tubérculos-semilla, de plántulas in vitro. Los tubérculos se forman a partir del engrosamiento de la médula y de la corteza de tallos subterráneos, llamados estolones, inicia con el desarrollo de los estolones, seguido de la tuberización, es decir, el engrosamiento de la región sub apical. Estos procesos están afectados por factores ambientales como la temperatura y el fotoperiodo. El desarrollo de los estolones es controlado por las condiciones que prevalecen en la parte basal del tallo: humedad y oscuridad. Por otro lado, la presencia de una alta cantidad de nitrógeno, de luz y de calor inducen la producción de citoquininas, que estimulan el desarrollo de tallos y de hojas. (Andrade, 2015)

El cultivo de papa *Solanum phureja* Juz. & Bukasov es muy apetecido a nivel mundial e internacional ya que es de gran importancia por su alto contenido de carbohidratos es fuente importante de energía y es un alimento básico de la dieta colombiana, es de gran importancia

económica ya que es la actividad económica más importante en algunas regiones y también genera ingresos al país ya que también es exportado.

Cuenta con un consumo per cápita de 57kg por persona por año, el 93% de la producción del país se destina a consumo en fresco y el 7% a procesamientos, las variedades más sembradas son; Pastusa Superior, Parda Pastusa, Diacol Capiro, Única y Criolla, en Colombia la papa es el cuarto cultivo más aparecido después del arroz, maíz y trigo, la papa es sembrada en 9 departamentos y al menos 300 municipios, la producción promedio es de 21,5 toneladas, este cultivo es de gran importancia rural ya que al menos 90 mil familias se dedican a este cultivo. (Agro Bayer, s.f).

La producción de este producto viene desde muchos años atrás es el departamento de Norte de Santander, con el tiempo se ha venido mejorando la calidad de la semilla de la papa con el fin de obtener un producto final con características de alta calidad garantizando una producción más limpia y con menos riesgos de pérdidas, la papa es un cultivo que se produce bien en condiciones de climas fríos y su demanda es muy alta lo que facilita su comercialización. (Agro Bayer, s.f).

En el cultivo de papa hay que tener en cuenta ciertos factores que influyen en el desarrollo y crecimiento de los tubérculos como lo son:

Los factores genéticos: Esto hace referencia a la elección del tipo de variedad ya que esto define la producción, el rendimiento y el tipo de manejo que se debe llevar

La edad fisiológica: Es de vital importancia para el desarrollo de las plantas y la formación de los tubérculos, cuando la edad fisiológica aumenta la inducción de tuberización también, esto

hace referencia a que los procesos fisiológicos se aceleran y la producción de tubérculos es más rápida, esto quiere decir que entre más viejo el material se producen plantas más pequeñas.

Fotoperiodo y calidad de luz: Para la formación de tubérculos es muy importante la duración del día, en la región andina la tuberización es promovida por fotoperiodos cortos que es alrededor de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, si se cuenta con un incremento de la intensidad excesivo de la radiación solar puede provocar una excesiva transpiración, estrés hídrico y bajos rendimientos. (Andrade, 2015)

Temperatura: El cultivo de papa se adapta a climas tropicales fríos, donde la temperatura puede estar de los 18°C y los 25°C en el día y en la noche entre los 8°C y los 15°C. Por otro lado, es importante aclarar que si se cuenta con temperaturas mayores a 30°C por más de 4 horas puede llegar a ver problemas radiculares de igual manera si se cuenta con temperaturas menores a 4°C pueden a ver daños también. En plantas de papa la tasa de asimilación neta de carbono, es decir, el aumento de peso de la planta por unidad de área foliar es mayor, entre 18 y 23°C. Por encima de 25°C, la tasa de asimilación neta no aumenta significativamente, mientras que la respiración de mantenimiento sigue aumentando, lo que significa que la planta respira y gasta más energía de la que genera la fotosíntesis (Andrade, 2015)

Nutrientes: La nutrición es de vital importancia ya que esta influye en el desarrollo del área foliar, la inducción de la tuberización y el número de tubérculos y su peso. Los nutrientes se pueden clasificar en; Macronutrientes son los que se encuentran en mayor cantidad y son: Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre y los Micronutrientes las cantidades no superan las 200 partes por millón y son: Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro, Cloro y Molibdeno. (Andrade, 2015)

5. DELIMITACIONES

Esta investigación se realizó en el municipio de Pamplona Norte de Santander en las instalaciones de la Universidad de Pamplona, bajo las condiciones del invernadero ubicado en el campus principal. El objetivo de este trabajo fue evaluar la adaptación de los materiales de papa criolla Colombia a través del análisis clásico de crecimiento evaluando la BBCH y el rendimiento al final del ciclo a través del número y peso de tubérculos por planta, llevando a cabo su respectivo manejo para el control de plagas y enfermedades descrito por AGROSAVIA para garantizar una semilla de alta calidad, se realizó la descripción de componentes de rendimiento como lo son; número de tubérculos, área foliar, Índice de área foliar, rendimiento en kilogramos, incidencia de la gota y materia seca.

6. OBJETIVOS.

7.1 Objetivo general.

- Evaluar la adaptabilidad de *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var, Colombia bajo condiciones de invernadero para la producción de semilla en el municipio de Pamplona mediante componentes de rendimientos y variables fisiológicas

7.2 Objetivos específicos.

- Describir el comportamiento de los componentes de rendimiento en plantas de papa *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var, Colombia, sembradas bajo invernadero en el municipio de Pamplona.
- Establecer la duración de los estados fenológicos del cultivo de papa criolla *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var, Colombia, bajo condiciones controladas utilizando la escala BBCH.

7. MARCO TEÓRICO

7.3 Antecedentes

7.3.1 Internacional

Rodríguez (2018) Analizo la Producción de mini tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) de los cultivares Karú y Pampeana producidos en Biorreactores Económicos de Inmersión Temporal (BEIT) y su multiplicación por esquejes extraídos de yemas apicales y axilares. El trabajo se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la Universidad Nacional Agraria (UNA) y en el Laboratorio de cultivo de tejidos del INTA ubicado en el departamento de Estelí. Se realizó un estudio mediante la evaluación de la producción de micro tubérculos de papa en los cultivares Karú y Pampeana producidos en

Biorreactores Económicos de Inmersión Temporal (BEIT) y su posterior propagación por esquejes apicales y axilares sembrados en un sustrato orgánico. En el cultivar Karú la propagación a partir de la siembra de yemas apicales extraídas de plantas de micro tubérculos germinados, resultó mejor para la formación de plantas con la adición al sustrato de 0.75 mg L⁻¹ de Ácido indol-3- butírico, IBA. Pero en la siembra de yemas axilares fue mejor la respuesta estadística en las variables longitud de plantas y longitud de raíces en el sustrato con 0.50 mg L⁻¹ de IBA. (Mendoza F. V., 2018)

Fernández et al (2000) al. Analizaron el crecimiento en siete variedades de papa *Solanum tuberosum* L. en la Universidad Agrarias de México, las variedades evaluadas fueron Norteña, Gigant, Mondial, Snowden, Alpha, Atlantic y Russett Burbank, esto se realizó bajo criterios de eficiencia y productividad del análisis de crecimiento (seis muestreos, cada 18 días en

promedio), como la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de crecimiento relativo foliar (TCRF), relación de área foliar (RAF), índice de área foliar (IAF) y tasa de asimilación neta (TAN). La TCR fue mayor en Norteña, Russett Burbank y Alpha. En la RAF, los mejores genotipos fueron Atlantic y Snowden, mostrando Russett Burbank. Por lo que respecta al IAF, los mejores genotipos fueron Norteña y Gigant, estableciéndose el máximo del cuarto al sexto muestreo. En la TAN, no se encontraron diferencias entre genotipos, mostrando superioridad la Norteña, siguiendo las otras cinco un patrón de comportamiento muy semejante (Borrego, 2000)

7.3.2 Nacional

Castellanos et al (2010) realizaron el trabajo de análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum L.*) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia) la investigación se realizó en las variedades Pastusa Suprema, Betina, Esmeralda y Diacol, con el objetivo de comparar el crecimiento y la relación fuente-demanda de estos cultivares durante el ciclo de cultivo. Se evaluaron las variables área foliar y materia seca y se obtuvieron los índices de crecimiento y los potenciales de fuente - demanda. En los índices de crecimiento se encontraron similitudes entre las variedades Esmeralda y Betina, tanto en la ocurrencia de los valores mínimos como en la de valores máximos durante el ciclo de cultivo. Las variedades Betina, Esmeralda y Diacol Capiro presentaron los valores más altos de relación de área foliar (RAF) en la cuarta semana después de emergencia y además registraron la menor duración de área foliar (DAF) durante el ciclo de cultivo, mientras que la variedad Pastusa Suprema mostró la mayor longevidad de hojas.

Gutiérrez y Marcos (2005). Analizaron el crecimiento del cultivo de papa se definen los pasos pertinentes para llevar a cabo un proceso analítico, se establece la definición de crecimiento, en términos de proceso fisiológico y se enumeran las técnicas utilizadas para medir el crecimiento y cuantificar los componentes de rendimiento a los cuales se refiere el análisis matemático.

Castellanos et al (2009). Realizaron un trabajo de acumulación y distribución de materia seca de cuatro variedades de papa *Solanum tuberosum* L. en Zipaquirá, Cundinamarca (Colombia). Esta investigación evaluó la acumulación y distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta de cuatro variedades de papa. Se evaluaron las variedades Betina, Pastusa Suprema y Esmeralda y la variedad Diacol Capiro. Se determinan la materia seca de cada uno de los órganos de la planta por medio de muestreos destructivos de tres sitios de siembra al azar por variedad, realizados cada dos semanas durante el ciclo de cultivo. Se observaron diferencias en cuanto al comportamiento de acumulación de materia seca en hojas y tallos, siendo mayor para Pastusa Suprema a las 16 semanas después de emergencia.

Gaitán et al (2013) realizaron el Análisis Funcional de Crecimiento y Desarrollo de Cuatro Variedades de Papa *Solanum tuberosum* subsp. andigena Bajo las condiciones ambientales de la Sabana de Bogotá, se realizó un análisis de crecimiento funcional en las variedades de papa Monserrate, Única, Zipa y Morita pertenecientes a la especie *Solanum tuberosum* subsp. andígena Se establecieron parcelas únicas de 90 m² a una densidad de 33.333 plantas ha⁻¹. Semanalmente se evaluó el peso seco por órgano y el área foliar a partir de la semana siete, en dos plantas por variedad. Se calculó la tasa relativa de crecimiento, tasa de crecimiento del cultivo, relación área foliar, tasa de asimilación neta, área foliar específica e

índice de área foliar. La variedad Única tuvo el mejor rendimiento por planta, no almacena foto asimilados de forma temporal en los tallos y el llenado de los tubérculos tiene una duración de 12 semanas.

Este trabajo de investigación fue realizado por Juan David Guzmán donde el objetivo era Identificar preliminarmente los cambios a nivel fenotípico de un cultivo de *Solanum phureja* Juz. & Bukasov irradiado con cobalto 60 ubicado en el municipio de El Rosal Cundinamarca donde se presentaron cambios fenotípicos muy notorios (color de las flores), mientras las plantas irradiadas tienen color blanco en las flores, los ejemplares control poseen las flores color fucsia. Se estandarizó la Maxter Mlx, las concentraciones y volúmenes adecuados para la correcta amplificación. Además, se estandarizaron las condiciones de la electroforesis, voltaje, miliamperios, tiempo, marcador de peso y porcentaje del gel. Esto incluyó también el diseño del Primer y su respectiva síntesis. Se logró amplificar el gen EIN2, con esto se cumplió con el objetivo y se comprobó la presencia del gen implicado en la ruta del etileno, mostrándose una diferencia cualitativa en la expresión de las plantas control y las irradiadas. (Vásquez, 2016).

