

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la papa (*Solanum tuberosum*) es consumida en casi todos los pueblos del mundo y es junto al trigo, maíz y arroz uno de los cuatro cultivos básicos en la alimentación humana.

En Bolivia según el instituto nacional de estadísticas (INE) en estos últimos tiempos (2015-2016) la producción de papa fue de 1.073.744 toneladas, el rendimiento promedio fue 8 toneladas por hectárea a nivel nacional, donde los principales productores de papa son los departamentos de La Paz, Cochabamba, potosí, Oruro, parte de Chuquisaca y parte de Tarija (INE, 2016).

El desarrollo del cultivo demanda una elevada aplicación de fertilizantes minerales y pesticidas, pues estos constituyen elementos básicos imprescindibles para aumentar los rendimientos agrícolas (Murillo, 2016)

Zeballos et al. (2009) consideran que, en Bolivia, el cultivo de la papa ocupa el primer lugar entre los tubérculos cultivados con una superficie aproximada de 140000 ha. de cultivo e involucrando aproximadamente a 200000 agricultores en la producción, que representan entre el 30 a 40% del total en el país, crecen entre altitudes de a partir de los 320 hasta los 4000 msnm, teniendo un ciclo vegetativo de alrededor de 90 a 200 días, pero estos ciclos varían dependiendo de las variedades cultivadas, los mismos que se clasifican en precoces de 90 días, semi tempranas entre 90 – 120 días, semi tardías de 120 – 150 días y tardías de 150 – 200 días. (PROIMPA, 2019)

El ozono, la forma más activa de oxígeno, convierte el agua en desinfectante natural que elimina de manera eficaz virus, bacterias, hongos, algas, esporas y demás microorganismos. Debido a su naturaleza, este gas no deja ningún tipo de residuo químico, ni en la instalación ni en el producto alimenticio, ya que se descompone en oxígeno puro. (Murciana Agro masan, 2016)

El presente trabajo de investigación se busca mejores rendimientos de la semilla pre básica de papa (*Solanum tuberosum L.*) Variedad Marcela aplicando los factores de dos densidades de siembra, dos niveles de fertilización y riego con ozono y sin ozono

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente trabajo tuvo como finalidad probar el comportamiento agronómico en la producción de semilla pre básica de papa de la variedad Marcela, en instalaciones de SEDAG en la comunidad de Coimata utilizando tres factores a estudiar para determinar qué factores dan los mejores resultados de producción de semilla de papa con una buena calidad.

Si bien en la actualidad se cuenta con cierta cantidad de oferentes de semilla certificada de papa registrada en el directorio del INIAF, estas no son suficientes para abastecer la demanda actual de semilla, demanda que seguirá incrementándose por la difusión de los buenos resultados del uso de semilla certificada, el costo de esta semilla implica otro factor por el cual se debe desarrollar más técnicas para la obtención de semilla de papa, técnicas que aprovechen bien las características fisiológicas del tubérculo (CIP, 2006)

JUSTIFICACIÓN

Se realizó la investigación con el propósito de obtener mejores rendimientos de la semilla pre básica de papa (*Solanum tuberosum L.*) Variedad Marcela ya que esta variedad es producida en las instalaciones de SEDAG y también en una forma de mantener la variedad dentro del departamento de Tarija por lo cual se realizó una investigación con la aplicación de dos densidades de siembra, dos niveles fertilizantes y con riego ozonificado.

El efecto del agua ozonizada consiste básicamente en una mayor aportación de oxígeno a la raíz, el agua ozonizada que llega al riego está completamente libre de virus, bacterias, hongos, algas, esporas y cualquier otro microorganismo. La ausencia de gérmenes confiere al agua las mejores condiciones posibles para lograr un crecimiento mucho más rápido de lo habitual. (Top ozono, S/F)

HIPÓTESIS

Nula.- En el rendimiento de la semilla prebásica de papa no tiene diferencia significativa frente a las densidades de siembra, fertilizantes y el riego con y sin ozono

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la producción de semilla pre básica de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Marcela a partir de vitro plantas de papa con dos densidades de siembra y dos niveles de fertilización en jaulas antiafidos, aplicando el riego con y sin ozono, en la comunidad de Coimata, Provincia Méndez.

Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento y desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Marcela frente a densidad de plantación, fertilización y dosis de agua ozonificada.
- Evaluar el rendimiento de semilla pre básica de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Marcela en función a los calibres aprobados por el INIAF
- Análisis económico

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO

1.2 Origen

El centro de origen de la papa está ubicado entre Perú y Bolivia, alrededores del lago Titicaca. El centro geográfico que dio origen a la papa se concentraría entre el Cuzco y el lago Titicaca debido a que en esta región se encontró el mayor número de variedades cultivadas, y por consiguiente un número de especies en un número excepcionalmente alto en relación a cualquier otra región del planeta (Cárdenas,1989).

1.3 Origen del cultivar papa Marcela

El cultivar papa “Marcela” fue obtenido en el año 1990 por investigadores del entonces

Programa de Investigación de la papa [Nelson Estrada (+), Julio Gabriel, Enrique Carrasco, Willman García y Osmar Mendoza], quienes en la Estación Experimental de Toralapa en Cochabamba, Bolivia, hicieron cruzas entre un cultivar nativo llamado Sani Imilla (*Solanum andigena*), tetraploide tolerante a heladas de buena calidad culinaria y el cultivar Alpha (*Solanum tuberosum*), tetraploide de origen holandés precoz y de buena calidad para procesamiento. La nueva población fue denominada 90-184 (año – familia). Los clones de esta familia fueron seleccionados inicialmente por tres años en Cochabamba en las zonas de Toralapa, Chullchunqani y Colomi para resistencia a tizón

(*Phytophthora infestans*) y al nematodo del rosario (*Nacobbus aberrans*), logrando obtenerse varios clones, entre ellos el clon 90-184-1, llamado posteriormente como “Marcela”. En el año 1994, fue enviado a Tarija (Estación Experimental de Iscayachi y la Huerta) como una familia de tubérculos, junto con otros 200 clones y seleccionado por ocho años con la participación activa de los Ingenieros Ricardo

Casso, Hernán Cardozo y Jaime Herbas (Gabriel, J.; Pereyra, R.; Gandarillas, A.2011). Fue presentada por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) una entidad pública del Estado Plurinacional de Bolivia, el 20 de abril del 2011 en la feria de la Madre Tierra en la Plaza Murillo de la ciudad de La Paz y posteriormente el 31 de julio del 2014 en el programa con sello boliviano (INIAF, 2019)

1.4 Taxonomía de la papa

La taxonomía de la papa es la siguiente

- **Reino:** Vegetal
- **Phylum:** Telemophytae
- **División:** Tracheophytae
- **Sub división:** Anthophyta
- **Clase:** Angiospermae
- **Sub clase:** Dicotyledoneae
- **Grado Evolutivo:** Metachlamydeae
- **Grupo de Ordenes:** Tetraciclicos
- **Orden:** Polemoniales
- **Familia:** Solanaceae
- **Nombre Científico:** *Solanum tuberosum L.*
- **Nombre Común:** papa

Fuente (Herbario Universitario (T. B), 2022)

1.5 Descripción morfológica de la papa

1.5.1 Raíces

Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de una semilla, forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales. Cuando crecen de tubérculos, primero forman raíces adventicias en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea

de cada tallo. Ocasionalmente se forman raíces también en los estolones. En comparación con otros cultivos, la papa tiene un sistema radicular débil, por lo cual necesita un suelo de muy buenas condiciones físicas y químicas para su desarrollo. El tipo de sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo. (INIA, 2021)

1.5.2 Tallos

El sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen sólo un tallo, principal mientras que las provenientes de tubérculos-semilla pueden producir varios tallos. Los tallos laterales son ramas de los tallos principales. En el corte transversal, los tallos de papa presentan formas entre circulares y angulares. A menudo, en los márgenes angulares se forman alas o costillas. Las alas pueden ser rectas, onduladas o dentadas. El tallo generalmente es de color verde y algunas veces puede ser de color marrón-rojizo o morado. Los tallos pueden ser sólidos o parcialmente tubulares debido a la desintegración de las células de la médula. Las yemas que se forman en el tallo a la altura de las axilas de las hojas pueden desarrollarse para llegar a formar tallos laterales, estolones, inflorescencias y a veces, tubérculos aéreos. (Inostroza, 2009)

1.5.3 Estolones

Morfológicamente descritos, los estolones de la papa son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. Los estolones largos son comunes en las papas silvestres y el mejoramiento de la papa tiene como una de las metas obtener estolones cortos. Los estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Un estolón no cubierto con suelo, puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal. (Inostroza, 2009)

1.5.4 Tubérculos

Es un engrosamiento del estolón como consecuencia de la acumulación de reservas, constituyendo el principal órgano de reserva de la planta. Los tubérculos pueden

variar en forma y tamaño. Una planta puede formar hasta 20 tubérculos, dependiendo de la variedad. Cada tubérculo tiene entre dos y hasta 10 yemas u ojos, dispuestos en forma de espiral alrededor de su superficie. (INIA, 2023)

1.5.5 Hojas

Las hojas son compuestas, con 7 a 9 folíolos (imparipinnadas), de forma lanceolada y se disponen en forma espiralada en los tallos. Son bifaciales, ambas epidermis están compuestas por células de paredes sinuosas en vista superficial. Presentan pelos o tricomas en su superficie, en grado variable dependiendo del cultivar considerado. Los tricomas pueden ser uniseriados, glandulares y con una cabeza pluricelular más o menos esférica. (INTA, 2015)

1.5.6 Inflorescencia, flor

El pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa.

De las ramas de las inflorescencias salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los cálices. Cada pedicelo tiene una coyuntura o articulación en la cual se desprenden del tallo las flores o los frutos. Esta articulación es pigmentada en algunas variedades cultivadas.

Las flores de la papa son bisexuales (tienen ambos sexos), y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo. (Inostroza, 2009)

1.5.7 Fruto, Semilla

El fruto de la planta de papa corresponde a una baya, la cual puede presentar una forma redonda, alargada, ovalada o cónica; su diámetro generalmente fluctúa entre 1 y 3 cm, y su color puede variar de verde a amarillento, o de castaño rojizo a violeta. Las bayas presentan dos lóculos y pueden contener aproximadamente entre 200 y 400 semillas. Las bayas se presentan agrupadas en racimos terminales, los cuales se van inclinando progresivamente en la medida que avanza el desarrollo de los frutos

Las semillas son muy pequeñas, aplanadas, de forma arriñonada, y pueden ser blancas, amarillas o castaño amarillentas (Bustamante, 2001)

1.5.8 Semilla de tubérculos

El tubérculo utilizado en la producción de papa para el consumo, se denomina tubérculo-semilla es más frecuente utilizado en la producción a nivel comercial ya que garantiza altos rendimientos a diferencia de la semilla botánica o verde. En el cultivo de la papa, la disponibilidad de tubérculos semilla de calidad, es muy importante, ya que de esto depende la expresión de variados factores que, en óptimas condiciones de manejo permiten al cultivo expresar su potencial productivo y las características propias de la variedad. La calidad de la semilla se define en base a tres criterios: identidad, pureza y variedad; estado fitosanitario y edad fisiológica. (INIAF, 2009)

1.5.9 Clasificación de semillas

- **Pre-básica:** Semilla proveniente de cultivo de tejidos, libre de endo y exopatógenos, producida en invernaderos a prueba de afidios y bajo condiciones controladas de acuerdo a reglamentación específica.
- **Básica:** Deriva de la categoría Pre-básica, que sea procedente de esquejes o tuberculillos. De esta manera, en esta categoría se establecen tres remultiplicaciones: Básica 1 (B1), Básica 2 (B2) y Básica 3 (B3) y puede mantenerse dentro de su categoría siempre y cuando cumpla con ciertos requisitos de calidad. Se le otorga una etiqueta oficial de color blanco.
- **Registrada:** Resulta de la multiplicación de semilla Básica 3 (B3); para producirla en su primera generación. Esta semilla podrá multiplicarse en una segunda generación Registrada 2 (R2). De esta manera en esta categoría se establecen dos re multiplicaciones: Registrada 1(R1) y Registrada 2 (R2). Se le otorga una etiqueta oficial de color rosado. (SEPA, 2015)

1.6 Principales enfermedades

1.6.1 Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*)

A pesar de que existen medidas efectivas de control, el tizón tardío sigue siendo el problema más grave entre las enfermedades fungosas en muchas regiones productoras de papa. En el follaje aparecen lesiones de aspecto húmedo que en pocos días se vuelven de color castaño cuando están secas o negras cuando están húmedas. En condiciones de humedad se hace visible una esporulación blanca parecida al mildiu, en particular en el envés de la hoja. Las esporas que la lluvia lava de las hojas y del tallo penetran en el suelo e infectan los tubérculos causándoles decoloración superficial. Las temperaturas entre 10°C y 25°C, junto con rocío fuerte o lluvia, favorecen la enfermedad (Mabbett, 1995)

Síntomas

En una etapa avanzada de la enfermedad, los síntomas tienen parecido al causado por una helada. Las plantas que se encuentran severamente afectadas por tizón tardío producen un olor que las distinguen y que resulta del colapso del tejido vegetal. La enfermedad afecta a las hojas, los tallos y los tubérculos

Medidas de prevención y control

Semilla libre de enfermedades. El uso de semilla no infectada es una condición básica para la producción de papa, puesto que elimina del campo una fuente primaria de infección.

