

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

El brócoli es una de las hortalizas producida en todo el mundo, está entre las consumidas como la papa, tomate, lechuga, cebolla y otras hortalizas, en su rendimiento por hectárea se logra una producción de medio a alto. Sin embargo en los últimos años ha tomado gran importancia a nivel mundial en la industria como también en el mercado internacional, a través de varias investigaciones las personas lo vieron muy importante para el consumo humano por sus propiedades nutritivas que aportan a la salud de la persona, en el campo la diversidad de los ambientes permite que el cultivo se desarrolle con excelencia con temperaturas altas y bajas existen varias investigaciones que se logró Híbridar variedades de excelencia y resistentes a las épocas del año (Portal Agrario, 2008).

A lo largo de los años, el cultivo del brócoli para el mercado y consumo humano fue creciendo y mejorando, en la actualidad su consumo está muy difundido por todos los países de clima templado, en especial este cultivo es muy apreciado en Europa, Francia, Italia, Inglaterra y Holanda como también es muy apreciada en Europa occidental. El introducir una o varias especies Híbridas de crucíferas (Brócoli) resultan desde cualquier punto de vista una buena alternativa, no solo para el productor, sino también para el consumidor donde se puede aprovechar las condiciones climáticas, para establecer áreas experimentales; estudiando el comportamiento, tolerancia a insectos, rendimiento y mercado (FAO, 2015).

Por el lado de la fertilización en la actualidad la estrategia mundial consiste en aumentar la producción con el empleo de fertilizantes minerales, a través del perfeccionamiento de los métodos de cultivo como el espaciamiento entre plantas y la distancia entre surco, sus rendimientos están más en función del número de plantas por área que por el tamaño o peso de cada inflorescencia (Bolaños, 2010).

La producción del brócoli en Bolivia de acuerdo a la baja demanda incide en el estancamiento de su producción en las parcelas de los valles cruceños 396 toneladas, equivalen a 80.000 unidades, en la producción anual del brócoli se han mantenido durante el 2015 y 2016 explicó el responsable agrícola del Servicio Departamental Agropecuario de Santa Cruz (Sedacruz) (Donato Montaña en, 2017).

Además, contribuyen a la nutrición humana en proteínas, grasas y carbohidratos; en Bolivia particularmente en el altiplano el consumo de hortalizas es muy bajo lo que conlleva a altos índices de desnutrición. La demanda de alimentos sanos y de alta calidad es creciente, y los volúmenes y características de los productos están totalmente ligados a una buena nutrición y presentación en el mercado de todos aquellos vegetales y la posibilidad de que esta exprese plenamente sus características y potenciales genéticos, en las mejores condiciones ambientales y manejo, para su desarrollo (Jaramillo y Diaz, 2009).

El cultivo del brócoli en el departamento de Tarija no ha pasado hasta hace muy poco de ser una explotación de carácter familiar y social realizada en muy pequeñas escalas ya sea en parcelas muy pequeñas y a gran extensión variando los cultivos para abastecer las demandas del mercado. Sin embargo, el campo hortícola es amplio, existiendo otras especies que podrían tener gran importancia en la dieta alimenticia, tal es el caso de la coliflor que es escasamente cultivada en el altiplano, las hortalizas son consideradas a nivel mundial como fuente principal de fibra, minerales y vitaminas por lo que se cultivan en muchos países (INIAF, 2015).

El brócoli es una planta que crece prácticamente sin problemas, gustándole la humedad y el clima fresco, por lo que el invierno no suele ser un problema para ella, el brócoli es muy exigente en nutrientes como el nitrógeno, fosforo y potasio.

Por las condiciones agroecológicas del valle central de Tarija, el brócoli se desarrolla bien en ciertas partes, en donde realizaron pocas investigaciones en lo referido al desarrollo del cultivo del brócoli con aplicaciones de fertilizantes inorgánicos y orgánicos estos estudios contribuirán para mejorar la producción del agricultor y

mantener una fertilización equilibrada y evitar que las áreas de suelos sean degradados o en proceso de desertificación que vayan en ascenso en nuestro medio, que actualmente el 38% del territorio Boliviano se encuentra afectado (Cámara Forestal de Bolivia, 2015).

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Entendiendo al suelo como un ente vivo con microorganismos y meso organismos que se desarrollan de manera equilibrada, se puede ofrecer la fertilización inorgánica como alternativa de acuerdo a los distintos productos químicos, pero en consideración hay que mantener una fertilización equilibrada con una fertilización orgánica para no degradar demasiado al suelo y mantener firme el medio ecológico.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) coloca el consumo escaso de frutas y hortalizas en sexto lugar entre los 20 factores de riesgo a lo que atribuye la mortalidad humana, la proporción de las frutas y hortalizas apenas ha aumentado, y estima que en todo el mundo la gente solo consume entre el 20% y el 50% del mínimo recomendado, (FAO, 2015).

Tal es así que los cultivos durante generaciones han sido desarrollados si se puede decir, de forma cíclica, es decir, habilitada una parcela con el cultivo sucesivo durante un determinado número de años, como mono cultivo, luego de declinar los rendimientos, estas han sido abandonadas y nuevas tierras o parcelas han sido inhabilitadas, el manejo a todas luces ha sido no sostenible y por el contrario degradante de suelos y capacidad productiva. La fertilización es hoy un factor fundamental para el aumento de la producción y para reponer parte de los nutrientes que año tras año pierden nuestros suelos, como resultado de la utilización del sistema agrícola de producción intensiva, ya que el buen uso de los fertilizantes permite aumentar la eficiencia del sistema maximizando el rendimiento de los cultivos.

El principio fundamental de este enfoque productivo se basa en la producción de alimentos y productos agrícolas en todas las áreas rurales de poder cubrir en parte el déficit de oferta y demanda de productos agrícolas, y cerrar en lo posible la brecha

alimentaria que da lugar a la proliferación de problemas de alimentación, como la desnutrición que causa otras enfermedades como la anemia, tuberculosis y otros, que a su vez generan la muerte de niños recién nacidos y en edad escolar y en los adultos mayores que necesitan gran parte de las vitaminas de todas las hortalizas y frutas.

Los datos obtenidos serán un aporte técnico sobre el manejo del cultivo para productores de la región, tanto para técnicos y estudiantes interesados en este cultivo.

### **1.3. HIPÓTESIS**

Con la aplicación de diferentes niveles de fertilización inorgánica y densidades de plantación se logra mejorar la producción del brócoli para el consumo humano.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar la influencia de dos densidades de plantación y dos niveles de fertilización inorgánica en las variedades Híbridas de brócoli Avenger y Pirate Mejorado.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada utilizando urea en dos variedades de brócoli para obtener un mejor rendimiento en ton/ha.
- Evaluar el efecto de dos densidades de siembra en el rendimiento ton/ha, de dos variedades de brócoli Avenger y Pirate.
- Comparar el comportamiento de dos variedades Avenger y Pirate mejorado, durante todo el ciclo vegetativo.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO

##### 2.1.1. ORIGEN DEL CULTIVO DEL BRÓCOLI

El brócoli, también conocido como brécol, es originario del Mediterráneo Oriental (Asia Menor, Líbano, Siria) se expandió como cultivo a partir del siglo XVI, pasando poco después al continente americano en el año 1999. El brócoli a nivel mundial se produce 24.2 millones de toneladas, China e India son los principales productores de brócoli, luego le siguen Italia, Francia y España, es un cultivo con potencial en Nicaragua, encontrándose entre las hortalizas que son admisibles así también en Guatemala, Hawái, Puerto Rico y las islas Vírgenes (René Zilli Cessa, 2015).

El brócoli (*Brassica Oleracia L. var. Itálica Plenck*) proviene del término italiano “broco” que quiere decir brote o retoño, este término hace referencia a la peculiar capacidad que tiene el brócoli de rebrotar y a los brotes laterales que se dan después del corte de la cabeza principal, pero en los híbridos el proceso de generar brotes ya no es el mismo.

Su difusión por el mundo se le atribuyo a navegantes romanos, griegos, musulmanes, entre otros llegando posteriormente a Inglaterra y España donde luego fue difundido por los españoles en América en la época colonial (Jaramillo y Díaz, 2009).

La disminución productiva de los sistemas agrícolas tradicionales en nuestras tierras agrícolas, están generando problemas graves a los productores, ya que sus suelos están más pobres, con menor cantidad de materia orgánica (menos del 1%), por ello la menor producción y la mayor necesidad del uso de agroquímicos explico (Brouwer et al., 2006).

Los cultivos más tradicionales son los de carácter extensivo, ósea el cultivo en parcelas a la intemperie, tanto en la agricultura rural campesina y la agricultura extensiva empresarial de los llanos de nuestro país, si bien es obvio que este tipo de agricultura

es muy importante para el sostén de la economía de muchísimas familias en el campo y de nuestro país, este no es suficiente porque se está dejando de lado la producción y consumo de muchas hortalizas importantes para nuestra salud, teniendo las posibilidades de producirlas en cualquier región, con el uso de nuevas tecnologías (INIAF-2015).

## **2.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN DEL BRÓCOLI**

Estimaciones en la economía y producción agrícola indican que el cultivo del brócoli está ascendiendo en los campos de producción en Bolivia en donde otros países están siendo un cultivo producido a mayor escala muy deseado por sus características y entre los productos congelados, tiene bastante vitamina C, así como otras vitaminas y minerales.

En un informe extraído del INE (Instituto Nacional de Estadística), del año 2010 al 2015 hubo un aumento sustancial en las importancias, en todo el mundo, pero en Bolivia está teniendo un gran valor, principalmente en la economía ya que es muy rentable y fácil de efectuar en nuestro medio junto a las demás hortalizas (INIA, 2017).

**Cuadro No. 1 Producción de brócoli por continente**

<b>Continente</b>	<b>Miles de toneladas</b>	<b>%</b>
África	261	2
Asia	10.889	76
Europa	2.197	15
Norteamérica	648	5
Oceanía	173	1
Sudamérica	72	1
Total	14.240	100

**Fuente: FAO, 2005.**

**Cuadro No. 2 Los 9 principales países productores de brócoli**

<b>País</b>	<b>Miles de toneladas</b>
India	5.000
China	4.382
Italia	528
Francia	500
España	352
Estados unidos	294
Polonia	286
Reino unido	219
Pakistán	189

**Fuente: FAO, 2005.**

**Cuadro No. 3 Los 9 principales países exportadores de brócoli**

<b>País</b>	<b>Miles de toneladas</b>
Francia	200
España	197
Estados unidos	86
Italia	81
México	54
Guatemala	31
Australia	29
Jordania	20
China	16

**Fuente: FAO, 2005.**

**Cuadro No. 4 Los 9 principales países importadores de brócoli**

<b>País</b>	<b>Miles de toneladas</b>
Reino unido	105
Alemania	88
Canadá	40
Francia	39
Países bajos	35
China	29
Bélgica-Luxemburgo	22
Malasia	18
Italia	12

**Fuente: FAO, 2005.**

### 2.3. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DEL BRÓCOLI

**Cuadro No. 5 Descripción taxonómica del brócoli**

Reino	Vegetal
Phylum	Telemophytae
División	Tracheophytae
Sub División	Anthophyta
Clase	Angiospermae
Sub Clase	Dicotyledoneae
Grado Evolutivo	Archichlamydeae
Grupo de Ordenes	Corolinos
Orden	Papaverales
Familia	Brassicaceae
Nombre Científico	Brassica oleracea L. var. Itálica Plenk.
Nombre Común	Brócoli

**Fuente: Herbario Universitario (T.B.), Ing. M.Sc. Ismael Acosta Galarza**

### 2.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL BRÓCOLI

Es una planta de la familia Brassicaceae son consideradas como brócoli las coles de pella compacta que pueden tener entre 10 a 25cm y forman brotes laterales, son de color verde y tienen características morfológicas distintas, como las hojas, más anchas y no tan erguidas, con limbos que cubren generalmente en su totalidad el pecíolo, a no ser en las hojas muy viejas algunas variedades; tienen también los bordes de los limbos menos ondulados, nervaduras menos marcadas, así como pellas de mayor tamaño, de superficie menos granulada y sabor más suave. En cuanto a su tallo se desarrolla un eje grueso (entre 2 a 6 cm de diámetro) y corto (20 a 50 cm de longitud), sobre el cual se disponen las hojas en internudos cortos, las flores son de color amarillo y sus frutos son de color verde oscuro cenizo se ubican en forma de vainas (Barahona, 2006).

## **2.5. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL BRÓCOLI**

### **2.5.1. Raíz**

Posee una raíz pivotante que penetra hasta 0,40 m; de donde se originan una cabellera de raicillas secundarias ramificadas y superficiales son profundas, extendiéndose alrededor del tallo de 20 a 30 centímetros, donde le permite un buen anclaje y alta capacidad de absorción de agua y nutrientes (Jaramillo y Díaz, 2009).

### **2.5.2. Hoja**

Las hojas son de tamaño grande, de hasta 50 cm de longitud y 30 cm de ancho, varían en número, de 15 a 30 según el cultivar, constituida por una lámina que generalmente es lobulada. La superficie foliar está cubierta de ceras epicuticulares que dificultan el mejoramiento y causan el escurrimiento de agua (Jaramillo y Díaz, 2009).

Manifiesta que las hojas son de color verde oscuro, con espículas largas, limbo hendido, en la base de las hojas puede dejar a lo largo del nervio central que es muy pronunciado, pequeños fragmentos de limbo foliar a manera de foliolos, tienen hojas de 40 a 50 cm de largo (Limongelli, 1979).

### **2.5.3. Tallo**

En la fase de floración, los tallos que sustentan las partes de la pella inician un crecimiento en longitud, con aperturas de las flores, sus tallos son carnosos y gruesos que emergen de axilas foliares formando inflorescencias, generalmente una central de mayor tamaño y otras laterales en variedades comunes, en cuanto a los híbridos desarrollan un solo tallo principal que es muy grueso y no desarrollan tallos secundarios. Su altura oscila entre 0.60 a 0.90 m, determinando en una masa de yemas funcionales que forman la pella (Jaramillo y Díaz, 2009).