7.3.3 Regional

Araque (2024), analizo el creciente de dos variedades de papa criolla bajo diferentes tipos de fertilización, donde evaluaron el efecto de diferentes fuentes y dosis de fertilización sobre el crecimiento de papa Criolla Colombia, la semilla agronómica se plantó a 0,5 cm de profundidad y 0.3m x 1,0m de distancia, los tratamientos fueron la combinación de variedad y fertilizantes, se le realizo muestreo a tres plantas por tratamiento en cada fase fenológica se

determinó el desarrollo fenológico (DF), área foliar (AF), peso foliar específico (PFE) y las tasas: asimilación neta (TAN), relativa de crecimiento (TRC) y crecimiento del cultivo (TCC). Se usó un diseño de bloques completos al azar con medidas repetidas y arreglo factorial 2x7, de cuatro repeticiones y 60 m² como unidad experimental, y tres plantas como parcela efectiva. La fertilización sólo afectó DF y AF, con la mayor AF para FQA (115 días después de siembra dds). TAN, TRC y TCC fue mayor para la variedad Colombia.

Sandoval (2017) Realizo el trabajo de comparación del crecimiento de dos clones de papa criolla *Solanum phureja* Juz. & Bukasov en el municipio de Pamplona Norte de Santander, lo que realizó fue Comparar el crecimiento de dos clones de papa criolla en la vereda Chichira del municipio de Pamplona Norte de Santander, donde estableció los modelos de crecimiento y el desarrollo de los clones 5 y clon 9 Determinando el modelo de crecimiento y desarrollo con la constante térmica (grados calor día). Relacionando los rendimientos de los materiales de papa criolla, para así determinar en los clones las variables TAN, TCC, IAF y realizar una comparación con la constante térmica GCD (grados calor día).

Rubiano et al (2023) Trabajaron en el Análisis de la asociatividad rural y su relación con la productividad de papa criolla en Pamplona, Norte de Santander, Colombia, La investigación arroja una luz sobre la eficacia de la asociatividad y proporcionará información valiosa para la toma de decisiones en el sector agrícola local. Con una metodología estadística con recolección de información de orden primaria y secundaria, la investigación identifica que el nivel de asociatividad es de tan solo el 15 %, junto a ello y para esto se determina que la moda representa la productividad, siendo esta de 220 bultos/hectárea o lo mismo 11 toneladas/hectárea. Finalmente se propone un modelo de análisis de varianza ANOVA teniendo en cuenta la

asociatividad y la productividad; En el que existen diferencias entre las medias de productividad de los grupos.

López (2016). Realizó como trabajo de grado la Evaluación de la fertilización sobre el rendimiento de cuatro clones de papa criolla *Solanum phureja* Juz. & Bukasov en el municipio de Chitagá, Norte de Santander Los tratamientos sobre fertilización se generaron a partir de los resultados del análisis de suelo y los requerimientos nutricionales obtenidos por el ICA. Se determinaron cuatro dosis así: la primera dosis manejada como práctica cultural por el agricultor. La segunda dosis con base en el análisis de suelo. La tercera dosis definida según el análisis de suelo más el 50 % de fertilizante. La cuarta dosis calculada a partir del análisis de suelo menos el 20% de fertilizante. Las variables de rendimiento para el estudio fueron: número de tallos, grosor de los tallos, altura de la planta y área foliar de la planta, evaluadas en época de plena floración del cultivo. La altura de la planta y grosor de los tallos son las que más influyen en los rendimientos, pero su aporte solo alcanza el 36%. Al momento de la cosecha se evaluaron los tubérculos, estimando el peso por categorías dependiendo su tamaño. Los tubérculos, se clasificaron en cuatro tamaños: cero, primera, segunda y riche, (riche el tamaño más pequeño).

Soto (2016). Realizo un trabajo de investigación con el fin de evaluar el rendimiento agronómico de diez clones de papa criolla durante dos ciclos productivos, en el municipio de Pamplona Norte de Santander, este se realizó en suelos ácidos, con poca profundidad y baja fertilidad, empleo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, la toma de datos se realizó mediante los métodos planteados por CIP y CORPOICA, la cosecha se realizó a los 130 días donde se tomaron los respectivos datos. Las variables con mayor correlación con el

rendimiento en peso, son el número de tallos por planta con el 65% y el diámetro de los tallos 55 %. En cuanto al rendimiento en toneladas por hectárea se determinó que el ciclo 1 obtuvo mejores rendimientos con 36,65 t/ha que el ciclo 2 que produjo 24,92 ton/ha. En relación con los clones evaluados, 6 de ellos superaron en rendimiento al testigo que es la Variedad Colombia. Todos los clones evaluados superan la media nacional (13.7 t/ha) y departamental.

8. MARCO CONTEXTUAL

8.1 Departamento de Norte de Santander

El departamento Norte de Santander es uno de los 32 departamentos que junto con la capital Bogotá conforman la República de Colombia. Se ubica en la zona nororiental del país y forma parte de la región de los Andes. Su superficie es de 22.130 km², que es el 1,91% de la superficie del país. Su capital es San José de Cúcuta, está dividida política y administrativamente en 40 municipios, según DANE 2016, sus coordenadas geográficas son 06°52'31" y 09°17'53" N 72°. 00' 37" y 73°38'22" W como se muestra en la Figura 1 (Martínez, 2019).

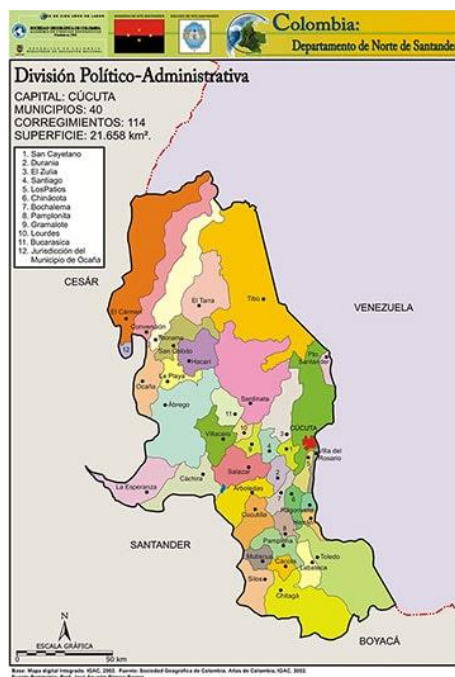


Figura 1. Mapa división política departamento de Norte de Santander, tomada de IGAC, 2018

8.2 Municipio de Pamplona

Pamplona es un municipio colombiano del departamento de Norte de Santander. Está en la cordillera oriental de los Andes colombianos, a 2.400 metros sobre el nivel del mar, en el suroeste del departamento de Norte de Santander. Tiene una superficie de 1176 km² y una temperatura media de 16 °C. Este municipio limita al norte con Pamplona, al sur con Cácuta y Chitagá, al este con Labateca y al oeste con Cucutilla. El municipio de Pamplona se encuentra situado en las coordenadas -72° 39° oeste de Greenwich y 23° de latitud norte figura 2 (Alcaldía de Pamplona, 2016).



Figura 2. Departamento del Norte De Santander, municipio de Pamplona. Tomado de alcaldía de Pamplona, 2016.

9. BASES CONCEPTUALES

9.1 Generalidades

La variedad de papa criolla *Solanum tuberosum* Grupo *Phureja* presenta una producción promedio de 29,4 toneladas por ha, su producción son tubérculos de color primario de piel amarilla, textura lisa y profunda, esta variedad de papa contiene un porcentaje de materia seca de 23%, contiene 16,2% de almidón, proteínas a base de humedad del 1,95%, el ciclo de vida total de siembra a cosecha es de 120 días, es de crecimiento erecto, se adapta de 2.500 y 3.000 msnm a un pH de 5,2 a 5,9, brillo solar de 4,5, necesita suelos fértiles bien drenados de textura y franco arcillosa, la distancia de siembra varía entre 20 y 30cm entre planta, para la fertilización es recomendada según el análisis de suelo. (Agrosavia, 2023)

La papa *Solanum* spp. también conocida como patata es catalogado con cultivo primario a nivel mundial, tiene gran capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas, es una gran fuente nutricional y una excelente fuente de ingresos económico para muchas familias, está ubicado en el tercer puesto de los cultivos con mayor consumo a nivel mundial, su domesticación inicio hace miles años en los andes peruanos y Bolivia luego migro desde el sur de chile al suroeste de Colombia (Chávez 2008).

Bonierbale et al (2004) planteo que es uno de los cultivos con mayor diversidad genética, en Colombia se siembran dos especies de papa, *Solanum tuberosum* ssp. Andigena conocida como las papas de año y *Solanum phureja* conocida como criollas.

La papa es una planta herbácea anual, que pertenece a la familia de las Solanáceas de tallo grueso, con hojas compuestas, de forma lanceolada cuyo habito de crecimiento varía dependiendo la especie, tiene tallos cortos y están cerca del suelo, se pueden considerar hábitos de crecimiento como, rastrero, semirrecto y erecto (figura 4). Las raíces cuando crecen de tubérculos se forman primero raíces adventicias, en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo, este cultivo cuenta con un sistema radículas débil (figura 3). (Mefcca, S.F)

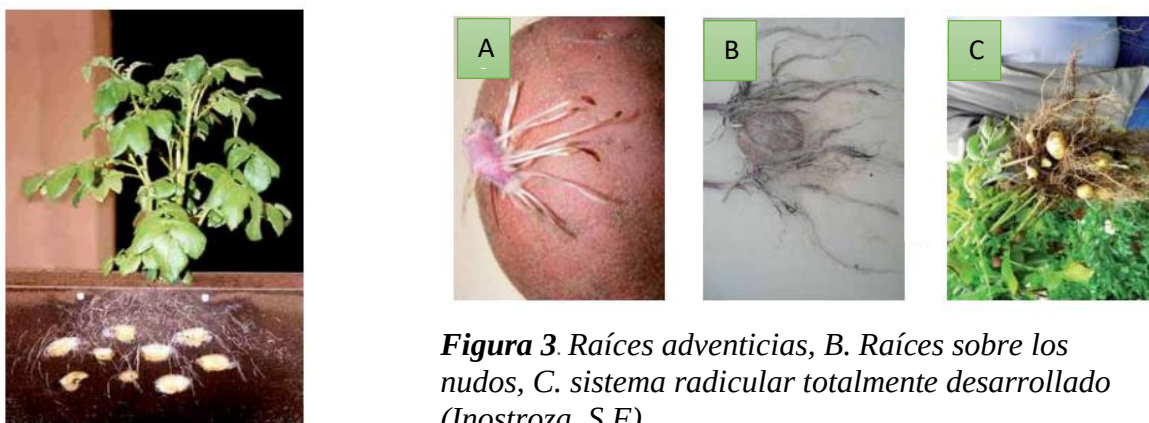


Figura 3. Raíces adventicias, B. Raíces sobre los nudos, C. sistema radicular totalmente desarrollado (Inostroza, S.F)

Figura 4. habito de crecimiento de la planta de papa (Inostroza, S.F)

La papa proveniente de tuberculos- semilla pueden llegar a producir varios tallos laterales que viene del tallo principal, los tallos laterales que crecer apartir de las yemas son conocidos morfológicamente como estolones, estos pueden o no desarrollar tuberculos, los tuberculos de la papa son tallos modificados, los tuberculos que son comercializados varian entre formas redondas, ovaladas y oblingadas. (Inostroza, S.F)

La papa se puede reproducir sexual y asexualmente, la forma mas utilizada a nivel comercail es la asexual, los tuberculos aparte de ser el prodcuto comestible y funcionar como

metodoo de propagacion vegetatica almacenan del 75-85% del ttal de la materia seca de la planta ya que son organos de reserva, los tuberculos se pueden clonar o usar secciones del mismo como brotes, meristemos o subdivisiones. (Uptc, S.F)

Las flores de la papa tiene cinco petalos y presentan diversidad de colores dependiendo la variedad van desde blancos hsta morados son hermafroditas, poseen caliz, corola, estambres y pistilo, el frutoo es una baya, las hojas son compuestas, tiene un peciolo con varios foliolos laterales y uno terminal, caundo va creciendo la planta sus hojas fabrican almidon, las raices alcanzan una profundidad de 40 a 50cm, en cuanto a los tuberculos de la papa *Solanum tuberosum* nacen del engrosamiento de los estolones como consecuencia de la acumulacion de reservas, estos pueden varias en tamaño y forma y una planta puede producir alrededor de 20 tuberculos, esto depende de la variedad, de las condiciones climaricas y de la calidad del suelo y el tipo de manejo agronomico que lleve acabo. (Argenpapa, 2023)