Procedimiento de siembra. Donde las temporadas de lluvia sean definidas, la severidad de la enfermedad puede reducirse mediante un cambio en el tiempo de la siembra. Esto puede, sin embargo, reducir el rendimiento, pues la papa necesita abundante agua durante la formación del tubérculo.

Manejo agronómico. Cualquier tratamiento que acelere el secado del follaje y reduzca la humedad dentro del cultivo, contribuye a restringir el desarrollo de la enfermedad. Entre estos tratamientos se encuentran una mayor distancia de siembra y los procedimientos apropiados de riego. El riego por aspersion tiende a incrementar la

severidad de la enfermedad. Los tubérculos sin cubrir, o pobremente cubiertos con suelo, son fácilmente infectados por las esporas que el agua arrastra del follaje. Un aporque adecuado reduce la cantidad de esporas que llegan a los tubérculos y puede conducir a que el campo seque más rápido después de una lluvia.

Control Químico. Involucra la utilización de productos químicos capaces de prevenir la infección o controlar una posterior infección. Los productos usados para controlar el tizón tardío son clasificados como de contacto o preventivos, y sistémicos.

Fungicidas de contacto. Actúan sobre la superficie de la planta, evitando la germinación y penetración de los esporangios, disminuyendo las fuentes iniciales de la enfermedad. Son conocidos como fungicidas de contacto, protectantes o residuales. Entre los más importantes se encuentran los cúpricos y los ditiocarbamatos. Sólo protegen las zonas donde se deposita el fungicida, las hojas producidas después de la aspersión del producto no estarán protegidas contra el patógeno.

En los fungicidas de contacto es muy importante mantener una capa apropiada del fungicida en el follaje tanto en el haz (cara superior) como en el envés (cara inferior) de la hoja. Se necesita bañar toda la parte aérea de la planta. Su acción será efectiva mientras persistan en la hoja y mientras no sean lavados por la lluvia.

Fungicidas sistémicos. Estos productos son absorbidos a través del follaje o de las raíces. La translocación o movimiento dentro de la planta se realiza en forma ascendente y por vía interna a través del xilema. Tienen la capacidad de proteger las hojas producidas después de la aplicación. Inhiben algunas o 23 varias etapas específicas del metabolismo del patógeno. Su uso continuo ha generado la aparición de cepas resistentes a estos fungicidas. (INIA, 2015)

1.6.2 Tizón temprano (*Alternaria solani*)

En las hojas y en menor grado en los tallos se forman manchas pardas, angulares y necróticas que al centro tiene una serie de anillos concéntricos. Las lesiones en las hojas rara vez son circulares porque son restringidas por las nervaduras principales. Aparecen generalmente en la florescencia y van aumentando en número a medida que van

madurando las plantas. Las lesiones se forman primero en las hojas inferiores, pueden causar amarillamiento general, caída de las hojas o muerte precoz. La pudrición del tubérculo es de color oscuro (centro internacional de la papa, 1983).

Síntomas

En las hojas se desarrollan lesiones más o menos circulares, de color marrón oscuro, con anillos dispuestos concéntricamente semejando un tablero de tiro al blanco; primero se desarrollan en las hojas inferiores, más viejas. Según las condiciones ambientales y la variedad de papa, las lesiones se agrandan de 0,5-2,0 cm de diámetro, y a éstas se asocian áreas cloróticas alrededor y entre las lesiones. En condiciones de sequedad, las lesiones pueden perforarse dejando huecos (que se asemejan a orificios de bala). Las hojas pueden volverse completamente cloróticas, secar y morir. La enfermedad generalmente ocasiona la defoliación, pero las hojas secas algunas veces quedan colgando de la planta.

Medidas de prevención.

El control de tizón temprano incluye:

- Precaución durante el manejo del cultivo
- Control químico

Precaución durante el manejo del cultivo: Debido a que el desarrollo del tizón temprano está relacionado con el vigor y la maduración del cultivo, el manejo agronómico para estimular el vigor y evitar la senectud rápida del follaje y la debilidad de la planta, ayuda a reducir la incidencia de la enfermedad. Esto incluye riego adecuado y aplicación de fertilizantes (de acuerdo con las recomendaciones locales). Se debe considerar que el riego por aspersión puede promover el desarrollo de la enfermedad. Ya que las variedades de maduración precoz contribuyen a que se presenten graves diseminaciones secundarias de esporas, la siembra debe ser organizada de forma que las esporas que lleva el viento no pasen de las variedades precoces a las tardías. Para prevenir la infección de los tubérculos, el follaje infectado debe ser eliminado unos días antes de la cosecha y dejar tubérculos en el suelo hasta

que su cáscara esté madura y más resistente a los daños mecánicos. Como sobrevive en los desechos de la planta, todos los residuos infectados deben sacarse del campo después de la cosecha. Aunque este patógeno es capaz de persistir de una temporada a otra, no pueden sobrevivir períodos más largos. Por ello, la rotación de cultivos puede ayudar a reducir la cantidad de inóculo en un campo.

Control químico: El tizón temprano puede ser controlado en forma efectiva mediante pocas aplicaciones de fungicidas, siempre que la aspersion se efectúe de conformidad con la esporulación secundaria. Las aplicaciones tempranas tienen poco efecto, y las aplicaciones continuas e indiscriminadas no mejoran los resultados, y cuestan más. Los mismos fungicidas protectores empleados para el control del tizón tardío son, por lo general, efectivos contra el tizón temprano. Hay que considerar que los fungicidas específicos para el control del tizón tardío (por ejemplo, Ridomil) pueden ser inefectivos para el tizón temprano. (INIA, 2015)

1.6.3 Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)

La marchitez bacteriana o pudrición parda es la enfermedad bacteriana más grave para la producción de papa. Con frecuencia restringe la producción. Los síntomas iniciales de la marchitez pueden ser observados primero en un solo lado de una hoja o en una rama y no en otra. Los síntomas avanzados son marchitez severa y muerte de la planta. Los haces vasculares se oscurecen y si se hace un corte transversal la planta exuda un mucilago de color entre gris y castaño (centro internacional de la papa, 1983).

1.6.4 Sarna pulverulenta (*Spongospora subterranea* F.sp.)

La sarna es un defecto del tubérculo que se encuentra en todas partes del mundo donde se cultiva la papa. El organismo causal ha entrado en la mayor parte de los suelos de este cultivo. (Centro internacional de la papa, 1983) En los tubérculos se aprecian los síntomas característicos, al principio como pequeñas verrugas que luego se transforman en protuberancias irregulares rasgadas que liberan un polvo marrón formado por las esporas, los bordes de las lesiones quedan retorcidos hacia afuera (Calderón, 1984).

1.6.5 Enrollamiento de las hojas (*Potato leafroll virus*)

Se considera como el virus más importante a nivel mundial. En Bolivia ocasiona daños severos en zonas de valle donde existen condiciones favorables para sus vectores, los áfidos especialmente *Myzus persicae*. El PLRV es el principal responsable de la degeneración del cultivo de papa, a la que los agricultores la llaman “semilla cansada”. (Gabriel, 2011).

Síntomas: los síntomas primarios se manifiestan después que las plantas han sido picadas por áfidos virulíferos y se hacen evidentes principalmente en las hojas jóvenes, las cuales se muestran erectas, enrolladas y pálidas. En algunas variedades las hojas jóvenes tienen una pigmentación rosada a rojiza que comienza por los márgenes y en otras, el enrollamiento se encuentra especialmente confinado a la base de los folíolos sin abarcarlos íntegramente. Estos síntomas pueden posteriormente extenderse hacia las hojas inferiores. Los síntomas primarios pueden dejar de manifestarse en caso de producirse infecciones tardías. Los síntomas secundarios se hacen evidentes al momento en que la planta brota a partir de un tubérculo infectado. Los folíolos inferiores se muestran enrollados y las hojas superiores tienen un color más claro. En general las hojas se ponen rígidas y coriáceas, se secan y cuando se estrujan producen un sonido crocante como de papel. Las plantas se quedan a menudo enanas, con hábito de crecimiento erecto.

Epidemiología: El virus puede ser transmitido por medio de tubérculos enfermos o también de manera persistente por picadura de áfidos virulíferos. Entre los áfidos que colonizan la papa y sirven como vectores del virus el *Myzus persicae* es el más eficiente. La diagnosis de la enfermedad en los semilleros constituye un problema bastante complicado, debido a que los síntomas en el follaje frecuentemente no son evidentes, especialmente cuando se producen infecciones tardías. Las parcelas destinadas a la producción de semilla deben ser cosechadas lo antes posible (pero compatible con un rendimiento razonable), con el objeto de evitar transmisiones tardías por áfidos.

Medidas de prevención y control

- Selección clonal.
- Siembra de tubérculos libres de virus (programa de certificación de semillas).
- Cosecha adelantada.
- Descarte de plantas infectadas.
- Extracción y destrucción de plantas voluntarias (saneamiento), dentro y en los alrededores del campo de cultivo.
- Control de áfidos con insecticidas sistémicos.

(INIA, 2015).

1.6.6 Virus Y de la papa (*Potato virus Y*)

Es el segundo virus más importante en el mundo en Bolivia se encuentra en todas las zonas donde se produce papa. El virus PVY se transmite por áfidos (Gabriel, 2011).

Mosaico bien visible, gran rugosidad en las hojas, torsión de los bordes hacia abajo, a veces necrosis en la nervadura del envés, reducción del envés, reducción del tamaño de los tubérculos y baja producción (Calderón, 1984).

Síntomas: La severidad de los síntomas en el follaje de papa difiere ampliamente en relación con la variante y la variedad del cultivo, desde muy suave hasta una necrosis severa y muerte de las plantas afectadas. En general tanto el PVY^O como el PVY^C inducen síntomas mucho más severos que el PVY^N, el que produce un moteado impreciso en las plantas con infección primaria, al igual que en las plantas provenientes de tubérculos infectados (infección secundaria). Cuando la infección se produce tardíamente, el follaje puede no presentar síntomas, pero los tubérculos de tales plantas pueden llevar consigo la enfermedad.