#### **2.5.4. Flor**

Las flores son pequeñas, notables debido a su gran número, son completas, regulares e hipóginas, tienen cuatro sépalos y cuatro pétalos de color amarillo, por lo general en ángulo agudo, cerca de la línea mediana y doblada hacia atrás. Existen seis estambres, cuatro más largos que los otros dos, el pistilo simple se compone de dos carpelos y tienen dos lóbulos. La disposición de los pétalos es en forma de cruz, de donde proviene el nombre de la familia a la que pertenece (Valadez, 1954 y Weber, et. al., 1980).

En la fase de inducción floral la planta después de haber pasado un número determinado de días con temperaturas bajas inicia la formación de la flor; al mismo tiempo que está ocurriendo esto, la planta sigue brotando hojas de tamaño más pequeño que en la fase de crecimiento (Jaramillo y Díaz, 2009).

#### **2.5.5. Inflorescencia**

Son inflorescencias racimosas del brócoli a diferencia de algunos tipos de coliflor está conformada por primordios florales o flores inmaduras propiamente dispuestas en un colimbo principal o primario, en el extremo superior del tallo o en ramificaciones de las yemas axilares. Las flores son perfectas, actinomorfas con cuatro pétalos libres, amarillos, dispuestos en forma de cruz. Debido a problemas de autoincompatibilidad, las especies presentan polinización cruzada alogamas (Hidalgo, 2007).

A diferencia de la coliflor, en el brócoli se forma una cabeza principal y otras laterales de un color verde oscuro, no tan compactas, sobre un tallo floral menos corto y en un estado de desarrollo más avanzado. La parte comestible está formada por las yemas florales, el tallo y alguna porción de la hoja (Gordon, et. el, 1992).

#### **2.5.6. Fruto y semilla**

Señala que el fruto es una silicua de color verde oscuro cenizo que mide en promedio de 3 a 4 cm de largo, y que contiene las semillas (García, 1952).

Indica que la semilla tiene forma de una munición y miden de 2 a 3 mm de diámetro, (Valadez, 1994).

Según en la fructificación se forman los frutos y semillas; las cuales se ubican en una especie de vaina que se conoce como Silicua, la cual semillas cuyo periodo de germinación se mantiene hasta 4 año. Un gramo de semilla contiene aproximadamente 340 gramos (Jaramillo y Díaz, 2009).

## **2.6. FASES FENOLÓGICAS DEL BRÓCOLI**

El cultivo del brócoli presenta un ciclo biológico de 150 días a 180 días desde la germinación de la semilla para dar origen a una nueva planta, hasta la etapa de maduración de la nueva semilla. El proceso de germinación dura alrededor de 10 a 12 días según la especie a cultivar, en el semillero o almaciguera, deben permanecer las plántulas por un tiempo de 30 días a 35 días antes de realizarse el trasplante a suelo definitivo; desde el trasplante del semillero o almaciguera a la cosecha de la pella del brócoli, transcurren alrededor de 70 días a 100 días, según la variedad utilizada y las condiciones climáticas dónde se cultiva; el proceso de maduración de la pella hasta la floración final como tal se realiza aproximadamente entre los 90 días a los 120 días dependiendo de la variedad (Bolea, 2002).

### **2.6.1. Germinación**

La germinación de la semilla de brócoli, se produce entre los 5 y diez días desde la siembra en almaciguera, siendo la temperatura óptima entre 12°C y 14°C; el mínimo de temperatura vegetativa se encuentra entre 1°C y 5°C de temperatura que hacen que la semilla tarde su germinación entre diez y catorce días (Bolea, 2002).

### **2.6.2. Fase inicial de crecimiento**

Esta fase inicia después del trasplante de la almaciguera donde sufre un proceso de adaptación y regeneración radicular de la plántula, en esta fase de crecimiento la temperatura debe ser moderada, lo que más perjuicio ocasiona, es que se mantenga

prolongadamente una temperatura inferior a los 15°C, pues con ello se inicia una inducción floral prematura del brócoli (Bolea, 2002).

### **2.6.3. Fase juvenil**

Es cuando la planta comienza a desarrollar, la temperatura debe ser constante entre los 18°C y 20°C, pero si la temperatura permanece durante este periodo entre 10°C y 12°C, se produce la inducción floral en la planta, pero si la temperatura es superior a los 25°C se producen efectos perjudiciales en la formación de la pella (Bolea, 2002).

### **2.6.4. Fase de formación de la pella**

En este periodo, la temperatura tiene una importancia relativa, pudiendo oscilar entre los 2°C y 20°C en la última fase, las temperaturas tienen escasa importancia, ya que en la planta se activan los genes que hacen resistentes las mismas a heladas, haciendo que las hojas arrojen las pellas o cabeza de brócoli según la variedad de cultivo (Bolea, 2002).

## **2.7. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS**

### **2.7.1. Clima**

El brócoli es una hortaliza propia de climas fríos y frescos puede tolerar heladas (-2°C) siempre y cuando no se haya formado la inflorescencia, ya que es fácilmente dañada por las bajas temperaturas se adapta bien al ambiente en que se cultiva. Tiene mejor desarrollo en climas templados y húmedos, es sensible a la falta de humedad y más exigente en el inicio de floración (Jaramillo y Díaz, 2009).

### **2.7.2. Temperatura**

El brócoli responde mal a las bajas temperaturas por debajo a los 0° C cuando se está iniciando la fase de floración, afectándole además las altas temperaturas >28° C. La temperatura óptima para su ciclo de cultivo oscila entre 15.5 a 25.5°C. Las variedades de brócoli utilizadas son de acuerdo a su ciclo y épocas en relación con las posibles heladas donde se presenten (Rodríguez, 2010).

Para el óptimo desarrollo requiere de temperaturas alrededor de los 8° C y los 20° C, así mismo puede adaptar a temperaturas de 2° C y 25° C en ambientes controlados (SAKATA, 2011).

### **2.7.3. Humedad relativa**

Para el desarrollo vegetativo requiere una humedad relativa del 80% con una mínima de 60%. Las condiciones de iluminación, humedad y temperatura influyen enormemente en las diferentes fases de germinación, floración y maduración. De aquí la importancia de saber elegir las épocas más convenientes para el cultivo de brócoli (Krarup, 2005).

### **2.7.4. Altitud**

El brócoli se puede cultivar de manera adecuada en zonas comprendidas entre los 2200 y 2800 m.s.n.m, en la actualidad se encuentran cultivares adaptados a rangos de altitudes más amplios (s/a, 2012).

### **2.7.5. Luminosidad**

Una luminosidad deficiente durante la formación de la pella, influye desfavorablemente en la calidad de las mismas, por el contrario, un exceso de luz produce un cambio de coloración o un rápido y descontrolado florecimiento (Bolea, 2002).

El brócoli, requiere de un fotoperiodo entre 11 a 13 horas luz, para su óptimo desarrollo ya que el brócoli se encuentra dentro las hortalizas de día corto que requieren menos de 14 horas luz al día (SAKATA, 2011).

### **2.7.6. Suelo**

El brócoli se adapta bien a suelos francos arcillosos, arcillo-arenoso, con una textura media que posean altos contenidos de materia orgánica y excelente retención de humedad, con buena aireación y buen drenaje, ya que no tolera los suelos encharcados con preferencia que posean estructura suelta y granular (Rodríguez, 2010).

Los suelos para el cultivo de brócoli, deben ser de preferencia arcillo-arenosos, húmeda con buen drenaje, ya que el brócoli al igual que la coliflor no es tan exigente en materia orgánica, pero se debe evitar las aplicaciones excesivas, ya que perjudica la calidad del final del producto. Para una buena producción se puede utilizar estiércol de vaca, abono de gallinaza, estiércol de chivo descompuesto y humus de lombriz o compost (Limongelli, 2005).

### **2.7.7. PH**

Respecto al tipo de suelo, como todas las crucíferas, prefiere suelos con pH neutros con tendencia a la alcalinidad y no a la acidez, estando el óptimo de pH entre 6.5 y 8.5 tiene una buena tolerancia a la salinidad, en suelos más alcalinos desarrolla estados carenciales (Rodríguez, 2010).

### **2.7.8. Riego**

El brócoli es una planta mesófito, y por lo mismo requiere una disponibilidad de agua de buena calidad (sin elementos tóxicos, bajo contenido salino, etc.), de manera de evitar situaciones de estrés hídrico (Krarup, 2005).

Los requerimientos de agua del brócoli dependen del tipo de riego que se está utilizando, manifiesta de manera general que, por inundación, el brócoli necesita aproximadamente 1286 m<sup>3</sup>/ha y en riego localizado 858 m<sup>3</sup>/ha para llegar a capacidad de campo (Vera y Vilaña, 2009).

## **2.8. FERTILIZACIÓN**

### **2.8.1. FERTILIZACIÓN INORGÁNICA**

Un fertilizante inorgánico es cualquier sustancia que se añade al suelo para aportar uno o más nutrientes de las plantas con el fin de aumentar su crecimiento. Por lo general los fertilizantes inorgánicos son compuestos químicos simples, hechos en las fábricas o extraídos de las mismas, que proveen nutrientes de las plantas y no son residuos de materia viviente animal o vegetal (ARCOS F., 2010).

La fertilización en brócoli se caracteriza por el máximo requerimiento de nitrógeno y potasio, es menor exigente en fósforo, en la mayoría de los casos se recomienda la incorporación de estiércol o abonos verdes al suelo supliendo más tarde con aplicación de nitrógeno al lado del surco (Cásseres, 2005).

La investigación publicada en 2001 por Feller nos revela que la toma de nitrógeno más importante del brócoli ocurre entre los 28 y los 56 días después del trasplante, llegando a su pico de demanda alrededor del día 40 después de trasplante, momento en el que llega a requerir hasta 11 kg N/ha/día y que coincide con los momentos de crecimiento más rápido del cultivo. En cuanto al fósforo la aplicación tendrá que ser al principio manteniendo un equilibrio donde la planta lo absorbe de acuerdo a la demanda del cultivo, el potasio es necesario la aplicación de un 50 % a los 10 días de trasplante y a los 40 días de trasplante el 50 % restante con el nitrógeno.

Manifiesta que el 75% del nitrógeno y el potasio se absorben a partir de la formación de la cabeza, en cambio las exigencias por fósforo se manifiestan durante todo el ciclo relativamente constante. El brócoli es exigente también en boro y molibdeno, debido al crecimiento rápido, ciclo corto y producción elevada; en suelos en los que el magnesio sea escaso conviene hacer aportación de este elemento (Rodríguez, 2009).

El brócoli responde a la aplicación de nitrógeno en dosis de 120 a 240 kg/ha, principalmente cuando se aplica también fósforo de 50 a 210 kg/ha. Sólo durante el primer mes de trasplante se asimila entre el 5 y 10% del total de nutrientes y la asimilación máxima tiene lugar durante la formación de la cabeza. El brócoli es muy sensible a las deficiencias de nutrientes minerales principalmente (Cartagena, 2005).

### **2.8.2. PARÁMETROS PARA EL CRONOGRAMA DE FERTILIZACIÓN**

Indica que se deben seguir los siguientes pasos para realizar un cronograma de fertilización apropiado en un cultivo (ARCOS F., 2010).

- Muestreo y análisis de suelo.
- Demanda nutricional del cultivo.

- Diagnóstico de la fertilización.
- Diseño del plan de fertilización.
- Ejecución y monitoreo del plan de fertilización.
- Evaluación y análisis de los resultados del plan de fertilización.
- Niveles de fertilidad utilizados.

### **2.8.3. FERTILIZANTES NITROGENADOS**

Los fertilizantes nitrogenados más comunes son: amoníaco anhidro, urea (producida con amoníaco), nitrato de amonio, (producido con amoníaco y ácido nítrico), sulfato de amonio (fabricado a base de amoníaco y ácido sulfúrico) y nitrato de calcio y amonio, o nitrato de amonio y caliza.

El nitrógeno es absorbido por las raíces generalmente bajo las formas de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ . Su asimilación se diferencia en el hecho de que el ión nitrato se encuentra disuelto en la solución del suelo, mientras que gran parte del ión amonio está adsorbido sobre las superficies de las arcillas (ARCOS, 2010).

Describen el comportamiento y las funciones del nitrógeno, en el suelo y la planta; en el suelo es parcialmente retenido por las partículas, alimenta a los microorganismos y favorece la descomposición de la materia orgánica; en las plantas estimula el crecimiento rápido y aumenta la producción. Forma parte de las proteínas en cultivos alimenticios y forrajeros (H.A. Graetz, F. Orozco, 1981).

#### **2.8.3.1. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en la planta**

La insuficiente nutrición de la planta en nitrógeno se manifiesta, en primer lugar, con vegetación raquítica, maduración acelerada con frutos pequeños y poca calidad causada por la inhibición de formación de carbohidratos, hojas de color verde amarillento, caída prematura de las hojas, disminución del rendimiento (MIRAT, 2002).

### **2.8.3.2. Exceso de nitrógeno en la planta**

Manifiesta que si se suministran a las plantas cantidades elevadas de nitrógeno se observa una tendencia al aumento del número y tamaño de las células de las hojas, con un aumento general en la producción de hojas (Devlin, 2005).

El exceso de nutrición de la planta en nitrógeno produce una vegetación excesiva que conlleva algunos inconvenientes como puede ser el retraso en la maduración, la planta continúa desarrollándose, pero tarda en madurar, en perjuicio de la producción de semillas. El exceso también produce mayor sensibilidad a enfermedades, los tejidos permanecen verdes y tiernos más tiempo, siendo más vulnerables (MIRAT, 2002).

### **2.8.3.3. El nitrógeno mejora la absorción de fósforo**

Explica que el amonio afecta significativamente la disponibilidad y absorción de P, la absorción ayuda a mantener una condición ácida en la superficie de la raíz mejorando de esta forma la absorción del fósforo (INPOFOS, 2002).

## **2.8.4. FERTILIZANTES FOSFORADOS**

Estos son: fosfato diamónico, fosfato monoamónico, superfosfato triple, superfosfato simple o normal, las plantas absorben el fósforo principalmente como ortofosfato (siendo los iones  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ ), y la cantidad tomada de cada uno de ellos depende de la acidez de la solución. Se tienen algunas pruebas de que las raíces de las plantas pueden absorber compuestos unidos de fósforo que no sean ortofosfatos (ARCOS, F., 2010).

