

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en los últimos años ha cobrado mayor importancia en distintas regiones, sitiándose en el cuarto lugar en la escala de alimentos básicos a nivel mundial después del maíz, el trigo y el arroz. Según la FAO desde principios de los años 60 el incremento de la superficie dedicada al cultivo de papa ha superado al resto de los productos alimenticios e incluso se prevé que la demanda de papa para el 2020 se duplicará a la demanda de 1993.

En las regiones productoras de Bolivia se cultiva de 125.000 a 130.000 hectáreas distribuido en seis departamentos andinos (La Paz, Cochabamba, Potosí, Oruro, Chuquisaca y Tarija) según Morante (Departamento, Fitotecnia, & Vegetal, n.d.), posicionándola como decisiva en la seguridad alimentaria de nuestro país por lo que es necesario desarrollar herramientas que mejoren su productividad, ya que este cultivo está presente en la mayoría de los sistemas productivos de los pequeños agricultores, estos sistemas productivos presentan aun muchos problemas en áreas como fertilidad de suelos, Fito sanidad, manejo y por sobre todo la calidad de la semilla.

La papa se propaga vegetativamente a través de tubérculos-semilla. Esta forma de multiplicación es una ventaja ya que permite mantener las características de la variedad, pero también puede ser un vehículo para la diseminación de plagas y enfermedades.

La semilla es uno de los factores de mayor importancia para la producción agrícola. Una semilla de buena calidad aumenta la producción. Productividad y optimiza el uso de insumos debido a una mayor emergencia y vigor de la planta.

La actividad de producción de semilla de papa de calidad en Bolivia, bajo condiciones técnicas que garanticen su pureza y calidad sanitaria, es una actividad que ha garantizado la provisión de semilla a pequeños y medianos productores de

papa consumo, a partir de las cuales se ha logrado incrementar su productividad generando condiciones de seguridad alimentaria y promoción de la producción.

En el departamento de Tarija, más propiamente en la comunidad de Rejará de la provincia arce, dadas sus condiciones agroclimáticas favorables para el cultivo de la papa, desde el año 2007 se viene produciendo tubérculos semilla con condiciones fitosanitarias muy buenas, actividad que dio lugar a la creación de la asociación de productores de semilla llamada APASIR.

Con la experiencia adquirida en la producción de semilla, desde el 2007, y con la implementación del proyecto del SEDAG, que contribuyó con la capacitación y dotación de tuberculillos prebásicos, el año 2012 se empezó a producir semilla de calidad en camas protegidas, que son pequeñas construcciones rudimentarias de cuatro paredes con techo movable, en las que se produce tubérculos semilla sanas para sembrarlas en campo, debido a que permiten controlar la humedad y la temperatura al interior de las mismas protegiendo al cultivo de heladas, granizadas, fuertes lluvias y vientos.

Los tuberculillos prebásicos que utilizan para la siembra, los adquieren en calidad de compra del SEDAG, Institución que los produce en invernaderos a partir de plántulas generadas por multiplicación in vitro.

En cuanto a la densidad de siembra ideal para camas protegidas, después de numerosos trabajos de investigación en los que se emplearon densidades de 30 tubérculos por m<sup>2</sup> a 100 tubérculos semilla por m<sup>2</sup>, la densidad de 50 tubérculos por metro<sup>2</sup> fue establecida como la óptima, determinándose así mismo que las densidades menores inciden en el incremento de peso de los tubérculos cosechados, obteniéndose en ciertas variedades, rendimientos hasta de 8,5 kg/m<sup>2</sup> con un reducción hasta del 50% del número de tubérculos por unidad de superficie, en cambio, las densidades mayores solo incrementan la cantidad de micro tubérculos.

los productores de semilla de Rejará utilizan las mismas densidades que utilizan en Iscayachi, 10 x 20 cm, con las que llegan a producir hasta 40 kg. por cama de

15 m<sup>2</sup>, que equivale a un rendimiento de 2,6 kg/m<sup>2</sup>, rendimiento sumamente bajo, por tratarse de tubérculos.

En cuanto al tamaño del tubérculo semilla para la siembra en camas protegidas, si bien por tratarse de tubérculos prebásicos de alto potencial fisiológico, para la siembra se puede utilizar cualquiera de los 4 tamaños en los que se clasifican (grande, mediano, pequeño y mini tubérculos) para obtener semilla de la categoría básica, sin embargo, se debe optar por el tamaño con el cual se obtengan mejores resultados tanto en tamaño como en cantidad de tubérculos básicos producidos.

Es así que el presente trabajo tuvo como finalidad probar el comportamiento de la producción de semilla básica i de papa de la variedad Desiree utilizando dos densidades de siembra y dos tamaños de tuberculillos prebásicos en camas protegidas en la comunidad de Rejará, para establecer la mejor densidad y el mejor tamaño del tubérculo a utilizar, ya que al momento no se cuenta con estudios realizados de aplicación de una densidad adecuada y un tamaño de tubérculo que puedan optimizar la productividad.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Debido a la importancia que ha cobrado este cultivo, la demanda por semilla también fue en aumento, ya que se pretende obtener buenos rendimientos que justifiquen las inversiones. Sin embargo, una gran mayoría de los productores utilizan como semilla los tubérculos cosechados o compran semilla de cualquier mercado sin la emisión de un certificado que avale la viabilidad de las semillas. Lo cual tiende a generar problemas como la transmisión de enfermedades, bajos rendimientos, y demás, siendo semillas inviables y poco rentables.

Con el trabajo se pretende adecuar un sistema para producir semilla básica 1, debido al bajo porcentaje de producción de esta categoría, semilla en la región, lo que obliga a los productores a comprar semillas de regiones como Villazón, lo que genera un costo adicional. Por tal motivo es necesario producir la semilla en el mismo sitio, favoreciendo la producción de papa a los productores, además que las características agroclimáticas son adecuadas para la producción.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar la producción de semilla básica 1 de papa variedad Desiree en camas protegidas con dos densidades de siembra y dos tamaños de tuberculillos prebásicos en la comunidad de Rejará.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el comportamiento del cultivo de la papa variedad Desiree en dos densidades de siembra.
- Determinar la densidad de siembra ideal en el cultivo de la papa, para lograr una buena producción. el número de tuberculillos/planta tratamiento.
- Determinar el mejor tamaño de tuberculillo-semilla para producir papa básica 1.

### **1.4. HIPÓTESIS**

Ho. no existen diferencias significativas en la producción de semilla básica 1 de papa variedad Desiree utilizando dos densidades de siembra y dos tamaños de tubérculos semilla prebásicos para la siembra en camas protegidas, en la comunidad de Rejará.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO

##### 2.1.1. Origen

El origen de la papa (*Solanum tuberosum ssp.*) no se conoce con precisión, pero los investigadores están de acuerdo que el centro de origen de esta especie se encuentra en el altiplano entre Perú y Bolivia, alrededor del lago Titicaca, debido a que la zona se encuentra la mayor variabilidad genética de especies silvestres y variedades de papa.

Fue en Los Andes donde los agricultores lograron seleccionar y mejorar el primer material de lo que habría de convertirse, en los milenios siguientes, una asombrosa variedad de cultivos del tubérculo. Según el CIP. Considerando el área que se extiende entre Venezuela hasta Chile, estaríamos hablando que se cultivan cerca de 5000 tipos de papas, Perú con 3500 variedades es el país con mayor diversidad, seguido por Bolivia con 1500, y Chile con 400 a 500 variedades. según la FAO.

##### 2.1.2. Descripción botánica

Según la FAO, s/a La planta de papa es de tipo herbáceo cuyo tamaño varío de 0,30 a 1 m de alto, según las variedades, con un crecimiento erecto o semirrecto. Los tubérculos son tallos modificados y constituyen los órganos de reserva de la planta; varían en tamaño, forma y color de la piel y pulpa. Las yemas u ojos del tubérculo maduro permanecen latentes (dormancia) hasta que desarrollan un estolón de donde se origina una nueva planta. Los almacenes de luz difusa ayudan a que los estolones no se desarrollen antes de la siembra.

El mismo autor menciona que las hojas son compuestas, la flor es bisexual, es decir que tiene estambres (masculino) y pistilos (femenino). El fruto maduro (tamborocoto, pepino) es una baya generalmente de color verde oscuro y contiene las semillas, denominadas semillas botánicas, para diferenciarlas de la semilla tubérculo.

### **2.1.3. Taxonomía y morfología de la papa**

#### **2.1.3.1. Taxonomía**

Desde un punto de vista taxonómico (Alarcón y Avilés, 1984), clasifican a la papa de la siguiente manera:

- Reino: Vegetal
- Phylum: Telemophytae
- División: Tracheophytae
- Sub división: Antophyta
- Clase: Angiospermae
- Sub clase: Dicotyledoneae
- Grado Evolutivo: Metachlamideae
- Grado de ordenes: Tetraciclicos
- Orden: Pomeloniales
- Familia: Solanaceae
- Especie: Solanum tuberosum L.
- Nombre común: papa

Fuente: Herbario Universitario, (2021).

#### **2.1.3.2. Morfología**

Ríos (2007), indica que la planta de la papa es suculenta herbácea y anual, por su parte aérea y perenne por sus tubérculos (tallos subterráneos), que se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal, y a veces de varios tallos, según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo.

Se observa que el sistema subterráneo está conformado por raíz, estolón y tubérculo. El sistema aéreo lo conforman el tallo aéreo, hoja, flores y frutos.

##### **2.1.3.2.1. Planta**

El follaje de desarrollo rápido al principio, más tarde cubriendo bastante el terreno. Altura de 40 a 60 cm. Tallos verdes con pigmentaciones moradas, poco numerosas (2 - 3) flores de color blanco o crema ubicados en racimos laxos y escamosos, regular desarrollo radicular, hojas con folíolos medianos a pequeños de color verde claro y bordes algo ondulados.

#### **2.1.3.2.2. Raíz**

El tipo de raíz depende de la procedencia de la semilla. La raíz de la plántula procedente de la semilla botánica 15 forma una raíz principal 16.

La procedente de la semilla vegetativa no tiene raíz principal; forma raíces adventicias

#### **2.1.3.2.3. Tallos**

El tallo aéreo. Es erbaceo<sup>17</sup>, de epidermis por lo general pilosa. El tallo es único, aunque algunas veces ratifica. Generalmente es de color verde y algunas veces puede ser marrón-rojizo o morado. Las plantas de papa que provienen de semilla botánica tienen un solo tallo principal y las provenientes de semilla vegetativa tienen la característica de producir varios tallos

Con acción angular y en las axilas de las hojas con los tallos se forman ramificaciones secundarias.