9.2 Rendimiento

La producción de este tubérculo ocupa el 3,3% del PIB Agropecuario de Colombia en año 2019. El 95% de los productores siembran menos de 3 ha, siendo el 80% menos de 1 ha. Del total del área sembrada, sólo el 4% se siembra con semilla certificada. Para el año 2020, se proyecta un área sembrada anual de 125.000 hectáreas, es decir, una disminución del 2,8% respecto al año anterior. La producción tiene una proyección de 2.780.000 toneladas, con un crecimiento del 1% respecto al año 2018. Por su parte, los rendimientos llegarían a 22,24 (ton/ha), es decir, un aumento del 3,4%. (FAFP, 2020)

9.1.1 RENDIMIENTO PROMEDIO 2020: 22,24 Toneladas/Hectárea.

9.2.1 COSTO DE PRODUCCIÓN PROMEDIO CRIOLLA: \$15.554.384

9.3 Manejos agronómicos

En cuanto al manejo agronómico a realizarse se harán planes de fertilizaciones ya establecidos por AGROSAVIA, se implementara un riego por goteo para evitar que las plantas entren en estrés hídrico, este riego se estableció para la producción de papa bajo invernadero por Agro savia para producir semilla, En cuanto el plan de manejo fitosanitario se ira implementado según se vayan presentando problemas ya sea por plagas o enfermedades como gota o alternaria, las más comunes en invernaderos de papa. AGROSAVIA (2023)

En cuanto a la nutrición tenemos que los principales nutrientes que se necesitan para el cultivo de papa son:

Nitrógeno (N): Es de vital importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas, favorece el crecimiento vegetativo el buen aspecto y color verde de la planta, puede ser absorbido por medio de las raíces y de la parte aérea, si no se cuenta con la suficiente cantidad de este nutriente puede presentarse hojas pálidas, reducción tanto en el crecimiento de la planta como el rendimiento de los tubérculos en número y tamaño. Por otra parte, si hay exceso de nitrógeno pueden inhibir en la formación de tubérculos. (Barona, 2015)

Fosforo (P): El fosforo es indispensable para la formación de gran cantidad de tubérculos y es esencial para el transporte y almacenamiento de almidones, la falta de fosforo reduce el vigor de la planta, retrasa la madurez y reduce el rendimiento, presenta síntomas como

amarillamiento en las hojas viejas, plantas con enanismo y hojas jóvenes de color verde oscuro (Barona, 2015).

Potasio (K): Este nutriente es de vital importancia para las funciones metabólicas como lo es el movimiento de azúcares y la transformación de azúcares en almidón, la falta de este retrasa la absorción de nitrógeno y el crecimiento de la planta, los síntomas de deficiencias son necrosis en los bordes de las hojas y senescencia prematura de las hojas. (Barona, 2015)

Calcio (Ca): Importante para la rigidez de la planta, la deficiencia de este interfiere en el desarrollo de raíces, causa deformaciones en los brotes, disminuye la capacidad de almacenamiento, sus síntomas son, hojas nuevas superiores enrolladas y amarillas y quemadura en las puntas de las hojas. (Agrosavia, 2023)

Magnesio (Mg): La deficiencia de esta causa la disminución de fotosíntesis, reduce la cantidad de tubérculos, reduce más del 15% del rendimiento de la planta, los síntomas son, hojas de color marrón o amarillo se marchitan y mueren, retraso en el crecimiento de la planta, maduración temprana, tubérculos agrietados, desigualdad de color y textura. (Agrosavia, 2023)

Azufre (S): La función del azufre se relaciona con la participación en la síntesis de proteínas, la falta de este reduce el crecimiento, hojas de color verde pálido o amarillo y reducción en la cantidad de hojas. (Agrosavia, 2023)

Hierro (Fe): Nutriente esencial para la síntesis de clorofila, síntomas de deficiencias pigmentación amarilla entre las nervaduras de la hoja, las venas permanecen verdes. (Agrosavia, 2023)

Manganeso (Mn): Actúa como activador de enzimas que intervienen en la síntesis de ácidos grasos y la formación de ADN y ARN, los síntomas de deficiencia de este nutriente son presencia de puntos negros o marrones en las hojas jóvenes, hojas amarillentas y se dañan más fácil los tubérculos en el almacenamiento. (Agrosavia, 2023)

Cobre (Cu): Interviene en los procesos de fotosíntesis y respiración, la falta de ellos causa que las hojas jóvenes se vuelvan flácidas y marchitas, las yemas terminales se caen y las puntas de las hojas se vuelven necróticas. (Agrosavia, 2023)

Zinc (Zn): Es fundamental para la síntesis de auxinas y ácido indol acético, la deficiencia de Zn causa enrollamiento de las hojas jóvenes y las vuelven cloróticas. (Agrosavia, 2023)

Boro (B): Regula el transporte de azúcares a través de membranas, también ayudan al desarrollo celular, la falta de este provoca muerte de los brotes en crecimiento, hojas gruesas y enrolladas hacia arriba y manchas marrones en los tubérculos.

Cloro (Cl): Su función está relacionada con el ciclo del oxígeno en la fotosíntesis, es necesario en pocas cantidades en exceso puede ser tóxico, síntomas de deficiencia, caída de hojas, enrollamiento de los folíolos, bronceado y clorosis similares a la deficiencia de magnesio. (Agrosavia, 2023)

Molibdeno (Mo): El molibdeno es constituyente de las enzimas nitrato reductasa y nitrogenasa; la primera, indispensable en la reducción de los nitratos, la segunda, en la fijación biológica de nitrógeno, la falta de este presenta presencia de puntos de tejidos muertos entre las venas de las hojas, clorosis en las hojas más viejas y enrollamiento de las márgenes de las hojas. (Agrosavia, 2023)

Gota o tizón tardío: Es una enfermedad fúngica a nivel mundial que afecta hojas, tallos y tubérculos en cualquier estado de desarrollo y puede acabar con el cultivo en pocos días es causada por el hongo *Phytophthora infestans* que se puede presentar en todos los climas donde se cultiva papa, las fuentes de infección son: semillas provenientes de plantas afectadas por gota, residuos de la cosecha anterior, papas dañadas o cultivos vecinos, su principal control es el uso de semilla sana que aumente el rendimiento del cultivo. (Agrosavia, 2023)

10. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

10.1 Área foliar (AF)

Hace referencia a la superficie total de las hojas de una planta, esta se halló mediante la aplicación de ImageJ

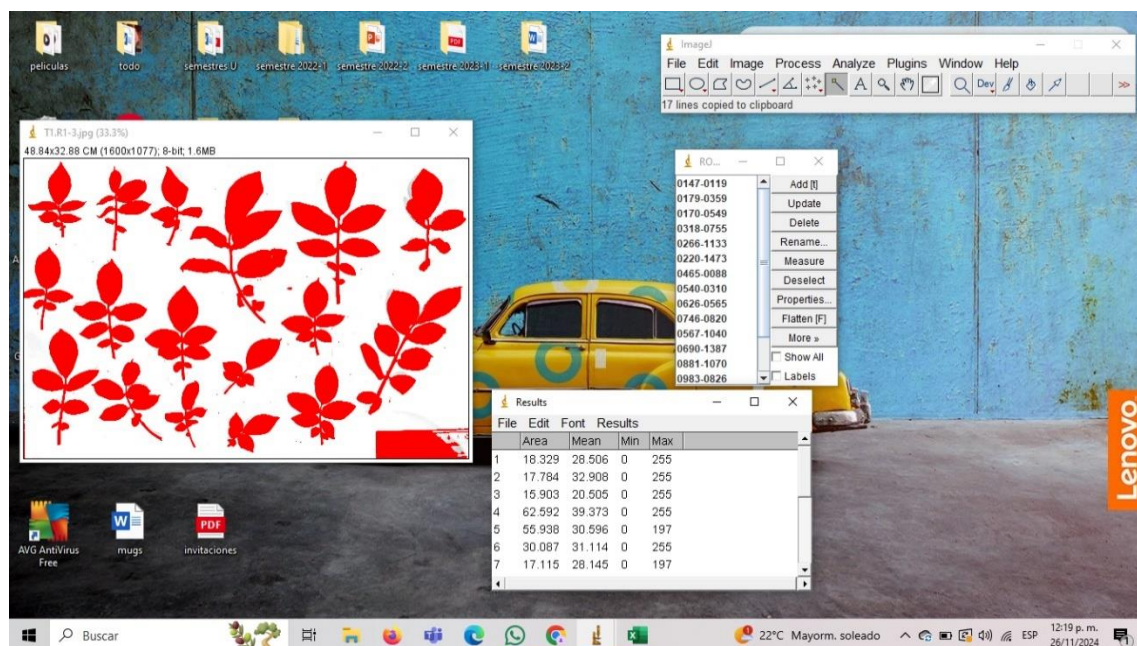


Figura 5. Determinación de AF con imageJ

10.2 Índice de área foliar (IAF)

El índice de área foliar (IAF) fue definido por Watson en 1947 como el total del área de una cara del tejido fotosintético por la unidad de superficie del terreno, es la representación de la cantidad de superficie foliar (m²) que se encuentra en una determinada superficie de terreno(m²), es usada para describir la estructura del dosel vegetal (Nafarrate, 2017)

Morley (1981) dice que el índice de área foliar es la relación entre el área de las hojas producidas por el cultivo y el área del suelo que estas ocupan. La relación entre área foliar,

intercepción de luz y el crecimiento de las plantas es fundamental, en los ecosistemas terrestres, porque la síntesis primaria de la materia seca resulta de la actividad fotosintética de las hojas de las plantas.

$$IAF=AF/AP$$

Donde: AF: área foliar (cm²) por planta

AP: área de proyección (cm²)

10.3 Escala BBCH

Se evaluó cada una de las etapas fenológicas y la duración de cada una de ellas bajo las condiciones del invernadero

10.4 Materia seca

Hace referencia a la producción de biomasa este es el material que queda después de eliminar el agua en este caso de la planta de papa después de someterla a un proceso de calentamiento en un horno en el laboratorio se realizó la relación vástago raíz.

10.5 Incidencia de la gota

Este se evaluó mediante la división del número de plantas infectadas sobre el número de plantas sanas, este se evaluó por tratamiento.

10.6 Evaluación de rendimientos

Se evaluó mediante el peso en kilogramos de los tubérculos este se hizo por bloque.

11. MARCO LEGAL

El proyecto se desarrolló bajo la normatividad de la Universidad de Pamplona que reglamenta las modalidades de trabajo de grado, en este caso se consideran las normas para proyecto de investigación.

11.1 Reglamento Estudiantil, Universidad de Pamplona. Acuerdo No.186.

Por el cual compila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado de la Universidad de Pamplona.

11.2 Capítulo VI. Trabajo de grado.

11.2.1 Artículo 35. Definición de Trabajo de Grado.

En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite: a. Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los

conocimientos adquiridos en la Universidad. b. Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y necesidades específicas. c. Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones. d. Formular y evaluar proyectos. e. Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión (UNIPAMPLONA, 2022).

11.2.2 Artículo 36. Acuerdo No.004 de 12 de enero de 2007.

Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en:
Investigación: Comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar conocimientos producidos en otros contextos. Para los estudiantes que se acojan a esta modalidad, deberá presentar al director de Departamento el anteproyecto que debe contener: propuesta para la participación en una línea de investigación reconocida por la Universidad, tutor responsable del Trabajo de Grado y cronograma, previo estudio y aprobación de esta, del respectivo Grupo de Investigación (UNIPAMPLONA, 2022).

11.3 Acuerdo No.056 del 25 de junio de 2007.

Parágrafo Tercero: La Calificación del Trabajo de Grado, tendrá la siguiente equivalencia: Excelente (4.5) Aprobado (4.0) Incompleto Cuando la NO inclusión del Trabajo de Grado no sea responsabilidad del estudiante, éste contará con un plazo hasta de dos (2)

períodos académicos adicionales para su terminación y la calificación será ingresada al sistema en el momento en que sea evaluado (UNIPAMPLONA, 2022).