### **2.8.4.1. Formas del Fósforo**

El fósforo no se encuentra en estado de "pureza química", sino que se combina constituyendo los compuestos orgánicos e inorgánicos.

Entre los compuestos orgánicos se encuentran los fosfolípidos, ácidos nucleicos, fitina e inositol, pertenecientes a la composición de la materia orgánica de vegetales y animales. Los compuestos inorgánicos proceden además de la descomposición

bacteriana del material orgánico, de los minerales del suelo del grupo del apatito y de fosfatos específicos como los del calcio, hierro y aluminio, además de otros sin una identificación química clara (Rodríguez, 2010).

#### **2.8.4.2. Síntomas de deficiencia de Fósforo**

Se manifiesta que, con frecuencia, tiende a presentarse un estado general de tamaño irregular muy pequeño, las puntas de las hojas se secan y se manifiestan un amarillamiento, estas presentan una ondulación característica. La deficiencia de fósforo al igual que la de nitrógeno, suele comenzar en las hojas inferiores que son más viejas. Se presentan hojas con un verde oscuro apagado que adquiere luego un color rojizo o púrpura característicos y llegan a secarse. Además, el número de brotes disminuye, formando tallos finos y cortos con hojas pequeñas, menor desarrollo radicular, menor floración y menor cuajado de frutos (Bertsch, 2003).

#### **2.8.4.3. Exceso de Fósforo**

El exceso de fósforo puede acelerar unilateralmente la madurez a costo del crecimiento vegetativo. Además de ello, las deficiencias de elementos menores particularmente zinc y hierro han sido atribuidas en ciertos casos a un exceso de fosfatos que origina depresiones en el rendimiento (INFOJARDIN, 2006).

### **2.8.5. FERTILIZANTES POTÁSICOS**

Los más usados son: el cloruro de potasio; nitrato de potasio; sulfato de potasio; sulfato de potasio y magnesio; el nitrato potásico contiene 13% nitrógeno (N) y 46% potasio ( $K_2O$ ), el sulfato potásico contiene 50% de potasio ( $K_2O$ ) y 54% de sulfato ( $SO_4$ ), el cloruro potásico contiene 60% de potasio ( $K_2O$ ) y 46% de cloruro (Cl), sulfato de potasio y magnesio contiene 22% de potasio ( $K_2O$ ), 11% de magnesio (Mg) y 22% de azufre (S).

#### **2.8.5.1. Formas del potasio**

El potasio es absorbido por las plantas en forma de ión  $K^+$ , pero desde hace mucho tiempo el contenido de potasio de un suelo y de los fertilizantes se expresa en forma de

K<sup>2</sup>O. El potasio es uno de los tres cationes principales que utilizan las plantas. Es una de las bases retenida en forma intercambiable por las arcillas y por los aniones orgánicos. Es un catión bastante móvil, tanto en el suelo como en la planta, si bien como componente de la estructura de un retículo cristalino es muy inmóvil y relativamente resistente al proceso de meteorización (Thompson, 1985).

#### **2.8.5.2. Síntomas de deficiencia de potasio**

Los síntomas que presentan los vegetales ante las deficiencias de potasio se pueden generalizar en: reducción general del crecimiento, los tallos y la consistencia general de la planta son de menos resistencia física y presentan un menor vigor de crecimiento (Rodríguez, 2010).

El síntoma más característico, es la aparición de moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas necróticas en la punta y borde de las hojas. Estos síntomas suelen aparecer primero en las hojas maduras debido a la gran movilidad de este elemento en la planta (Espinosa, 1994).

#### **2.8.5.3. Exceso de potasio**

La mayoría de las plantas pueden asimilar grandes cantidades de potasio, sin que ello llegue a mermar su calidad. La toxicidad por potasio no existe como tal. Sin embargo, los niveles excesivos de potasio pueden causar antagonismos que lleven a deficiencias de otros nutrientes como el magnesio o el calcio (Jacob y Kull, 1964).

### **2.9. VARIEDADES EMPLEADAS EN EL ESTUDIO**

#### **2.9.1. Concepto de variedad**

Es un grupo de individuos que, dentro de la misma especie difieren de modo permanente en uno o más caracteres del tipo de la especie, el carácter diferencial se transmite a través de la misma botánica. Esta categoría tiene gran significación agrícola porque es la de mayor uso (Morales et. al., 1991; citados por Condori, 2009).

Una variedad incluye muchas poblaciones, con características únicas o en las que las características únicas difieren muy poco de la forma tipo, a diferencia de la subespecie, que tiene un área de distribución específica. A menudo, una variedad que no es un grupo de parentesco natural, sino que incluye un grupo de características, pero taxonómicamente funciones poco relevantes. Muy a menudo no tienen ni un área separada, sin embargo, tienen un sitio específico de encuentro. Por tanto, la importancia biológica de las características y por lo tanto la variedad está a menudo poco clara (The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge 2003).

### **2.9.2. Concepto de Híbrido**

Las semillas hembra y macho son las responsables de engendrar un híbrido. A la flor femenina se le cortan los estambres antes de que puedan liberar el polen y a la flor masculina se le extrae el polen mediante un proceso de aspiración y con él se fecunda la flor femenina. En genética, Híbrido es sinónimo de cruzamiento, o sea es la reproducción de individuos de distinto patrimonio hereditario. Es importante mencionar que los híbridos no son fértiles, no existe retro cruza con las especies parentales ni entre los propios híbridos y por lo tanto no existe introgresión. La Híbridación puede tener consecuencias evolutivas, tales como: el reforzamiento o ruptura de barreras biológicas o ecológicas, la fusión de dos especies en una, incremento en diversidad genética y adaptación, la creación de nuevas especies, y la extinción de especies (Concellon, 1987; citado por Condori, 2009).

### **2.9.3. Vigor Híbrido**

La variabilidad fenotípica en la generación Híbrida es generalmente mucho menor que la mostrada por las líneas progenitoras consanguíneas. Esto indica que los heterocigotos son menos susceptibles a las influencias ambientales que los homocigotos. La heterosis es un fenómeno por el cual los híbridos  $F_1$  derivados del cruzamiento entre dos padres divergentes muestran superioridad sobre sus progenitores en vigor, rendimiento, tamaño de panícula, entre otros. Este fue propuesto por Shull en 1908, para denotar el estímulo del tamaño y el vigor en un Híbrido como expresión del

vigor Híbrido. Existen muchas formas de heterosis, sin embargo, acorde con Fehr en 1987 y Virmani et al., 2003, la heterosis puede ser: heterosis media-parental (HMP), heterobeltiosis (H), heterosis relativa (HR), (Brouwer, 2001; citado por Condori, 2009).

Finalmente, la heterosis mostrada por una población F2 por lo regular es la mitad de la manifestada por los híbridos F1 (Brouwer, 2001; citado por Condori, 2009).

#### **2.9.4. Ventajas de las variedades Híbridas**

Las ventajas de las variedades Híbridas son las siguientes: según (Bravo, 2002; citado por Condori, 2009).

- El aumento del rendimiento como resultado de una mayor eficiencia fisiológica.
- Desarrollo de variedades mejor adaptadas a áreas agrícolas nuevas y a condiciones ecológicas diferentes.
- Mejores características agronómicas de las plantas, algunas características indeseables se pueden mejorar, por ejemplo, la susceptibilidad al volcamiento, la altura excesiva, etc.
- Mejor calidad, dirigido a satisfacer los requerimientos de los consumidores.
- Obtención de resistencia a plagas y enfermedades de las plantas, aunque estas características no aparecen siempre en una determinada variedad.

#### **2.9.5. Híbrido Avenger de la línea Sakata**

Es el Híbrido líder en el mercado por su amplia adaptación y consistentes rendimientos. Avenger es el brócoli que ha marcado el referente tanto para la industria del congelado como para el mercado fresco. Avenger es de planta vigorosa, cabezas bien domadas, con grano fino y gran peso. Su uniformidad de cabezas le da un beneficio en el empaque en caja para fresco y un buen aprovechamiento de floretes para el proceso, mayor productividad y versatilidad para industria y mercado fresco.

#### **2.9.6. Características del Híbrido**

- Categoría semilla fiscalizada.
- Origen Chile.

- Pureza 99,9%.
- Germinación 93%.
- Contenido 2000 semillas.
- Pellas de domo perfecto.
- Grano fino a medio.
- Florete uniforme de tamaño pequeño.
- Coloración verde intenso.
- Mínima presencia de brotes laterales.
- Inicio de cosecha: 90 a 95 días después del trasplante.
- Distancia de siembra: 0,70 x 0,25.
- Densidad de plantas/ha: 35.000 a 55.000 pl/ha.
- Todo el año en la IV región.
- Del 15 de febrero al 15 de agosto en la V región.
- Del 15 de febrero al 15 de julio en la región metropolitana.
- Fecha de análisis 11/03/2019.

#### **2.9.7. Híbrido Pirate Mejorado de la línea Seminis**

Este Híbrido es una planta vigorosa de estructura erecta y compacta, se adapta bien en la época de verano y también en la época de invierno son muy exigentes en agua y nutrientes son de granulo fino, tiene un buen peso, la planta es de gran tamaño y el follaje es de color verde intenso es utilizado en las industrias del congelado como en el mercado en fresco es una planta muy vigorosa (Haro y Maldonado, 2009).

#### **2.9.8. Características del Híbrido**

- Variedad BC1691.
- Contenido 1000 semillas.
- País de procedencia Chile.
- Pureza 99%.
- Germinación 98%.
- Pellas compactas bien protegidas y de óptimas condiciones.

- Planta con estructura erecta y compacta.
- Buen enrollamiento y protección de las pellas.
- Buena resistencia a la postcosecha y alta uniformidad en las pellas.
- Inicio de cosecha de 80 a 85 días después del trasplante.
- Grano fino.
- Verde intenso.
- Fecha de envase 07/2018.

## **2.10. PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL BRÓCOLI**

### **2.10.1. Plagas del brócoli**

#### **Pulgón del brócoli (*Brevicoryne brassicae*)**

El pulgón del brócoli es un vector pertenece a la orden homóptera, de la familia Aphyidae, se le considera como plaga secundaria, pero potencialmente pueden convertirse en plagas de importancia económica, ya que pueden producir hijos sin necesidad de aparearse. Son insectos chupadores, que succionan la savia de las hojas y yemas florales (Ramírez et al., 2008).

#### **Polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella*)**

La polilla de las crucíferas, llamada también como palomilla de la col ataca principalmente a cultivos como la col, coliflor, romanosco y brócoli. Es un lepidóptero de la familia *Plutellidae* las larvas recién eclosionadas son minadoras, raspando el envés de las hojas y dejan la cutícula del haz semejante a una serie de ventanas; en sus últimos estados perforan formando agujeros irregulares (Ramírez et. al., 2008).

#### **Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)**

La mosca blanca es un insecto que ataca en especial a las hojas de las plantas conocido normalmente como mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*); este insecto pertenece a la familia Aleyrodidae del Orden Homóptera, el insecto adulto mide de 2–3 mm de longitud, su coloración es blanca con un punto de escamas amarillas en la región pro torácico y meso torácico, es un insecto picador chupador que es transmisor de virus,

en su reproducción cabe destacar su complejo ritual de apareamiento que puede llegar a durar varios minutos. Las hembras fecundadas dan lugar a una generación mixta mientras que las no fecundadas dan lugar a una generación de hembras únicamente, en su desarrollo la mosca blanca pasa por 4 estados ninfáticos distintos, siendo sólo el primer estadio el único móvil (Ramírez et. al., 2008).

### **Gusano Trazador Negro (*Agrotis ípsilon*)**

Las polillas del gusano trozador negro son grandes, con una envergadura de 1.5 a 2.0 pulgadas. Las alas anteriores son café oscuro con una línea clara cerca del final de cada ala. Las alas posteriores varían entre blanco y gris. Los huevos acanalados son en un inicio blancos, luego se tornan café, y son usualmente depositados en grupos. Las larvas son gusanos robustos, de color gris y con un aspecto grasoso. El gusano trozador negro es uno de los trozadores más destructivos; ataca una amplia variedad de plantas. Aunque las larvas del trozador pueden migrar al cultivo desde áreas adyacentes, la mayoría de la dispersión ocurre por adultos volando al cultivo.

## **2.10.2. Enfermedades del brócoli**

### **Hernia del brócoli (*Plasmodiophora brassicae*)**

La *Plasmodiophora brassicae*, sus síntomas principales es la formación de tumores en las raíces. Cuando hay ataque de este hongo, las vías vasculares de las plantas se ven obstruidas y repercute en una hidratación y nutrición poco adecuadas de la planta. Es por esto que otros de los síntomas que se pueden encontrar frente a este ataque son el marchitamiento, plantas enanas, amarillamiento y cambios de coloración e incluso cambios de la inflorescencia del brócoli. El hongo produce innumerables esporas que son las que reproducen la enfermedad en el año siguiente. Es un parásito obligado, que requiere de tejido de la raíz viva del huésped para completar su ciclo de vida. Y además la mayoría de las malezas crucíferas son susceptibles y sirven como reservorio del agente patógeno (Agrios, 2006).

### **Rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*).**

Rhizoctonia es un hongo transmitido por el suelo que se encuentra de forma natural en el suelo produce esclerocio, una estructura de consistencia dura y de color marrón oscuro que le permite sobrevivir en el suelo o infectar tejido vegetal por años. Rhizoctonia puede provocar una variedad de enfermedades, como la pudrición del tallo, la pudrición de la raíz, mildiú de las plántulas y roya de las hojas. Los síntomas más conocidos por la afección de este patógeno, son el necrosamiento de las plántulas y la pudrición de la raíz, así como la pudrición y necrosis del tallo de las plantas adultas en el proceso de crecimiento. Con frecuencia en las crucíferas, antes de que la planta muera el tallo se ennegrece, se dobla o retuerce, pero no se rompe, dándole a la enfermedad el nombre de tallo de alambre, (Agris, 2006).

### **Mancha foliar (*Alternaria brassicae*)**

Los síntomas de esta enfermedad se presentan en las hojas, tanto en el haz como el envés, observándose manchas necróticas de forma circular y la formación de anillos en diferentes sectores de la superficie de las hojas de la planta, esta enfermedad es causada por el agente causal. Este patógeno perjudica de gran manera el proceso fotosintético, deteriora la calidad de la pella, dificultando la comercialización; además de formar focos de infección dentro del cultivar (Porco, 2009).