#### **2.1.3.2.4. Hojas**

Generalmente son alternas, las primeras hojas tienen aspecto simple. Después de las hojas compuestas imparipinadas con tres pares de hojas laterales y una hoja terminal entre las hojas laterales, hay hojitas de segundo orden.

#### **2.1.3.2.5. Flores**

Son hermafroditas, tetra cíclicas, pentámeras; el cáliz es gamosépalo lobulado; la corola de color blanco a púrpura con 5 estambres con anteras de color amarillo más fuerte o anaranjado que producen polen.

CIP (1984), mencionan que, al ser fertilizado, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya, que contiene numerosas semillas, normalmente el fruto es de color verde, el número de semillas por fruto llega a más de 200 según la fertilidad de cada cultivar. Las raíces se desarrollan principalmente en el verticilo en los nudos del tallo principal, su crecimiento es primero vertical dentro de la capa del suelo arable, luego horizontal de 25 a 50 cm. La planta de papa posee un sistema radicular fibroso y muy ramificado.

El tubérculo es un sistema morfológico ramificado. Los ojos de los tubérculos tienen una disposición rotada alterna desde el extremo proximal del tubérculo

donde va inserto el estolón hasta el extremo distal, donde los ojos son más abundantes.

#### **2.1.3.2.6. El fruto**

Al ser fertilizado, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado vaya. Su color varía desde el verde claro a verde oscuro hasta verde purpúreo. No todas las variedades florecen y forman bayas.

#### **2.1.3.2.7. Estolón**

Es un tallo lateral que crece por debajo del suelo. Se origina a partir de una yema de la porción subterránea del tallo. El extremo del estolón tiene la forma de un gancho (parte apical) que da origen al tubérculo por un proceso de dilatación. Transporta sus sustancias (azúcares) producidas en las hojas y que se almacenarán en el tubérculo en forma de almidones.

#### **2.1.3.2.8. Tubérculo**

Morfológicamente, el tubérculo es un tallo subterráneo modificado, acortado, engrosado y carnoso, provisto de yemas latentes u ojos. Varían mucho en forma y tamaño, mayormente son redondos, acilindrados y alargados. También pueden ser ovalados, achatados, fusiformes, algo enroscados y adoptan diversas formas irregulares. El color de la piel del tubérculo es muy variable, va desde el blanco al amarillo, de violeta a rojo oscuro y morado, purpúreo o negro. Muchos tienen áreas jaspeadas o vetas de colores y formas variadas.

#### **2.1.3.2.9. Ciclo vegetativo del cultivo de papa**

El crecimiento fenológico del cultivo de papa se inicia con el brotamiento del tubérculo y finaliza con la madurez fisiológica del cultivo, que es cuando se inicia la cosecha. Durante su crecimiento y desarrollo, la planta de papa sufre una serie de eventos o fases a nivel de órganos vegetativos y reproductivos referidos a la aparición, transformación y caída de éstos.

El ciclo vegetativo del cultivo de la papa puede tener una duración de 3 a 7 meses dependiendo de la variedad. Según la duración del ciclo vegetativo del cultivo las variedades de papa pueden ser precoces, semitardías y tardías. La duración del ciclo vegetativo de una variedad puede ser mayor o menor a su periodo normal debido a condiciones climáticas desfavorables, manejo agronómico inadecuado en

las labores de riego (la deficiencia de agua retrasa la emergencia de las plántulas y produce una maduración precoz del cultivo), fertilización (alta fertilización nitrogenada retarda el inicio de la tuberización), entre otros.

A continuación, se presenta una breve descripción de las fases fenológicas más importantes del cultivo de la papa.

**Fase de emergencia:** referida a la aparición de las primeras hojas sobre la superficie del suelo.

**Fase formación de estolones:** empieza cuando las yemas de la parte subterránea de los tallos inician su crecimiento horizontal en forma de ramificación lateral.

**Fase de inicio de floración:** durante esta fase aparecen los primeros botones florales. El pedúnculo floral y la inflorescencia crecen cuando el tallo principal ha finalizado su crecimiento y da inicio a la floración. En algunas variedades el inicio de la floración coincide con el inicio de la tuberización.

**Fase de plena floración:** se inicia con la apertura de los primeros de los primeros botones florales emitiendo flores. Existen variedades con abundante floración, así como también existen variedades que no florecen (Egusquiza, 2000).

**Fase de tuberización:** esta fase se inicia a partir del engrosamiento de los tubérculos ubicados en los estolones. Se da debido a la asimilación de los azúcares en forma de almidón.

**Fase de maduración:** se inicia cuando el follaje de la planta está naturalmente maduro cuando la mayor parte de las hojas muestran color amarillento, cuando ha perdido la totalidad de hojas o cuando no muestra follaje verde. La papa está madura cuando al ser presionada con la yema de los dedos no pierde su cascara. La maduración podría estar asociada con el final de la floración.

Si bien la aparición de una fase es consecuencia de otra en el caso de la papa también puede darse simultáneamente.

Requerimientos del cultivo de papa según fases fenológicas.

Tradicionalmente el cultivo de la papa ha sido considerado de climas fríos, debido a que se originó en zonas tropicales, especialmente en la región andina a altitudes de 2000 a 4000 m.s.n.m, que es un ambiente de bajas temperaturas, días cortos y abundante luz solar.

En la actualidad, la papa se cultiva a nivel mundial en zonas con climas fríos, templados y cálidos, debido al desarrollo de variedades que se adaptan a ese tipo de climas.

Para el desarrollo de la planta y la producción de tubérculos, el cultivo presenta requerimientos en cuanto a clima (temperatura, duración del día, etc.), suelos, agua y fertilizantes; siendo el clima y en especial la temperatura uno de los requerimientos más preponderantes. Cabe resaltar que estos requerimientos pueden ser según las fases fenológicas, puesto que en cada fase la planta tiende a desarrollar cierto tipo de órganos.

Con las temperaturas óptimas ideales, el cultivo de la papa alcanza su máximo crecimiento y desarrollo.

Así, durante la fase de emergencia si la temperatura no es la adecuada, la planta tendrá problemas para emerger a la superficie del suelo o el tiempo de duración para emerger será mayor, exponiendo a los brotes al ataque de plagas y enfermedades.

En general, el cultivo alcanza su máximo crecimiento y desarrollo entre 8 y 15° C. de las fases descritas se observa que la fase de formación de estolones es la más exigente en bajas temperaturas (7-12° C) siendo mayores y homogéneos los valores para las fases de tuberización y maduración.

## **2.2. Desarrollo fisiológico del tubérculo-semilla de papa**

Wiersema, G. (1978), Martínez, C. Y Guamán, Z. (1992). Afirman que los tubérculos tienen dos edades diferentes.

### **2.2.1. Edad cronológica**

Es la edad del tubérculo en días, semanas o meses, que se mide desde El inicio de la tutorización o desde la cosecha.

### **2.2.2. Edad fisiológica**

Esta referida al proceso de desarrollo de los brotes, la cual depende de la edad cronológica de los tubérculos y de las condiciones ambientales, los tubérculos pueden tener la misma edad cronológica. Pero sus edades fisiológicas pueden ser diferentes o viceversa.

Fisiológicamente el tubérculo de la papa pasa por cuatro estados bastante diferenciados. Reposo, dominancia apical, brotamiento múltiple y senectud.

#### **2.2.2.1. Reposo**

En este estado no ocurre ningún crecimiento observable en los brotes aun cuando estas estuvieran expuestas a condiciones ideales para su crecimiento (oscuridad de 15 -20 °C, y humedad de 85) la siembra de este tubérculo en este estado da lugar a una desuniformidad en la emergencia de las plantas ya que estas cuentan con pocos tallos, los factores que afectan son.

#### **2.2.2.2. Variedad de la papa**

Este periodo puede durar desde menos de un mes hasta varios meses, según la variedad. Por otra parte, la duración del periodo de reposo no está relacionado con la duración del periodo vegetativo de una variedad.

#### **2.2.2.3. Temperatura de almacenamiento**

Las temperaturas altas aceleran el envejecimiento fisiológico de los tubérculos, reduciendo así el periodo de reposo. Por otra parte, en algunas variedades el "golpe de frio" de dos o cuatro semanas a bajas temperaturas (<10°C) puede acortar el periodo de reposo.

#### **2.2.2.4. Madurez del tubérculo**

Los tubérculos cosechados inmaduros tienen un reposo más largo, sin embargo, pueden, brotar más tempranamente que los tubérculos cosechados ya maduros

#### **2.2.2.5. Condiciones de crecimiento**

Por ejemplo, las altas temperaturas, baja humedad y baja fertilidad durante el crecimiento de los tubérculos en campo, acelera el desarrollo fisiológico y reduce el periodo de reposo.

#### **2.2.2.6. Daños en el tubérculo**

Los daños causados al tubérculo durante la cosecha y manipulación o por enfermedades y plagas pueden reducir el periodo de reposo.

#### **2.2.2.7. Dominancia apical**

Al final del periodo de reposo, las yemas en los ojos del tubérculo empiezan a crecer y a formar brotes. Frecuentemente, la yema apical empieza a brotar primero, marcando el comienzo del estado dominancia apical. La siembra en este estado de los tubérculos da a lugar a plantas con un solo tallo y como consecuencia bajos rendimientos, la duración de la dominancia apical es afectada por las condiciones durante el almacenamiento y por el desbrote. La mejor forma de promover un gran número de brotes, es retardar el crecimiento de brotes hasta después del estado de dominancia apical. Esto puede lograrse almacenando los tubérculos durante esta fase a bajas temperaturas ( $<5^{\circ}\text{C}$ ), para luego incrementar la temperatura por encima de los  $10^{\circ}\text{C}$ .

La remoción del brote apical puede inducir a la formación de brotes múltiples.

#### **2.2.2.8. Brotamiento múltiple**

Luego del estado de dominancia apical, se desarrolla brotes adicionales y comienza el estado de brotamiento múltiple.

Generalmente, este es el estado más óptimo para sembrar los tubérculo-semilla la mayor duración de este estado depende de la variedad, temperaturas bajas y luz difusa.

Al comienzo del estado de brotamiento múltiple, el tubérculo es fisiológicamente “joven”, al final es “viejo”.

#### **2.2.2.9. Senectud**

Este estado se caracteriza por los siguientes síntomas:

Excesiva ramificación de los brotes, producción de brotes largos y débiles, producción de papas diminutas directamente en los brotes. En este estado los tubérculo-semilla ya no producen plantas productivas.

#### **2.2.2.10. Tamaño tubérculo-semilla**

Según Van der Zaarg V. (1973). La semilla grande contiene mayor número de “ojos” lo que da mayor número de brotes vigorosos y, en consecuencia, mayor producción de tallos por planta. El número de hijos es variable y depende de la variedad tamaño tubérculo-semilla y de las condiciones de crecimiento.