Tabla 1 Bases normativas, principales

Norma	Objeto
<i>Código sanitario nacional (1978).</i>	Se establecieron los lineamientos generales para regular la calidad del agua y aire, y el manejo de los residuos sólidos.
<i>Ley 9 (1979).</i>	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.
<i>Decreto 1843 (1991).</i>	Por el cual se reglamentan parcialmente los títulos III, V, VI, VII y XI de la ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas.
<i>Decreto 155 (2004).</i>	Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley <u>99</u> de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones".
<i>Decreto 4741 (2005).</i>	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

Resolución 2713 (2006).

Por la cual se dictan disposiciones reglamentarias para reguladores fisiológicos y coadyuvantes de uso agrícola.

Resolución 1756 (2006).

Por la cual se adopta el manual de procedimientos de regulación y control de plaguicidas químicos de uso agrícola.

Resolución 2501 (2003)

por la que se establecen los requisitos mínimos para producir semilla certificada de papa.

Resolución 217/02 (2003)

la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos: "Normas de Producción de Papa Semilla en Condiciones Controladas" y "Normas para la Fiscalización de Papa Semilla en Campo", a ser aplicadas a partir de las plantaciones efectuadas para la Campaña 2002/2003.

12. METODOLOGÍA

12.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación de este trabajo corresponde a experimental, (Castro et al,2022) este se ejecutó en el municipio de Pamplona en las instalaciones de la Universidad de Pamplona sede principal en el invernadero que se encuentra al lado del edificio simón bolívar, se realizó en el segundo semestre del año 2023.



Figura 6. ubicación del invernadero

En esta investigación se llevó a cabo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones por tratamiento donde los tratamientos estaban clasificados respecto al tamaño de la papa de variedad criolla Colombia, donde el T1; corresponde a papas pequeñas cuyo peso esta entre los 20g y 40g, el T2; corresponde a papas medianas donde su peso oscila entre 40g y 60g y por último se encuentra el T3; que son las papas de tamaño más grande, cuyo peso es mayor a 60g la finalidad fue evaluar la escala BBCH y el rendimiento mediante el peso de los tubérculos en kilogramos, Índice de área foliar, la incidencia de la gota y la materia seca.

Tabla 2. Distribución de los tratamientos en las camas del invernadero

Cama 1

T1:R1	T2:R1	T3:R1
-------	-------	-------

Cama 2

T2:R2	T3:R2	T1:R2
-------	-------	-------

Cama 3

T2:R3	T1:R3	T3:R3
-------	-------	-------

Cama 4

T1:R4	T3:R4	T2:R4
-------	-------	-------

	Tubérculos de 20g - 40g
	Tubérculos de 40g – 60g
	Tubérculos de más de 60g

12.2 Diseño metodológico

Este proyecto se realizará en el invernadero establecido en la universidad con ayuda de algunos estudiantes del programa de Ing. Agronómica y con la presencia de AGROSAVIA, este invernadero cuenta con cuatro camas de siembra cada una con una medida de 1m por 10m donde cada una va a representar un bloque, lo que quiere decir que habrá 4 repeticiones por cada material de papa *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var, Colombia se realizaron distintos tipos de muestreos de cada tratamiento y a cada una de ellas se le realizara la toma de las distintas

medidas como son la altura, el tamaño, área foliar, materia seca, la cantidad de hojas entre otros esto para luego evaluar y calcular los siguientes índices fisiológicos como lo son la tasa de crecimiento, el índice de área foliar, la tasa de asimilación neta, la tasa de crecimiento relativo, la tasa absoluta de crecimiento y también se medirá la adaptación de los materiales al clima y las condiciones que se le darán en el invernadero, por otra parte también se evaluarán la temperatura y la humedad relativa para así tener un registro de la variabilidad climática que tenemos en el invernadero.

13. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de resultados se usaron las variables como, Área Foliar (AF), Índice de Área Foliar (IAF) con la ayuda de la aplicación de IMAGEJ, materia seca, Rendimientos en kilogramos por bloque de tratamiento y la incidencia y severidad de la gota o tizo tardío, se realizarán estadísticos descriptivos como: media, desviación estándar, varianza y ANOVA mediante la aplicación SPSS.



Figura 7. Distribución e identificación de las camas y los bloques al azar

14.1 Labores realizadas

El día 31 de agosto se realizó la selección y clasificación de la semilla se dejó unos días en el invernadero para el proceso de tallaje.



Figura 8. selección y clasificación de semilla.

La siembra se realizó el día 3 de septiembre se hizo a una distancia de 20 por 20 cm con un cuadro que ya tenía las medidas establecidas, donde cada cama cuenta con 50 tubérculos.



Figura 9. Realización de la siembra.

En cuanto al manejo del invernadero se implementó un sistema de riego por goteo donde la frecuencia será en los periodos críticos de calor que son de 10 de la mañana a 2 de la tarde donde el agua saldrá cada 30 minutos con un tiempo de riego de 2 minutos, por otra parte en las instalaciones del invernadero se cuenta con una temperatura mínima de 6°C y una temperatura máxima de 52°C, para disminuir esta temperatura tan alta que puede interferir en el crecimiento de las plantas se le implemento una poli sombra y un sistema de micronebulización.



Figura 10. *Invernadero con los ventiladores, riego y nebulizadores prendidos*

Por otra parte, el día dos de octubre se implementó el primer nivel del tutorado de maya cuadriculada un tutorado de maya cuadriculada, se realizó este día debido a que el crecimiento de las plantas era muy acelerado, donde la el primer nivel se puso a una distancia de 45 cm del suelo.



Figura 11. implementación del tutorado

Se realizaron aplicaciones para el control de insectos plagas, control de *Diabrotica* sp y Polilla de la papa la primera fue realizada el día cuatro de octubre con Insecticida biológico de ingrediente activo *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lacanii* y *Bacillus thuringiensis* (Safer mix) para el follaje y con *Tichoderma asperellum*, *T. harzianum*, y *Poecilomyces lilacinus* (safersoil) para el suelo, se aplicó 10 gramos en total de cada producto para las cuatro camas donde la disolución de hacía en dosis de un gramo por litro.



Figura 12. primera aplicación de hongos entomopatógenos.

Posteriormente el día 15 de octubre se realizó una fertilización con 10-30-10 se aplicó 2kg en total para las cuatro camas donde a cada cama se le aplicó 500g del fertilizante, lo que quiere decir que a cada bloque se le aplicó aproximadamente 167g, que corresponda a N, P, K

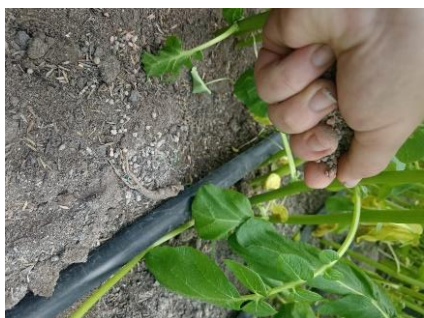


Figura 13. aplicación de fertilizantes 10-30-10

Luego de realizar esta fertilización el día 15 de octubre se realizó el primer apoque, con suelo extraído de la el centro de investigación en sanidad vegetal y bioinsumos CISVEB antes de aplicar el suelo a las camas se mezcló con cascarilla de arroz en una relación 1:1 luego de esto se aplicó yodo agrícola para desinfectar el suelo y se le hizo proceso de solarización por cinco días.



Figura 14. A: Mezcla y desinfección del sustrato 10 de octubre, B: aplicación del sustrato al suelo

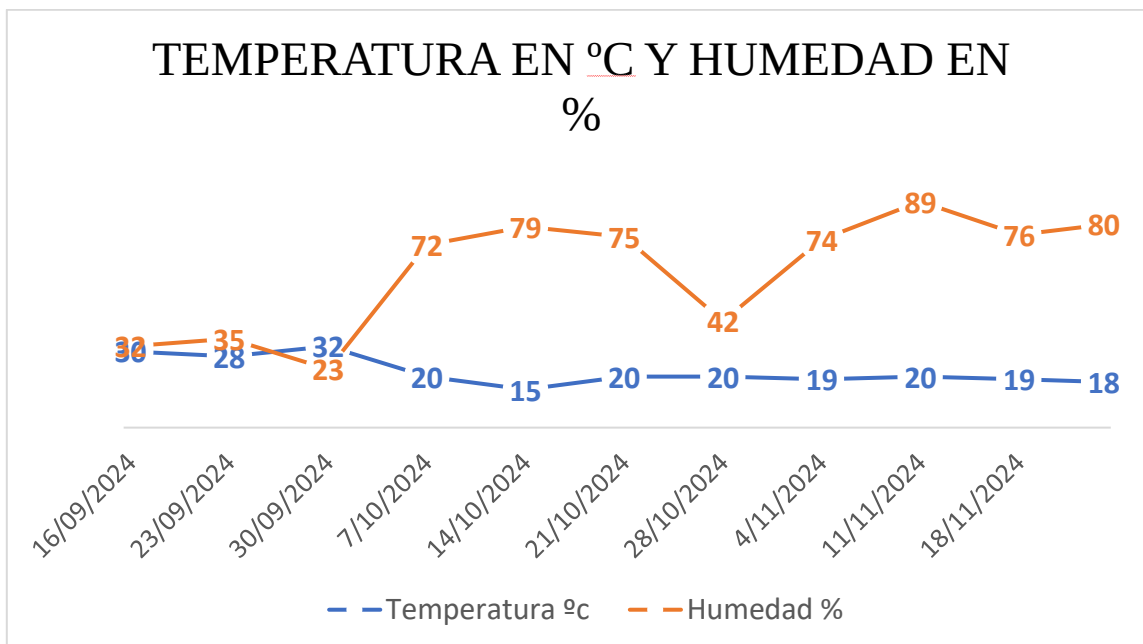
14. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

14.2 Temperatura y humedad

Tabla 3. Temperatura y humedad encontrada en el invernadero

FECHA	TEMPERATURA	HUMEDAD
16/09/2024	30° C	32%
23/09/2024	28°C	35%
30/09/2024	32°C	23%
7/10/2024	20°C	72%
14/10/2024	15°C	79%
21/10/2024	20°C	75%
28/10/2024	20°C	42%
4/11/2024	19°C	74%
11/11/2024	20°C	89%
18/11/2024	19°C	76%
24/11/2024	18°C	80%

Grafica 1. Temperatura y humedad encontrada en el invernadero



En la tabla y la gráfica se observan datos de temperatura y humedad estos datos se fueron tomados cada semana y se calculó una temperatura y humedad promedio semanal. Donde las temperaturas más altas se registraron en septiembre, con un pico de 32°C el 30 de septiembre, ya los meses siguientes ya se mantuvo estable entre 15°C y 20°C por otra parte en cuanto a la humedad fue más baja en septiembre con el valor mínimo de 23%, por lo mencionado anteriormente se concluye que hay una relación notable en cuanto a si la temperatura es alta, la humedad tiene a ser baja.

14.3 Área foliar

Tabla 4. Numero de hojas y área foliar del tratamiento 1 por repeticiones

TRATAMIENTO 1			
R1	R2	R3	R4
NUMERO DE UNA PLANTA POR REPETICIÓN			
46	40	36	21

TOTAL DE HOJAS POR TRATAMIENTO

143

ÁREA DE TOTAL DE UNA PLANTA POR TRATAMIENTO			
ÁREA (cm2)	ÁREA (cm2)	ÁREA (cm2)	ÁREA (cm2)
1.558,591	1.113,896	968,761	745,660

En el tratamiento uno se observó que en la repetición uno (R1) había más área foliar al igual que mayor cantidad de hojas, no hay uniformidad en las repeticiones

Tabla 5. Numero de hojas y área foliar del tratamiento 2 por repeticiones

TRATAMIENTO 2			
R1	R2	R3	R4
NUMERO DE HOJAS POR REPETICION			
56	30	60	67
TOTAL DE HOJAS POR TRATAMIENTO			213
ÁREA DE TOTAL DE UNA PLANTA POR TRATAMIENTO			
ÁREA (cm2)	ÁREA (cm2)	ÁREA (cm2)	ÁREA (cm2)
2.057,800	1.096,018	2.417,953	2.172,554

En el tratamiento dos se observó mayor área foliar en la repetición tres (R3) debido a que hay mayor cantidad de hojas, en la tabla también se observa que el número de hojas y el área foliar no es uniforme se encuentra una diferencia notable.