### **Dumping-off (*Pythium sp. Rhizoctonia ssp. Fusarium ssp.*)**

El *dumping off*, más conocido como la pudrición del cuello, es una enfermedad causada por una asociación de hongos *Pythium sp.*, *Rhizoctonia ssp.*, y *Fusarium ssp.*, que atacan a las plántulas durante el proceso de brotación y crecimiento en las almacigueras, el síntoma principal que se puede observar por el ataque de esta asociación es el ennegrecimiento y deshidratación de la plántula a partir de la base del suelo y el comienzo del cuello de la plántula hacia la base de la apertura de los cotiledones. Esta enfermedad se puede prevenir con un adecuado manejo en el riego y el desinfectado del sustrato en las almacigueras, (Suquilanda, 2009).

## **2.11. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DEL BRÓCOLI**

### **2.11.1. Almacigo y trasplante del cultivo**

La semilla debe cubrirse ligeramente con una capa de tierra franco-arenosa de 1-1,5 cm y dar riegos frecuentes para conseguir una planta desarrollada en 30-35 días. La germinación tiene lugar aproximadamente 5-7 días después de la siembra. En general, la cantidad de semilla necesaria para una hectárea de plantación es de 250 a 300 gramos, en función del marco de plantación y de la variedad que se utilice. La siembra del cultivo de brócoli debe realizarse con preferencia en almacigueras, bandejas alveoladas o semilleros al aire libre, cuando las plantas se encuentren de 3 a 5 hojas verdaderas y alcanzan una altura de 10 a 15 cm, se debe realizar el trasplante al lugar de la parcela definitiva donde se desarrollará el cultivo, de acuerdo al marco de plantación que se utilice por ejemplo 40 cm entre plantas y 65 cm entre surcos, (Rodríguez, 2010).

Algunos pasos muy importantes al momento del trasplante son: fertilizar bien el suelo antes de plantar cualquier cultivo, escoger plántulas fuertes con 4 a 6 hojas, evitar el daño a las raíces y la excesiva compactación del suelo, escoger el mejor momento para el trasplante ósea días no soleados y no enterrar demasiado las plántulas de tal manera que el cuello de la planta quede sobre el suelo, no podar las raíces y las hojas, mojar la tierra antes o al momento de trasplantar las plántulas, el trasplante del brócoli sufre varias fases de adaptación las cuales son (Cáceres, 2009).

#### **a) Fase de respuesta**

Esta fase es la reacción de alarma, comienzo del estrés, ocurriendo eventos como: desviación de la forma funcional, reducción o aumento anormal de la actividad fisiológica, desestabilización de la planta, disminución de la vitalidad donde los procesos catabólicos exceden a los anabólicos.

**b) Fase de restitución**

Este es un estado de resistencia, pero el estrés continúa y sus procesos son: proceso de aclimatación, proceso de reparación y endurecimiento que es la reactivación, ajuste y estabilización de los procesos en la planta.

**c) Fase Final**

Este estado es un proceso de agotamiento, estrés de larga duración, cuyos procesos son: intensidad del estrés demasiado alta, sobrecarga de la capacidad de aclimatación, inicio del proceso de senescencia, daño crónico y muerte celular.

**d) Fase de regeneración**

En esta fase se realiza la regeneración parcial o completa del funcionamiento fisiológico de la planta, cuando el agente estresante es eliminado y el daño no ha sido muy intenso la planta empieza a desarrollarse rápidamente.

**2.11.2. Sistemas de siembra**

Puede ser establecido de forma directa o trasplante, pero actualmente la mejor forma de establecimiento es a través de trasplante, debido que las nuevas variedades requieren de la siembra en charolas o en bandejas semilleras para aprovechar el 100% de la semilla que se compra a las casas comercializadoras y contar con una buena germinación de los plantines (Santoyo y Martínez, 2011).

**2.11.3. Marco de plantación**

Para establecer una hectárea de brócoli se necesita de 30.000 a 40.000 plantas, las mismas que serán ubicadas a una distancia de 0,40m – 0.50m. entre plantas y de 0,60m - 0,75m entre surcos. El trasplante se debe realizar con la disponibilidad de que el suelo debe de estar húmedo y en días nublados y/o frescos, para que haya un prendimiento del 95% total (Hidalgo, 2009).

**a) En campo abierto**

La distancia adecuada entre surcos es de 0,60m – 0,70m de surco a surco y la distancia adecuada entre plantas es de 0,30m – 0,40m entre plantas.

**b) Producción intensiva**

Se puede realizar los trasplantes a una distancia entre surco de 0,30m – 0,45m y la distancia entre plantas de 0,30m – 0,40m indica, (Bolea, 2011).

Las distancias de siembra más utilizadas dentro del cultivo, según (Valadez, 2015) son las siguientes:

**c) Entre surco**

Hilera simple: 0,65m a 0,75m.

En doble hilera: 0,90m a 1m.

**d) Entre plantas**

Ya sea en hilera simple o doble se recomienda una distancia entre planta de 0,30m a 0,35m (3 plantas/m).

**e) En los híbridos**

Normalmente para establecer una hectárea de brócoli Híbrido se necesitan entre 25.000 a 30.000 plantas/ha, donde se emplean marcos de plantación de 0,80m – 1,00m entre líneas y 0,60m – 0,80m entre plantas, (Galeón 2012).

Sugieren que las densidades de plantación para el cultivo de brócoli, deberían de estar acorde a la variedad que se va a emplear en la producción, tomando en cuenta también el lugar o zona en el que se va a realizar el cultivo, lo más conveniente es usar variedades resistentes a plagas y enfermedades, resistente a heladas en general (Porco y Terrazas, 2013).

## **2.12. Labores culturales**

### **2.12.1. Preparación del terreno**

La preparación del terreno es el paso previo de la plantación, recomiendan efectuar una labor de arado al terreno con presencia de terrones para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos, se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se producir la plantación. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de 30-40 cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas no deseadas (Infoagro, 2008).

En terrenos que se repiten la siembra para brócoli, es importante eliminar la presencia de troncos y tallos del cultivo anterior, dando un pase de rastra rotativa para desmenuzar completamente los residuos que quedaron de la siembra anterior, el arado de cincel es importante en esa fase, ya que así se evita que se forme una capa impermeable bajo la capa arable, producto del uso de maquinaria que tiende a compactar el subsuelo (Hidalgo, 2009).

Se deben realizar las labores de subsolador a unos 50 cm, seguido de un vertedero de 40 cm. Posteriormente se darán unas labores complementarias de grada o cultivador, para dejar de este modo el suelo bien mullido y suelto. Se realizarán camellones separados entre sí de 0.8 a 1 m, según el desarrollo de la variedad que se va a cultivar (Hartman, 2007).

### **2.12.2. Subsolado**

El subsolado se lo realiza a unos 50 cm seguido de un vertedero de 40 cm con el fin de favorecer el desarrollo de las raíces, aumenta la profundidad efectiva, aumenta la capacidad de aire mayor macroporosidad, disminuye la resistencia mecánica de los suelos, romper la compactación del pie de arado (Infoagro, 2008).

### **2.12.3. Arada y rastreada**

La arada es una labranza que se realiza en la agricultura tanto mecánica o a tracción animal, mayormente se utilizan maquinaria de discos donde la arada mecánica puede remover el suelo a una profundidad de 30 a 40 cm, aumentando la porosidad como también ayuda a volcar todas las malezas y rastrojos que estén en la superficie con el fin de evitar el crecimiento de estas plantas no deseadas y dejar por unos días para que ocurra una descomposición de todas aquellas malezas y aportando al suelo con materia verde. Luego de unos días cuando el suelo este a una humedad de capacidad de campo realizar una rastreada con el objetivo de desmenuzar el suelo ya sea todos aquellos terrones y sobre todo picar todo aquel rastrojo que quedo del cultivo anterior y si es necesario volver a hacer otra pasada con la rastra para que quede un suelo suelto listo para ser cultivado (Infoagro, 2008).

### **2.12.4. Trasplante**

El trasplante se realiza a raíz desnuda cuando las plántulas empiezan a tener de 5 a 6 hojas verdaderas y alcancen una altura de 15-20 cm podemos decir que las plántulas están listas para su trasplante llegando a 35 días en el almacigo. De una forma más tecnificada la plántula se lleva al campo con pan de tierra, para evitar el estrés producido por el “saque” de la misma. Se deberá tomar en cuenta que la edad de la plántula no debe sobrepasar la sexta semana (Bussard, 2008).

Otros mencionan que estas especies son fáciles de manejar en el trasplante, por la resistencia que presentan a las condiciones de estrés en el campo (Jaramillo y Díaz, 2009).

### **2.12.5. Control de malezas**

La época crítica para el control de malezas, son los primeros cuarenta y cinco días después del trasplante, siendo necesario en algunos casos realizar hasta dos desyerbas; la primera se hace a los 15–20 días después del trasplante, al momento de aplicar la fertilización química, si las malezas en el cultivo no interfieren con el desarrollo del

mismo, es recomendable dejar estas para el refugio de enemigos naturales reguladores de plagas que afectan el cultivo (Jaramillo y Díaz, 2009).

#### **2.12.6. Riego**

En brassicas en general se puede utilizar riego por aspersión al comienzo del cultivo, y luego cuando las plantas tengan un mayor tamaño, se puede instalar riego por cinta o riego por surcos cuando no hay limitante de agua, y regar hasta la cosecha (Kher y Diaz, 2012).

Es necesario asegurar un abundante suministro de agua, sobre todo durante la fase de germinación, desarrollo de plántula, al momento de trasplante y durante la etapa de formación de cabeza. En épocas secas, se hace necesario un riego por semana. Pero este dependerá del tipo de suelo, de su capacidad de retención de humedad y de su tasa de infiltración (Jaramillo y Diaz, 2009).

#### **2.12.7. Aporque y escarda**

El termino aporque significa acerca una porción del sustrato a la base de la planta. Escarda significa romper la costra que se forma en el sustrato causada por la solución de nutrientes y partículas de polvo que se van depositando. Esta costra causa una reducción de la entrada de aire al sustrato, por lo que la escarda mejora la aireación del mismo (Sánchez, 20015).

Se recomienda que sea importante la práctica de la escarda, cuyo objetivo principal en oxigenar y aflojar el suelo. Se recomienda realizar las escardas necesarias, sobre todo cuando los suelos son arcillosos. Esta labor se realiza antes de cada riego (Valadez, 2006).

A los 10 días de trasplantado se escardilla, se aporca y se hace una carpida antes de cosecharlo. Se hace un riego por surco una vez por semana en primavera y verano. En invierno se riega poco, salvo que sea seco (Goites, 2008).

### **2.13. MOMENTO DE COSECHA E ÍNDICES DE MADUREZ**

Se cosecha la inflorescencia principal y luego las laterales, en forma manual con un cuchillo, cuando las inflorescencias estén bien desarrolladas, compactas y las yemas sin abrir (Goites, 2008).

La recolección de los brócolis es manual y comienza con el corte de las inflorescencias principales, donde se cortan con una longitud de tallo de aproximadamente 8 a 10 cm., eliminándose parte del follaje, de acuerdo con los requerimientos del mercado (Jaramillo y Diaz, 2009).

El color de la cabeza debe ser verde, con una tonalidad púrpura en ciertos cultivares. La presencia de color amarillento en las inflorescencias es un indicador de sobre madurez y senescencia y, por lo tanto, indeseable. El peso de las cabezas varía desde unos pocos gramos en el caso de las cabezas secundarias hasta aproximadamente un kilogramo para las cabezas principales de ciertos cultivares híbridos. El diámetro de las cabezas principales varía entre 15-20 cm. Tradicionalmente se ha considerado que las cabezas con diámetros mayores de 15 cm indican sobre madurez del producto; sin embargo, en la actualidad, diversos cultivares híbridos producen inflorescencias que exceden ese tamaño.

#### **2.13.1. Rendimiento**

Una producción de 36.000 kg/ha se considera normal, (Según Ospina, 2007).

Indica que el rendimiento por hectárea puede oscilar entre 15 y 25 ton/ha y está en función del lugar de cultivo, la variedad y el manejo agronómico que se le dé al cultivo (Galeón, 2006).

#### **2.13.2. Parámetros de calidad para la pella del brócoli**

Para (Bustos, 2010 y Huertos, 2012), presentan los siguientes parámetros de calidad para la pella de brócoli a continuación:

**a) Forma**

La forma más idónea del brócoli es, domo y piramidal, con el fin de que el agua de lluvia no quede retenida en su superficie y malogre las pellas con el ataque de hongos y bacterias.

**b) Color**

La coloración más adecuada para procesos agroindustriales y de comercialización, es de cosechar cuando la pella del brócoli presente una tonalidad verde claro según la variedad que se encuentre produciendo, siendo que cuando son transportadas a los mercados para su comercialización estas maduran a una coloración verde oscura.

**c) Valor nutricional del brócoli**

El brócoli ha sido calificado como la hortaliza de mayor valor nutritivo por unidad de peso de producto comestible, su aporte de vitamina C, B2 y vitamina A es elevado.

**Cuadro No. 6 Valor nutricional del brócoli**

<b>Valor nutricional del brócoli por 100 g de producto comestible</b>	
Proteínas (g)	5.45
Lípidos (g)	0.3
Glúcidos (g)	4.86
Vitamina A (U.I.)	3.500
Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	100
Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	210
Vitamina C (mg)	118
Calcio (mg)	130
Fosforo (mg)	76
Hierro (mg)	1.3
Calorías (cal)	42-32

**Fuente: Bustos y Huertos, 2012.**

**d) Calibrado de la pella de brócoli**

Las clases de calibres se definen sobre la base del mayor diámetro (diámetro transversal mayor o diámetro ecuatorial mayor) de la pella (brócoli y coliflor), expresado en centímetros como se puede observar en las tablas a continuación (Barboza et. al., 2006).