Van der Zaarg, en (1973) también menciona que para el cultivo de papá de consumo se utiliza semillas de 35 a 45 mm. De tamaño precisando para ello una cantidad 2-2.5 ton/ha de semilla.

Tratándose para cultivos destinados para la producción de papa-semilla y deseando cosechar en su mayor porcentaje tubérculos de tamaño pequeño 28-45 mm. se precisa una cantidad 4-5 ton/Jade semilla.

El mismo Zaarg V. (1992). Afirma que cuando se compara una semilla grande y una pequeña, puede traducirse en diferencias de número de tallos en favor a la más grande, en la velocidad de emergencia, debido a que las semillas pequeñas tienen menor reserva alimenticia para la iniciación del desarrollo de la planta, pero tiene un valor económico más alto que la grande.

Eckert (1939). Señalado por Cueva (1970). Llegó a la conclusión de que el empleo de la semilla grande, cuyo peso fluctúa entre 100 gr a 200 gr. Produce en su mayoría papas pequeñas y no es económico su empleo por la gran cantidad que se requiere para la siembra por unidad de superficie. Estas conclusiones se reafirman con los resultados obtenidos por el instituto de investigaciones

agropecuarias chile (1970). Señalado por Achata (1981). Que indica la no existencia de una fuerte correlación entre el tamaño del tubérculo, y el rendimiento total. Los tubérculos de 50 a 80 gr. Produjeron los más altos rendimientos totales y comerciales, la semilla demasiado grande tendía a producir rendimientos inferiores, se enfatiza que es recomendable utilizar. Tubérculos de 50 a 80 gr de peso cada uno, los que son capaces de producir una emergencia uniforme y plantas vigorosas.

Cristians en (1967) menciona que el peso ideal de semilla es de 40 a 60 gr. Sin embargo, señala que cuando se tiene un material de fundación se puede usar todos los tamaños como semilla.

Budusan (1979). En su investigación sobre densidad de plantas y tamaño de tubérculo-semilla en el cultivo de papa, encontró que la multiplicación más eficiente del tubérculo-semilla se obtuvo mediante la plantación de semilla de 35 a 45 mm. De tamaño y 66000 unidades/ ha. Esto en los cultivares desiree y costara.

Popova (1979). No encontró diferencias significativas en rendimiento de tubérculo-semilla pequeña (30gr). Mediana (50-80 gr) y grande (80-120 gr.). Pero señala que la plantación tubérculo-semilla 70 por 15 cm (90000 plantas/ha) dio los rendimientos más altos de tubérculo-semilla el efecto del tamaño del tubérculo-semilla en el rendimiento depende también la variedad.

Rojas te. Al 1978 obtuvo en México el más alto rendimiento comercial y el mejor rendimiento total a partir de plantas desarrolladas de semilla pequeña (35-40 mm de diámetro). Del cultivar Atzinga mientras que el cultivar juanita dio los más altos rendimientos con semillas más grandes (45-50 mm).

Cueva en (1970) et al trabajando con diferentes combinaciones de variedades mejoradas distanciamiento de semillas, llegaron a una conclusión de que el mayor rendimiento se obtiene con el menor distanciamiento de siembra, encontraron diferencias significativas por efectos de distanciamientos de siembra y no significativas por efecto del tamaño de semilla en la mayoría de los experimentos realizados.

### **2.3. Economía de la papa en Bolivia**

Se indican que, entre los cultivos andinos, la papa es el producto más importante de Bolivia por las siguientes razones: se cultiva en siete departamentos del país, desde 4.250 msnm hasta 1.600 msnm, produciéndose en diferentes pisos ecológicos del país.

INIAF (2010), revela que la producción nacional de semilla certificada de papa en superficie es del 1% al compararse con la producción de semillas de otros productos. Sin embargo, el volumen nacional de semilla de papa producida es del 8%.

Según INIAF (2010), indica que a partir del año 1990 comienza a difundirse la importancia del uso de semilla sana y mejorada, por tanto, este hecho promueve la demanda de semilla de papa. A pesar del aumento en el uso de semilla de calidad de papa, hasta el 2010 Bolivia llegó a producir únicamente 7.557,78 TM a nivel nacional

### **2.4. Producción de semilla de papa por departamentos**

El departamento de Cochabamba es uno de los principales productores de semilla de papa de calidad con un promedio de 2.348,29 TM en los últimos 10 años; del mismo modo, el departamento de Potosí con una producción de 1.367,57 TM, y el departamento de Tarija con 671,03 TM; en los últimos 10 años, se poseen como los principales productores nacionales de semilla de papa. Según el IBCE (2012)

### **2.5. Construcción de las camas protegidas**

#### **2.5.1.1. Orientación**

Se debe asegurar que el cultivo reciba la mayor cantidad de radiación solar, es decir que le dé el sol la mayor parte de día, por lo que se recomienda que la parte más alta de la Cama Protegida debe estar orientada hacia el sur, el frente que es la parte más baja debe estar dirigida hacia el norte y el largo de la cama debe ir de este a oeste (Otazú, 2010).

### 2.5.1.2. Construcción

La Superficie útil de las camas protegidas. Es de 15 metros cuadrados, esto se logra que la parte interior deba contar con las dimensiones de 1,5 metros de ancho por 10 metros de largo, sumando el ancho de las paredes que es de 30 centímetros, la dimensión total o exterior de la cama protegida es de 2,1 metros de ancho por 10,6 de largo.

Para el levantamiento de las paredes se debe tomar en cuenta, que la parte más alta que está orientada hacia el sur debe constar de 5 filas de adobe (aproximadamente 65 cm); el muro dirigido hacia el norte que es la parte baja debe ser levantado con 2 filas de adobe (aproximadamente 25 cm).

El piso de la cama protegida tiene una pequeña pendiente del 2% para que el agua drene fácilmente en el interior de la cama protegida, para lo cual al momento de la construcción en la parte baja del piso se utilizó grava y paja para que pueda drenar bien y evitar encharcamientos.

Para la preparación de la cama de siembra en el interior de la CP se den realizar las siguientes tareas:

- Primeramente, se debe colocar una capa de grava de unos 7 centímetros de espesor o alto a lo largo de toda la cama protegida, para facilitar el drenaje o exceso de humedad.
- Posteriormente colocar una capa de paja de cereales o broza de haba de unos 3 centímetros de altura, esto se hace con la finalidad de que al descomponerse la materia orgánica proporcione y se conserve la temperatura en el substrato y en el interior de la CP.
- Luego se debe adicionar el substrato, el cual debe estar preparado en base a suelo virgen o de sanidad comprobada más estiércol, la capa del substrato debe ser de 15 centímetros
- Humedecer el substrato a una humedad que no se produzca barro y posterior encostramiento del mismo.

## **2.6. Manejo del cultivo en camas protegida**

### **2.6.1. Material de siembra a utilizar**

El material de semilla utilizado debe ser sano, al igual que el suelo sano y bien preparado, con buen riego, procurando tener un ambiente controlado sin problemas de granizo, heladas o algún otro factor externo (PROINPA, 2010).

### **2.6.2. Semilla prebásica de papa**

Prebásica: Según el CNPSP-H (2013), semillas producidas en invernaderos, también denominadas mini tubérculos, provenientes de plántulas, producidas a partir de plántulas in vitro, y generadas en el laboratorio de cultivo de tejidos las semillas prebásicas deben cumplir con ciertas condiciones para su certificación las cuales son:

- Provenir de cultivos de tejidos (material libre de patógenos).
- Contar con infraestructura adecuada y personal capacitado.
- La prueba de esquejes o tubérculos debe realizarse en invernaderos a prueba (condiciones controladas).
- Prueba para control fitosanitario.

El tamaño y la edad son los factores más importantes además de la procedencia debido a que surge efecto sobre el número de ojos (es decir, el grupo de brotes que contiene el brote inicial y de la que pueden desarrollar tallos), en el vigor de cada brote en desarrollo y el vástago de ellos (incluyendo el potencial para producir tubérculos nuevos), y en cierta medida de la edad fisiológica. La edad fisiológica, afecta el comportamiento fisiológico de cada brote y por lo tanto el número de brotes por ojo y su vigor (incluyendo su potencial para producir tubérculos nuevos).

### **2.6.3. Fertilización mineral o química.**

Se utilizó un fertilizante al momento de la siembra un 18 46 0 de N, F, K. aplicando el 100% al momento de siembra al voleo, y también se le aplicó un abono orgánico de guano de chivo al voleo una semana antes de la siembra.

#### **2.6.4. Siembra**

La siembra de la papa normalmente en el departamento de Tarija se realiza en dos épocas al año en los meses de marzo, abril hasta mayo la primera siembra del año denominada siembra temprana y la segunda siembra denominada siembra grande de los meses de octubre a diciembre, ya que en zonas con altura inferiores a los 2000 msnm es recomendable esta época (MDRyT, 2017).

##### **2.6.4.1. Métodos de siembra**

Se abrió los surcos donde se coloca los tubérculos o plántulas con una profundidad entre 5 a 7 centímetros en hileras con una distancia de 25 centímetros entre sí (10 surcos) y a 25 centímetros sobre la línea, otro método es a través de la apertura de surcos a lo largo de la cama protegida con una distancia de 10 centímetros entre surcos (10 surcos) con una profundidad entre 5 a 7 centímetros y los tubérculos y plántulas son colocadas a una distancia de 10 centímetros entre plantas para luego proceder al tapado.

##### **2.6.4.2. Densidad de siembra**

En ambos métodos de siembra a las distancias de 25 centímetros entre surcos o líneas y de 20 – 10 centímetros entre plantas se obtiene un total de 300 plantas por 15 metros cuadrados que es la superficie de la COP.

##### **2.6.4.3. Labores culturales**

**Carpida o deshierbe:** se realizó una carpida a los 30 días después de la siembra para la eliminación de malezas y para evitar encostramiento del substrato y ablandar el substrato para realizar el aporque.

**Aporque:** Esta labor se lo realizó en dos, el primer aporque consiste en adicionar substrato preparado con una capa de 10 centímetros y se lo realiza cuando las plantas tienen una altura entre 15 a 20 centímetros en el segundo aporque se adiciona substrato con una capa de 10 centímetros a los 30 días después del primer aporque.

**Riego** Se realizó un solo siego por gravedad periódicos y de acuerdo a las necesidades de humedad del cultivo, estos no deben ser muy frecuentes para evitar el encharcamiento debido al excedente del agua como así también el posterior encostramiento que dificulta la emergencia de las plantas o el desarrollo de las mismas.