Los síntomas primarios de PVY^O, dependiendo del cultivo, se manifiestan en forma de necrosis, moteado o amarillamiento de los folíolos, decaimiento de las hojas y a veces la muerte prematura. La necrosis que empieza como manchas o anillos en los folíolos,

puede ser la causa del colapso de las hojas, las cuales pueden llegar a desprenderse o permanecer colgantes del tallo, a veces los síntomas se presentan en uno sólo de los tallos de la planta. Las plantas con infección secundaria por PVY^o son enanas, de hojas encarrujadas y moteadas; a veces se produce necrosis en el follaje y en los tallos. La necrosis es generalmente mucho más severa cuando se genera por efecto de infección primaria que de secundaria.

En algunas variedades el PVY^c provoca rayado fino y las plantas infectadas se quedan enanas y mueren prematuramente. Existe generalmente una correlación entre los síntomas del follaje y del tubérculo. Sin embargo, el mosaico suave comúnmente inducido por variantes de PVYⁿ no va acompañado por síntomas en los tubérculos. Las variedades que a la infección con PVY^o reaccionan con necrosis en el follaje, muestran a veces anillos de color castaño claro en la piel de los tubérculos. En algunas variedades, las variantes de PVY^c pueden inducir necrosis interna.

Epidemiología: La diseminación de PVY depende principalmente de la presencia de áfidos alados. Este virus es llevado en el estilete del insecto y transmitido en pocos segundos en forma no persistente por muchas especies de áfidos. Por lo menos se mencionan 25 especies de áfidos que son capaces de transmitir PVY, pero se conoce muy poco acerca de su eficiencia de transmisión. El PVY es considerado uno de los virus más dañinos en términos de reducción del rendimiento.

Los strains de PVY^o y de PVY^c pueden ser la causa de un completo fracaso en el cultivo de papa y cuando se da en combinación con PVX es generalmente muy destructivo, produciendo la enfermedad conocida como mosaico rugoso.

Medidas de prevención

- Uso semilla libre de virus.
- Uso variedades resistentes.
- Realizar las siembras adelantadas y eliminar plantas enfermas.
- Evitar altas poblaciones de áfidos en el campo mediante la aplicación de insecticidas al follaje.

- Planificar las operaciones de cosecha antes de que se produzca el vuelo de poblaciones crecidas de áfidos. Esto se puede determinar mediante el empleo de trampas amarillas (INIA, 2015).

1.7 Características de la variedad de papa Marcela

Metodología de obtención: Por cruzamiento entre Var: Alpha x Var: Huaycha y selección conjunta con productores e investigadores de Tarija

Características de la planta

- Ciclo vegetativo: 150 días
- Planta vigorosa de gran tamaño y porte semi-erecto
- Flor rosada
- Resistente a *phytophthora infestans* (tizón tardío)
- Tolerante a heladas

Características del tubérculo

- Tubérculo redondeado, ojos profundos
- Piel rosada
- Pulpa blanca
- Muy harinosa de rápido cocimiento (Gabriel, 2011).

1.8 FUNCIÓN DE LOS FERTILIZANTES

Los nutrientes para la planta son dieciséis elementos esenciales para el crecimiento de una gran mayoría de plantas y éstos provienen del aire y del suelo circundante. En el suelo, el medio de transporte es la solución del suelo.

Los elementos siguientes son derivados:

- a. del aire: carbono (C) como CO₂ (dióxido de carbono)
- b. del agua: hidrógeno (H) y oxígeno (O) como H₂O (agua)

c. del suelo, el fertilizante y abono animal: nitrógeno (N) – las plantas leguminosas obtienen el nitrógeno del aire con la ayuda de bacterias que viven en los nódulos de las raíces, fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl). Estos nutrientes y su porcentual promedio en la sustancia seca de la planta

Otros elementos químicos son tomados en cuenta. Estos pueden ser nutrientes beneficiosos para algunas plantas, pero no esenciales para el crecimiento de todas. (FAO. 2002).

1.8.1 Nitrógeno

El nitrógeno constituye uno de los macronutrientes importantes para las plantas siendo esencial en los procesos de desarrollo y crecimiento de las mismas dado que contribuye a la formación de los diferentes órganos y ser el principal elemento de las proteínas.

El valor nutricional de los diferentes cultivos depende de la adecuada provisión de nitrógeno a los cultivos. Una falta de nitrógeno para la planta se traduce en una reducción del crecimiento, amarilla miento y una baja en la producción tanto en cantidad como en la calidad. De acuerdo a los requerimientos estimados se tiene que para una tonelada de producción de papa y en función del índice de cosecha, se requiere 5,5 kg de nitrógeno, 0,9 kg de fósforo y 8,2 kg de potasio entre los elementos mayores y cantidades menores de nutrientes secundarios y micronutrientes

FERTILIZACION RECOMENDADA

FERTILIZANTES	UNIDAD	DOSIS (Bolsas de 50 Kilos/Ha)	CARACTERISTICAS
UREA	Bolsas de 50 Kilos	3,5	50% Aplicado a la siembra 50% Aplicado al aporque

De acuerdo a ensayos realizados, los rendimientos obtenidos en 6 ensayos (Tarabuco, Icaiyachi y Lequezana), se observa que la aplicación de Urea tiene un efecto positivo en el rendimiento de papa que va desde 78, 128 y 133% de incremento. (YPFB, 2018).

1.8.2 Fósforo

Al igual que el nitrógeno, el fósforo tiene su mayor demanda durante la fase de crecimiento vigoroso de la planta.

Durante este periodo, el contenido de fósforo en los tallos de un cultivo bien desarrollado es aproximadamente de 0.7% (calculado sobre materia seca) y este porcentaje se repite también en el contenido de fósforo en los tubérculos.

Por ello, se estima que la cantidad de fósforo requerida por un cultivo será de 60 a 70 kilogramos por hectárea.

Sin embargo, el fósforo no es un elemento de fácil asimilación, ya que puede ser bloqueado cuando el suelo tiene un elevado grado de acidez, y los iones de hierro y aluminio pueden interferir la absorción de fósforo. Igualmente, si el pH es alto, la cal puede hacer que los fosfatos no sean asimilados por la planta. Por ello, además de los análisis del suelo, y la corrección de la estructura del mismo, se requiere utilizar fuentes de fosfato de fácil asimilación. (José de Santiago, 2008).

1.8.3 Potasio

Este elemento presenta los mayores porcentajes de absorción y por lo mismo los valores presentan una mayor variación. En cultivos de alto rendimiento se han encontrado porcentajes del 3% al 7% de potasio en contenido de materia seca.

Generalmente se reconoce para que la planta esté bien provista de potasio, el contenido calculado sobre la base de materia seca sea del 4%. Cuando se encuentran plantas con bajo contenido de nitrógeno en el follaje, el porcentaje de potasio también deberá ser menor, pero si el contenido de nitrógeno es alto, también lo deberá ser el de potasio.

En la fase de mayor crecimiento, cuando se absorben las mayores cantidades de nitrógeno y fósforo, el potasio también deberá estar presente para asegurar una nutrición balanceada. En cultivos bien desarrollados, a los 80 días después del

trasplante, la absorción acumulada del potasio podría ser de 250 kilogramos de este elemento por hectárea.

Los estudios realizados en los tubérculos maduros, indican que la acumulación de potasio en la materia seca, es de 1.5% 2.5%, por lo que se considera una extracción aproximada de 200 kilogramos de potasio por hectárea. (José de Santiago, 2008).

1.8.4 Calcio

Es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo. (FAO, 2002).

1.8.5 Magnesio

Aunque las necesidades de este elemento son reducidas, su importancia radica en el crecimiento de la planta y su carencia provoca desórdenes fisiológicos que deberán evitarse.

Para identificar la presencia de magnesio, los especialistas han realizado análisis del follaje, encontrando porcentajes de 0.3 a 0.4% en cultivos bien desarrollados, mientras que en los tubérculos el porcentaje de magnesio es apenas de 0.15%.

Por ello, se considera que una aportación de 30 kilogramos de magnesio por hectárea sería suficiente. No obstante, habrá que cuidar que este elemento pueda ser asimilado correctamente por la planta, ya que la acidez del suelo y un exceso de potasio en el suelo podrían inhibir la asimilación del magnesio. Igualmente, un elevado contenido de nitrógeno puede ocultar los síntomas de la carencia de magnesio. (José de Santiago, 2008).

1.8.6 Azufre

El cultivo de la papa requiere azufre en cantidades similares a las de magnesio. Aplicando sulfato de potasio cubre generalmente los requerimientos. El mejor efecto

del azufre se consigue al aplicarlo en una forma fácilmente disponible al sembrar. (José de Santiago 2008).

1.8.7 Micronutrientes

Son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B). Ellos son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, siendo comparables con las vitaminas en la nutrición humana. Son absorbidos en cantidades minúsculas, su rango de provisión óptima es muy pequeño. Su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo. El suministro en exceso de boro puede tener un efecto adverso en la cosecha. (FAO, 2002)

1.9 OZONO

El ozono en la agricultura es muy utilizado para la desinfección de frutas y verduras, de esta forma se previenen la ingesta de restos de pesticidas o plaguicidas que puedan quedar en el cultivo y que el agua no elimina por completo, esto es muy importante para el consumo de estos alimentos en hogares o restaurantes. Normalmente, es utilizado en cámaras frigoríficas con ozono gas para la conservación de frutas y hortalizas antes de su envasado o manipulación final. (Factory Ecologic, 2021)

El ozono, potente desinfectante, destaca como arma eficaz en el tratamiento de agua de riego, tanto en los últimos pasos de su potabilización, como en la desinfección de agua de pozos, al ser también capaz de descomponer numerosos compuestos químicos nocivos, pudiendo ser empleada tanto para la desinfección del suelo como de las plantas mediante pulverizaciones. (Cosemar ozono, 2017).

1.9.1 La Obtención del Ozono (O₃)

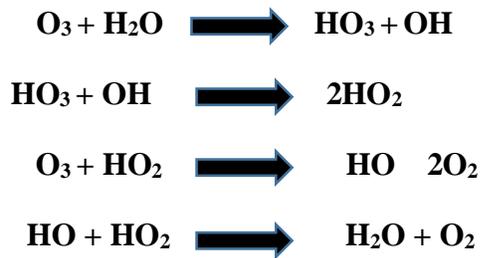
El ozono se obtiene al someter el oxígeno a descargas eléctricas controladas. La molécula de oxígeno O₂ se disocia y se combina con otra molécula en forma triatómica O₃. El ozono se genera y se aplica in-situ, es decir, no se envasa, ni se transporta. Se produce con un generador de ozono utilizando únicamente aire y electricidad y se aplica instantáneamente. (Ecodena, 2023).

1.9.2 Mecanismo de acción

Mecanismo de acción Cuando este gas es inyectado en el agua, puede ejercer su poder oxidante mediante dos mecanismos de acción:

1. Oxidación directa de los compuestos mediante el ozono molecular.
2. Oxidación por radicales libres hidroxilos.

Los radicales libres hidroxilos, (OH⁻), se generan en el agua como a continuación se expone:



Los radicales libres así generados, constituyen uno de los más potentes oxidantes en agua, con un potencial de 2,80 V. No obstante, presentan el inconveniente de que su vida media es del orden de microsegundos, aunque la oxidación que llevan a cabo es mucho más rápida que la oxidación directa por moléculas de ozono (Cosemar ozono, 2017).

1.9.3 Espectro de acción desinfectante

Se puede decir que el ozono no tiene límites en el número y especies de microorganismos que puede eliminar, dado que actúa sobre estos a varios niveles.