**Cuadro No. 7 Parámetros de selección de calidad del producto**

<b>CALIBRE</b>	<b>DIÁMETRO (cm)</b>
<b>Extra grande</b>	Mayor a 25
<b>Grande</b>	20 a 25
<b>Mediano</b>	10 a 20
<b>Chico o pequeño</b>	Menor a 10

**Fuente: Barboza et al, (2012)**

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOLOGÍA

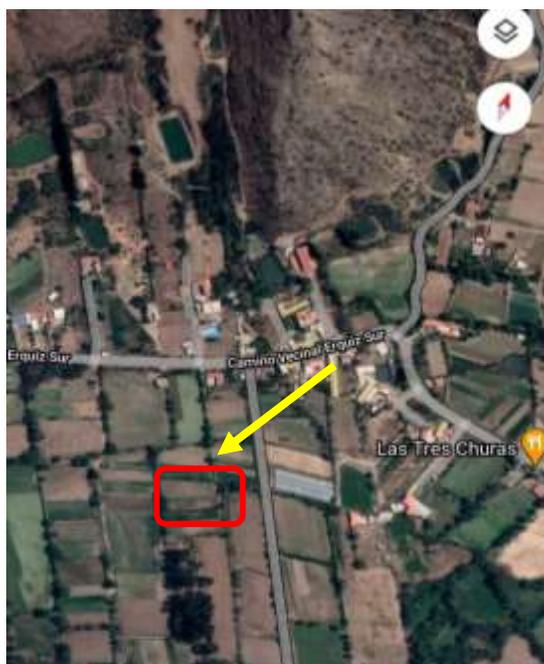
#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

##### 3.1.1. Localización

La Comunidad de “Erquis Norte”, ubicado en la Provincia de Méndez, Municipio de San Lorenzo del Departamento de Tarija, situada al noroeste en la periferia de la ciudad de Tarija; al norte limita con la ex carretera al norte; al oeste con la comunidad de Erquis Ceibal; al este con la comunidad de Erquis Oropeza; y al sud con la comunidad de Erquis sud. En este sitio se ejecutó el diverso trabajo que implico el proceso de producción de brócoli para la evaluación correspondiente, ya mencionada en los objetivos.

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Erquis Norte del año 2019, a 15 km. de la ciudad de Tarija, correspondiéndoles las coordenadas geográficas situada en los paralelos a  $21^{\circ}46'58,42''$  de Latitud Sud y de  $64^{\circ}80'77.60''$  Longitud Oeste a una altitud de 2080 m.s.n.m.



### **3.1.3. Suelos**

Los suelos de esta región para la zona de estudio son de textura que varía de franco arenoso a franco arcilloso con un pH de 6.50 – 7.0 son mediadamente desarrollados y moderadamente profundos, de origen aluvial en las riberas del río Erquis, con una ligera pendiente no superando el 5%, con gran aptitud para los cultivos hortícolas. Susceptibles a la erosión eólica y por la acción de la lluvia debido a que los sistemas de cultivo de la región, mantienen descubiertos los suelos una buena parte del año.

## **3.2. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS DE LA ZONA**

### **3.2.1. Clima**

El clima que presenta la región es templado, semiárido existiendo diferencias marcadas de las estaciones en primavera y verano con temperaturas altas, otoño e invierno y temperaturas bajas sin precipitaciones, (Fuente: PDM Municipio de San Lorenzo, 2015).

### **3.2.2. Temperatura**

Según los datos del SENAMI la Comunidad de Erquis Norte tiene una temperatura media anual de 16,9°C., la máxima media anual de 26,7°C, y la mínima media de 8, 90° C, y con temperaturas muy bajas de -2° C, entre los meses más fríos de junio a julio, y temperaturas máximas bordeando los 27° C, en los meses más cálidos que van desde octubre a marzo.

### **3.2.3. Precipitación**

La precipitación promedio anual es de 650 mm siendo el periodo más lluvioso en los meses de octubre hasta marzo, alcanzando la máxima precipitación en el mes de enero con 230 mm, mientras que la época seca toma los restantes de mayo a septiembre (SENAMI, 2017).

### 3.2.4. Humedad relativa

La humedad relativa media es del 70%, los meses más secos entre mayo a septiembre con una humedad del 63% aproximadamente y los meses más húmedos entre enero a marzo con una humedad cercana al 80%. La insolación diaria no supera las 11,6 horas, con los días de mayor insolación en los meses invernales (SENAMI, 2017).

## 3.3. VEGETACIÓN NATIVA DE LA ZONA

### 3.3.1. Cultivos hortícolas, cereales, forrajes y frutales

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
	Zapallo	<i>Cucurbita</i> sp..	Cucurbitaceae
	Arveja	<i>Pisum sativum</i> L.	Leguminosae
	Espinaca	<i>Spinacea oleracea</i> L.	Chenopodiaceae
	Cebolla	<i>Allium cepa</i> L.	Liliaceae
	Papa	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Solanaceae
	Lechuga	<i>Lactuca sativa</i> L.	Compositae
	Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	Compositae
	Tomate	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill	Solanaceae
	Zanahoria	<i>Daucus carota</i> L.	Apiaceae
	Frutilla	<i>Fragaria chiloensis</i> (L.) Mill.	Rosaceae
	Apio	<i>Apium graveolens</i> L.	Umbeliferae
	Mani	<i>Arachis hypogaea</i> L.	Leguminosae
	Brocoli	<i>Brassica oleracea</i> L.var. <i>Itálica</i> Plenck.	Brassicaceae
	Coliflor	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>botritys</i> L.	Brassicaceae
	Repollo	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L.	Brassicaceae
	Cilandro	<i>Coriandrum sativum</i> L.	Umbeliferae
	Puerro	<i>Allium porrum</i> L.	Liliaceae
	Maíz	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae
	Avena	<i>Avena sativa</i> L.	Poaceae
	Sorgo	<i>Sorghum</i> sp.	Poaceae
	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.	Leguminosae

	Nabo	<i>Brassica</i> sp.	Brassicaceae
	Duraznero	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Rosaceae
	Higuera	<i>Ficus carica</i> L.	Moraceae
	Frambuesa	<i>Rubus</i> sp.	Rosaceae
	Zarzamora	<i>Rubus</i> sp.	Rosaceae
	Acelga	<i>Beta vulgaris</i> L. var, cicla L.	Chenopodiaceae
	Rábano	<i>Raphanus sativus</i> L.	Brassicaceae
	Poroto	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Leguminosae
	Pepino	<i>Cucumis sativus</i> L.	Cucurbitaceae
	Círuelo	<i>Prunus domestica</i> L.	Rosaceae
	Manzano	<i>Malus domestica</i> Borkh	Rosaceae
	Nogal	<i>Juglans regia</i> L.	Juglandaceae
	Pera	<i>Pyrus communis</i> L.	Rosaceae
	Membrillero	<i>Cydonia oblonga</i> Miller	Rosaceae
	Vid	<i>Vitis vinífera</i> L.	Vitaceae

FUENTE: Herbario Universitario, Acosta (2021)

### 3.3.5. Especies arbóreas

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
	Churqui	<i>Acacia caven</i> (Molina) Molina	Leguminosae
	Molle	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae
	Chañar	<i>Geoffroea decorticans</i> (Gill. ex Hook. & Arn.) Burkart	Leguminosae
	Algarrobo	<i>Prosopis</i> sp.	Leguminosae
	Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> sp.	Myrtaceae
	Albarillo	<i>Prunus armeniaca</i> L.	Rosaceae
	Pino	<i>Pinus</i> sp.	Pinaceae
	Sauce criollo	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Salicaceae
	Cupresus	<i>Cupresus</i> sp.	Cupresaceae
	Alamo	<i>Populus</i> sp.	Salicaceae

FUENTE: Herbario Universitario, Acosta (2021)

### 3.3.6. Malezas más conocidas

N°	Nombre común	Nombre científico	Familia
	Cebollin	<i>Cyperus sp.</i>	Cyperaceae
	Trebol	<i>Trifolium sp.</i>	Leguminosae
	Campanita	<i>Ipomoea sp.</i>	Convolvulaceae
	Saitilla	<i>Bidens sp.</i>	Compositae
	Verdolaga	<i>Portulaca sp.</i>	Portulacaceae
	Gramma	<i>Cynodon sp.</i>	Poaceae

FUENTE: Herbario Universitario, Acosta (2021)

### 3.3.7. Producción pecuaria

La producción pecuaria en la comunidad de Erquis Norte está compuesta principalmente de la ganadería vacuna, ovina, caprina, porcina y avícola siendo una economía principal.

### 3.3.8. Actividad económica de la zona

En la zona de Erquis Norte se tiene como principales actividades el cultivo de varias hortalizas de acuerdo a su calendario de producción a excepción algunas que se cultivan casi todo el año como ser la lechuga, acelga, espinaca, brócoli, coliflor, repollo, zapallo, maíz y sobre todo la manzanilla que se está volviendo un cultivo muy importante en la zona, en los últimos años.

## 3.4. MATERIALES

### 3.4.1. Material vegetal

Las variedades de brócoli Híbrido que se utilizaron son:

V<sub>1</sub> = Variedad Avenger

V<sub>2</sub> = Variedad Pírate Mejorado

### **3.4.2. Materiales de campo**

- Libreta de campo
- Wincha
- Metro
- Estacas
- Combo
- Letreros indicadores
- Vernier
- Cámara fotográfica
- Balanza de precisión

### **3.4.3. Equipos y herramientas**

- Tractor
- Arado de disco
- Azadón
- Arado de palo
- Rastra
- Pala
- Rastrillo
- Yunta de bueyes
- Mochila pulverizadora

### **3.4.4. Insumos**

- Semillas Híbridas
- Urea
- Insecticidas
- Fungicidas
- Adherentes

### 3.4.5. Materiales de gabinete

- Computadora
- Impresora
- Calculadora
- Libreta de campo
- Planillas

## 3.5. METODOLOGÍA

La metodología que se siguió en esta investigación fue la siguiente:

- Se realizó la implementación del ensayo el 28 de abril del 2019

### 3.5.1. Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se empleó el diseño experimental de bloques al azar, con un arreglo factorial de (dos variedades Híbridas, dos niveles de fertilización, dos densidades de plantación),  $(2*2*2) =$  generando ocho tratamientos o combinaciones, y con tres réplicas, obteniendo veinticuatro unidades experimentales.

### 3.5.2. Tamaño de las parcelas

El tamaño de cada unidad experimental fue de 4 metros de largo x 4 metros de ancho dando un total de 16 m<sup>2</sup>, utilizando espaciamiento de dos metros de ancho entre las parcelas y callejones, las 24 unidades experimentales abarcaron una superficie de 900m<sup>2</sup>. También cabe argumentar que las parcelas con D<sub>1</sub> tuvieron 6 surcos y contuvo 54 plantas; las parcelas con D<sub>2</sub> tuvieron 6 surcos y contuvo 48 plantas.

### 3.5.3. Tratamientos

Los tratamientos comprendieron dos variedades, dos densidades de plantación y dos niveles de fertilización, los que combinados dan los 8 tratamientos.

#### 3.5.3.1. Combinación de los tratamientos

**T<sub>1</sub> = V<sub>1</sub>D<sub>1</sub>N<sub>1</sub> = Avenger + 31.000 pl/ha + 0.445 Kg.**

$T_2 = V_1D_1N_2 = \text{Avenger} + 31.000 \text{ pl/ha} + 0.28 \text{ Kg.}$

$T_3 = V_1D_2N_1 = \text{Avenger} + 25.000 \text{ pl/ha} + 0.445 \text{ Kg.}$

$T_4 = V_1D_2N_2 = \text{Avenger} + 25.000 \text{ pl/h} + 0.28 \text{ Kg.}$

$T_5 = V_2D_1N_1 = \text{Pírate Mejorado} + 31.000 \text{ pl/ha} + 0.445 \text{ Kg.}$

$T_6 = V_2D_1N_2 = \text{Pírate Mejorado} + 31.000 \text{ pl/ha} + 0.28 \text{ Kg.}$

$T_7 = V_2D_2N_1 = \text{Pírate Mejorado} + 25.000 \text{ pl/h} + 0.445 \text{ Kg.}$

$T_8 = V_2D_2N_2 = \text{Pírate Mejorado} + 25.000 \text{ pl/h} + 0.28 \text{ Kg.}$

**Cuadro No. 8 Combinación de Factores y Tratamientos**

<b>FACTOR Variedad (V)</b>	<b>FACTOR Densidad (D)</b>	<b>FACTOR Niveles de Fertilización (F)</b>	<b>COMBINACIÓN TRATAMIENTOS</b>
<b>V<sub>1</sub> = AVENGER</b>	<b>D<sub>1</sub> = 0,70 m surco/surco 0,45 m planta/planta</b>	<b>N<sub>1</sub> = 0.445 Kg.</b>	<b>T<sub>1</sub> = V<sub>1</sub>D<sub>1</sub>N<sub>1</sub></b>
		<b>N<sub>2</sub> = 0.28 Kg.</b>	<b>T<sub>2</sub> = V<sub>1</sub>D<sub>1</sub>N<sub>2</sub></b>
	<b>D<sub>2</sub> = 0,80 m surco/surco 0,55 m planta/planta</b>	<b>N<sub>1</sub> = 0.445 Kg.</b>	<b>T<sub>3</sub> = V<sub>1</sub>D<sub>2</sub>N<sub>1</sub></b>
		<b>N<sub>2</sub> = 0.28 Kg.</b>	<b>T<sub>4</sub> = V<sub>1</sub>D<sub>2</sub>N<sub>2</sub></b>
<b>V<sub>2</sub> = PÍRATE MEJORADO</b>	<b>D<sub>1</sub> = 0,70 m surco/surco 0,45 m planta/planta</b>	<b>N<sub>1</sub> = 0.445 Kg.</b>	<b>T<sub>5</sub> = V<sub>2</sub>D<sub>1</sub>N<sub>1</sub></b>
		<b>N<sub>2</sub> = 0.28 Kg.</b>	<b>T<sub>6</sub> = V<sub>2</sub>D<sub>1</sub>N<sub>2</sub></b>
	<b>D<sub>2</sub> = 0,80 m surco/surco 0,55 m planta/planta</b>	<b>N<sub>1</sub> = 0.445 Kg.</b>	<b>T<sub>7</sub> = V<sub>2</sub>D<sub>2</sub>N<sub>1</sub></b>
		<b>N<sub>2</sub> = 0.28 Kg.</b>	<b>T<sub>8</sub> = V<sub>2</sub>D<sub>2</sub>N<sub>2</sub></b>