**Controles fitosanitarios:** Deben ser siempre preventivos tomando en cuenta las poblaciones y hábitos de las plagas como así también las condiciones climatológicas de la zona; para su control se debe tener en cuenta los principios del Manejo Integrado de Plagas (MIP), dando énfasis a la utilización de bioplaguicidas o plaguicidas en base a extractos de plantas o insumos admitidos en la producción orgánica de productos agrícolas, en caso de utilización del control químico, se debe tender a la utilización de plaguicidas de franja azul o verde en combinación con otras medidas del MIP.

**Cosecha:** Realizara de aquí a una semana cuando el cultivo ha alcanzado su madurez fisiológica o sea cuando la planta se amarillea y se seca, pero se puede tropezar con el problema de obtener tamaños grandes en la producción, para subsanar esto de proceder a realizar la defoliación y la determinación del momento óptimo para esta labor se realizan muestreos para observar el tamaño de los tubérculos producidos y cuando se obtienen el mayor número de tubérculos del tamaño deseado (Tam. II y III) se realiza la defoliación. La cosecha en sí consiste en el arrancado de las plantas con sus tubérculos con la ayuda de herramientas y la recolección de los mismos en canastas de caña hueca, cajas de plásticos o bolsas.

## **2.7. Categorías de semillas comerciales certificadas**

Según las normas específica para la certificación de semillas reconocen las categorías genéticas, para el caso de la papa, porque es una especie que se propaga normalmente por propagación vegetativa, las categorías empiezan de la categoría prebásico

El INIAF (2018) describe algunas condiciones para la certificación en cada categoría:

### **2.7.1. Categoría pre-básica**

Semilla producida bajo la responsabilidad y control directo del obtentor de la variedad, de acuerdo a la(s) metodología(s) de mantenimiento de la variedad descrita al momento de su registro. Es la categoría más alta del proceso de producción de semilla certificada.

### **2.7.2. Categoría básica (B)**

El productor podrá repetir esta categoría por una solo vez, para producir nuevamente la categoría básica 2.

- Esta categoría lleva una etiqueta de color blanca, esta semilla podrá ser multiplicada una segunda generación y se establece dos multiplica básica1 y básica 2.

### **2.7.3. Categoría registrada (R)**

Es aquella proveniente de la multiplicación de semilla básica 2, el productor podrá repetir esta categoría por una solo vez, para producir nuevamente la categoría registrada 2.

- Esta categoría lleva una etiqueta de color rosada, esta semilla podrá ser multiplicada una segunda generación y se establece dos multiplicaciones registradas 1 y registrada 2.

### **2.7.4. Categoría certificada (C)**

Es aquella proveniente de la multiplicación de semilla registrada 2 y tendrá una solo generación.

- Esta categoría llevará una etiqueta de color celeste, y no podrá ser multiplicada una segunda generación.

### **2.7.5. Categoría certificada dos (C2)**

Es aquella proveniente de la multiplicación de las categorías anteriores (básica, registrada y certificada), se establece a partir de la descalificación por presencia de nematodos Nacobbus aberrans y/o globodera pallida o globodera rostchiensis y

corresponderá a semilla que fue producida en terrenos contaminados con nematodos, es la última categoría de semilla y no podrá multiplicarse en otra generación para uso como semilla.

### **2.8. Tamaños de tubérculos-semilla según las normas de certificación de semillas INIAF**

Se utiliza la siguiente escala para la clasificación por tamaño de los tubérculos, con un rango de tolerancia de aproximadamente 5%, en caso de no cumplir con estos requisitos el productor procederá a realizar una reselección.

<b>CALIBRES</b>	<b>TAMAÑOS</b>	<b>PESO (g)</b>
<b>TAMAÑO I</b>	<b>56-65 mm</b>	<b>81 a 120</b>
<b>TAMAÑO II</b>	<b>46-55 mm</b>	<b>61 a 80</b>
<b>TAMAÑO III</b>	<b>36-45 mm</b>	<b>41 a 60</b>
<b>TAMAÑO IV</b>	<b>25-35 mm</b>	<b>20 a 40</b>

(INIAF Instituto nacional de Innovación Agropecuario)

#### **El tamaño ideal del tubérculo-semilla**

Los tubérculos ideales para semilla tienen un diámetro de 36 a 45 mm que corresponde a un peso entre 41 a 60 gramos, porque los tubérculos-semilla más pequeños tienen más ojos por unidad de peso y por ello producen más tallos. Sin embargo, los tallos provenientes de tubérculo-semilla más grandes crecen más grandes, crecen en general más rápido y poseen mayor capacidad de rebrote, lo que es ventajoso si las condiciones al momento de siembra son adversas.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

El trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Rejará provincia Arce del departamento de Tarija.

##### 3.1.1. Características climáticas

El clima en Rejará es de tipo mesotermal subhúmedo, templado con invierno seco, con una temperatura media anual.

Según la micro región de cañas es de 16,8 °C. Con una máxima y mínima promedio de 24,6 °C. y 9,0°C. Respectivamente. Los días con heladas se registran en los meses de mayo a septiembre manifestándose con mayor incidencia el mes de julio. La dirección de vientos predominante es el sur, este con una velocidad promedio de 4,6 km/h.

Las precipitaciones pluviales totales en la región oscilan de 0,4 mm en el mes de junio a una máxima de 155.8 mm en el mes de enero; identificando dos periodos; un periodo seco que abarca los meses de mayo a septiembre y un periodo húmedo en los meses de octubre a abril.

##### 3.1.2. Características de la vegetación

La vegetación en la comunidad de Rejará corresponde a matorrales; encontrándose diseminado en las colinas y serranías bajas hasta 2300 m.s.n.m. su cobertura es ralo a abierto. Está formado por plantas deciduas, xerofíticas, compuestas por: olmos (*Ulmus minor*), pinos (*Pinus sylvestris L.*), molle (*Schinus molle*), aliso común (*Alnus glutinosa*), sauce criollo (*Salix humboldtiuana*). Estas especies, de manera especial el aliso común. son utilizadas para leña. También hay especies como el Suncho (*Viguiera procumbens*), Chilca (*Bacharis sp.*), Pasto (*Datyliis sp.*) y pasto (*sorghum vulgare*).

### **3.1.3. Características de suelo**

La característica de los suelos de Rejara son suelos moderadamente profundos a profundos, con cierta diferencia en pendiente.

La clase se clasifica como ladera de pie de monte, de textura pesada (franco arcillo limosas y franco arcillosas) lo cual incide en el drenaje y la compactibilidad de los suelos.

### **3.1.4. Características económicas**

La población económica corresponde aquella población que realiza actividades productivas, especialmente en las faenas de campo como la siembra, labores culturales, cosechas y actividades comunales.

Las principales actividades económicas que se desarrollan y de las cuales dependen las familias de la comunidad son la agricultura y la ganadería.

### **3.1.5. Agricultura**

Los principales cultivos que se realizan son: papa (*Solanum tuberosum*), avena (*Avena sativa*) y maíz (*Zea mays*) en menor escala están los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*), arveja (*Pisum sativum*), cebolla (*Allium cepa*), zanahoria (*Daucus carota*), oca (*Oxalis tuberosa*), papa lisa (*Ullucus tuberosus*) y otras hortalizas menores.

La producción agrícola es destinada para muchos usos. Empezando desde el consumo humano, para la venta y otros destinos dependiendo del tipo de producto.

### **3.1.6. Ganadería**

La actividad ganadera se realiza a nivel familiar, con la crianza de ganado vacuno, ovino, caprino, porcino y aves: la cantidad de ganado existente está de acuerdo a las posibilidades de las familias, en la mayoría de los casos es para consumo familiar y para el trabajo de labranza (yunta de bueyes) y se vende ocasionalmente algunas cabezas.

Es importante mencionar que esta población indicada es la que genera ingresos monetarios al hogar, a través del jornal.

### **3.2.Materiales**

#### **3.2.1. Material Vegetal**

En el trabajo de investigación se utilizó tubérculillos-semilla de papa de la categoría pre-básica, de la variedad (Desiree) proporcionados por el SEDAG.

#### **3.2.2. Fertilizantes**

Se utilizó un fertilizante al momento de la siembra un 18 46 0 de N, F, K. aplicando el 100% al momento de siembra al voleo, y también se le aplicó un abono orgánico de guano de chivo al voleo una semana antes de la siembra.

#### **3.2.3. Material de campo**

##### **3.2.3.1.Materiales para las camas protegidas**

1. Se utilizó adobe de 40 centímetros de largo por 20 centímetros de ancho y 10 cm de alto además barro y piedra para el cimiento.
2. También se utilizó grava para el piso de las camas para que drene mejor y evitar encharcamientos.
3. Paja de cereales o broza de haba.

##### **3.2.3.2.Materiales de campo**

1. Estiércol
2. Picos
3. Mochila
4. Fungicida e insecticidas
5. Fluxómetro
6. Bolsas
7. Fertilizante foliar (Biocat-15).

### 3.2.4. Material de gabinete

- Cámara fotográfica.
- Libreta de datos.
- Regla.
- Computadora.

## 3.3. Metodología

### 3.3.1. Diseño Experimental

Para el presente trabajo de investigación se utilizó un Diseño Experimental de “bloques al azar” con un arreglo factorial de 2x2 (tamaño \* densidad) con cuatro tratamientos y tres repeticiones generándose un total de doce unidades experimentales.

#### 3.3.1.1. Factores

##### Densidad

- D1 = 20 semillas/m<sup>2</sup>
- D2 = 35 semillas/m<sup>2</sup>.

##### Tamaños

- T1 = (2 cm – 2,5 cm)
- T2 = (1cm – 1,5 cm).