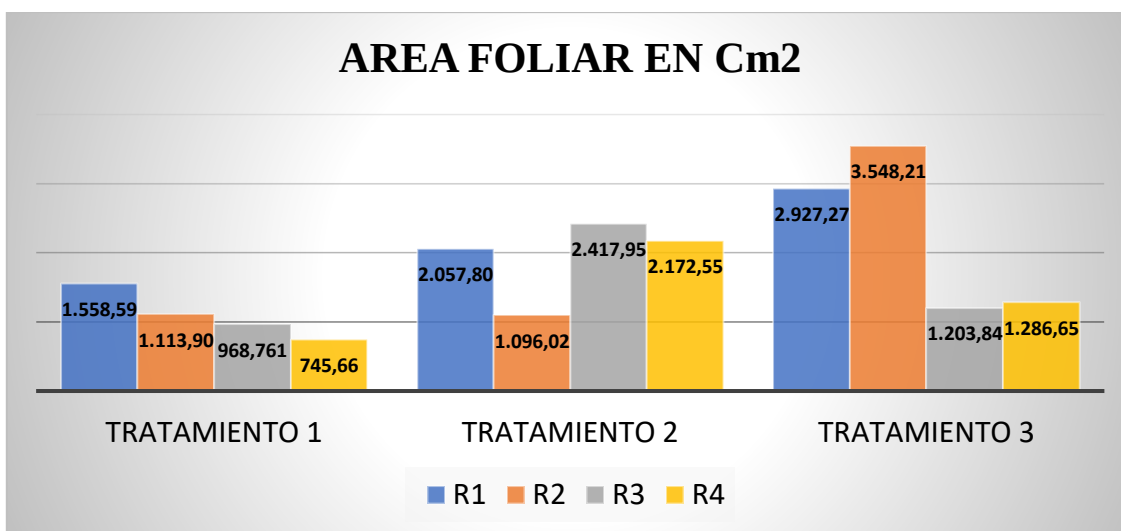
Tabla 6. Numero de hojas y área foliar del tratamiento 3 por repeticiones

TRATAMIENTO 3			
R1	R2	R3	R4

NUMERO DE HOJAS POR REPETICION			
75	115	47	39
TOTAL DE HOJAS POR TRATAMIENTO			276
ÁREA DE TOTAL DE UNA PLANTA POR TRATAMIENTO			
ÁREA (cm2)	ÁREA (cm2)	ÁREA (cm2)	ÁREA (cm2)
2.927,274	3.548,208	1.203,837	1.286,653

En la tabla, se observa mayor área foliar y numero de hojas en la repetición dos (R2) y es muy notable las diferencias la cantidad de hoja y en el área foliar de cada repetición

Grafica 2. Datos de área foliar



Para finalizar se puede afirmar que el tratamiento con mayor are foliar es el tratamiento tres (T3) este tratamiento es el de los tubérculos con pesos mayores a 60g, debido a esto se desarrolló mayor follaje y numero de tallos de la misma forma mayor cantidad de hojas por que la planta tenía mayor cantidad de área para la toma de nutrientes para la formación de la planta.

Tabla 7. ANOVA por tratamientos y por repeticiones de área foliar

Bayesian Estimates of Error Variance ^a					
Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error	50255	78973	2494709	290605,	2047159
variance	7,000	2,428	23392,650	818	,122

a. Assume standard reference priors.

Bayesian Estimates of Error Variance ^a					
Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error	70031	116719	6811694	399391,	3212853
variance	5,632	2,721	23781,979	936	,851

a. Assume standard reference priors.

Para el área foliar el ANOVA de un factor con un 95% de confianza tanto para los tratamientos como las repeticiones los resultados reflejan diferencias significativas por tanto el mejor tratamiento por área foliar T3 que son los tubérculos con un peso de más 60g

14.4 Índice de área foliar (IAF)

$$IAF = AF / AP$$

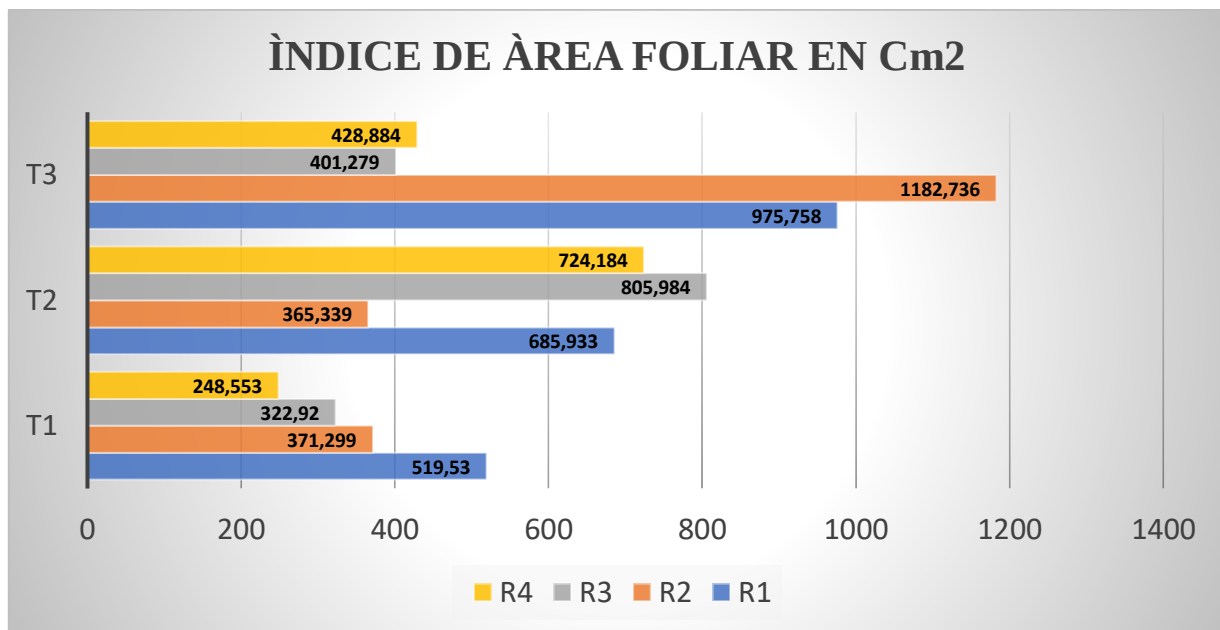
Donde: AF: área foliar (cm²) por planta

AP: área de proyección (cm²)

Tabla 8. Índice de área foliar por tratamiento y repetición

NUMERO DE TRATAMIENTO	NUMERO DE REPETICIONES	ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR
T1	R1	519,530
	R2	371,299
	R3	322,920
	R4	248,553
T2	R1	685,933
	R2	365,339
	R3	805,984
	R4	724,184
T3	R1	975,758
	R2	1182,736
	R3	401,279
	R4	428,884

Grafica 3. Datos de Índice de área foliar



En la tabla y grafica de índice de área foliar sigue comprobando que el tratamiento con mayor follaje es el tratamiento número tres debido al tamaño de la papa, se observan datos muy variados con diferencias muy grandes se puede afirmar que no hay uniformidad en ningún tratamiento y hay una diferencia muy notable en los tres tratamientos y en el tratamiento uno se observó menos cantidad de hojas y de área foliar ya que este era el de las papas de 20g a 40g.

Tabla 9. ANOVA por tratamientos y por repeticiones del incide de área foliar

Bayesian Estimates of Error Variance^a

Paramete r	Mode	Posterior		95% Credible Interval	
		Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error	5583	8774	3079889	32289,5	227462,
variance	9,682	8,071	620,544	44	187

a. Assume standard reference priors.

Bayesian Estimates of Error Variance^a

Parameter	Mode	Posterior		95% Credible Interval	
		Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error variance	79855,305	133092,176	8856763633,434	45541,701	366353,989

a. Assume standard reference priors.

En la tabla 9 de incide de área foliar el ANOVA de un factor con un 95% de confianza tanto para los tratamientos como las repeticiones los resultados reflejan diferencias significativas por tanto el mejor tratamiento por área foliar T3 hace referencia a tubérculos mayores de 60g

14.5 Escala BBCH

Inicio de brotación y emergencia

El cultivo realizado n el invernadero inicio con la siembra el día tres de septiembre, el día once de septiembre ya se podían observar los primeros brotes y el día 16 de septiembre ya se podía observar la emergencia.

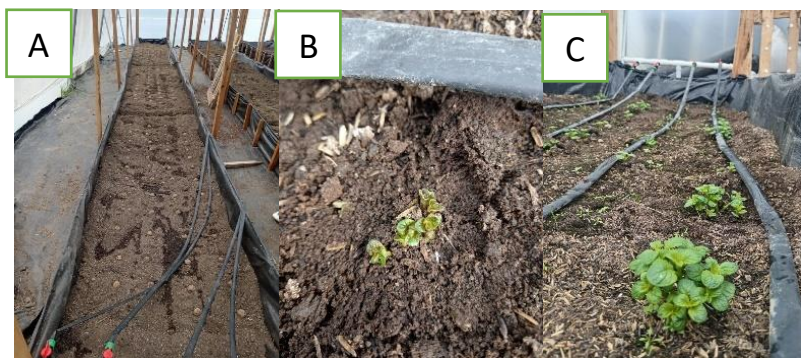


Figura 15. *Estadio principal 0, germinación / brotación total de 13 días*

En la figura 15 observamos tres imágenes donde en la imagen A observamos letargo innato o forzado; tubérculos sin brotes código 00. B se observa cómo se comienzan la formación de los tallos código 07. C, emergencia: los tallos traspasan la superficie código 09

Desarrollo de hojas

Este cultivo duro aproximadamente ocho días después de la emergencia para el desarrollo de sus hojas. Figura 16, tomada el 24 de septiembre



Figura 16. *Estadio principal 1. Desarrollo de hojas*

En la figura 16 según la escala BBCH observamos un código 109 donde se ven más o menos 9 hojas del tallo principal, desplegadas

Iniciación de tubérculos

Este cultivo tardo 10 días en iniciar el proceso de tuberización. Figura 17, tomada el 4 de octubre



Figura 17. *Estadio principal 2: Formación de brotes laterales*

En la figura 17, vemos un código 23 o 203 donde se encuentra el tercer brote basal lateral visible

Llenado de tubérculos

El llenado de tubérculos inicio el día 8 de octubre con la aparición de las flores, lo que quiere decir que tal solo pasaron cinco días después del inicio de la tuberización, el día 16 de octubre ya se observan flores totalmente abiertas.



Figura 18. *Estadio principal 5: aparición del órgano floral*

En la figura 18, observamos botones florales de la inflorescencia de tercer grado. Código 535

Madurez y cosecha

Para el día 23 de noviembre la planta ya se encontraba en madurez total y el día 29 de noviembre ya se realizó la cosecha.



Figura 19. Estadio principal 8: Maduración de frutos y semillas A: Maduración, B: Cosecha

2 meses y 25 días (85 días) fue la duración total del ciclo de vida del cultivo de papa criolla variedad Colombia en invernadero, si lo comparamos con la duración del ciclo total de la papa criolla al campo abierto que es aproximadamente de 125 a 130 días, concluyó que el proceso en invernadero es demasiado acelerado.