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.5.3.2. Características del diseño experimental

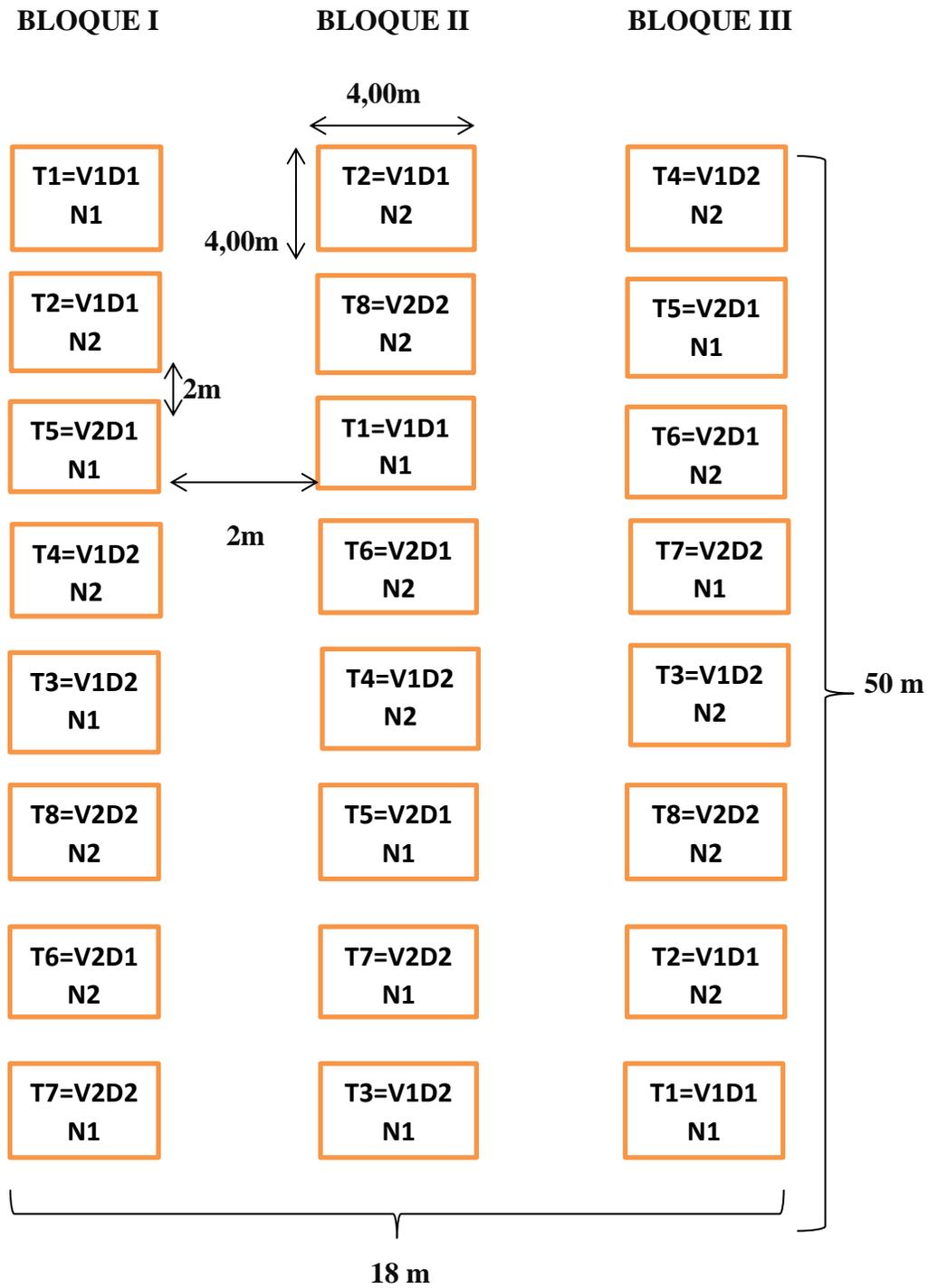
En el siguiente cuadro se describe todas las características que conlleva un diseño experimental factorial:

**Cuadro No. 9 Descripción de las unidades experimentales**

Número de Tratamientos	8
Número de Réplica	3
Total, unidades experimentales (parcelas)	24
Ancho de la parcela	4,00 m
Largo de la parcela	4,00 m
Superficie de la parcela	16,00 m <sup>2</sup>
Número de surcos/parcela	Densidad <sub>1</sub> = 6 Densidad <sub>2</sub> = 6
Número de plantas/parcela	Densidad <sub>1</sub> = 54 Densidad <sub>2</sub> = 48
Distancia entre surcos	Densidad <sub>1</sub> = 0,70 m Densidad <sub>2</sub> = 0,80 m
Distancia entre plantas	Densidad <sub>1</sub> = 0,45 m Densidad <sub>2</sub> = 0,55 m
Área útil de la parcela	Densidad <sub>1</sub> = 15,10 m <sup>2</sup> Densidad <sub>2</sub> = 15,85 m <sup>2</sup>
Superficie total de la investigación	900 m <sup>2</sup>
Distancias entre parcelas y callejones	2 m; 2 m
Superficie neta	384 m <sup>2</sup>
Población total de plantas	1.224

**Fuente:** Elaboración Propia

### Diseño de Campo (Croquis)



### 3.5.4. Establecimiento del Ensayo

#### 3.5.4.1. Análisis de suelo

Se realizó la recolección de muestra de suelo el 17 de marzo del 2019 para llevar al laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, campus “El Tejar” para así de esa manera conocer con certeza el análisis físico-químico del suelo, y aplicar correctamente las dosis según el requerimiento del cultivo de brócoli.

Se tomaron sub muestras por el método del zigzag en diferentes puntos del área de estudio a una profundidad de 20 cm, que mayormente corresponde a la capa arable y considerando la profundidad radicular del cultivo, luego se juntó todas las sub muestras y se empezó a cuartear el sustrato de suelo donde se obtuvo una muestra representativa y se llevó a laboratorio.

#### 3.5.4.2. Requerimientos nutricionales

La fertilización inorgánica utilizada y recomendada por la mayoría de empresas brecoleras es la siguiente:

**Cuadro No. 10 Fertilización Recomendada de Brócoli**

	<b>Elementos</b>	<b>Cantidad (Kg/Ha)</b>
<b>Macronutrientes</b>	Nitrógeno	350
	Fósforo	105
	Potasio	70
<b>Micronutrientes</b>	Calcio	30
	Magnesio	25
	Hierro	125

**Fuente:** Sakata. Paquete tecnológico sobre cultivo de brócoli. Htm

#### 3.5.4.3. Interpretación del análisis del suelo

De acuerdo a resultados obtenidos en laboratorio (Ver Anexo 1), se observa un suelo moderadamente ácido, sin embargo, se encuentra en el rango de lo aceptable para el

cultivo del brócoli, en materia orgánica se puede observar que el contenido es alto, de igual forma en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, los contenidos son elevados en el suelo entre el rango de alto a muy alto. Entonces se hizo un análisis de la oferta del suelo con relación al requerimiento del cultivo, para calcular los niveles de fertilización.

### **3.6. LABORES PRE CULTURALES**

#### **3.6.1. Siembra en almacigo**

El sistema de siembra fue en almacigo a campo abierto, donde primero se procedió a la desinfección del suelo por alcalinización con el uso de cal hidratada y ceniza vegetal en fecha (16 de marzo de 2019), luego de 4 días se regó con abundante agua el suelo y se esperó por un momento que infiltre el agua para realizar la siembra en fecha (20 de marzo de 2019) de las dos variedades Híbridas y se las cubrió con limo y tierra vegetal.

El riego del almacigo se realizó cada 4 días consecutivos hasta el momento del trasplante llegando a tener los plantines unos 38 días en el almacigo, se realizó 9 riegos en el almacigo.

#### **3.6.2. Preparación del suelo**

Se preparó el suelo previo al trasplante con un riego en fecha (15 de abril de 2019) después de 3 días en fecha (18 de abril de 2019) se realizó una arada profunda de 50 cm con un arado de disco, luego de 2 días el (20 de abril de 2019) se pasó con la rastra de discos para desmenuzar completamente el suelo sin dejar terrones quedando suelto listo para el trasplante. Un día antes del trasplante en fecha (27 de abril de 2019) se procedió a medir las parcelas y a realizar el surcado con la ayuda de un arado manual tomando en cuenta las densidades ( $D_1 = 0,70$  cm surco/surco; y  $D_2 = 0,80$  cm surco/surco), teniendo listo para el momento de plantación.

#### **3.6.3. Trasplante a las parcelas definitivas**

El trasplante se realizó en un día fresco y nublado en fecha (28 de abril de 2019) llegando a observar que los plantines ya tenían una altura apropiada, contando con 4 a

5 hojas verdaderas, y un buen desarrollo en sus raíces, se procedió al riego del almacigo una hora antes para que el suelo agarre una humedad apropiada, se empezó a sacar los plantines para ser llevados al lugar del trasplante con una porción mínima de suelo.

Para el trasplante se tomó dos varillas de palo con las medidas de 45 y 55 cm que se utilizó, con el objetivo de medir correctamente al momento del trasplante en las parcelas ( $D_1= 0,45$  m;  $D_2= 0,55$  m) en las distancias de planta/planta, se terminó el trasplante en todas las parcelas y se procedió al riego de todas aquellas de inmediato.

#### **3.6.4. Fertilización**

La fertilización se realizó en dos etapas la primera el 50% en la carpida a los 14 días de trasplante en fecha (12 de mayo de 2019), y el restante del 50% se lo aplico en el aporque a los 40 días de trasplante en fecha (7 de junio de 2019) de acuerdo al resultado del análisis de suelo y según los niveles de fertilización establecidos de la siguiente manera.

Se empleó Urea, cuyos niveles se aplicó de acuerdo a los resultados obtenidos según análisis, el suelo contiene (Ver anexo 1)

N	164 %;
P	153 (ppm);
K	1043 (meq/100g).

Los niveles de fertilización se establecieron de acuerdo al rendimiento que se pretendía obtener en base a revisión bibliográfica.

#### **Nivel de fertilización 1**

Según Padilla (2005) indica que para obtener 20 toneladas por hectárea de brócoli es necesario aplicar las siguientes cantidades de nutrientes en kg/ha N: 347; P:38; K:133. Para obtener 20 toneladas de rendimiento de brócoli por hectárea se requiere la siguiente fertilización de NPK en kg/ha:

**N:347 P:38 K:133**

Basados en la oferta que presentó nuestro suelo y con relación a estos requerimientos, se calculó el nivel de fertilización, donde se determinó aplicar 278 kg/ha de urea, debido a que el fósforo y potasio se encuentran en niveles óptimos para la producción de brócoli (Ver anexo 3).

### **Nivel de fertilización 2**

Según MARM (2011), para obtener 15 toneladas de brócoli por hectárea es necesario aplicar N:280; P:80; K:370.

Para obtener 15 toneladas de rendimiento de brócoli por hectárea se requiere la siguiente fertilización de NPK en kg/ha: 15 tn por hectárea se necesita aplicar:

**N:280 P:80 K:370**

Basados en la oferta que presentó nuestro suelo y con relación a estos requerimientos, se calculó el nivel de fertilización, donde se determinó aplicar 177 kg/ha de urea debido a que el fosforo y potasio se encuentran en niveles óptimos para la producción de brócoli (Ver anexo 3).

## **3.7. LABORES CULTURALES**

### **3.7.1. Replantado**

El replanteo se hizo 6 días después del trasplante en fecha (4 de mayo de 2019), donde se monitoreo todas las parcelas y hubo un prendimiento del 93%, todos aquellos plantines que no prendieron se los retiro cambiándoles con uno nuevo, con el fin de no retrasar el crecimiento de las plantas.

### **3.7.2. Carpida**

La carpida se realizó en fecha (12 de mayo de 2019), manualmente con la ayuda de un azadón, con el objetivo de evitar que las malezas se desarrollen rápidamente y evitando la competencia de nutrientes y agua, también otro objetivo era airear el suelo y cubrir el fertilizante inorgánico (Urea) que se aplicó a cada unidad experimental el 50% del

fertilizante de acuerdo a los niveles calculados, esto para evitar que haya pérdida de nitrógeno por lixiviación.

### **3.7.3. Riego**

EL riego se realizó por gravedad cada 6 días hasta el momento de la cosecha en fechas (28-Abr; 4-May; 10-May; 16-May; 22-May; 28-May; 3-Jun; 9-Jun; 15-Jun; 21-Jun; 27-Jun; 3-Jul; 9-Jul; 15-Jul; 21-Jul; 27-Jul; 2-Agos; 8-Agos; 12-Agos; 18-Agos).

### **3.7.4. Aporque**

El aporque se realizó en fecha (7 de junio de 2019) con la ayuda de un azadón para remover el suelo nuevamente, y poder aplicar el 50% restante del fertilizante (Urea), de acuerdo a los niveles calculados anteriormente, de esa manera se procedió al aporque con la ayuda de un arado pequeño de tracción manual aplicando tierra hacia la planta para darle un sostén y firmeza, para luego ser aplicado el riego nuevamente.

### **3.7.5. Control de malezas**

Se realizaron dos controles de malezas, de forma manual con la ayuda de un azadón la primera fue a las dos semanas de trasplante (12 de mayo de 2019) donde aparecieron las malezas no deseadas de forma espontánea donde estas compiten con el cultivo en absorción de agua, nutrientes y minerales; la segunda se lo realizó (7 de junio de 2019) también manualmente con la ayuda de un azadón, ayudando a la planta a desarrollarse sin ningún problema.

### **3.7.6. Control fitosanitario**

Se realizaron 2 controles de plagas al gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), (29-Abr; 7-May), use un producto insecticida Karate Zeon (20 ml/20 litros de agua), también se utilizó un producto fungicida PRIORI® (20 ml/20 litros de agua) para el control de (*Rizoctonia solani*), (29-Abr; 7-May), luego antes de entrar a la etapa de floración se realizó 3 controles para el pulgón de brócoli (*Brevicoryne brassicae*), use de nuevo el producto insecticida Karate Zeon (20 ml/20 litros agua), (18-Jun; 28-Jun; 8-Jul).