#### 3.3.1.2. Descripción de los tratamientos

**Tratamiento 1 (D1T1).** Constituido por la densidad 1 y el tamaño 1.

**Tratamiento 2 (D1T2).** Constituido por la densidad 1 y el tamaño 2.

**Tratamiento 3 (D2T1).** Constituido por la densidad 2 y el tamaño 1.

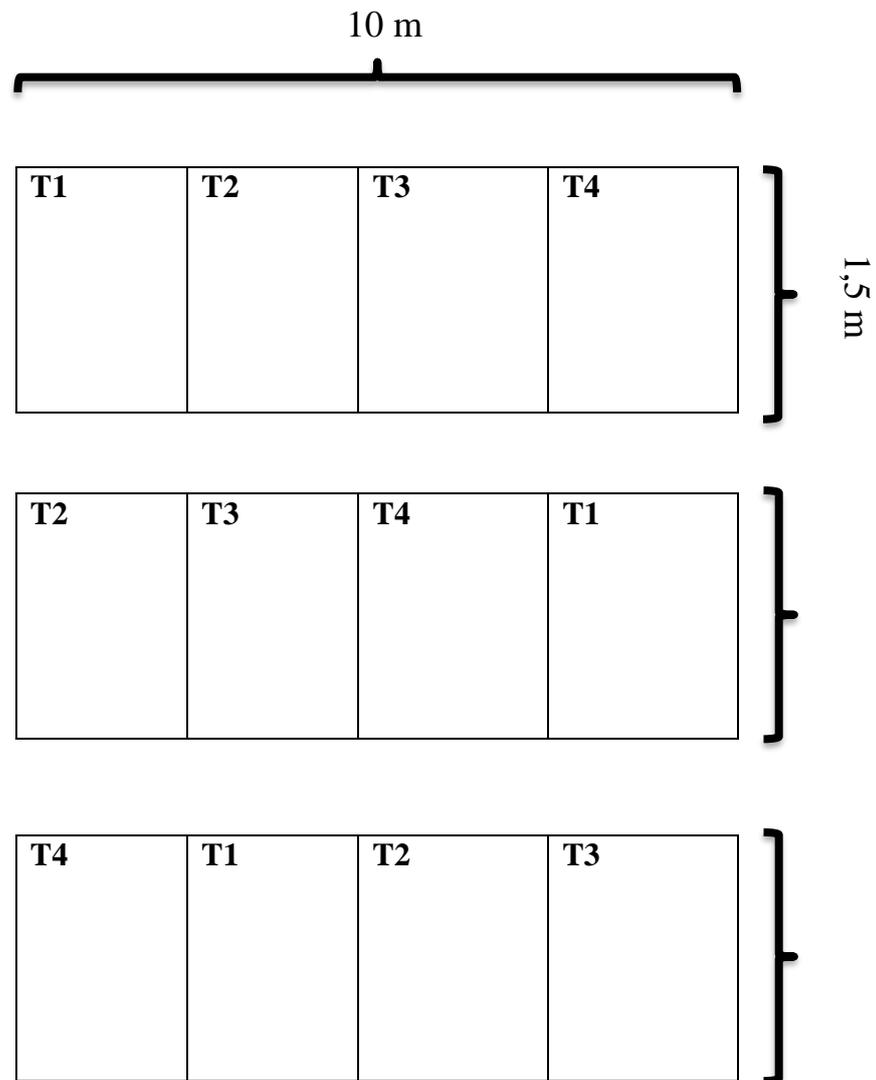
**Tratamiento 4 (D2T2).** Constituido por la densidad 2 y el tamaño 2.

### 3.3.2. Características del Diseño

- Numero de tratamientos.....4
- Número de repeticiones o bloques.....3
- Número de unidades experimentales.....12

### 3.3.3. Diseño de Campo

- Área total = 45 m<sup>2</sup>
- Largo de cama = 10 m
- Ancho de cama = 1.5 m.
- Área de cama = 15 m<sup>2</sup>
- Área de unidad experimental = 3,75 m<sup>2</sup>



### **3.3.4. Desarrollo del ensayo**

#### **3.3.4.1. Construcción de camas y adición del sustrato**

La cama se construyó utilizando adobes de barro para levantar el contorno de la cama a una altura de 75 cm aproximadamente y delimitar las parcelas experimentales.

Para la base de la cama se adicionó una capa de grava con un espesor de 5 a 7 cm aproximadamente, posteriormente se extendió una capa de paja con 3 a 4 cm de espesor, seguidamente se adicionó el sustrato (suelo virgen + más estiércol), de 15 cm y por último se humedeció el sustrato levemente.

#### **3.3.4.2. Delimitación de los surcos**

El terreno definido constaba de una superficie de (11 metros de largo y 5 metros de ancho a este se lo dividirá en tres camas protegidas de 10x1.5 m. posteriormente se procedió a diseñar el surcado con 2 metros de largo por 25 cm. de surco a surco. Se realizó 5 surcos de la misma distancia por parcela, quedando un total de 10 surcos por cada unidad experimental.

#### **3.3.4.3. Material de siembra utilizado**

Se utilizó tuberculillos de categoría prebásica de dos tamaños, tamaño 5 (20-25 mm) y tamaño 7 (10-15 mm) dentro de los calibres de clasificación manejados en la producción de semilla prebásica de papa en invernadero, plántulas *in vitro* aclimatadas en invernado.

#### **3.3.4.4. Métodos de siembra**

Se abrieron los surcos donde se colocaron los tubérculos a una profundidad entre 5 a 7 centímetros en hileras con una distancia de 10 centímetros entre plantas, y una distancia de 25 centímetros entre surcos. La siembra se le realizó el mes de noviembre del 2019.

#### **3.3.4.5. Carpida y aporque**

**Carpida.** La primera carpida fue realizada a los 30 días después de la siembra al ver la presencia de malezas o encostramiento del sustrato se procedió a la carpida

o deshierbe con la finalidad de eliminar las malezas y ablandar el sustrato para realizar el aporque.

**Aporque.** Esta labor se realizó en dos oportunidades, el primer aporque se lo realizó cuando las plantas alcanzaron una altura entre 15 a 20 centímetros adicionando sustrato en el segundo se realizó a los 30 días después del primer aporque donde se adicionó sustrato de la misma forma que en el primer aporque.

#### **3.3.4.6. Riego**

Se realizó un solo riego por gravedad a los 39 días después de la siembra para suplir las necesidades hídricas.

#### **3.3.4.7. Controles fitosanitarios**

Se realizó controles fitosanitario siempre preventivos tomando en cuenta las poblaciones y hábitos de las plagas como así también las condiciones climatológicas de la zona.

Para el control fitosanitario se realizó las siguientes aplicaciones:

**1ra. Aplicación.** Se realizó el 5 de diciembre con el producto Coraza, Curacrón acompañado del coadyuvante Gomax, esto se realizó a inicios de diciembre con el fin de prevenir el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tizón temprano (*Alternaria solani*), con una dosis de 1,25 ml/L.

**2da aplicación.** Se realizó el 20 de diciembre con el producto Fastac acompañado del coadyuvante Gomax, con el fin de prevenir el pulgón (*Myzus persicae*), y el gusano militar (*Spodoptera frugiperda*), el producto Fastac se aplicó en una dosis de 1,25 ml/L.

**3ra aplicación.** Esta aplicación se la realizó el 6 de enero con el producto Tizombol, en una dosis de 5 mg/L con el fin de controlar el tizón tardío y el tizón temprano (*Phytophthora infestans*) y (*Alternaria solani*), ya que existía ya la presencia de esta enfermedad.

**4ta aplicación.** La cuarta aplicación se la realizó el el 23 de enero con el producto Tizombol en una dosis de 5 mg/L y el Curacrón en una dosis de 1,25 ml/L,

acompañado del coadyuvante Gomax, esta aplicación tuvo la finalidad de controlar el tizón temprano y tardío (*Phytophthora infestans*) y (*Alternaria solani*).

#### **3.3.4.8.Cosecha**

Se realizó cuando el cultivo ya alcanzó su madurez fisiológica o sea cuando la planta se amarilló y secó, pero con el fin de no tropezar con el problema de obtener tamaños grandes en la producción, se realizó la defoliación y por ello se debe determinar bien la época de cosecha, y la cosecha se lo hizo manualmente retirando los tubérculos de cada planta, para posterior pesarlos y obtener datos, según al tamaño de los tubérculos (tamaño 1 y tamaño 2).

#### **3.3.4.10. Selección y clasificación**

Después de la cosecha y se procedió a la selección que consiste en la separación de los tubérculos dañados por causas mecánicas o plagas y enfermedades, de otra variedad o deformes, para posteriormente realizar la clasificación que es la separación de los tubérculos por tamaños propuestos por el INIAF en las normas específicas de certificación de semilla de papa.

#### **3.3.4.11. Almacenamiento:**

El almacenamiento o conservación de la semilla producida se la debe hacer en silos o depósitos para este fin, por tratarse de un material valioso de alta calidad sanitaria o en bolsa.

### **3.3.5. Toma de datos**

Se evaluó a los 90 días, cuando las plantas alcanzaron su máximo desarrollo, mediante una calificación de acuerdo a su tamaño del tubérculo, número de tubérculos por planta, se evaluaron tres plantas representativas por parcela al azar.

#### **3.3.5.1. Variables evaluadas**

- Numero de tallos / planta.
- Altura de planta.
- Numero de tubérculos / planta.
- Tamaño de tubérculos.

- Peso del tubérculo / planta.
- Rendimiento.

Para evaluar las variables (número de tallo y altura) se tomó en cuenta una muestra de 10 plantas seleccionadas al azar, de las cuales se tomó las mediciones y calculando el promedio se procedió a tabularlas.

Para evaluar las variables (número de tubérculos, tamaño de tubérculos, peso de tubérculos y rendimiento), se tomó en cuenta el total de tubérculos cosechados de las 10 plantas (muestra representativa), previa selección de los tubérculos que cumplieran con las características que corresponden a uno de los 4 tamaños de semilla básica 1, descartando los tubérculos que estaban fuera de las condiciones que rigen las normas del INIAF.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA

El número de tallos por planta se evaluó promediando los valores obtenidos luego de sacar la planta y contar los tallos, tomando en cuenta la muestra de 10 plantas elegidas al azar y posteriormente promediando sus datos para tabularlos.

**Tabla 1. Número de tallos por planta**

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
<b>T1 (D1T1)</b>	2,50	2,00	2,75	<b>7,25</b>	2,42
<b>T2 (D1T2)</b>	2,75	2,50	2,00	<b>7,25</b>	2,42
<b>T3 (D2T1)</b>	2,00	2,50	2,75	<b>7,25</b>	2,42
<b>T4 (D2T2)</b>	2,00	1,75	2,25	<b>6,00</b>	2,00
<b>SUMA</b>	<b>9,25</b>	<b>8,75</b>	<b>9,75</b>	<b>27,75</b>	<b>2,31</b>

El número de frutos por planta tuvo valores un tanto homogéneos con promedios de 2,00 a 2,42 número de tallos por planta y el valor más bajo se obtuvo en el tratamiento T4 en la densidad 2 y tamaño 2, asimismo el valor más alto se obtuvo en los tratamientos T1 y T3 alcanzando un valor de 2,75 número de tallos por planta.

**Tabla 2. Densidad/tamaño**

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>TOTALES</b>	<b>MEDIA</b>
<b>D1</b>	7,25	7,25	<b>14,50</b>	<b>2,42</b>
<b>D2</b>	7,25	6,00	<b>13,25</b>	<b>2,21</b>
<b>TOTALES</b>	<b>14,50</b>	<b>13,25</b>	<b>27,75</b>	
<b>MEDIA</b>	<b>2,42</b>	<b>2,21</b>		

En los promedios individuales tal como observamos en la Tabla 2, vemos que en la densidad y el tamaño se tienen promedios similares lo que nos da a entender que no hubo interacción entre ambos factores. Los promedios en el factor densidad con valores de 2,42 y 2,21 tallos por planta en la densidad 1 y 2 respectivamente, y de igual manera en el tamaño ya que tenemos valores de 2,42 y 2,21 número de tallos por planta en la densidad 1 y 2 respectivamente.