Tabla 10. Ciclo fenológico del cultivo de papa criolla variedad Colombia en el invernadero

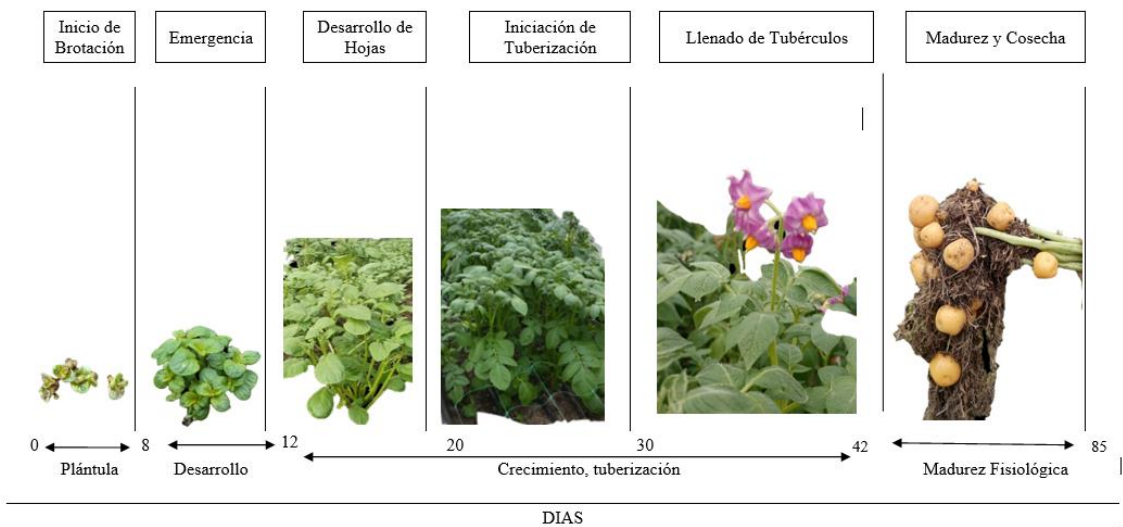


Tabla 11. Escala BBCH de los estados fenológicos de la planta de papa criolla *solanum phureja* juz. & bukasov var, colombia bajo condiciones de invernadero

CODIFICACIÓN BBCH DE LOS ESTADIOS FENOLÓGICOS DE DESARROLLO DE LA PAPA CRIOLLA			
2-3		Estadio principal 0, germinación / brotación	
dígitos			
código		Descripción	DÍAS
00	000	letargo innato o forzado; tubérculos sin brotes	0
07	007	comienzan la formación de los tallos	8
09	009	emergencia: los tallos traspasan la superficie	4
Estadio principal 1. Desarrollo de hojas			
19	109	9 o más hojas del tallo principal	8
Estadio principal 2: Formación de brotes laterales			
23	203	se encuentra el tercer brote basal lateral visible	10
Estadio principal 5: aparición del órgano floral			
534	observamos botones florarles de la inflorescencia de tercer observamos botones florarles de la inflorescencia de tercer grado		12
Estadio principal 8: Maduración de frutos y semillas			
BN	maduración de las bayas y semillas en la n, fructificación		43
Total de días			85

14.6 Materia seca

Tabla 12. tabla de la materia seca por tratamiento y repetición

TRATAMIENTO 1			
Raíces (g)		Tallos (g)	
R1	23	R1	11
R2	31	R2	7

R3	5	R3	14
R4	19	R4	17

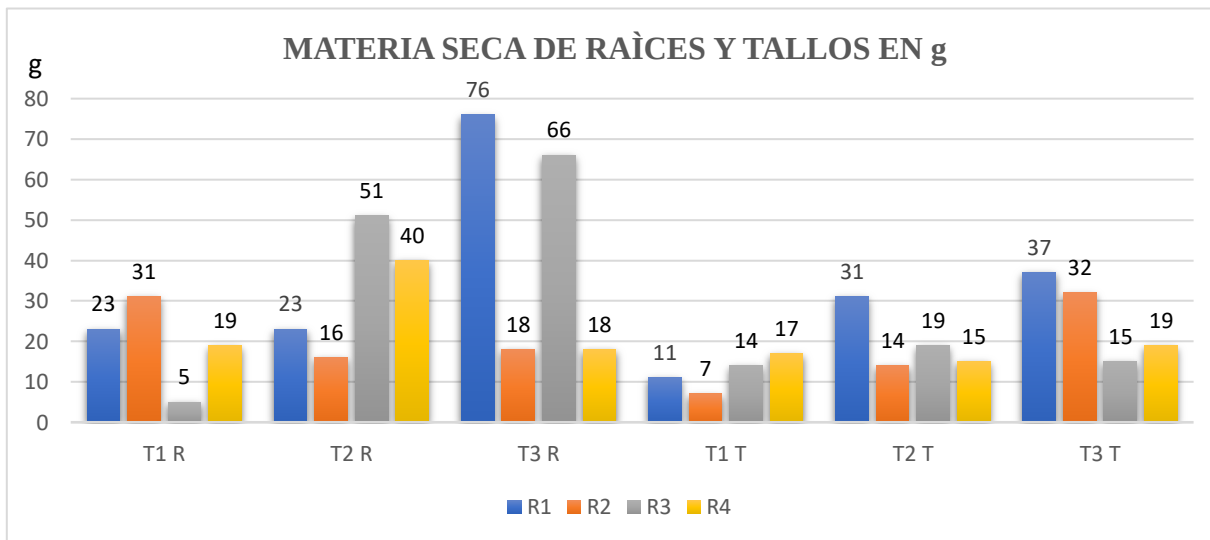
TRATAMIENTO 2

Raíces (g)		Tallos (g)	
R1	23	R1	31
R2	16	R2	14
R3	51	R3	19
R4	40	R4	15

TRATAMIENTO 3

Raíces (g)		Tallos (g)	
R1	76	R1	37
R2	18	R2	32
R3	66	R3	15
R4	18	R4	19

Graficas 4. Muestra datos de la materia seca de las raíces y los tallos por tratamientos y repeticiones



En la tabla 9 y grafica 4, se observan los pesos de una planta por tratamiento después de ser llevada 4 días a los hornos en el laboratorio de control de calidad de la Universidad, puedo deducir que en la relación de vástago con raíz se observa que el follaje de la planta pesa menos que las raíces junto con los tubérculos, se puede decir que es una relación positiva ya que el peso es mayor en la parte subterránea que en la parte foliar, esto quiere decir que la producción de tubérculos es buena, respecto al follaje de la planta.

Tabla 13. ANOVA por tratamientos y por repeticiones para materia seca de raíces

Bayesian Estimates of Error Variance ^a					
Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error variance	361,364	567,857	128984,694	208,960	1472,010

a. Assume standard reference priors.

Bayesian Estimates of Error Variance ^a					
Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error variance	433,467	722,444	260962,988	247,207	1988,625

a. Assume standard reference priors.

Tabla 14. ANOVA por tratamientos y por repeticiones para materia seca de Tallos

Bayesian Estimates of Error Variance^a

Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error variance	51,295	80,607	2599,005	29,662	208,951

a. Assume standard reference priors.

Bayesian Estimates of Error Variance^a

Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error variance	72,533	120,889	7307,062	41,366	332,763

a. Assume standard reference priors.

En la talla 13 y 14, se puede observar que los valores de varianza muy elevados con nivel de confianza de 95%, estas diferencias se deben a que la toma de muestras estuvo muy pequeña debido a la incidencia de gota.

14.7 Incidencia de la gota

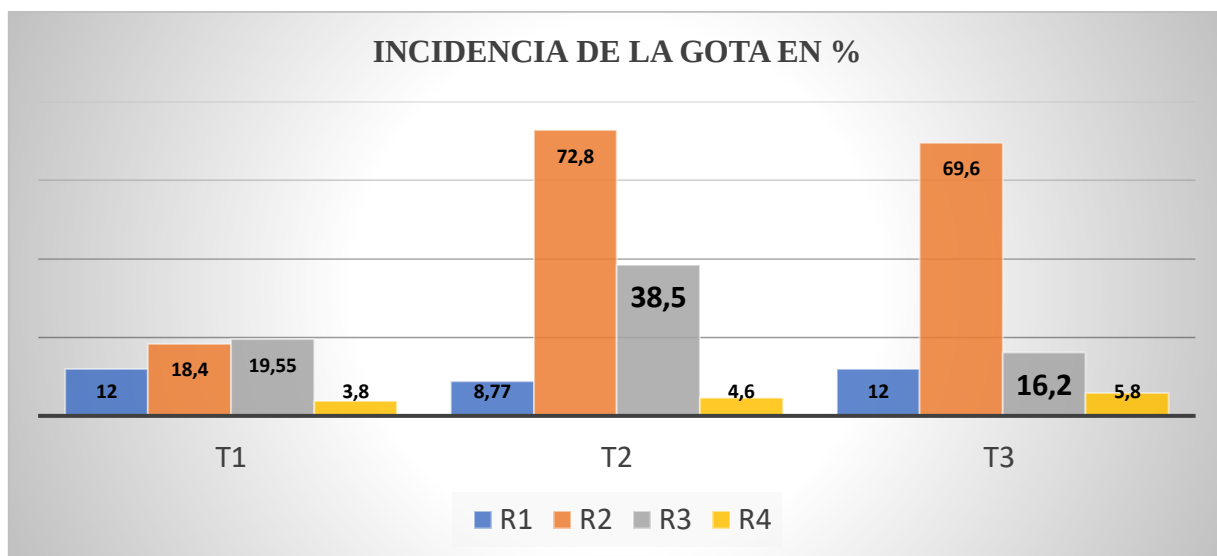
Tabla 15. Incidencia de la Gota o Tizón Tardío *Solanum phureja*

INCIDENCIA DE LA GOTA

FECHA	TRATAMIENTO 1							
	R1	%	R2	%	R3	%	R4	%
15-oct	5 / 50 Plantas	4	2 / 47 Plantas	4,3	10 / 48 plantas	20,8	2 / 49 plantas	4,1
22-oct	8/ 50 Plantas	16	4 / 47 Plantas	8,5	15 / 48 plantas	31,3	2 / 49 plantas	4,1
29-oct	8 / 50 Plantas	16	15 / 47 Plantas	31,9	10 / 48 plantas	20,8	2 / 49 plantas	4,1

5-nov	8 / 48 Plantas	16,7	15 / 47 Plantas	31,9	10 / 48 plantas	20,8	2 / 49 plantas	4,1
12-nov	6 / 48 Plantas	12,5	12 / 47 Plantas	25,5	9 / 48 plantas	18,8	2 / 49 plantas	4,1
19-nov	no se hizo monitoreo							
29-nov	3 / 45Plantas	6,7	5/40 Plantas	12,5	2 / 42 plantas	4,8	1 / 47 plantas	2,1
FECHA	TRATAMIENTO 2							
	R1	%	R2	%	R3	%	R4	%
	15-oct	6 / 46 plantas	13	46 / 50 plantas	92	25 / 50 plantas	50	sin gota
	22-oct	9 / 46 plantas	19,6	47 / 50 plantas	94	28 / 50 plantas	56	3/ 50 plantas 6
	29-oct	4 / 46 plantas	8,7	48 / 50 plantas	96	20 / 50 plantas	40	2/ 50 plantas 4
	5-nov	2 / 44 plantas	4,5	40 / 50 plantas	80	18 / 48 plantas	37,5	2/ 50 plantas 4
	12-nov	1 / 44 plantas	2,3	3 / 8 plantas	37,5	15 / 45 plantas	33,3	2/ 50 plantas 4
	19-nov	no se hizo monitoreo						
	29-nov	2 / 44 plantas	4,5	3 / 8 plantas	37,5	5 / 35 plantas	14,3	4/43 plantas 9,3
	TRATAMIENTO 3							
FECHA	R1	%	R2	%	R3	%	R4	%
15-oct	6 / 49 plantas	12,2	20 / 49 plantas	40,8	5 / 50 plantas	10	2 / 50 plantas	4
22-oct	9 / 49 plantas	18,4	23/ 49 plantas	46,9	9 / 50 plantas	18	5 / 50 plantas	10
29-oct	6 / 49 plantas	12,2	45 / 49 plantas	91,8	10 / 50 plantas	20	3 / 50 plantas	6
5-nov	6 / 49 plantas	12,2	42 / 49 plantas	85,7	10 / 50 plantas	20	3 / 50 plantas	6
12-nov	5 / 49 plantas	10,2	30 / 35 plantas	85,7	9 / 46 plantas	18	2 / 47 plantas	4,3
19-nov	no se hizo monitoreo							
29-nov	3 / 46 plantas	6,5	20 / 30 plantas	66,7	5 / 45 plantas	11,1	2 / 47 plantas	4,3

Graficas 5. Incidencia de la gota en porcentajes



En cuanto a la incidencia de la gota fue un desafío crítico durante todo el experimento, aunque se le implementaron medidas de control químicas, las pérdidas fueron significativas. En la tabla 10 observamos que la incidencia de la gota fue mucha, debido a que habían temperaturas muy altas el ciclo de la gota fue demasiado acelerado y no se logró controlar a tiempo ya que se trató de implementar medidas orgánicas tratando de que el cultivo lo más orgánico posible, por esta razón no se hizo controles preventivos, después de notar la aparición de la gota se comenzaron a realizar controles químicos cada ocho días y se les aplicó también algas para la recuperación de la planta, a pesar de que se lograron recuperar algunas plantas, hubo una pérdida grande en la cantidad de plantas por bloque, donde los más afectados fueron los bloques de las camas o repeticiones dos y tres, no se descubrió como fue la infestación de la gota, ya que estos motivos pueden variar, puede ser que semilla contaminada, suelos contaminados o alguna persona a la hora de entrar al invernadero pudo tréala, la Gota fue imposible de eliminar debido a que avanzaba muy rápido, se logró controlar recuperar algunas plantas y evitar pérdidas en la producción.