La oxidación directa de la pared celular constituye su principal modo de acción. Esta oxidación provoca la rotura de dicha pared, propiciando así que los constituyentes celulares salgan al exterior de la célula.

Asimismo, la producción de radicales hidroxilos como consecuencia de la desintegración del ozono en el agua, provoca un efecto similar al expuesto. Los daños

producidos sobre los microorganismos no se limitan a la oxidación de su pared: el ozono también causa daños a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), provocando la ruptura de enlaces carbono-nitrógeno, lo que da lugar a una despolimerización.

Los microorganismos, por tanto, no son capaces de desarrollar inmunidad al ozono como hacen frente a otros compuestos.

El ozono es eficaz, pues, en la eliminación de bacterias, virus, protozoos, nemátodos, hongos, agregados celulares, esporas y quistes (Rice, 1984; Owens, 2000; Lezcano, 1999). Por otra parte, actúa a menor concentración y con menor tiempo de contacto que otros desinfectantes como el cloro, dióxido de cloro y mono cloraminas. Además, el ozono, como indicábamos previamente, oxida sustancias citoplasmáticas, mientras que el cloro únicamente produce una destrucción de centros vitales de la célula, que en ocasiones no llega a ser efectiva por lo que los microorganismos logran recuperarse (Bitton, 1994, citado por Cosemar ozono, 2017).

1.9.3 Riego con agua de ozono

El uso de agua ozonizada para el riego consigue, además de proporcionar un agua completamente libre de microorganismos potencialmente peligrosos para las plantas, descontaminar el suelo, mejorando notablemente sus propiedades físico-químicas, con lo que los transforma en suelos más ricos en nutrientes, de los que la planta obtiene con mayor facilidad los elementos que necesita para un crecimiento vigoroso y sano.

Los suelos poseen una cierta capacidad para asimilar las intervenciones humanas sin entrar en procesos de deterioro. Sin embargo, esta capacidad es ampliamente sobrepasada en muchos lugares tras años de cultivo. Además, el suelo sufre la contaminación por residuos de productos fitosanitarios y fertilizantes. Algunos de ellos permanecen en el suelo, y desde allí se integran a las cadenas alimenticias, aumentando su concentración a medida que avanzan de nivel trófico.

El riego con agua ozonizada, ya sea por goteo, hidropónico o por otros sistemas, además de eliminar microorganismos, hace aumentar la aportación de Oxígeno que

llega a la planta a través de la raíz, cosa que aporta más fuerza por dar a la planta mayor capacidad de alimentación, mayor anclaje al terreno y gran protección ante posibles contagios. Así se economizan abonos, insecticidas y otros productos químicos u orgánicos que se verán importantemente reducidos. (Top ozono, 2015).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el centro Experimental Coimata, área de estudio, perteneciente a la institución de SEDAG de Tarija que está ubicada en la comunidad de Coimata Provincia Méndez del Departamento de Tarija

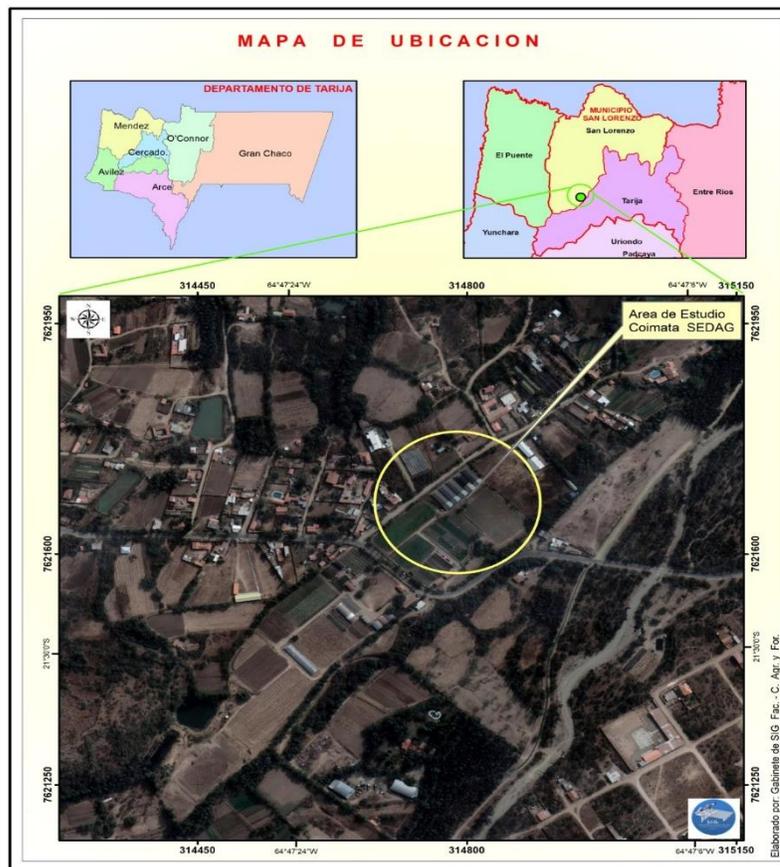
La estación Experimental de Coimata se ubica a una distancia aproximada de 8 km al nor oeste de la ciudad de Tarija, entre el camino intercomunal Tomatitas - Coimata con una extensión aproximada de 8 Ha

Sus coordenadas geográficas son

21°29'58.96`` de latitud sud

64°47'22.31`` longitud Oeste

Con una altitud de 2027 m.s.n.m (SENAMHI, 2012)



2.2 Material y equipos

2.2.1 Material Vegetal

En el presente trabajo de investigación se utilizó vitro plantas de papa de la variedad (Marcela) proporcionados del laboratorio de SEDAG

2.2.2 Equipo

- Ozono
- Mochila
- Balanza

2.2.3 Materiales

- Palas
- Carretilla
- Manguera
- Bolsas

2.2.4 Material químico

- Triple 15
- Actellic
- Fosetil aluminio
- Maxim
- Acrobat
- Coraza

2.2.5 Metodología

2.2.5.1 Diseño experimental

El diseño empleado en el presente trabajo de investigación consiste en bloques al azar con un arreglo factorial (2 x 2 x 2) con 8 tratamientos y 3 repeticiones obteniendo 24 unidades experimentales.

2.2.5.2 Factores

Densidad de siembra

- **D1** = 10 x 10 cm de planta a planta
- **D2** = 15 x 15 cm de planta a planta

Niveles de fertilización

- **N1** = 100% 180 g /m²
- **N2** = 40% 72 g /m²

Riego con ozono

- **R1** = Riego Con ozono
- **R2** = Riego Sin ozono

VARIEDAD	FACTOR A DENSIDADES	FACTOR B NIVEL DE FERTILIZACIÓN	FACTOR C RIEGO	TRATAMIENTOS	
	DENSIDAD DE 10 x 10	100% N1= 180g N:150kg/ha P:60kg/ha K:270kg/ha	Con ozono	1	
		N:60gr P:20gr K:100gr	Sin ozono	2	
		40% N2=72g	Con ozono	3	
		N:150kg/ha P:60kg/ha K:270kg/ha	Sin ozono	4	
	MARCELA	DENSIDAD DE 15 x 15	100% N1=180g N:150kg/ha P:60kg/ha K:270kg/ha	Con ozono	5
			N:60gr P:24gr K:104gr	Sin ozono	6
			40% N2=72g	Con ozono	7
			N:150kg/ha P:60kg/ha K:270kg/ha	Sin ozono	8

2.2.5.3 Descripción de los tratamientos

T1 (D1N1R1) = Constituido por la densidad 1, nivel de fertilización 1 y riego con ozono 1

T2 (D1N1R2) = Constituido por la densidad 1, nivel de fertilización 1 y riego sin ozono 2

T3 (D1N2R1) = Constituido por la densidad 1, nivel de fertilización 2 y riego con ozono 1

T4 (D1N2R2) = Constituido por la densidad 1, nivel de fertilización 2 y riego sin ozono 2

T5 (D2N1R1) = Constituido por la densidad 2, nivel de fertilización 1 y riego con ozono 1

T6 (D2N1R2) = Constituido por la densidad 2, nivel de fertilización 1 y riego sin ozono 2

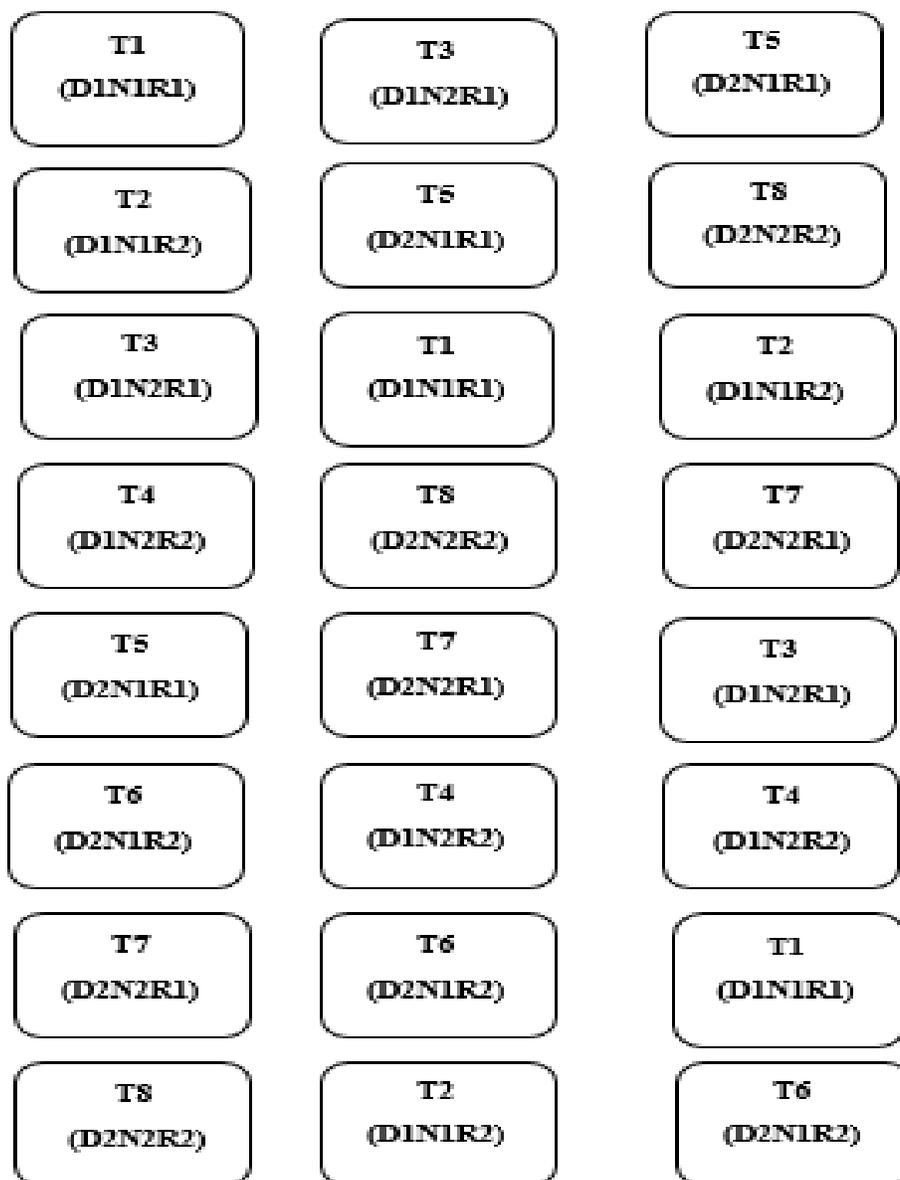
T7 (D2N2R1) = Constituido por la densidad 2, nivel de fertilización 2 y riego con ozono 1

T8 (D2N2R2) = Constituido por la densidad 2, nivel de fertilización 2 y riego sin ozono 2

2.2.5.4 Características del diseño

- Número de tratamiento8
- Número de repeticiones o bloques.....3
- Número de unidades experimentales.....24

2.2.5.5 Diseño de campo



2.2.6 Procedimiento

2.2.6.1 Características de los invernaderos

Es una estructura de base de fierro cubierto con la malla antiáfidos el cual da una protección ante la entrada de posibles insectos.