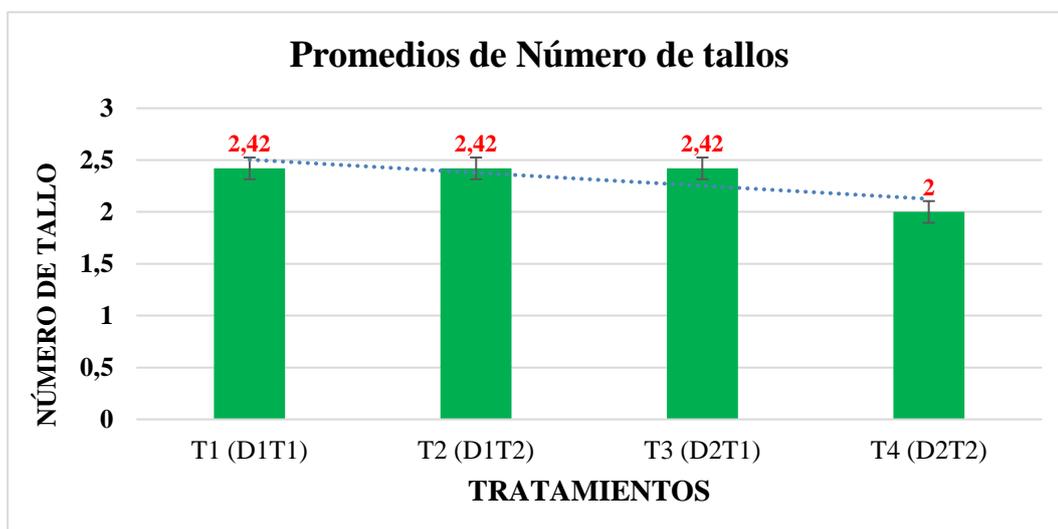
**Tabla 3. Análisis de varianza ANOVA**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	0,39	0,13	<b>0,89</b>	<b>4,76</b>	<b>9,78</b>
BLOQUES	2	0,13	0,06	<b>0,43</b>	<b>5,14</b>	<b>10,92</b>
ERROR	<b>6</b>	0,88	0,15			
FACTOR DENSIDAD (D)	1	0,13	0,13	<b>0,89</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
FACTOR TAMAÑO (T)	1	0,13	0,13	<b>0,89</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
INTERACCIÓN (D / T)	1	0,13	0,13	<b>0,89</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
TOTAL	11	1,39				

*Coefficiente de variación: 16,51 %*

Tal como se observa en la Tabla 3, en el análisis de varianza no tenemos diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, tampoco se vieron diferencias significativas en los factores de densidad y tamaño y mucho menos en la interacción entre ambos factores al 1 y 5% de probabilidad de error. Por otro lado, el coeficiente de variación es de 16, 51 % lo que indica que no hubo muchas dispersiones de datos.

**Gráfica 1. Número de tallos por planta**



Observado, el gráfico 1, vemos que los promedios muestran un comportamiento muy igual entre los tratamientos 1, 2 y 3 a diferencia del tratamiento 4, donde vemos que el promedio está un poco debajo de los 3 primeros tratamientos, con un promedio de 2 tallos por planta.

Según Velarde (2010), reporta que con densidades de 51 y 50 plantas/m<sup>2</sup> a los 42 días después del trasplante se encontraron entre 4 y 5 tallos por planta de papa de la variedad Ágata. Datos muy superiores a los obtenidos en la presente investigación. Al respecto Ramos (1992), indica que el desarrollo de los tallos y brotes depende de las condiciones ambientales y del manejo.

#### 4.2. ALTURA DE PLANTAS (cm)

La altura de 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 generen datos confiables.

**Tabla 4. Altura de plantas (cm)**

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
<b>T1 (D1T1)</b>	90,20	97,40	75,00	<b>262,60</b>	87,53
<b>T2 (D1T2)</b>	88,20	78,80	86,60	<b>253,60</b>	84,53
<b>T3 (D2T1)</b>	100,00	86,69	95,80	<b>282,49</b>	94,16
<b>T4 (D2T2)</b>	90,20	92,40	79,40	<b>262,00</b>	87,33
<b>SUMA</b>	<b>368,60</b>	<b>355,29</b>	<b>336,80</b>	<b>1.060,69</b>	<b>88,39</b>

En el tamaño de plantas se evidencio que los datos tampoco fueron muy dispersos ya que se puede ver que los promedios no pasan del 94,16 y tampoco bajan de los 84,53 centímetros de longitud de tallos, y los promedios en la toma de datos van desde los 75 hasta los 100 centímetros de longitud en los tratamientos T1 y T3 respectivamente, con un promedio general de 88,39 centímetros.

**Tabla 5. Densidad/tamaño**

	T1	T2	TOTALES	MEDIA
<b>D1</b>	262,60	253,60	<b>516,20</b>	<b>86,03</b>
<b>D2</b>	282,49	262,00	<b>544,49</b>	<b>90,75</b>
<b>TOTALES</b>	<b>545,09</b>	<b>515,60</b>	<b>1.060,69</b>	
<b>MEDIA</b>	<b>90,85</b>	<b>85,93</b>		

Analizando la Tabla 5, la doble entrada de densidad por tamaño, observamos que los valores no son muy diferentes entre ambos factores densidad por tamaño, ya

que tenemos valores de 86,03 y 90,75 en el factor densidad y 90,85 y 85,93 en el factor tamaño 1 y 2 respectivamente.

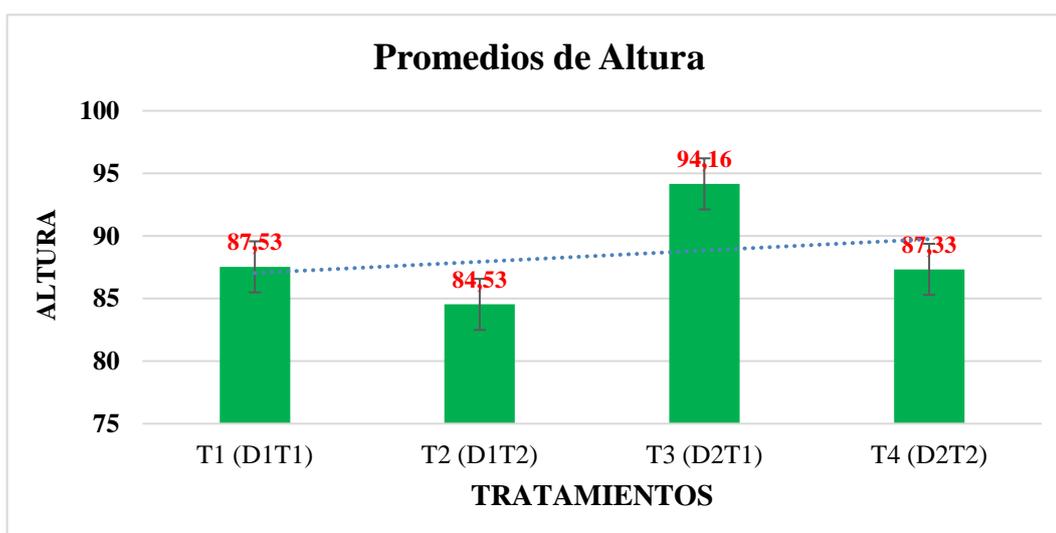
**Tabla 6. Análisis de varianza ANOVA**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	150,17	50,06	<b>0,80</b>	<b>4,76</b>	<b>9,78</b>
BLOQUES	2	127,52	63,76	<b>1,02</b>	<b>5,14</b>	<b>10,92</b>
ERROR	6	374,03	62,34			
FACTOR DENSIDAD (D)	1	66,69	66,69	<b>1,07</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
FACTOR TAMAÑO (T)	1	72,47	72,47	<b>1,16</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
INTERACCIÓN (D / T)	1	11,00	11,00	<b>0,18</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
TOTAL	11	651,72				

*Coefficiente de variación: 8,93 %*

El análisis de varianza del tamaño de planta muestra claramente que no existen diferencias significativas al 1 ni al 5 % de probabilidad de error, podemos ver que ni en los tratamientos, tampoco en los factores de densidad y tamaño no se observan diferencias significativas y menos en la interacción de ambos factores, así también vemos que el coeficiente de variación demuestra que no existió muchas dispersiones de datos.

**Gráfica 2. Altura de plantas**



El gráfico 2, nos pone en evidencia que el comportamiento de todos los tratamientos, son un tanto diferentes entre sí mostrando promedios similares entre

los tratamientos 1, 2 y 4, a diferencia del tratamiento 3 T3 (D2T1), densidad 2 y tamaño 1 con un promedio de 94,16 cm de altura.

Según una investigación realizada por Ticona (2014), se obtuvieron promedios de altura de 60 a 64 cm, siendo inferiores a los datos obtenidos comparados a la presente investigación. De acuerdo a Frías (2005) y Mamani (2011) el desarrollo de la altura se atribuye a las altas temperaturas y a las características genéticas de crecimiento que poseen las variedades.

#### 4.3. NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

El número de tubérculos por planta, se obtuvo de una muestra de 10 plantas seleccionadas al azar contando todos los frutos que estaban dentro el rango de los cuatro calibres según normas del INIAF, para semillas en la categoría básica.

**Tabla 7. Número de tubérculos por planta**

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
<b>T1 (D1T1)</b>	3,00	4,00	4,80	<b>11,80</b>	3,93
<b>T2 (D1T2)</b>	3,60	4,20	3,80	<b>11,60</b>	3,87
<b>T3 (D2T1)</b>	5,60	4,20	4,50	<b>14,30</b>	4,77
<b>T4 (D2T2)</b>	4,00	5,10	3,50	<b>12,60</b>	4,20
<b>SUMA</b>	<b>16,20</b>	<b>17,50</b>	<b>16,60</b>	<b>50,30</b>	<b>4,19</b>

El número de tubérculos por planta mostró datos no muy diferentes entre sí, aunque el valor más alto fue alcanzado con el tratamiento T4 densidad 2 y tamaño 1, con un promedio de 4,77 y el valor más bajo fue obtenido con el tratamiento T2 densidad 1 y tamaño 2, con un promedio de 3,87 número de tubérculos por planta.