### **3.8. COSECHA**

Se realizó a partir del (19 de julio de 2019) de manera escalonada realizando el monitoreo cada 4 días, las primeras plantas en alcanzar su madurez comercial con una precocidad de 83 días después del trasplante fueron la variedad 2 Pírate Mejorado, en cuanto a la variedad 1 Avenger, las primeras plantas en llegar a su madurez comercial fueron a los 96 días después del trasplante en fecha (1 de agosto de 2019).

#### **3.8.1. Área de cosecha**

Se tomaron 16 unidades representativas de cada unidad experimental obviando el área borde, y con el área de estas 16 unidades se determinó el área de cosecha con el fin de evitar el efecto borde determinando 5,04 m<sup>2</sup> para la densidad 1 y 7,04 m<sup>2</sup> para la densidad 2 tomando en cuenta las dos densidades de plantación del experimento (ver anexo 4).

### **3.9. VARIABLES ESTUDIADAS**

Permite determinar el comportamiento del cultivo para ello se observó y se tomó registros de las unidades experimentales, considerando lo siguiente:

#### **3.9.1. Variables Agronómicas**

- **Altura de planta (cm)**

Se eligió 5 plantas al azar de cada unidad experimental dentro del área de cosecha, de los cuales se tomó las medidas de altura en 3 momentos, a los 30, 45 y 60 días y con la ayuda de un metro se recogieron datos en unidades de centímetro.

- **Diámetro de pella (cm)**

Se tomó medida de 5 unidades al azar de cada unidad experimental, a los 80, 95 y 110 días dentro del área de cosecha con la ayuda de un vernier se recogieron datos en unidades de centímetro.

- **Rendimiento en (tn/ha)**

Se tomó el peso de 16 unidades dentro del área de cosecha en todas las unidades experimentales y se llevó a toneladas por hectárea.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. VARIABLES AGRONÓMICAS ANALIZADAS

##### 4.1.1. ALTURA DE PLANTA (cm)

Esta variable se evaluó en varios periodos durante el desarrollo desde la plantación, los periodos tomados en cuenta fueron desde los 30, 45 y 60 días después de la plantación.

**Cuadro 11. Datos de campo para la altura de plantas a los 30 días (cm)**

TRATAMIENTOS	RÉPLICA			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
<b>T1 (V1D1N1)</b>	18,70	16,54	19,54	54,78	18,26
<b>T2 (V1D1N2)</b>	13,48	16,78	21,88	52,14	17,38
<b>T3 (V1D2N1)</b>	18,20	20,58	22,02	60,80	20,27
<b>T4 (V1D2N2)</b>	19,06	20,20	20,62	59,88	19,96
<b>T5 (V2D1N1)</b>	17,80	27,28	24,22	69,30	23,10
<b>T6 (V2D1N2)</b>	23,30	20,80	24,60	68,70	22,90
<b>T7 (V2D2N1)</b>	20,70	28,38	22,64	71,72	23,91
<b>T8 (V2D2N2)</b>	23,60	20,16	22,12	65,88	21,96
<b>TOTAL</b>	154,84	170,72	177,64	503,20	167,73
<b>MEDIA</b>	19,36	21,34	22,21	62,90	20,97

El Cuadro 11, es la tabulación de todos los datos recogidos de altura de planta a los 30 días, el primer periodo tomado en cuenta para la altura desde el momento de la plantación, muestra claramente la homogeneidad de los datos, ya que los promedios no varían demasiado, alcanzando una diferencia de 3 cm entre los promedios obtenidos, también podemos apreciar el promedio general que bordea los 21 centímetros de altura.

Corea Solórzano y Miranda Arróliga (2007), en una investigación basada en fosfato di amónico (18-46-00), se lograron datos muy similares a esta investigación con promedios que alcanzaron los 18,92 cm de altura en la variedad Pirata, mediciones

tomadas a los 35 días ddt, a diferencia de los datos obtenidos en esta investigación donde el mejor promedio alcanzo los 23,91 cm a los 30 días ddt.

**Cuadro 12. Tabla de doble entrada de Variedad/Densidad**

<b>VARIEDAD/DENSIDAD</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	106,92	120,68	227,60	18,97
<b>V2</b>	138,00	137,60	275,60	22,97
<b>TOTAL</b>	244,92	258,28	503,20	
<b>MEDIA</b>	20,41	21,52		

Observando los promedios en el Cuadro 12, donde se muestran datos diferentes entre las dos variedades promedios que difieren entre 18,97 cm y 22,97 cm de altura en la variedad 1 y 2 respectivamente, por otro lado, en el factor densidad se observa cierta similitud entre los datos con promedios de 20,41 y 21,52 cm para las densidades 1 y 2 respectivamente.

**Cuadro 13. Tabla de doble entrada de Variedad/Niveles de fertilización**

<b>VARIEDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	115,58	112,02	227,60	18,97
<b>V2</b>	141,02	134,58	275,60	22,97
<b>TOTAL</b>	256,60	246,60	503,20	
<b>MEDIA</b>	21,38	20,55		

La tabla de doble entrada que se presenta en el Cuadro 13, muestra un comportamiento diferente para las dos variedades con promedios de 18,97 cm y 22,97 cm de altura para las variedades 1 y 2 respectivamente, sin embargo, las diferencias entre los promedios obtenidos en los niveles de fertilización son similares con 20,55 cm para el nivel 2 y 21,38 cm de altura en el nivel de fertilización 1.

**Cuadro 14. Tabla de doble entrada de Densidad/Niveles de fertilización**

<b>DENSIDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>D1</b>	124,08	132,52	256,60	21,38
<b>D2</b>	120,84	125,76	246,60	20,55
<b>TOTAL</b>	244,92	258,28	503,20	
<b>MEDIA</b>	20,41	21,52		

En el Cuadro 14, se observa los promedios individuales de los factores densidad y niveles de fertilización, donde se evidencia promedios muy similares en las densidades, alcanzando los 20,55 cm y 21,38 cm de altura en las densidades 2 y 1 respectivamente, de igual manera en los niveles de fertilización los promedios difieren en menos de 1 cm, 20,41 cm en el nivel 1 y 21,52 cm en el nivel de fertilización 2.

**Cuadro 15. Análisis de varianza de altura a los 30 días**

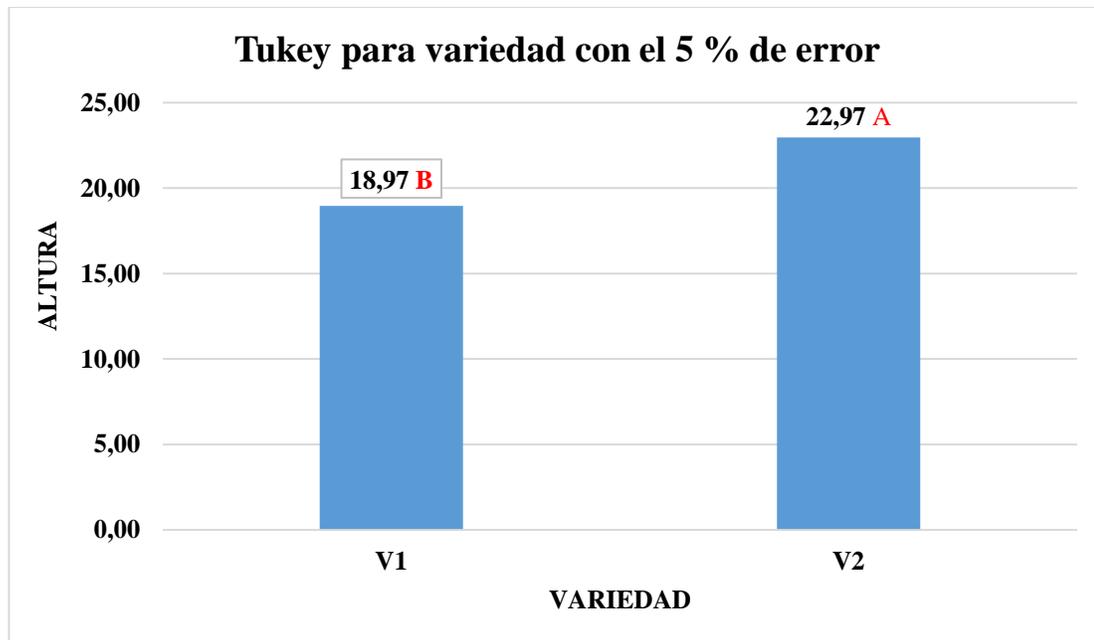
<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F T</b>	
					<b>5%</b>	<b>1%</b>
<b>TOTAL</b>	23	260,33				
<b>TRATAMIENTOS</b>	7	118,84	16,98	2,21	2,76	4,28
<b>BLOQUES/RÉPLICA</b>	2	34,16	17,08	2,23	3,74	6,51
<b>ERROR</b>	14	107,32	7,67			
<b>FACTOR VARIEDAD (V)</b>	1	96,00	96,00	<b>12,52</b>	4,60	8,86
<b>FACTOR DENSIDAD (D)</b>	1	7,44	7,44	0,97	4,60	8,86
<b>FACTOR NIVELES FERTILIZACIÓN (N)</b>	1	4,17	4,17	0,54	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/D)</b>	1	8,35	8,35	1,09	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/N)</b>	1	0,35	0,35	0,05	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (D/N)</b>	1	0,52	0,52	0,07	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/D/N)</b>	1	2,02	2,02	0,26	4,60	8,86

**Coefficiente de variación = 1,65 %**

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza evidenciados en el Cuadro 15, indican que no hay efecto en los bloques, de igual forma no existe diferencias significativas en entre los tratamientos, por otro lado, entre las dos densidades no existe diferencias significativas, asimismo en los dos niveles de fertilización, no existe

diferencias significativas al 1 y 5 % de probabilidad de error, por lo que no es necesario recurrir a una prueba de comparación de medias. Sin embargo, entre las dos variedades se evidencia una diferencia entre la variedad Avenger y Pirate, por lo que se recurre a una prueba de comparación de medias Tukey.

**Figura 1. Prueba de comparación de medias para variedad**



Según el análisis de comparación de medias Tukey, presente en la Figura 1, determinamos que la mejor variedad fue el Pirate mejorado, debido a que presentó un mayor promedio alcanzando los 22,97 cm.

Se dice que la genética juega un papel muy importante a la hora del desarrollo vegetativo, como ser la altura de planta. Gutiérrez (2005), en su investigación registró en promedio una altura de 58,90 cm en la variedad Pirata, la que atribuye a las características genéticas de dicha variedad y a las densidades de siembra, ya que a una densidad de 30x30 cm, la altura de planta fue de 58,90 cm, siendo esta variedad la menor altura, en comparación a las variedades Green Storn y Montecristo con 61,30 y 53,70 cm de altura respectivamente.

**Cuadro 16. Datos de campo para la altura de plantas a los 45 días (cm)**

TRATAMIENTOS	RÉPLICA			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
<b>T1 (V1D1N1)</b>	25,5	21,44	26,5	73,44	24,48
<b>T2 (V1D1N2)</b>	20,06	21,98	29,26	71,3	23,77
<b>T3 (V1D2N1)</b>	25,28	25,72	29,14	80,14	26,71
<b>T4 (V1D2N2)</b>	27,08	25,52	24,98	77,58	25,86
<b>T5 (V2D1N1)</b>	25,32	33,94	32,78	92,04	30,68
<b>T6 (V2D1N2)</b>	30,68	25,9	33,1	89,68	29,89
<b>T7 (V2D2N1)</b>	29	33,7	31,44	94,14	31,38
<b>T8 (V2D2N2)</b>	31,84	25,6	30,32	87,76	29,25
<b>TOTAL</b>	214,76	213,8	237,52	666,08	222,03
<b>MEDIA</b>	26,845	26,725	29,69	83,26	27,75

Observando los promedios extraídos de los datos para la altura a los 45 días, el Cuadro 16, muestra la presencia de promedios un tanto diferentes en los tratamientos, con un promedio general de 27,75 cm, por otro lado, las réplicas muestran promedios muy cercanos entre sí, y adentrándose en los datos de todas las unidades experimentales vemos que no son muy diferentes, de tal manera que no difieren en gran manera.

Datos similares fueron obtenidos por Corea Solórzano y Miranda Arróliga (2007), a los 49 días ddt, aplicando un fertilizante basado en fosfato di amónico donde se obtuvo promedios de 16,52 y 27,56 cm de altura en variedades Pirata y Green, con una diferencia de poco más de 3 cm con respecto al promedio máximo obtenido en esta investigación, tomando en cuenta que la medición fue tomada a los 45 ddt.

**Cuadro 17. Tabla de doble entrada de Variedad/Densidad**

<b>VARIEDAD/DENSIDAD</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	144,74	157,72	302,46	25,21
<b>V2</b>	181,72	181,9	363,62	30,30
<b>TOTAL</b>	326,46	339,62	666,08	
<b>MEDIA</b>	27,21	28,30		

Como podemos apreciar en el Cuadro 17, se ve que los promedios para la variedad difieren de poco más de 5 cm, por otro lado, en el factor densidad ocurre un caso similar donde las diferencias entre los dos niveles de fertilización no son tan notables.

**Cuadro 18. Tabla de doble entrada de Variedad/Niveles de fertilización**

<b>VARIEDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	153,58	148,88	302,46	25,21
<b>V2</b>	186,18	177,44	363,62	30,30
<b>TOTAL</b>	339,76	326,32	666,08	
<b>MEDIA</b>	28,31	27,19		

El Cuadro 18, muestra la interacción entre la variedad y los niveles de fertilización, sin embargo, como los datos son un tanto homogéneos pues no se evidencia grandes diferencias estadísticas entre los promedios, para el factor variedad ni para los niveles de fertilización.

**Cuadro 19. Tabla de doble entrada de Densidad/Niveles de fertilización**

<b>DENSIDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>D1</b>	165,48	174,28	339,76	28,31
<b>D2</b>	160,98	165,34	326,32	27,19
<b>TOTAL</b>	326,46	339,62	666,08	
<b>MEDIA</b>	27,21	28,30		

La densidad con los niveles de fertilización mostradas en el Cuadro 19, denota resultados similares a los de las dos anteriores, Cuadro 17 y 18, debido a que para las densidades los promedios son casi iguales, por el otro lado, los niveles de fertilización no muestran diferencias grandes variando entre 27,21 a 28,30 cm entre los dos.