La jaula cuenta con una antesala donde se desinfecta antes de entrar a la jaula y dentro de ella cuenta con 24 camas que son hechos de madera cada cama mide 4 metros de largo y 1 metro de ancho con una altura de 30 cm cada cama es separada con 50 cm.

2.2.6.2 Preparación de la jaula

Se procedió a desocupar el sustrato que se utilizó anterior mente así dejando las camas completamente desocupadas.

2.2.6.3 Desinfección del sustrato

Para disminuir e eliminar la población de patógenos y plagas que afecten al cultivo, el 04 de julio del 2022 se procedió a esterilizar el sustrato a 95 °C y 6 bares de presión por 60 min. /m³, utilizando el caldero a vapor de SEDAG.

Este esterilizador funciona con tres garrafas de gas y accionado electrónico, haciendo vaporizar el agua y separando el vapor seco, mismo que fluye hacia los contenedores a temperaturas de 200°C. Cada contenedor tiene una capacidad de llenado hasta 1m³. (16 carretillas) de material a desinfectar. Posteriormente el sustrato esterilizado es trasladado a la estructura con cubierta antiáfidos para reposar por cinco días hasta que no exista calor en él.

2.2.6.4 Proceso de desinfección y llenado de camas

Una vez desocupada toda la jaula se procede a la desinfección con insecticida actellic el cual se lo hace 24 horas antes del llenado de camas una vez ya desinfectado el lugar se procede al llenado de las camas el cual se utiliza 7 carretillas de sustrato (tierra vegetal).

3.2.6.5 Proceso y preparado para el trasplante

El 15 de julio se efectuó el preparado de las camas en el invernadero, para esto se utilizó; graba, malla milimétrica plástica de color verde y la mezcla de sustrato, primeramente, se dispersó tres carretillas de graba hasta cubrir 0.04 m. de alto desde el piso formando una base de la cama que ayude a la filtración del agua, luego se extendió encima de la graba la malla milimétrica ocupando los 4m². del marco de tuberización, posteriormente se depositó 6 carretillas de sustrato formando una capa de 0.12 m. de

alto, encima de la malla milimétrica. Seguidamente se humedeció el sustrato extendido utilizando una manguera para tener listas las camas para el trasplante.

3.2.6.6 Lavado de las vitro plantas

El lavado de las vitro plantas es importante ya que están en magentas con un medio o agar el cual se lo procede a lavar con abundante agua así llegando a quitar el agar de las raíces de las vitro plantas.

3.2.6.7 Trasplante

Para realizar el sembrado se hizo con dos densidades de siembra el cual uno es 10 x 10 cm y la otra densidad de 15 x 15 cm.

Luego que se hizo los orificios se procede a desinfectar con Maxim, después se procede con el colocado de las vitro plantas en cada orificio una vez culminado el colocado se procede al sellado del orificio apretando con los dedos esto se realiza con el fin de sacar el aire completamente del orificio y quede las raíces de las vitro plantas junto al sustrato.

Una vez hecho todo, se pasa a regar las vitro plantas con cuidado echando agua un medio vaso alrededor de las plantas y por último se realiza tapar la cama con lienzo para que las vitro plantas no se estresen. Esto se realizó el 18 de julio del 2022.

3.2.6.8 Riego durante los primeros días

Se tiene de 7 a 10 días cubierto con el lienzo durante ese tiempo se lo humedece por la mañana y tarde todo el día.

3.2.6.9 Riego con ozono y sin ozono

Se realizó el primer riego el 28 de julio de 2022 el cual fue aplicado por gravedad durante todo el ciclo vegetativo.

Primero se regó las parcelas que son sin ozono.

Después se pone a ozonizar el agua en un tinaco durante 30 minutos para después regar durante 30 minutos todos los tratamientos ya que el ozono a los 30 a 45 minutos se pierde la molécula de oxígeno que se incorporó.

El riego se realizó cada 3 días.

3.2.6.10 Fertilización y aporque

Para realizar el aporque lo primero que se hace fue agregar fertilizante (triple 15) para esto se hizo con dos niveles de fertilización el primer nivel de fertilización fue de 180 gr/m² cuadro y el segundo nivel de fertilización fue de 72 gr esto se lo aplica antes del aporque.

El aporque se realizó 18 de agosto de 2022 con el sustrato esterilizado (tierra vegetal).

3.2.6.11 Defoliación

La defoliación se realizó a los 105 días (3 de noviembre del 2022) después del trasplante, cuando los tubérculos alcanzaron los tamaños deseados, se procedió al arranque manual del follaje.

3.2.6.12 Cosecha

La cosecha y evaluación del producto se hizo a los 120 días (18 de noviembre del 2022) después del trasplante, en tal fecha los tubérculos se encontraban en su madurez comercial; la extracción de los tubérculos se efectuó con un zapin de jardinería (cosecha manual), empezando por las plantas muestreadas y luego toda la unidad experimental, También fueron registrados el número de tubérculos y los pesos por planta con una balanza.

3.2.6.13 Selección por calibres

La selección de los tubérculos se la efectuó según la clasificación preestablecidas por la Unidad de Producción de Semilla de Papa (SEPA); diámetros mayores a 40 mm. Corresponden al calibre I, 30 – 40 mm. calibre II, 20 – 30 mm. calibre III, 12 – 20 mm. calibre IV, 10 a 12 mm. calibre V, menor a 10 mm. calibre VI

2.2.7 VARIABLES A ESTUDIAR

2.2.7.1 Altura de las plantas

Para esta variable se seleccionó diez plantas al azar por unidad experimental realizando la medición con un flexómetro desde el lomo del surco (cuellos de la raíz del tallo

principal) hasta la parte basal de la primera hoja (ápice del tallo) desde el momento que culminó a etapa de floración.

2.2.7.2 Número de tubérculos por planta

Para determinar el número de tubérculos por planta se seleccionó diez plantas al azar en cada unidad experimental, de las cuales se procedió a contar el número de tubérculos por cada planta, luego se sacó un promedio de todas las plantas seleccionadas

2.2.7.3 Peso del tubérculo por tratamiento

Para determinar el peso de los tubérculos por tratamiento se pesaron todos los tubérculos obtenidos por unidad experimental.

2.2.7.4 Días a la cosecha

Se controló los días desde el trasplante hasta la cosecha por cada tratamiento. En esta variable se tomó como parámetro la madurez comercial, que fue determinada al comprobar que no existe desprendimiento de la epidermis al frotar el tubérculo con los dedos, de acuerdo a lo indicado se procedió a cosechar a los 120 días después del trasplante, procediendo de manera simultánea.

2.2.7.5 Rendimiento por calibres

Para determinar el rendimiento de los tratamientos se pesaron todos los tubérculos obtenidos por unidad experimental; de tal forma, los rendimientos obtenidos se expresaron en kg. /m²

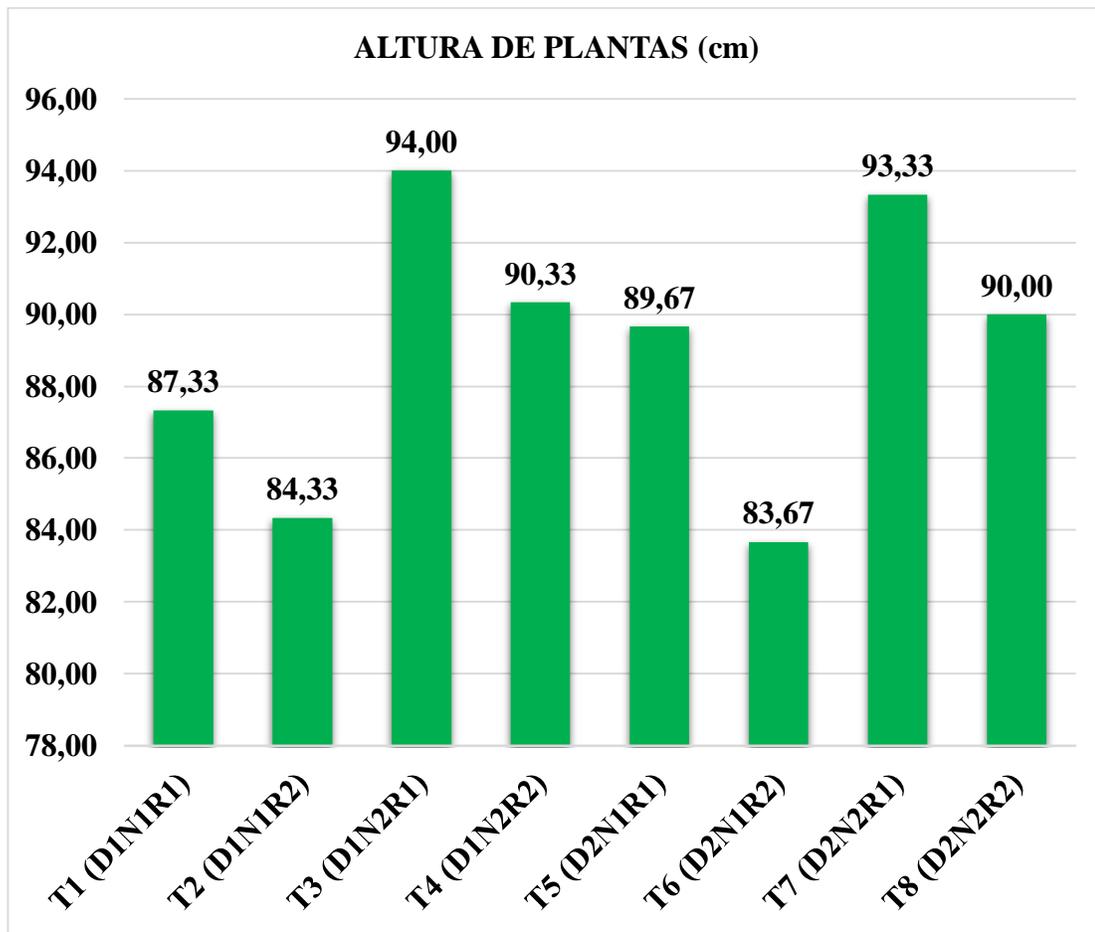
CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ALTURA DE LAS PLANTAS

La altura de la planta se evaluó al final, utilizando un metro, tomando datos en cm de 10 plantas las cuales fueron elegidas al azar para tener una muestra representativa que genera datos confiables.

Figura N°1: Altura de las plantas (cm)



La figura 1, nos pone en evidencia que el comportamiento de todos los tratamientos, son un tanto diferentes entre sí mostrando promedios similares entre los tratamientos 3 y 7 los cuales tienen una altura de 94,00 y 93,33 de los demás tratamientos, seguidos de los tratamientos 1,4,5 y 8 los cuales tienen una altura promedio desde 87,53 hasta

90,33 en esos rangos se encuentran dichos tratamientos, los más bajos en altura fueron el tratamiento 2 y 6 los cuales tiene un promedio de 84,43 y 83,69 cm de altura.

Según MINAGRI (2013), menciona que el tamaño de las plantas depende de la arquitectura del follaje, es decir que en algunas variedades tienden a expandirse más en follaje que altura. Un trabajo realizado por Méndez León Cimar, 2019 en el centro experimental de chocloca. Obtuvo datos de altura de la planta entre las dos variedades en estudio, indica que la variedad Marcela obtuvo un promedio de 67,94 cm de altura en comparación de la variedad Desirée que obtuvo un promedio de altura de 46,31cm. Sin embargo, de acuerdo a mi investigación los datos no son similares ya que obtuvimos un promedio general de 89,12 cm. De acuerdo con Antezana (2001), señala que el exceso de humedad y la disponibilidad de nutrientes en el sustrato pueden influir en el desarrollo y crecimiento de las plantas.