**Tabla 8. Densidad/tamaño**

	T1	T2	TOTALES	MEDIA
<b>D1</b>	11,80	11,60	<b>23,40</b>	<b>3,90</b>
<b>D2</b>	14,30	12,60	<b>26,90</b>	<b>4,48</b>
<b>TOTALES</b>	<b>26,10</b>	<b>24,20</b>	<b>50,30</b>	
<b>MEDIA</b>	<b>4,35</b>	<b>4,03</b>		

En la Tabla 8, la doble entrada nos muestra los promedios individuales de cada factor en estudio vemos que los datos en las densidades tienen valores de 3,90 y

4,48 número de tubérculos por planta en la densidad 1 y 2 respectivamente y en el factor tamaño vemos que tenemos valores de 4,35 y 4,03 número de frutos por planta.

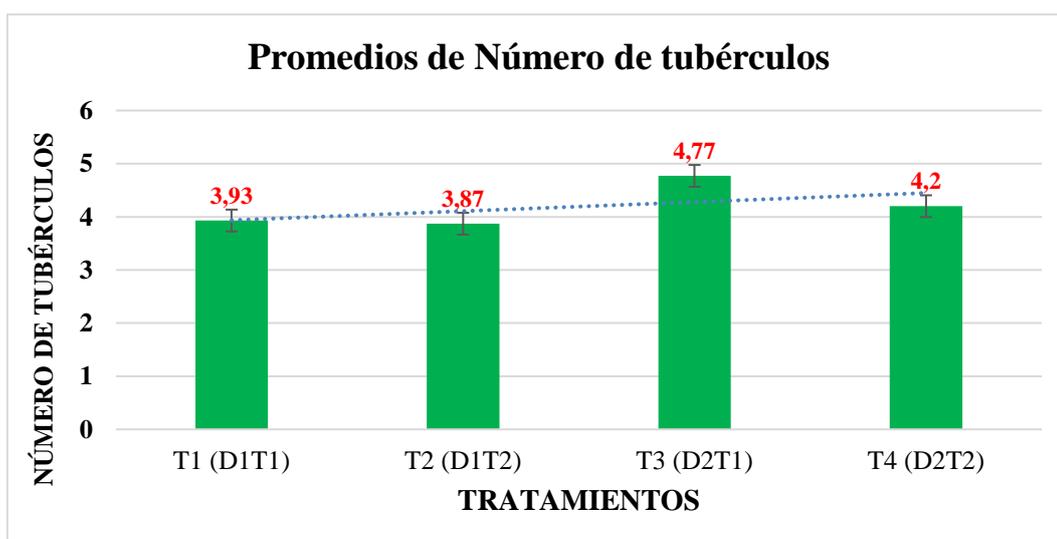
**Tabla 9. Análisis de varianza ANOVA**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	1,51	0,50	<b>0,75</b>	<b>4,76</b>	<b>9,78</b>
BLOQUES	2	0,22	0,11	<b>0,17</b>	<b>5,14</b>	<b>10,92</b>
ERROR	6	4,02	0,67			
FACTOR DENSIDAD (D)	1	1,02	1,02	<b>1,52</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
FACTOR TAMAÑO (T)	1	0,30	0,30	<b>0,45</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
INTERACCIÓN (D / T)	1	0,19	0,19	<b>0,28</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
TOTAL	11	5,75				

*Coefficiente de variación: 19,52 %*

Tal como vemos en la Tabla 9, en el análisis de varianza claramente se observa que no existen diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, así también no existen diferencias significativas en los factores densidad y tamaño, mucho menos en la interacción de los mismos, y podemos observar que el coeficiente de variación se mantuvo en el rango de lo aceptable en investigaciones a campo abierto.

**Gráfica 3. Número de tubérculos**



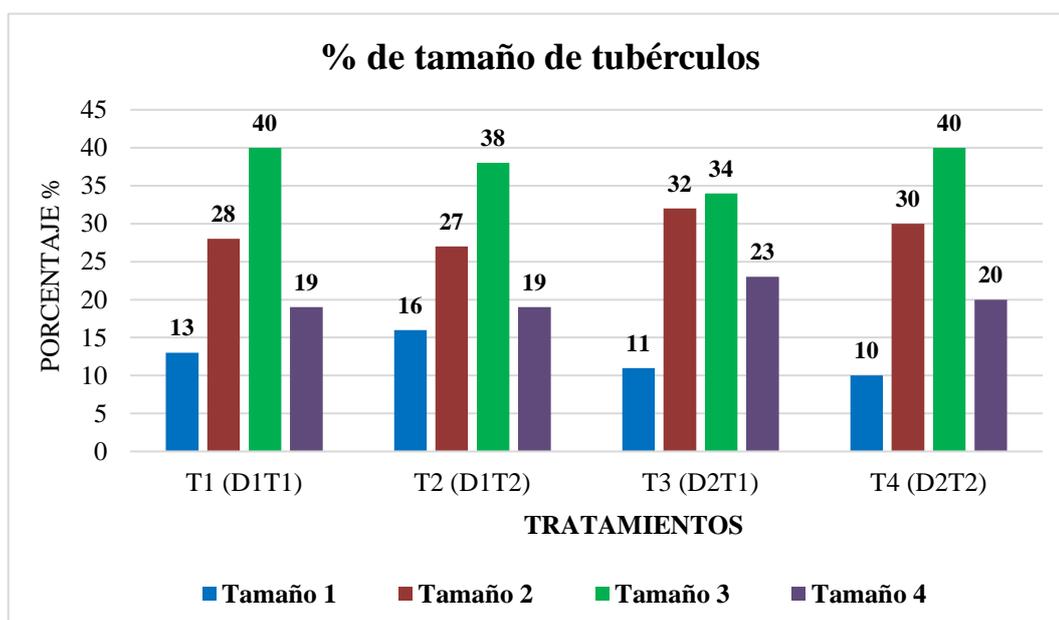
Tal como apreciamos la Gráfica 3, vemos que el número de tubérculos tiene variaciones entre sus promedios, y analizando los valores vemos que el mayor número de tubérculos obtenidos es con el tratamiento 3 con 4,77 número de tubérculos por planta a diferencia de los demás tratamientos.

Según Ticona (2014), en una investigación utilizando la variedad Ágata, se obtuvo promedios de 2 a 3 tubérculos por planta, atribuyendo esta característica al potencial que posee la variedad.

#### 4.4. TAMAÑO DE TUBÉRCULOS

Para la evaluación del tamaño de tubérculos se tomaron en cuenta todos los tubérculos cosechados de las plantas seleccionadas para muestra representativa y se realizó la selección por categorías para conocer el porcentaje de papa de cada tratamiento según el tamaño de semilla básica.

**Gráfica 4. Tamaño de tubérculos**



El gráfico 4, se evidencia el porcentaje de la semilla básica seleccionada por tamaño según las normas INIAF, donde se ve que el mayor porcentaje de tubérculos son de tamaño 3, superando el 34 % hasta el 40 % en todos los tratamientos, seguido del tamaño 2 que en los tratamientos 3 y 4 alcanzó el 30 %, el tamaño 4 fue el que se encontró en un porcentaje que bordea el 20 % y por

último el tamaño 1 fue el que se encontró en un porcentaje por debajo de 16 %. Cabe mencionar que se seleccionó todos los tubérculos que cumplían con las dimensiones de los 4 tamaños según las normas establecidas por el INIAF.

Por lo general el productor de semilla de papa requiere de un tamaño de mini tubérculos de 2,5 a 5,0 cm de diámetro polar (Arellano et al., 2010). Los tubérculos ideales para semilla tienen un diámetro de 4 a 8 cm que corresponde a un peso entre 40 a 120 g correspondiente a los calibres I y II (Montesdeoca, 2005).

#### 4.5. PESO DE TUBÉRCULOS

El peso de los tubérculos se obtuvo pesando cada tubérculo cosechado de las plantas establecidas como muestras representativas, y promediando los datos posteriormente se procedió a tabularlos.

**Tabla 10. Peso del tubérculo (g)**

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
<b>T1 (D1T1)</b>	50,00	26,00	60,00	<b>6,00</b>	45,33
<b>T2 (D1T2)</b>	40,00	30,00	48,00	<b>118,00</b>	39,33
<b>T3 (D2T1)</b>	23,00	30,00	30,00	<b>83,00</b>	27,67
<b>T4 (D2T2)</b>	48,00	30,00	47,00	<b>125,00</b>	41,67
<b>SUMA</b>	<b>161,00</b>	<b>116,00</b>	<b>185,00</b>	<b>332,00</b>	<b>38,50</b>

Los datos que se obtuvieron en el peso de los tubérculos variaron desde los 27,67 gramos hasta los 45,33 gramos de peso e los tratamientos T3 y T1 respectivamente, y asimismo entre los datos se vio reflejado que los valores más altos se vieron en el tratamiento T4, alcanzando un valor de 47,00 en la réplica 3.

**Tabla 11. Densidad/tamaño**

	T1	T2	TOTALES	MEDIA
<b>D1</b>	6,00	118,00	<b>124,00</b>	42,33
<b>D2</b>	83,00	125,00	<b>208,00</b>	34,67
<b>TOTALES</b>	<b>89,00</b>	<b>243,00</b>	<b>332,00</b>	
<b>MEDIA</b>	36,50	40,50		

Viendo las medias individuales presentes en ambos factores por separado densidad por tamaño, se puede evidenciar datos un tanto alejados en el factor densidad con valores de 34,67 y 42,33 en las densidades 1 y 2 gramos respectivamente, por el otro lado el factor tamaño mostro valores de 14,83 y 40,50 gramos en los tamaños 1 y 2 respectivamente.