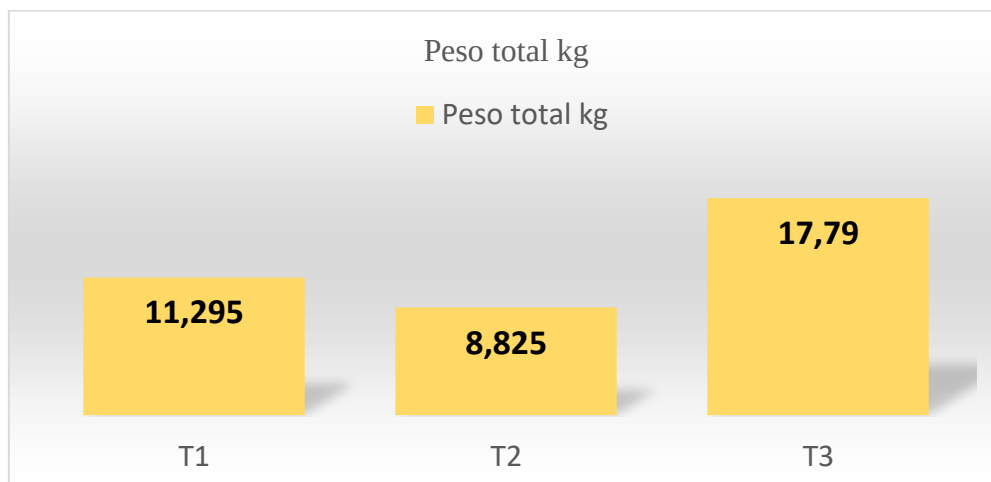
Como el tratamiento con los tubérculos con mayor peso T3 mosto mejores rendimientos y menos susceptibilidad a la enfermedad de la Gota.

14.8 Evaluación de rendimientos

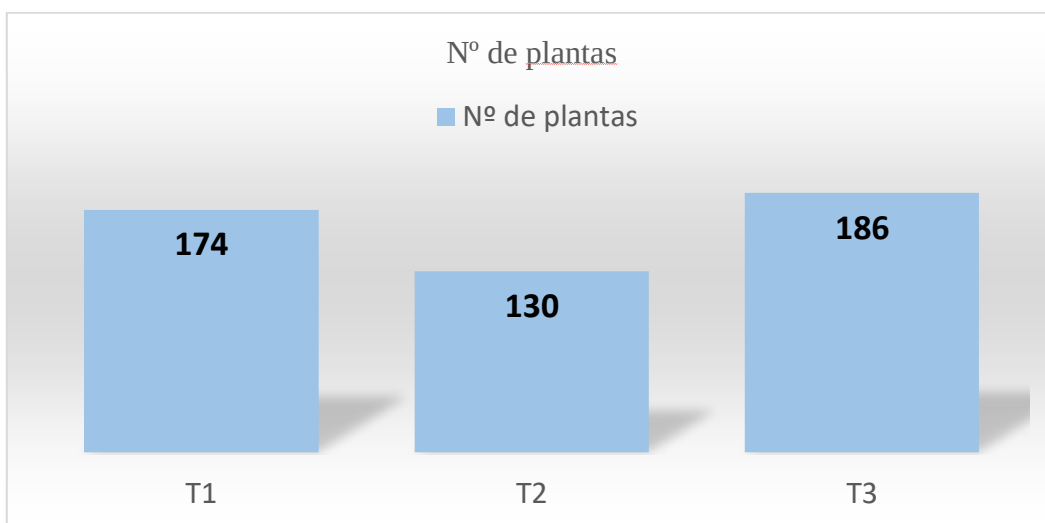
Tabla 16. evaluación de rendimientos

TRATAMIENTO 1 (Tubérculos de 20-40g)	
PESO TOTAL	11,295 kg
TOTAL DE TUBERCULOS	1.999
TOTAL DE PLANTAS	174
TRATAMIENTO 2 (Tubérculos de 40-60g)	
PESO TOTAL	8,825 kg
TOTAL DE TUBERCULOS	1.781
TOTAL DE PLANTAS	130
TRATAMIENTO 3 (Tubérculos más de 60g)	
PESO TOTAL	17790 kg
TOTAL DE TUBERCULOS	2.874
TOTAL DE PLANTAS	186

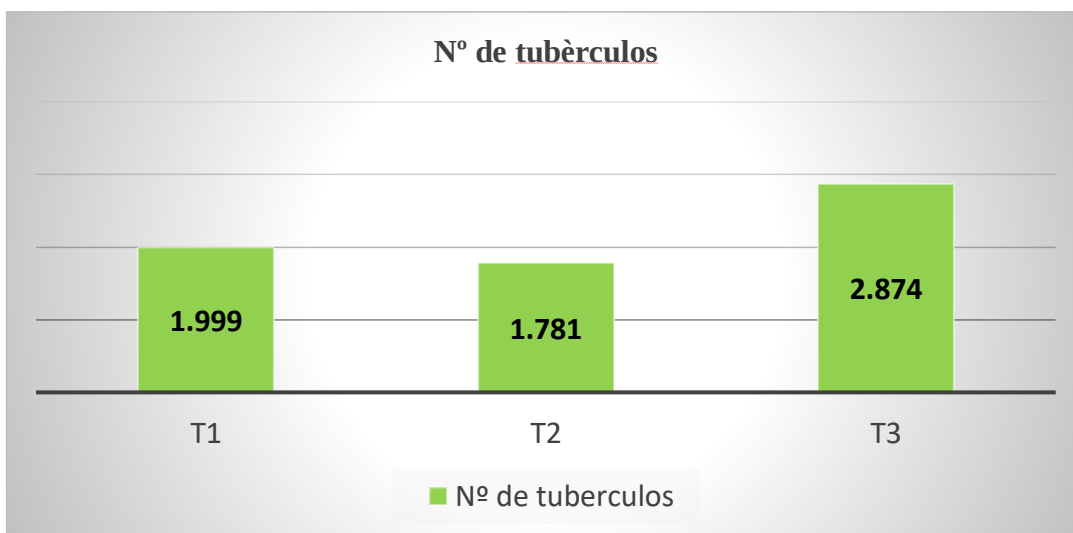
Graficas 6. Peso total en kg de los tubérculos cosechados.



Graficas 7. Numero de plantas totales por tratamientos



Graficas 8. Numero de tubérculos por tratamientos



En la evaluación de rendimientos, en cuanto al peso y producción para la venta, se puede decir que no es rentable debido a que se obtuvieron tubérculos pequeños ósea con poco peso donde a la hora de la cosecha solo se obtuvieron solo 32 kilogramos y a comparación a plantas a campo abierto la producción por esta más o menos entre 0.5 – 2 kg por planta en cuanto a la cantidad de tubérculos si se puede evidenciar que el número de tubérculos es alta ya que se

obtuvieron aproximadamente entre 10 o 12 tubérculos por plantas, inicialmente se sembraron 600 plantas ósea 600 tubérculos un tubérculo por sitio y la cantidad obtenida esta entre 6.300 tubérculos en total, con esto se puede decir que los rendimientos para semilla si es rentable, por otra parte se observa que el tratamiento tres fue el de mayor rendimiento en cuanto a peso y numero de tubérculos, en los tratamientos uno y dos se encontró grandes diferencia muy marcadas, en ninguno se presentó uniformidad, el tratamiento tres también demostró una mejor relación entre el número de plantas y el peso.

Tabla 17. ANOVA por tratamientos y por repeticiones con relación al peso total

Bayesian Estimates of Error Variance^a

Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error variance	608500,568	956215,179	365738987092,15 6	351868,157	2478718,811

a. Assume standard reference priors.

Bayesian Estimates of Error Variance^a

Parameter	Posterior			95% Credible Interval	
	Mode	Mean	Variance	Lower Bound	Upper Bound
Error variance	542928,333	904880,556	409404409911,265	309633,525	2490804,582

a. Assume standard reference priors.

En la tabla 17, hay mucha dispersión de los datos respecto a la media, esto quiere decir que hay mucha diferencia entre los tratamientos y repeticiones, se encontraron datos muy alto debido a que la muestra no es lo suficiente significativa y por eso se encuentra esta gran variación.

Como último punto puedo decir que el tratamiento tres mostros diferencias significativas tanto en el rendimiento, número y peso de tubérculos a comparación de los otros dos tratamientos sembrados bajo condiciones de invernadero esto puede ser por factores como las condiciones micro climáticas en el invernadero, la incidencia de la Gota o Tizón tardío o la distribución de los nutrientes, observamos que los tubérculos pequeños tienden a ser más sensibles a variaciones climáticas.

En cuanto a comparación con otras investigaciones similares realizadas en Colombia como las de Castellanos et al 2010 y Sandoval 2017 el rendimiento fue más bajo que los reportados a nivel de cultivos a campo abierto. Por otra parte, encontramos que la duración del ciclo fenológico en el invernadero fue más corta a comparación de los otros cultivos esto puede atribuirse a las condiciones ambientales controladas, estos resultados coinciden con los hallados por Borrego et al 2000 en términos de eficiencia del área foliar y tasa de crecimiento.

15. CONCLUSIONES

La investigación evidencia que la producción de papa criolla *Solanum phureja* Juz. & Bukasov var. Colombia bajo condiciones de invernadero es una alternativa viable para generar semillas certificadas, reduciendo los costos asociados a su importación desde otras regiones. No obstante, el éxito de este sistema depende de un manejo adecuado de factores ambientales y fitosanitarios, como el control del tizón tardío. Además, se destaca la importancia de continuar investigando y evaluando la adaptabilidad de esta variedad.

por otra parte en la investigación, se observó que el ciclo de vida de la papa criolla se aceleró significativamente en comparación con los cultivos tradicionales a campo abierto, donde se pudo evidenciar que el tiempo transcurrido desde la siembra hasta la cosecha fue de 85 días que es mucho más corto, mientras que a campo abierto este periodo es aproximadamente de 125 a 130 días, lo que quiere decir que la papa puede ser cultivada de manera mas eficiente y con ciclo de vida más corto en condiciones controladas de invernadero que a comparación de los métodos tradicionales

Los hallazgos demuestran que las plantas mayores de 60 gramos presentaron un desarrollo vegetativo superior y mayor producción de tubérculos, destacándose como un tratamiento óptimo. Sin embargo, las pérdidas significativas debido a enfermedades subrayan la importancia de implementar estrategias de control preventivo más robustas en el manejo de invernaderos.

16. RECOMENDACIONES

El manejo agronómico en lo que corresponde al control de enfermedades debe realizarse con aplicaciones preventivas de fungicidas protectantes en combinación de curativos, con frecuencia de cada 12 días cuando la humedad relativa se encuentre entre el 60% y 75%, si se supera el 75% la frecuencia de aplicaciones debe ser semanal, teniendo presente el rotar ingredientes activos.

Para la evaluación de la adaptabilidad es necesario incluir el registro diario de las temperaturas máximas, mínimas, media y humedad relativa, lo que se puede realizar con un Datalogger, esto permitirá el cálculo de los grados días calor, que se podría correlacionar con la duración de cada etapa fenológica, Así mismo, se debe incluir en próximos trabajos la toma de datos semanal de la materia seca MS y del área foliar AF, con el propósito de calcular y visualizar el comportamiento de la tasa de asimilación neta TAN, la tasa de crecimiento absoluta TCA, el índice de área foliar IAF.

Para poder realizar trabajos de tipo experimental es necesario modificar el diseño de las camas y del sistema de fertirrigación que permita independizar el manejo agronómico conforme al diseño y tratamientos a aplicar, ya que actualmente el invernadero solo permite dar un manejo uniforme a toda el área.