CUADRO N°1: Tabla de doble entrada de densidad de siembra / nivel de fertilización

DENSIDAD/NIVELES FERTILIZACION				
FACTORES	N1	N2	TOTAL	MEDIA
D1	515,00	553,00	1068,00	89,00
D2	520,00	550,00	1070,00	89,17
TOTAL	1035,00	1103,00	2138,00	
MEDIA	86,25	91,92		

Analizando el cuadro N°1, la doble entrada se observa que el factor de niveles de fertilización, se observa la diferencia entre N1 no es mayor al N2 por lo que se puede decir que no hay efecto en cuanto a la altura de la planta si ponemos más cantidad de triple 15, observamos que los valores del factor D1 y D2 no tiene diferencia en cuanto a la altura, ya que tenemos valores de 89,07 y 89, 17 en este caso no podemos decir que la densidad plantación no influye en nada en cuanto a la altura de la planta.

CUADRO N°2: Tabla de doble entrada nivel de fertilización /riego con y sin ozono

NIVEL DE FERTILIZACION/RIEGO				
FACTORES	N1	N2	TOTAL	MEDIA
R1	531,00	562,00	1093,00	91,08
R2	504,00	541,00	1045,00	87,08
TOTAL	1035,00	1103,00	2138,00	
MEDIA	86,25	91,92		

El cuadro N°2, de doble entrada de riego por niveles de fertilización, observamos que los valores no son muy diferentes en el R1 y R2 ya que tenemos valores de 91,13 y 87,11 por lo cual se puede decir el R1 tiene un efecto en cuanto a la altura de la planta a diferencia de R2 que tiene un valor menor al R1, en el factor de N1 y N2 tenemos valores 86,32 y 91,92 por lo que decimos que es mejor la fertilización de 72g.

CUADRO N°3: Tabla de doble entrada riego con y sin ozono /densidad de siembra

DENSIDAD/RIEGO				
FACTORES	R1	R2	TOTAL	MEDIA
D1	544,00	524,00	1068,00	89,00
D2	549,00	521,00	1070,00	89,17
TOTAL	1093,00	1045,00	2138,00	
MEDIA	91,08	87,08		

El cuadro N°3, de doble entrada de densidad por riego, observamos que los valores no son muy diferentes entre ambos factores ya que tenemos valores de 91,13 y 87,11 en factor riego y 89,07 y 89,17 en el factor densidad 1 y 2 respectivamente.

CUADRO N°4: Análisis de varianza para altura de planta (cm)

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fca.	F. tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	7	295,09	42,16	0,73 NS	2,76	4,28
BLOQUES/RÉPLICAS	2	62,01	31,01	0,54 NS	3,74	6,51
ERROR	14	807,05	57,65			
FACTOR DENSIDAD	1	0,05	0,05	0,00 NS	4,60	8,86
FACTOR FERTILIZACIÓN (N)	1	187,66	187,6	3,26 NS	4,60	8,86
FACTOR RIEGO (R)	1	97,24	97,24	1,69 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (D/N)	1	2,11	2,11	0,04 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (D/R)	1	2,46	2,46	0,04 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (N/R)	1	1,66	1,66	0,03 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (D/N/R)	1	3,91	3,91	0,07 NS	4,60	8,86
TOTAL	23	1164,1				

Coefficiente de variación: 8,52 %

Tal como se puede apreciar en el Cuadro N°4, el análisis de varianza de altura de la planta muestra clara mente que no existe diferencia significativa al 1% y 5 % de probabilidad de error, podemos observar que los tratamiento no tenemos diferencias en cuanto a altura de planta al aplicar los tres factores estudiados, factores de densidad, niveles de fertilización y riego no se pudo observar diferencias significativas en cuanto a la altura, de igual manera para las interacciones densidad/nivel de fertilización, densidad/riego y nivel de fertilización/riego y para la interacción de densidad/nivel de fertilización/riego no se observó diferencias significativas.

3.2. DÍAS A LA COSECHA

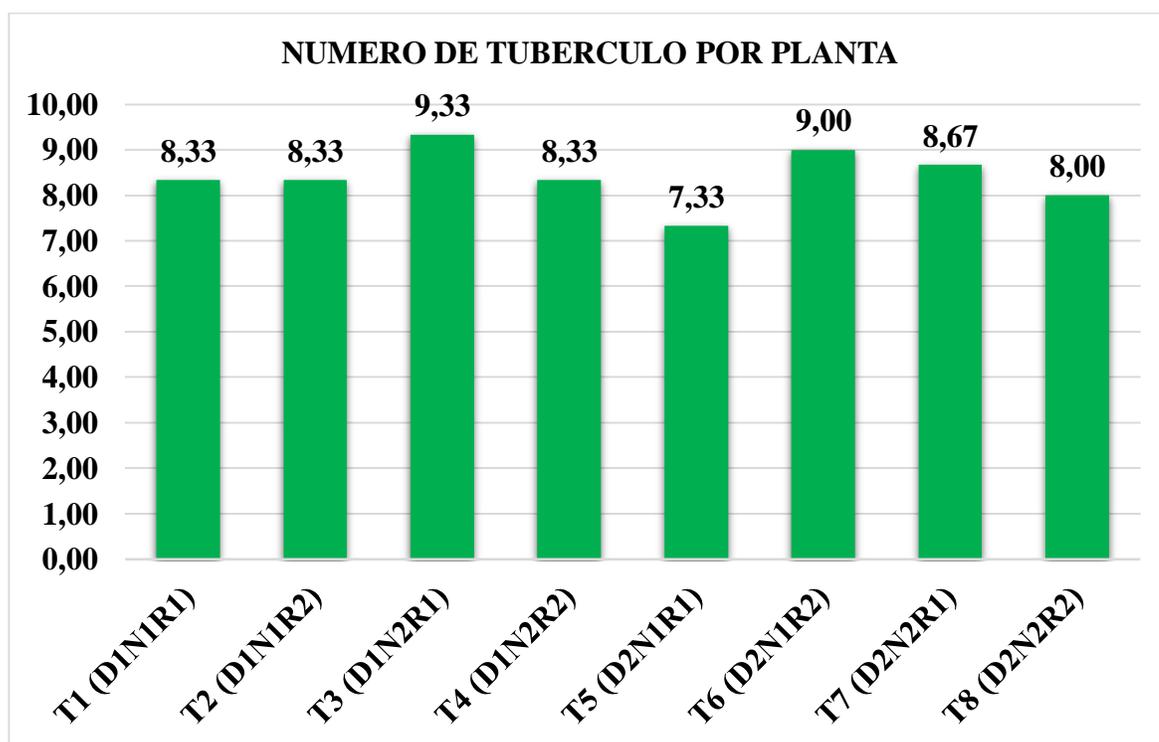
La cosecha se realizó a los 120 días después del trasplante ya que los tratamientos alcanzaron su madurez comercial en el mes de noviembre del 2022; por tal motivo, el

18 de septiembre se llevó a cabo la cosecha del ensayo en curso que concorde con Montes (1990), al indicar que esta labor se realiza cuando la epidermis está totalmente adheridas al cuerpo del tubérculo

3.3. NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

El número de tubérculo por planta, se obtuvo de una muestra de 10 plantas seleccionadas al azar contando todos los tubérculos que estaban dentro del rango de los calibres aprobados por INFIA, para semilla pre básica de papa.

Figura N°2: Número de tubérculo por planta



Como se puede observar en la figura 2, vemos que el número de tubérculo tiene variaciones entre sus promedios analizando sus valores vemos el que tiene mayor número de tubérculos es el T°3 con la densidad de 1, nivel de fertilización 2 y el riego 1 con ozono con un numero de tubérculo por planta de 9,33 que llegaría a ser la media de las tres repeticiones, seguido del T°6 que presenta una densidad 2, nivel de fertilización 1 y riego 2, con la media de 9,00 y el T°7 que tiene una densidad 2, nivel

de fertilización 2 y riego 1, obteniendo así una media de 8,67 número de tubérculos por planta

Enma Isabel 2013 registra los valores del número de tubérculos por planta, para cada tratamiento, con valores que van desde 12,20 tubérculos/planta hasta 19,60 tubérculos/planta, promedio general de 15,11 tubérculos por planta. Jorge L Sorquis 1999 determinó que el número promedio de tubérculos por planta varió entre 8.0 y 15.3 entre progenies en el primer ciclo y no se modificó significativamente en ciclos subsecuentes. Según (Nieves 2017) obtuvo en su trabajo un promedio general de 7 tubérculos/planta. Por lo que podemos comparar nuestro trabajo que tiene rasgos similares ya que obtuvimos un promedio general de 8,42 tubérculo/planta.

CUADRO N°5: Tabla de doble entrada de densidad de siembra / nivel de fertilización

DENSIDAD/NIVELES FERTILIZACION

FACTORES	N1	N2	TOTAL	MEDIA
D1	50,00	53,00	103,00	8,58
D2	49,00	50,00	99,00	8,25
TOTAL	99,00	103,00	202,00	
MEDIA	8,25	8,58		

En el cuadro 5, la doble entrada nos muestra los promedios individuales de cada factor en estudio, vemos que los datos en la D1 y D2 tienen promedios generales de 8,58 y 8,25 número de tubérculos por plantas por lo cual se dice que no tiene efecto las distancias de planta a planta, factor N1 y N2 tenemos valores de 8,25 y 8,58 números de tubérculos por planta por lo que tampoco existe diferencias al aplicar más fertilización.

CUADRO N°6: Tabla de doble entrada de nivel de fertilización/ riego con y sin ozono

NIVEL DE FERTILIZACION/RIEGO				
FACTORES	N1	N2	TOTAL	MEDIA
R1	47,00	54,00	101,00	8,42
R2	52,00	49,00	101,00	8,42
TOTAL	99,00	103,00	202,00	
MEDIA	8,25	8,58		

El cuadro 6, de doble entrada nos muestra los promedios individuales de ambos factores R1/N1 y R1/N2 por lo que puede observar que el mejor promedio fue de R1/N2 llegando a ser mayor que R1/N1, también se puede evidenciar que los promedios son similares del factor R2/N1 y R2/N2 por lo que se puede decir que el R2/N2 tiene mayor número de tubérculo a comparación del R1/N1 en número de tubérculos.

CUADRO N°7: Tabla de doble entrada de riego con y sin ozono / densidad de siembra

DENSIDAD/RIEGO				
FACTORES	R1	R2	TOTAL	MEDIA
D1	53,00	50,00	103,00	8,58
D2	48,00	51,00	99,00	8,25
TOTAL	101,00	101,00	202,00	
MEDIA	8,42	8,42		

En el cuadro 7, la doble entrada de densidad por riego, observamos que los valores D1/R1 son mayor al factor de D1/R2, pero en la D2/R1 es menor a la D2/R2 por lo que decimos que el que tiene mayor número de tubérculo es D1/R1 con un 53.