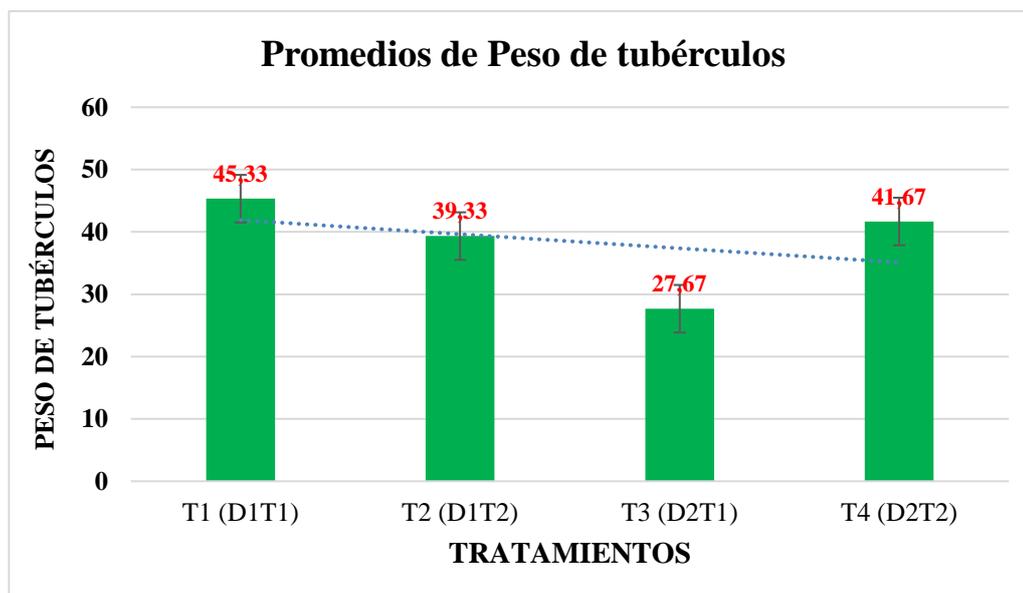
**Tabla 12. Análisis de varianza ANOVA**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	2.972,67	990,89	<b>2,90</b>	<b>4,76</b>	<b>9,78</b>
BLOQUES	2	9.215,17	4.607,58	<b>3,48</b>	<b>5,14</b>	<b>10,92</b>
ERROR	6	2.051,17	341,86			
FACTOR DENSIDAD (D)	1	588,00	588,00	<b>1,72</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
FACTOR TAMAÑO (T)	1	1.976,33	1.976,33	<b>5,78</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
INTERACCIÓN (D / T)	1	408,33	408,33	<b>1,19</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
TOTAL	11	10.136,67				

*Coficiente de variación: 21,13 %*

Una vez llevados todos los datos a un análisis de varianza se pudo evidenciar que no existe diferencias significativas en los tratamientos, tampoco se vio diferencias en los bloques, así también no se observó diferencias en ambos factores densidad y tamaños, ni mucho menos en la interacción en ninguna de las probabilidades de error al 1 y 5 %.

**Gráfica 5. Peso de tubérculos**



Observando los promedios del peso de tubérculos en la gráfica 5, vemos que los tratamientos 1, 2 y 4 alcanzaron promedios similares difiriendo en poco más de 5 g entre sí, a diferencia del tratamiento 3 (densidad 2 y tamaño 1), donde se alcanzó un promedio de 27,67 g siendo este el tratamiento que mostró el promedio más bajo.

El conseguir rendimientos máximos estarán en directa relación con una máxima fotosíntesis neta diaria y que esta ocurra en un tiempo bastante prolongado d Ágata es inferior en comparación a otras variedades nativas al igual que su ciclo de cultivo, por lo que consecuentemente se tiene bajos rendimientos. Por su parte Mamani (2011), determino con la prueba de Tukey para el peso de tubérculos calibre IV, por efecto de la distancia entre líneas, un rendimiento promedio de 5.875kg a una distancia de 20cm y 5. 050kg.a una distancia de 25 cm.

#### 4.6. RENDIMIENTO (ton/ha)

El rendimiento fue la última variable estudiada, el cual se obtuvo al final cosechando el total de tubérculos de cada tratamiento, posteriormente se seleccionaron los tubérculos que estén dentro de los 4 tamaños establecidos según normas del INIAF, para luego con una balanza de precisión se procedió a pesarlos y tabular los datos, convirtiendo las unidades a (ton/ha).

**Tabla 13. Rendimiento**

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
<b>T1 (D1T1)</b>	6,39	5,97	5,81	<b>18,17</b>	6,06
<b>T2 (D1T2)</b>	5,80	6,58	5,93	<b>18,31</b>	6,10
<b>T3 (D2T1)</b>	6,30	6,77	7,00	<b>20,07</b>	6,69
<b>T4 (D2T2)</b>	6,22	6,09	5,79	<b>18,10</b>	6,03
<b>SUMA</b>	<b>24,71</b>	<b>25,42</b>	<b>24,53</b>	<b>74,65</b>	<b>6,22</b>

En la variable rendimiento se tomó datos un tanto homogéneos, por cada tratamiento, obteniendo valores entre los 6,03 hasta los 6,10 Ton/ha de promedio por tratamiento en los tratamientos T4 y T2 respectivamente, datos obtenidos previa conversión de unidades (Kg - Ton).

**Tabla 14. Densidad/tamaño**

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>TOTALES</b>	<b>MEDIA</b>
<b>D1</b>	18,17	18,31	<b>36,48</b>	<b>6,08</b>
<b>D2</b>	20,07	18,10	<b>38,17</b>	<b>6,36</b>
<b>TOTALES</b>	<b>38,24</b>	<b>36,41</b>	<b>74,65</b>	
<b>MEDIA</b>	<b>6,37</b>	<b>6,07</b>		

En la tabla 17, la doble entrada muestra los promedios por separado donde se tiene valores un tanto similares con ligeras variaciones entre ambos factores lo que indica que no hubo interacción entre ambos factores, se tuvieron valores de 6,08 y 6,36 en el factor densidad y 6,37 y 6,07 Ton/ha en el factor tamaño.

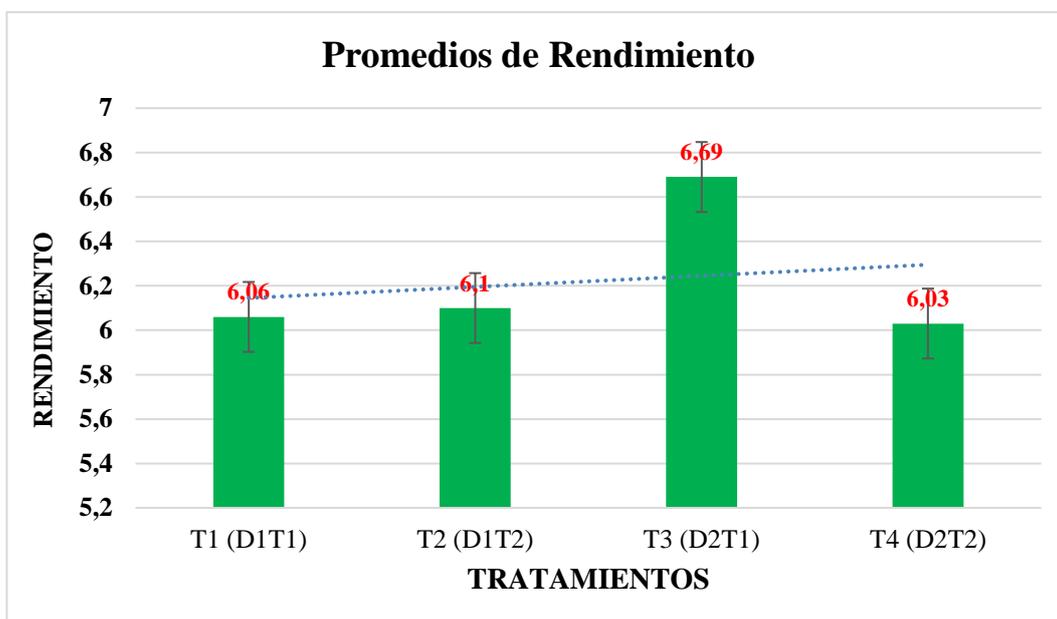
**Tabla 15. Análisis de varianza ANOVA**

<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F Calculada</b>	<b>F tabulada</b>	
					<b>5%</b>	<b>1%</b>
TRATAMIENTOS	3	0,89	0,30	<b>2,33</b>	<b>4,76</b>	<b>9,78</b>
BLOQUES	2	0,11	0,06	<b>0,43</b>	<b>5,14</b>	<b>10,92</b>
ERROR	6	0,77	0,13			
FACTOR DENSIDAD (D)	1	0,24	0,24	<b>1,87</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
FACTOR TAMAÑO (T)	1	0,28	0,28	<b>2,20</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
INTERACCIÓN (D / T)	1	0,37	0,37	<b>2,91</b>	<b>5,99</b>	<b>13,75</b>
TOTAL	11	1,77				

*Coefficiente de variación: 5,74 %*

Una vez llevados los datos al análisis de varianza, así como vemos en la Tabla 18, se puede ver que no existen diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, no hay diferencias en los factores densidad y tampoco en el factor tamaño ni mucho menos en la interacción al 1 y 5 % de probabilidad de error por lo que no amerita una prueba de comparación de medias.

Gráfica 6. Rendimiento



Los promedios de rendimiento, observados en la gráfica 6, muestran que el comportamiento fue más favorable al tratamiento 3 (densidad 2 y tamaño 1), el cual evidenció que su valor fue el más elevado alcanzando un 6,69 Ton/Ha a diferencia de los tratamientos 1, 2 y 4 que estuvieron por debajo, alcanzando promedios un poco más de 6 Ton/Ha.

Según los datos obtenidos por Ticona, (2014), en una investigación realizada bajo condiciones de invernadero logró obtener rendimientos promedio de entre 13,40 a 19 ton/ha, superando en poco más de 10 ton/ha comparado a la investigación realizada con semilla prebásica.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- El tratamiento 3 fue el que mejor resultados dio en cuanto al número de tubérculos por planta correspondiente a la densidad 2 (20 semillas/m<sup>2</sup>) y tamaño 1, con un 4,77 número de tubérculos por planta a diferencia de los demás tratamientos donde se obtuvieron menor número de tubérculos.
  
- En cuanto al tamaño de los tubérculos el tamaño 3 fue el que se encontró en mayor porcentaje de entre 30 a 40 % en todos los tratamientos, seguido de los demás tratamientos que se encontraron en menor porcentaje, siendo el tamaño 1 el que se encontró en menor porcentaje por debajo de los 15 %, cabe mencionar que todos los tubérculos evaluados cumplían las condiciones de semilla básica.
  
- Según lo observado en la variable rendimiento no se pudo observar mucha variación en los resultados sin embargo cabe mencionar que la densidad 2 35 semillas/m<sup>2</sup>, fue la que mejores resultados dio en cuanto a rendimiento alcanzando los 6,69 Ton/ha, tomando en cuenta que la densidad 2 fue mayor a la densidad 1.

## Recomendaciones

- Se recomienda utilizar la densidad 1 (35 semillas/m<sup>2</sup>), así como también la densidad 2 (20 semillas m<sup>2</sup>), ya que estadísticamente no se evidenciaron diferencias, por lo tanto, son iguales estadísticamente.
- Se recomienda utilizar la densidad 2 de 35 semillas/m<sup>2</sup>, para obtener mayor cantidad de semilla básica 1, y realizar un defoliado cuando las hojas se pongan amarillas, con el fin de uniformizar la maduración de los tubérculos
- Se recomienda realizar un estudio más a fondo tomando en cuenta más de dos tamaños como factores en evaluación, buscando obtener mayor rendimiento de tubérculos que cumplan las condiciones de ser una semilla básica 1.