17. BIBLIOGRAFÍA

Agrosavia. (2023). Papa criolla.

Andrade, J. B. (2015). MANUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PAPA
USANDO AEROPONÍA. 270.

Argenpapa. (2023). Generalidades: Morfología de la planta de papa (*Solanum tuberosum* L.).
recuperado de: portalfruticola.com.

AUSIQUE, P. E. (2009). PROPUESTA ESTRATEGICA PARA LA CONVERSION DE
SISTEMAS PRODUCTIVOS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*) DE
CONVENCIONAL A ECOLOGICO DESDE UNA PERSPECTIVA DE GESTION
AMBIENTAL. .

Barona, D. e. (2015). LA PLANTA DE PAPA: ecofisiologia y nutricion mineral . 109-125.

Bayer, A. (2022). Solución para papa. Recuperado de: [https://www.agro.bayer.co/es-
co/cultivos/papa.html](https://www.agro.bayer.co/es-co/cultivos/papa.html).

Borrego, F. F. (2000). ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN SIETE VARIEDADES DE PAPA
(*Solanum tuberosum* L.). AGRONOMÍA MESOAMERICANA 11(1): 145-149.

Carlos A. Latorre-Araque., E. Q.-G. (2024). ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DE DOS
VARIEDADES DE PAPA .

Carlos Castro Piguave, B. I. (2022). *Diseños experimentales: teoria y practica para
experimentos agropecuarios*. Quito, Ecuador: Mawil Publicaciones de Ecuador.

Castellanos, M. S. (2009). ACUMULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA DE
CUATRO VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN ZIPAQUIRÁ,

CUNDINAMARCA (COLOMBIA). Rev. Fac. Nac. Agrón. Medellín vol.62 no.1
Medellín.

Castellanos, M. S. (2009). ACUMULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA DE
CUATRO VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN ZIPAQUIRÁ,
CUNDINAMARCA (COLOMBIA). Rev. Fac. Nac. Agrón. Medellín vol.62 no.1
Medellín.

Castellanos, M. S. (2009). ACUMULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA DE
CUATRO VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN ZIPAQUIRÁ,
CUNDINAMARCA (COLOMBIA). Rev. Fac. Nac. Agrón. Medellín vol.62 no.1
Medellín.

Castellanos, M. S. (2010). ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y RELACIÓN FUENTE-
DEMANDA DE CUATRO VARIEDADES DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)
EN EL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ (CUNDINAMARCA, COLOMBIA). Rev. Fac.
Nac. Agrón. Medellín vol.63 no.1 Medellín.

Christopher, P. (2019). *Comportamiento de micro tubérculos obtenidos en biorreactores de
inmersión temporal de variedades de papa nativa (Solanum tuberosum L.) para
producción de semilla básica*. Peru.

Coral-Villa, W. G. (2016). Producción de Semilla de papa (*Solanum tuberosum*.) usando
métodos de multiplicación acelerada, en el Centro Experimental San Francisco Cantón
Huaca, Provincia Carchi. Repositorio de la universidad politécnica estatal del Carchi.
En Tulcan ecuador.

- Corrado, F. M. (S.F). Factibilidad de producción de semilla básica de papa (*Solanum tuberosum* L.) en sistemas aeropónico en Córdoba. . Trabajo final de la universidad nacional de Córdoba.
- E. Javier Morales Morales, E. J.-R. (2015). Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta. *Agrociencia* vol.49 no.2 Texcoco.
- Espinosa, G. J. (2004). Indices de eficiencia productiva en el cultivo de 12 genotipos de melon (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de campo. Tesis realizada en la unicersidad autonoma agraria en Mexico.
- FAFP, F. (2020). *Boletin Regional No. 05*.
- Fedepapa. (2020). *El cultivo de la papa, factores que influyen en la produccion* .
- Gaitán, P. G. (2013). Análisis Funcional de Crecimiento y Desarrollo de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* subsp. andigena).
- Inostroza, F. e. (S.F). Botanica y morfologia de la papa. Recuperado de:
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7275/NR36476.pdf?sequence=6&isAllowed=y%23:%7E:text=La%20papa%20es%20una%20planta,de%20crecimien to%20arrosetado%20o%20semiarrosetado>.
- Jaramillo, A. M. (2021). Manuela del cultivo de papa para pequeños productores. . Manual No. 78, 3ra Edición. INIAP. Mejía-Ecuador. 120p.
- Lara Lopez, J. (2016). Evaluación de la fertilización sobre el rendimiento de cuatro clones de papa criolla (*solanum phureja* juz et buk) en el municipio de Chitagá, Norte de Santander . Trabajo de Grado Pregrado, Universidad de Pamplona]. Repositorio Hulago Universidad de Pamplona.

- López, G. A. (2019). Establecimiento in vitro de papa (*Solanum tuberosum* L.)- variedad Purén a partir de meristemos. . Trabajo de grado de la escuela Agrícola Panamericana en Zamorano Honduras.
- Marcelo, H. (2019). Variabilidad genética y morfológica en la papa nativa Collareja del noroeste de argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, ISSN 0325-8718, ISSN-e 1669-2314, Vol. 45, N°. 2.
- Marco, G. &. (2005). Análisis de crecimiento de cultivo de papa. Tomado de: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Mefcca. (S.F). Cartilla del cultivo de papa. Recuperado de:
<https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento4923501.pdf>.
- Mendoza, F. V. (2018). Producción de minitubérculos de papa (*Solanumtuberosum* L.) de los cultivares Karú y Pampeana. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIAFACULTAD DE AGRONOMIA.
- Mendoza, M. R. (2018). Tasa relativa de crecimiento de herbáceas con potencial de restauración en suelos degradados del bosque La Primavera, Jalisco, México. *Acta univ* vol.28 no.2 México.
- MinAmbiente, & Asohofrucol. (2009). *Guia Ambiental Horicola de Colombia*. Bogota D.C.
- Nafarrate, A. (2017). Estimacion directa e indirecta dle indice de area foliar (IAF) y su moodelacion con lidar en un bosque tropical seco de yucatan. Tesis del centro de investigacion cientifca de yucatan.
- Restrepo, A. (2023). El papel fundamental de la papa en Colombia: un tesoro culinario y económico. *Revista agricultura*.

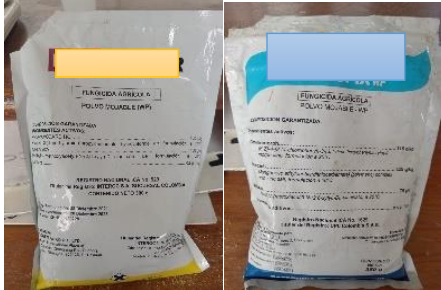
- Rios-Morales, G. (2007). DISTRIBUCIÓN Y VARIABILIDAD DE *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, AGENTE CAUSAL DE MARCHITEZ BACTERIANA EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L), EN TRES DEPARTAMENTOS DEL NORTE DE NICARAGUA. . Tesis de la universidad nacional .
- Rodríguez, P. (2011). Eco fisiología del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.).
Recuperado de:
https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolas/article/view/1229 .
- Rubiano, F. G. (2023). ANÁLISIS DE LA ASOCIATIVIDAD RURAL Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD DE PAPA CRIOLLA EN PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA.
- Sandoval, J. F. (2017). COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO DE DOS CLONES DE PAPA CRIOLLA *Solanum*. Realizándolo en la universidad de pamplona .
- Severo, C. J. (2022). Caracterización morfológica de papas nativas (*Solanum tuberosum* L. Grupo Andigenum) de Huánuco. . Revista de investigación Agraria. 4(2) 12-25.
- SOTO, M. F. (2016). COMPARACIÓN DE DIEZ CLONES DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*, Just et Buck) DURANTE DOS CICLOS PRODUCTIVOS EN LA VEREDA CHICHIRA DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER .
- Uptc. (S.F). Generalidades de la papa *Solanum tuberosum* L. recuperado de:
<https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/download/156/192/3619?inline=1>.
- VÁSQUEZ, J. D. (2016). CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE UN CULTIVO DE PAPA CRIOLLA (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja, variedad criolla Colombia)

IRRADIADA CON COBALTO 60 UBICADO EN EL MUNICIPIO EL ROSAL,
FINCA EL PINO KM 16 VÍA SUBACHOQUE CUNDINAMARCA.

VÁSQUEZ, J. D. (2016). CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE UN CULTIVO DE PAPA
CRIOLLA (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja, variedad criolla Colombia)

IRRADIADA CON COBALTO 60 UBICADO EN EL MUNICIPIO EL ROSAL,
FINCA EL PINO KM 16 VÍA SUBACHOQUE CUNDINAMARCA.

18. ANEXOS

Primera aplicación: 20 gramos de fungicida agrícola con ingrediente activos: PROPAMACARB HCL y METALAXYL más 20 gramos de fungicida agrícola con ingrediente activo de Dimethomorph, Mancozeb y Metalaxyl, adicionalmente se le aplico un coadyuvante concentrado emulsionable y por último 50 gramos de azúcar esta mezcla se preparó para una bomba de espalda de 20 litros la cual el día 15 de octubre se aplicó en las 4 camas.	   
Segunda aplicación: Dia 18 de octubre se aplicó 20g de fungicida agrícola de ingrediente activo, Fosetil AL: Tris-o-etil fosfonato de aluminio y Mancozeb, adicionalmente se mezcló con el mismo coadyuvante anterior y 50g de azúcar, adicional a esto se le aplico humus liquido a	

la mezcla 50cc para la recuperación de las plantas.	
El mismo 18 de octubre se hizo una fertilización por vía de riego con fertilizante a base de algas, Algas 500, contiene extracto de algas 38.03%, nitrógeno 1.58%, fosforo 3.94% y potasio 7.48% donde se le aplicaron 50cc al tanque del agua del riego, esta aplicación se realizó para la recuperación de las plantas	
Tercera aplicación: se realizó el día 23 de octubre y se volvió aplicar fungicida agrícola con ingrediente activo de Dimethomorph, Mancozeb y Metalaxyl pero esta vez 30g, se le aplico el coadyuvantes y 40g de azúcar, estas cantidades para la bomba de espalda de 20litros	



Figura 20. Floración del cultivo del invernadero



Figura 21. Implementación de tutorado



Figura 22. Ajuste del tutorado y aplicación de fertilizante foliar



Figura 23. Aparición de las primeras flores



Figura 24. Implementación del tutorado con maya



Figura 25. Planta de papa después de la emergencia



Figura 26. Distribución de los bloques al azar en le invernadero



Figura 27. Cosecha final



Figura 28. Día de la cosecha



Figura 29. Plantas infectadas de gota o tizón tardío

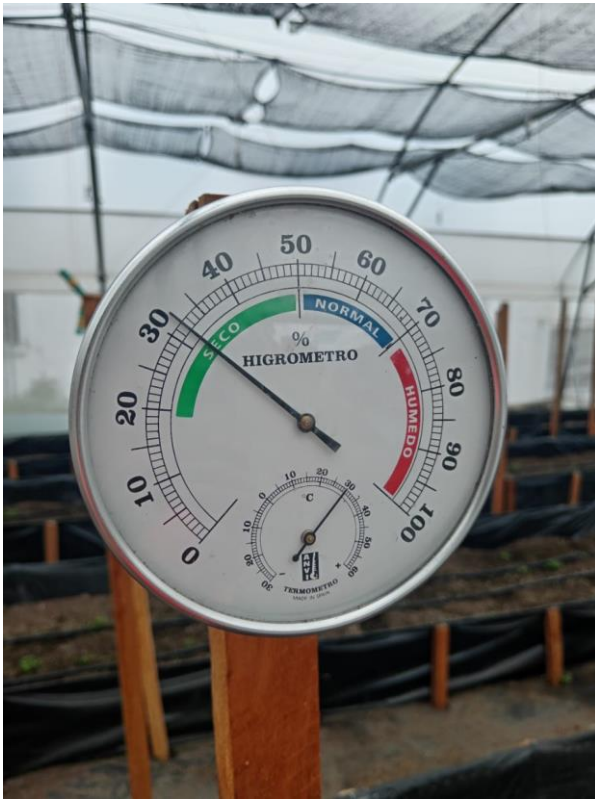


Figura 30. Termohigrómetro



Figura 31. toma de muestras para hallar el ara foliar