CUADRO N°8: Análisis de variancia de número de tubérculos por planta

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fca.	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	7	7,83	1,12	0,87 NS	2,76	4,28
BLOQUES/RÉPLICAS	2	2,08	1,04	0,81 NS	3,74	6,51
ERROR	14	17,92	1,28			
FACTOR DENSIDAD (D)	1	0,67	0,67	0,52 NS	4,60	8,86
FACTOR FERTILIZACIÓN (N)	1	0,67	0,67	0,52 NS	4,60	8,86
FACTOR RIEGO (R)	1	0,00	0,00	0,00 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (D/N)	1	0,17	0,17	0,13 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (D/R)	1	1,50	1,50	1,17 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (N/R)	1	4,17	4,17	3,26 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (D/N/R)	1	0,67	0,67	0,52 NS	4,60	8,86
TOTAL	23	27,83				

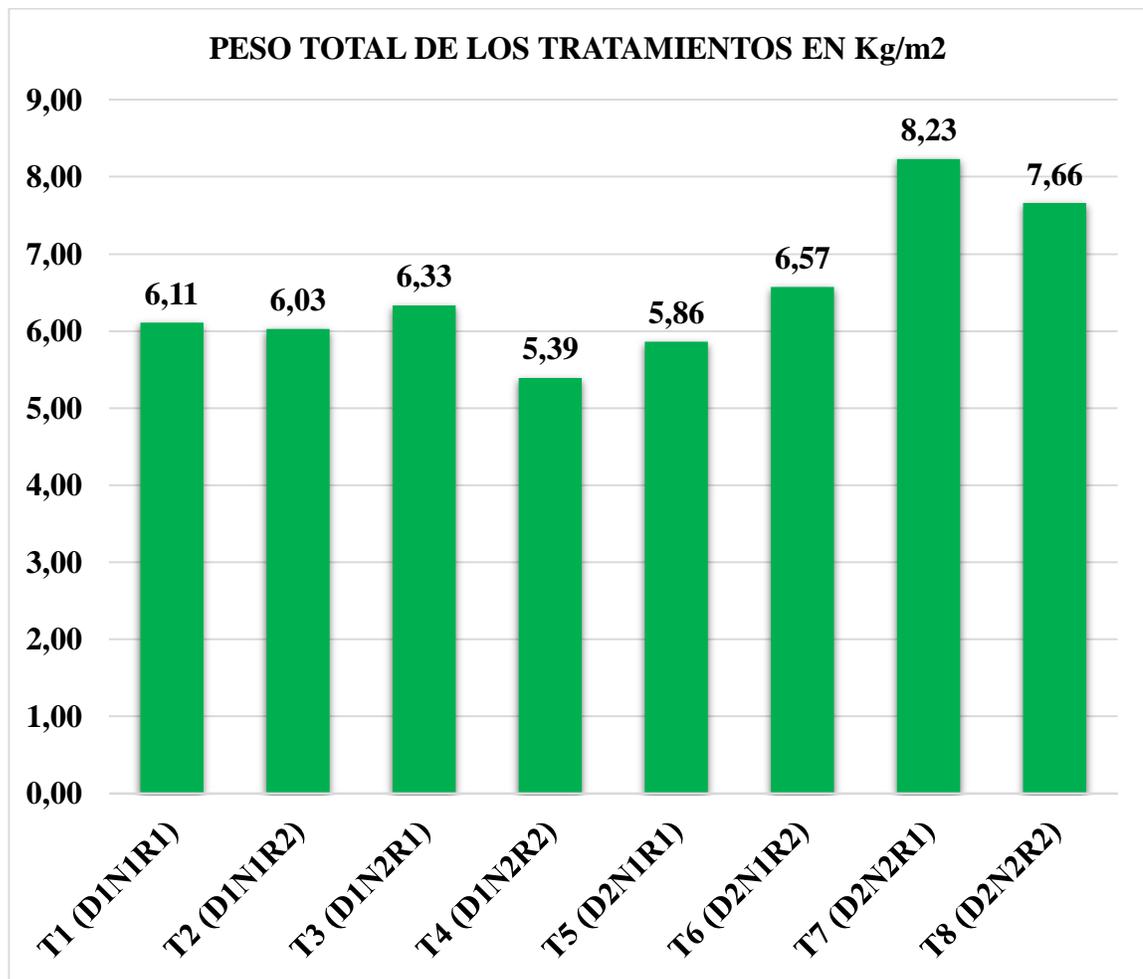
Coefficiente De Variación: 13,44 %

Como vemos en el cuadro 8, en el análisis de variancia clara mente se observa que no existe diferencia significativas en ninguno de los tratamientos, así también no existe diferencias significativas en los factores densidad, nivel de fertilización y riego mucho menos en las interacciones de los mismos por lo que podemos decir que no influye la densidad de plantación, fertilización y riego en cuanto es la producción de numero de tubérculo por planta, por lo que podemos decir que es factible utilizar un riego normal con una fertilización de 72g/m². Podemos observar que el coeficiente de variación se mantuvo en el rango de lo aceptable en investigación.

3.4. PESO DEL TUBÉRCULO TOTAL POR TRATAMIENTOS

El peso total de los tratamientos se lo obtuvo pesando todo en general el tratamiento sin separar por calibres

Figura N°3: Peso total de los tubérculos por tratamientos en kilogramos/m²



Observando el peso total de los tubérculos por tratamiento en la figura 3, vemos que los T7 con la D2, N2 y R1 los cuales llegaron a tener un mayor peso de 8,23 kilogramos en comparación con los demás tratamientos, seguido del T8 con D2, N2 y R1 el cual obtuvo un peso de 7,66 kilogramos, estos llegaron a obtener un mayor peso en comparación a los demás tratamientos

En los rendimientos obtenidos en el presente trabajo nos presenta un promedio general de 6,52 kg/m² donde nos estaría llegando un resultado mayor en el T7 donde se utiliza D2/N2/R1 lo cual llego a pesar 8,23kg.

CUADRO N°9: Tabla de doble entrada de densidad de siembra/ niveles de fertilización

DENSIDAD/NIVELES FERTILIZACION

FACTORES	N1	N2	TOTAL	MEDIA
D1	36,40	35,18	71,58	5,97
D2	37,29	47,68	84,97	7,08
TOTAL	73,69	82,86	156,55	
MEDIA	6,14	6,91		

Viendo las medidas individuales presentes en ambos factores por separado densidad por nivel de fertilización, se puede evidenciar datos no tanto lejanos en el factor de D1/N1 y D1/N2 con valores de 36,40 y 35,18 por lo que se puede decir que para tener una producción aplicando los niveles de fertilización es más rentable aplicar el N2 ya que no hay diferencias si lo aplicamos el N1 en el peso total de tubérculo. En cuanto a D2/N1 y D2/N2 se obtiene un mejor resultado aplicando D2/N2 ya que tiene una diferencia en la producción de tubérculos de peso total, se puede decir en cuanto a las densidades 1 y 2 con un promedio de 5,97 y 7,08 la mejor densidad es de “15 x 15”

CUADRO N°10: Tabla de doble entrada de nivel de fertilización/ riego con y sin ozono

NIVEL DE FERTILIZACION/RIEGO

FACTORES	N1	N2	TOTAL	MEDIA
R1	35,89	43,70	79,59	6,63
R2	37,80	39,16	76,96	6,41
TOTAL	73,69	82,86	156,55	
MEDIA	6,14	6,91		

En el cuadro 10, la doble entrada nos muestra que los promedios individuales de cada factor estudiado, observamos que R1/N2 tenemos un mayor porcentaje en cuanto al R1/N1 por lo que se puede decir que el riego con ozono más la fertilización de 72g/m² tienen efectividad en cuanto al peso del tubérculo, y sus promedios del factor riego tenemos datos de 6,63 y 6,67 peso total de los tubérculos por tratamiento en los niveles de fertilización tenemos valores de 6,24 y 7,17 peso total de los tratamientos.

CUADRO N°11: Tabla de doble entrada de riego con y sin ozono/ densidad de siembra

DENSIDAD/RIEGO

FACTORES	R1	R2	TOTAL	MEDIA
D1	37,32	34,26	71,58	5,97
D2	42,27	42,70	84,97	7,08
TOTAL	79,59	76,96	156,55	
MEDIA	6,63	6,41		

En el cuadro 11, la doble entrada muestra que D1/R1 tienen más efectividad en cuanto a la D1/R2 en la producción del peso de los tubérculos, en la D2/R1 y D2/R2 no son diferentes por lo que se puede decir que, si aplicamos D2/R2 o D1/R1 tendremos el mismo resultado, los promedios generales obtenidos para densidad 1 y 2 son 5,97 y 7,08 el cual tiene más efectividad la D2 y el factor riego 1 y 2 obtuvo 6,63 y 6,41 esto nos muestra que no hay diferencias en el riego

CUADRO N°12: Análisis de varianza del peso total de los tubérculos por tratamientos

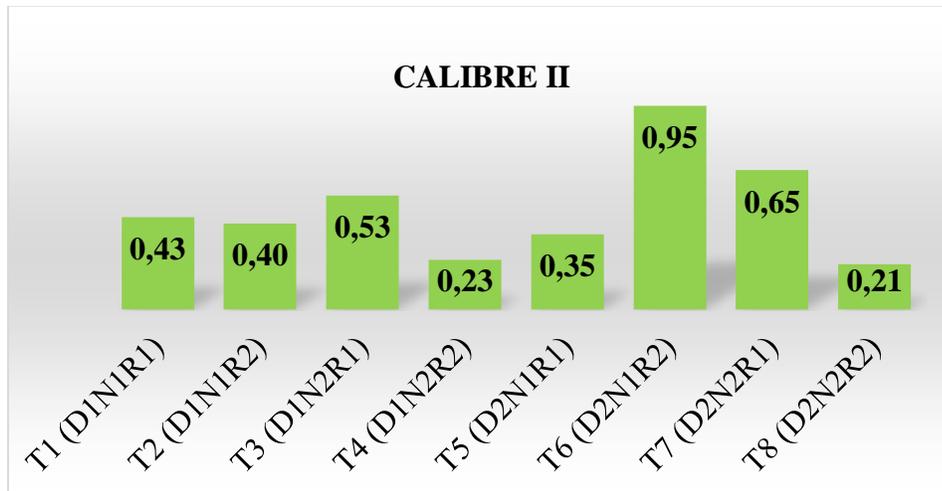
FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fca.	F t	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	7	19,19	2,74	1,64 NS	2,76	4,28
BLOQUES/RÉPLICAS	2	5,87	2,93	1,76 NS	3,74	6,51
ERROR	14	23,37	1,67			
FACTOR DENSIDAD						
	1	7,47	7,47	4,47 NS	4,60	8,86
FACTOR						
FERTILIZACIÓN (N)	1	3,50	3,50	2,10 NS	4,60	8,86
FACTOR RIEGO (R)	1	0,29	0,29	0,17 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (D/N)	1	5,62	5,62	3,36 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (D/R)	1	0,51	0,51	0,30 NS	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (N/R)	1	1,73	1,73	1,04 NS	4,60	8,86
INERACCIÓN.						
(D/N/R)	1	0,07	0,07	0,04 NS	4,60	8,86
TOTAL	23	48,43				

Coefficiente De Variación: 19,81%

Como se puede observar en el cuadro 12, el análisis de varianza no tenemos diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, tampoco se vieron diferencias significativas en los factores de densidad, niveles de fertilización y riego, tampoco se observa ninguna diferencia significativa en las interacciones por lo que se asegura que los factores estudiados no mostraron diferencias entre sí. Por otro lado, el coeficiente de variación es de 19,81 % lo que indica que no hubo mucha dispersión de datos

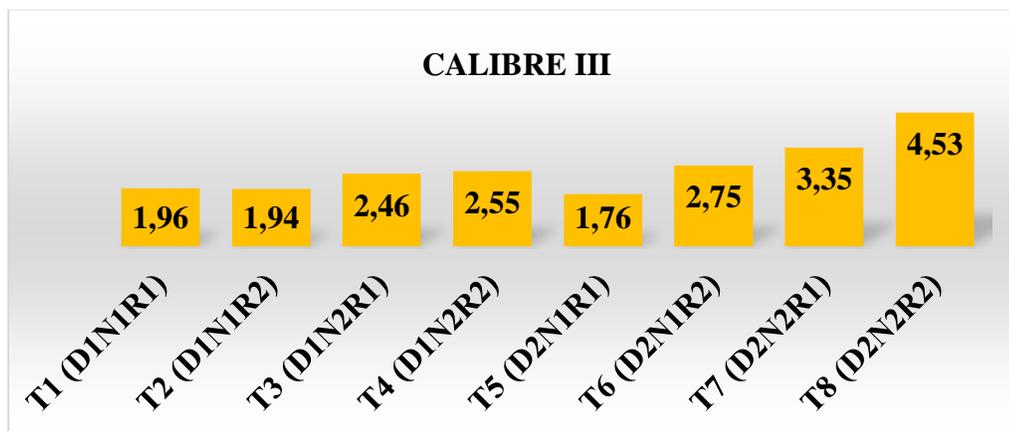
3.5. PESO TOTAL DE LOS TUBÉRCULOS SELECCIONADOS EN CALIBRES

Figura N°4: Calibre II peso total por tratamientos



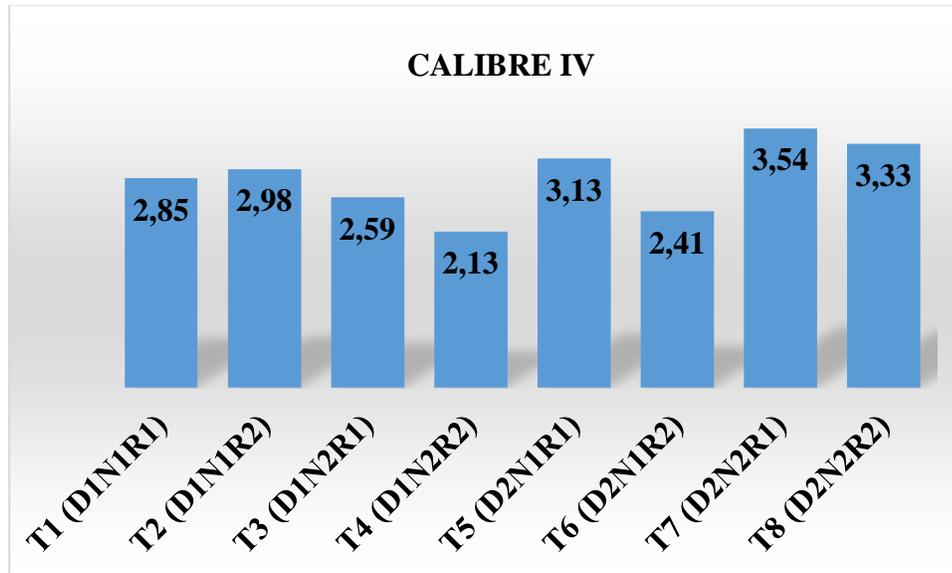
En la figura 4 se observa que el T6 tuvo un promedio en peso mayor a los demás tratamientos con un calibre de 30 a 40 mm

Figura N°5: calibre III peso total por tratamientos



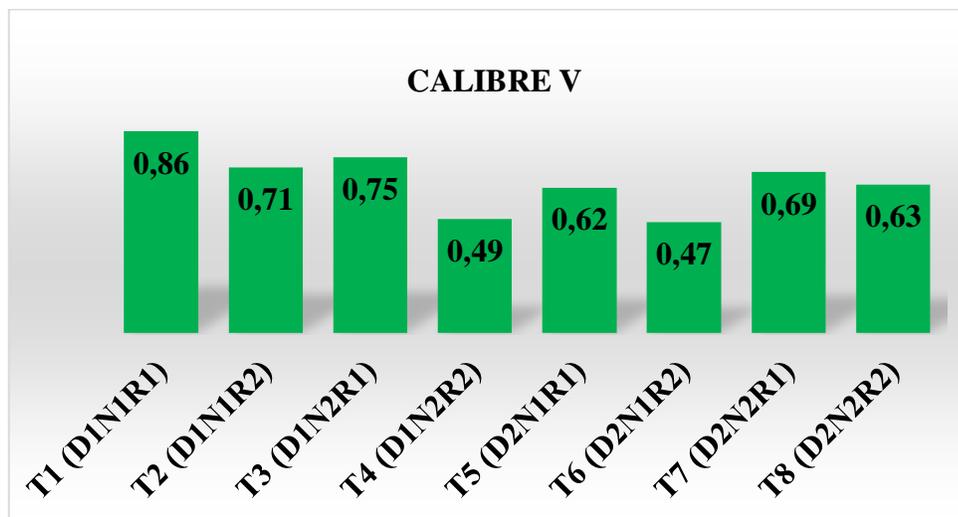
Se observa que el T8 tuvo un mejor peso de calibre en cuanto a los demás tratamientos por lo que podemos decir que los tubérculos en dichos tratamientos fueron uniformes en cuanto al desarrollo del tubérculo

Figura N°6: Calibre IV peso total por tratamiento



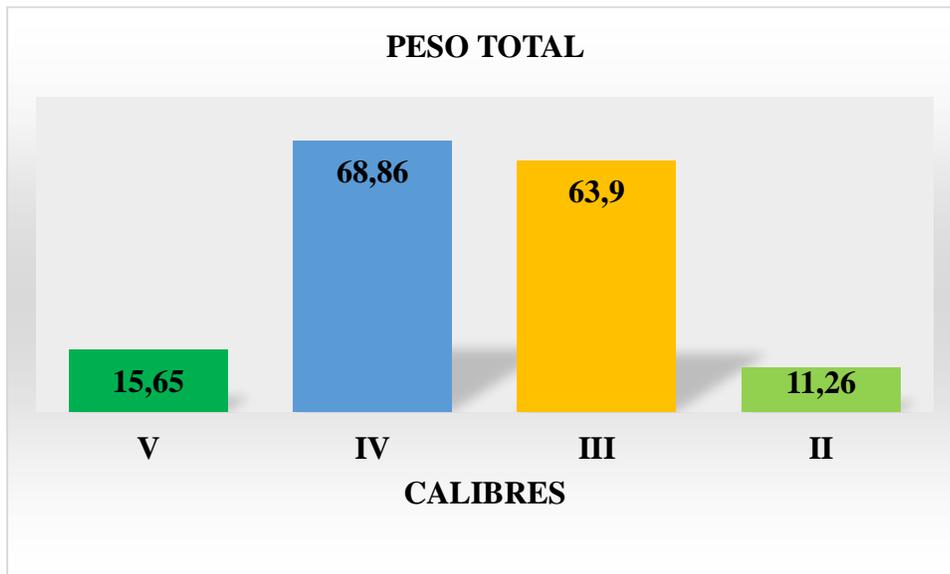
Se observa que los T7, T8, T5 fueron los que obtuvieron un mejor resultado en cuanto al peso del calibre IV donde se puede apreciar la uniformidad de todos los tratamientos

Figura N°7: Calibre V en peso total por tratamientos



En la figura 7 observamos que el T1 tiene un promedio más alto a los demás tratamientos por lo que decimos que la producción de tubérculos no tuvo muchos mini tubérculos.

Figura N°8: Peso total de los tubérculos expresados en calibres ya seleccionados



Como se puede observar en la figura 8 el calibre IV presenta un mayor peso de tubérculos haciendo un total de 68,86 kilogramos por lo que se puede decir que los tratamientos tuvieron una buena producción en cuanto al tamaño y calibre de los tubérculos para comercializar, en segundo lugar encontramos el calibre III con un peso total de 63,9 kilogramos, se puede decir que la producción de semilla prebásica de papa tuvimos un calibre que es adecuado para la producción y comercialización de la siguiente generación.

3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

CUADRO N°13: Análisis económico

Tratamientos (ID)	Rendimiento kg	Precio de venta kg/ bs	Ingresos en bs	costo de producción	Beneficio en bs	Relación B/C
T1 (D1N1R1)	18,32	200	3664	3178,4	485,6	0,2
T2 (D1N1R2)	18,08	200	3616	2178,4	1437,6	0,7
T3 (D1N2R1)	19	200	3800	3270,2	529,8	0,2
T4 (D1N2R2)	16,18	200	3236	2270,2	965,8	0,4
T5 (D2N1R1)	17,57	200	3514	3095,9	418,1	0,1
T6 (D2N1R2)	19,72	200	3944	2095,9	1848,1	0,9
T7 (D2N2R1)	24,7	200	4940	3087,7	1852,3	0,6
T8 (D2N2R2)	22,98	200	4596	2087,7	2508,3	1,2

Respecto a lo observado el análisis económico de beneficio costo, vemos que existe diferencias en la utilidad obtenida, donde el tratamiento 8 a base de la densidad 2, nivel de fertilización 2 y riego 2 es la que dio mejor retorno de 1,2 Bs. Por lo que se puede asegurar poner una densidad de 15x15 y nivel de fertilización de 72g y un riego sin ozono, seguido del tratamiento 6 con densidad 2, nivel de fertilización 1 y riego 2 que nos dios un retorno de 0,90 Bs.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

4.1. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación podemos llegar a los siguientes resultados.

- De acuerdo a la altura de planta no se presentó diferencias significativas en el análisis de varianza, de acuerdo a los promedios obtenidos por tratamiento se podría decir que el T3 obtuvo una mayor altura con densidad 1, nivel de fertilización 2 y riego con ozono llegando a medir 94 cm seguido del T7 con una densidad 2, nivel de fertilización 2 y riego con ozono obteniendo un 93,33 cm
- De acuerdo al número de tubérculo por planta no se obtuvo diferencias significativas, pero en los promedios el tratamiento 3 fue el que mejor resultados dio correspondiente a densidad 1 (10 x 10 cm de planta a planta), nivel de fertilización 2 (72 gr/m²) y riego 1 con ozono, con un 9,33 número de tubérculo por planta. Seguido del tratamiento 6 con densidad 2 (15 x 15 cm planta a planta), nivel de fertilización 1 (180 gr/m²) y riego 2 (sin ozono), con un 9,00 número de tubérculo por planta estos dos son los que obtuvieron mejores resultados a diferencia de los demás tratamientos.
- En cuanto al peso total del tubérculo por tratamiento no se obtuvo diferencias significativas pero los mejores en cuanto a sus medias son el T7 con una densidad de 2 (15 x 15 cm de planta a planta), nivel de fertilización 2 (72 gr/m²) y riego 1 (con ozono) lo cual obtuvo un peso de 24,70 kilogramos, seguido del T8 con una densidad de 2 (15 x 15 cm de planta a planta), nivel de fertilización 2 (72 gr/m²) y riego 2 (sin ozono) con un peso de 22,98 kilogramos estos fueron los mejores pesos a comparación de los demás tratamientos.

4.2. RECOMENDACIÓN

- Se recomienda utilizar la densidad de plantación de 15 x 15cm ya que se utiliza menor cantidad de vitro plantas y facilita las labores culturales en las camas de producción de semilla.
- En cuanto a la fertilización se recomienda utilizar al 40% (72 gr/m²) de triple 15 ya que estadísticamente utilizar (180 gr/m²) y utilizar (72 gr/m²) nos brinda un mismo resultado por lo que es recomendable usar menos cantidad de fertilizante porque nos brinda los mismos resultados.
- De acuerdo al trabajo realizado se deduce que el agua ozonizada en riego no interfirió en la producción de semilla pre básica de papa, por tal motivo se sugiere seguir con la aplicación de este método de otra manera que se pueda determinar los beneficios del mismo debido a que es una tecnología nueva en agricultura.
- Se recomienda seguir con trabajos de investigación sobre la producción de semilla prebásica de papa haciendo énfasis en la utilización de agua ozonizada, probando otros fertilizantes y con otras variedades.