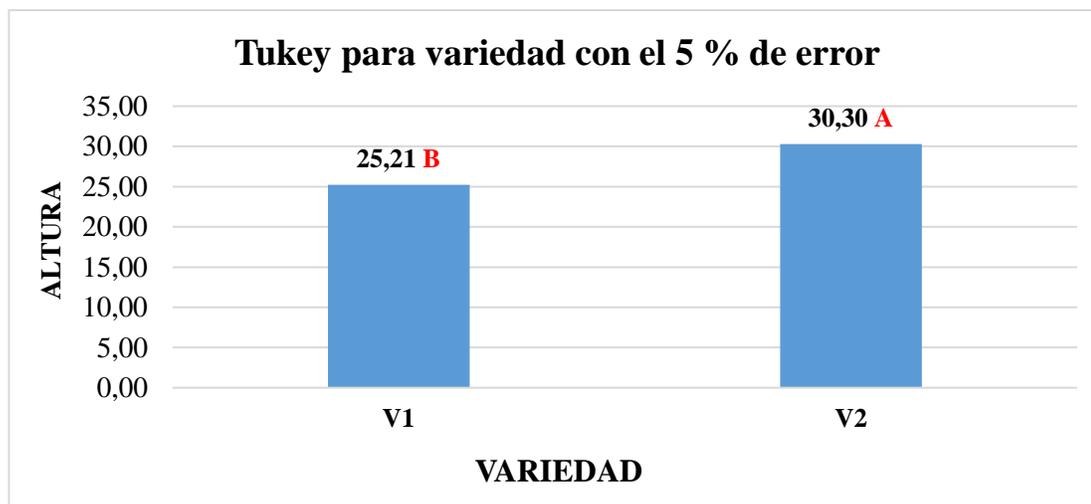
**Cuadro 20. Análisis de varianza de altura a los 45 días**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TOTAL	23	355,09				
TRATAMIENTOS	7	179,47	25,64	2,55	2,65	4,03
BLOQUES/RÉPLICA	2	45,07	22,53	2,42	3,74	6,51
ERROR	14	130,55	9,33			
FACTOR VARIEDAD (V)	1	155,86	155,86	<b>16,71</b>	4,6	8,86
FACTOR DENSIDAD (D)	1	7,22	7,22	0,77	4,6	8,86
FACTOR NIVELES FERTILIZACIÓN (N)	1	7,53	7,53	0,81	4,6	8,86
INTERACCIÓN. (V/D)	1	6,83	6,83	0,73	4,6	8,86
INTERACCIÓN. (V/N)	1	0,68	0,68	0,07	4,6	8,86
INTERACCIÓN. (D/N)	1	0,82	0,82	0,09	4,6	8,86
INERACION. (V/D/N)	1	0,54	0,54	0,06	4,6	8,86

**Coefficiente de variación = 1,38 %**

El Cuadro 20, presenta el análisis de varianza, donde no se aprecia efecto de los tratamientos aplicados, de igual forma no existe efecto de los bloques, por otro lado, en los factores no se evidencia diferencias significativas entre las dos densidades, ni entre los dos niveles de fertilización, sin embargo, si existen diferencias altamente significativas entre las dos variedades Avenger y Pirate, por lo que se ve necesaria realizar una prueba de comparación de medias.

**Figura 2. Prueba de comparación de medias para variedad**



En la prueba de comparación de medias Tukey, que se muestra en la Figura 2, observamos que la variedad 2, tiene un mejor comportamiento comparado a la variedad 1, ya que muestra un mejor promedio con un 30,30 cm de altura a diferencia de la variedad 1, con un 25,21 cm de altura representado por la letra B.

**Cuadro 21. Datos de campo para la altura de plantas a los 60 días (cm)**

TRATAMIENTOS	RÉPLICA			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
T1 (V1D1N1)	52,34	34,82	47,74	134,9	44,97
T2 (V1D1N2)	43,94	42,1	43,44	129,48	43,16
T3 (V1D2N1)	43,12	43,36	51,84	138,32	46,11
T4 (V1D2N2)	43,2	47,82	48,88	139,9	46,63
T5 (V2D1N1)	42,62	50,46	58,7	151,78	50,59
T6 (V2D1N2)	47,38	43,18	53,46	144,02	48,01
T7 (V2D2N1)	48,54	52,42	50,1	151,06	50,35
T8 (V2D2N2)	44,22	44,7	52,06	140,98	46,99
<b>TOTAL</b>	365,36	358,86	406,22	1130,44	376,81
<b>MEDIA</b>	45,67	44,8575	50,7775	141,305	47,10

Los diámetros recogidos a los 60 días después de la plantación, se tabularon en el Cuadro 21, donde vemos promedios igual de similares que vimos a los 30 y 45 días,

promedios que van desde los 43,16 cm de altura hasta los 50,59 cm de altura presentes en los tratamientos T2 (V1D1N2) y T5 (V2D1N1) respectivamente, con un promedio general de 47,10 cm de altura.

En una investigación medida a los 61 días después del trasplante se observaron datos muy inferiores con respecto a la variedad Pirata ya que se alcanzó un promedio de 23,33 cm de altura y con la variedad Green se alcanzó un promedio de 36,08 cm de altura (Corea Solórzano y Miranda Arróliga, 2007). Estos datos son muy inferiores con respecto a los alcanzados en esta investigación donde se obtuvo promedios de entre 46,63 y 50,59 cm de altura en las variedades Avenger y Pirata respectivamente a los 60 ddt.

**Cuadro 22. Tabla de doble entrada de Variedad/Densidad**

<b>VARIEDAD/DENSIDAD</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	264,38	278,22	542,6	45,22
<b>V2</b>	295,8	292,04	587,84	48,99
<b>TOTAL</b>	560,18	570,26	1130,44	
<b>MEDIA</b>	46,68	47,52		

Los promedios individuales por factores en variedades y densidad presentados en el Cuadro 22, muestran claramente un comportamiento bastante similar para el factor variedad difiriendo en poco más de 2 cm, de la misma forma para la densidad no se aprecian grandes diferencias.

Leñano (1972), señala que la densidad de plantación de cultivo es de 50.000 plántulas por hectárea, cuya productividad depende del sistema de riego que se utilizó, así como los otros factores inherentes al cuidado del cultivo. Sin embargo, las densidades aplicadas en este experimento fueron 25.000 y 31.000 plantas/ha.

**Cuadro 23. Tabla de doble entrada de Variedad/Niveles de fertilización**

<b>VARIEDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	273,22	269,38	542,6	45,22
<b>V2</b>	302,84	285	587,84	48,99
<b>TOTAL</b>	576,06	554,38	1130,44	
<b>MEDIA</b>	48,01	46,20		

La variedad con los niveles de fertilización mostrados en el Cuadro 23, presentan valores similares para el factor variedad, tal como se vio en el Cuadro 16, por otro lado, para el factor niveles de fertilización observamos una ligera diferencia entre el nivel 1 comparado con el nivel 2.

En una investigación realizada con ácidos húmicos y fúlvicos, en la variedad Itálica, donde a los 60 días después del trasplante, se obtuvo promedios que superaron los 40 cm, ya que el mejor tratamiento alcanzó los 47,05 cm de altura (Zamora, 2014). Estos datos son muy similares al presente experimento, aunque con una leve superioridad en la variedad Pirate mejorado, ya que el promedio alcanzado en este experimento fue de 48,99 cm de altura a los 60 ddt.

**Cuadro 24. Tabla de doble entrada de Densidad/Niveles de fertilización**

<b>DENSIDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>D1</b>	286,68	289,38	576,06	48,01
<b>D2</b>	273,5	280,88	554,38	46,20
<b>TOTAL</b>	560,18	570,26	1130,44	
<b>MEDIA</b>	46,68	47,52		

Los promedios para el factor densidad interactuando con los niveles de fertilización, tal como se aprecia en el Cuadro 24, Muestran un comportamiento con promedios cercanos no difiriendo en más de 5 cm en ambos factores, de tal modo que se entiende que los datos son homogéneos.

**Cuadro 25. Análisis de varianza de altura a los 60 días**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	FC	F T	
					5%	1%
<b>TOTAL</b>	23	598,09				
<b>TRATAMIENTOS</b>	7	134,70	19,24	0,90	2,39	3,51
<b>BLOQUES/RÉPLICA</b>	2	164,78	82,39	3,86	3,74	6,51
<b>ERROR</b>	14	298,60	21,33			
<b>FACTOR VARIEDAD (V)</b>	1	85,28	85,28	4,00	4,6	8,86
<b>FACTOR DENSIDAD (D)</b>	1	4,23	4,23	0,20	4,6	8,86
<b>FACTOR NIVELES FERTILIZACIÓN (N)</b>	1	19,58	19,58	0,92	4,6	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/D)</b>	1	12,91	12,91	0,61	4,6	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/N)</b>	1	8,17	8,17	0,38	4,6	8,86
<b>INTERACCIÓN. (D/N)</b>	1	0,91	0,91	0,04	4,6	8,86
<b>INERACION. (V/D/N)</b>	1	3,62	3,62	0,17	4,6	8,86

**Coefficiente de variación = 1,23 %**

El análisis de varianza que se muestra en el Cuadro 25, concluye que los datos extraídos de la altura a los 60 días evidenciaron efecto de los bloques, sin embargo, no mostraron diferencias significativas en los tratamientos, de igual forma en el factor densidad entre las variedades Avenger y Pirate mejorado, y entre ambas densidades y niveles de fertilización, ni en la interacción de las mismas, por lo que no se recurrió a ninguna prueba de comparación de medias. El coeficiente de variación alcanzo los 1,23 % evidenciando la homogeneidad de los datos y el buen manejo del experimento. Datos que según Ochoa (2009), son confiables bajo el coeficiente que señala, ya que el coeficiente obtenido en el presente trabajo está por debajo de los niveles señalados por dicho autor.

C.V.=2,5%

#### 4.1.2. DIÁMETRO DE PELLA (cm)

Esta variable se evaluó con un proceso similar a la altura en diferentes periodos de desarrollo, a los 80, 95 y 110 días después de la plantación, con el fin de evaluar el tamaño de la pella.

**Cuadro 26. Datos de campo para el diámetro de pella a los 80 días (cm)**

TRATAMIENTOS	RÉPLICA			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
<b>T1 (V1D1N1)</b>	3,48	1,20	2,32	7,00	2,33
<b>T2 (V1D1N2)</b>	1,55	2,14	2,24	5,93	1,98
<b>T3 (V1D2N1)</b>	3,62	4,28	5,70	13,60	4,53
<b>T4 (V1D2N2)</b>	4,42	3,96	4,12	12,50	4,17
<b>T5 (V2D1N1)</b>	3,30	3,18	5,22	11,70	3,90
<b>T6 (V2D1N2)</b>	3,26	3,04	5,84	12,14	4,05
<b>T7 (V2D2N1)</b>	3,90	5,16	4,14	13,20	4,40
<b>T8 (V2D2N2)</b>	3,34	3,28	4,56	11,18	3,73
<b>TOTAL</b>	26,87	26,24	34,14	<b>87,25</b>	29,08
<b>MEDIA</b>	3,36	3,28	4,27	10,91	3,64

El Cuadro 26, presenta los promedios de otra variable que se estudió, en este caso se muestra los datos recogidos del diámetro de la pella a los 80 días, donde se evidencia promedios que van desde los 1,98 cm hasta los 4,53 cm de diámetro que presentan los tratamientos T2 (V1D1N2) y T3 (V1D2N1), asimismo vemos que el promedio general es de 3,64.

Limachi (2011), relaciona el desarrollo de la pella a las densidades ya que en una investigación realizada en la variedad Pirata a una densidad de 8 plantas/m<sup>2</sup>, obtuvo en promedio 12,92 cm de diámetro de inflorescencia al momento de cosecha, ya que este factor tuvo efecto directo en el desarrollo del diámetro de la inflorescencia.

**Cuadro 27. Tabla de doble entrada de Variedad/Densidad**

<b>VARIEDAD/DENSIDAD</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	12,93	26,10	39,03	3,25
<b>V2</b>	23,84	24,38	48,22	4,02
<b>TOTAL</b>	36,77	50,48	<b>87,25</b>	
<b>MEDIA</b>	3,06	4,21		

La interacción de la variedad con la densidad que se muestra en el Cuadro 27, evidencia que, para datos de diámetro de pella a los 80 días, no tienen promedios muy diferentes para ambas variedades difiriendo en poco más de 1 cm, y para el factor densidad el rango de diferencia es muy parecido a la variedad.

**Cuadro 28. Tabla de doble entrada de Variedad/Niveles de fertilización**

<b>VARIEDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	20,60	18,43	39,03	3,25
<b>V2</b>	24,90	23,32	48,22	4,02
<b>TOTAL</b>	45,50	41,75	<b>87,25</b>	
<b>MEDIA</b>	3,79	3,48		

Los datos mostrados en el Cuadro 28, dan a apreciar promedios de la interacción de variedades con los niveles de fertilización, y como se observó en el Cuadro 27, para el factor variedad las diferencias entre los promedios no son muy diferentes entre sí, por otro lado, los niveles de fertilización muestran mucho más aun la cercanía entre ambos promedios del nivel 1 y 2. Además el desarrollo de la pella se cree que está muy ligada a las características genéticas de las variedades que juegan un papel muy importante a la hora de observar el desarrollo de la pella (Limachi, 2011).

**Cuadro 29. Tabla de doble entrada de Densidad/Niveles de fertilización**

<b>DENSIDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>D1</b>	18,70	18,07	36,77	3,06
<b>D2</b>	26,80	23,68	50,48	4,21
<b>TOTAL</b>	45,50	41,75	<b>87,25</b>	
<b>MEDIA</b>	3,79	3,48		

En cuanto a la densidad con los niveles de fertilización, en el Cuadro 29, se observa promedios de 3,06 y 4,21 cm de diámetro en la densidad 1 y 2 respectivamente, y para los niveles de fertilización la diferencia entre ambos promedios difiere en aproximadamente 1 cm de diámetro entre los niveles 1 y 2, siendo el promedio mayor del nivel de fertilización 1.

**Cuadro 30. Análisis de varianza de diámetro de pella a los 80 días**

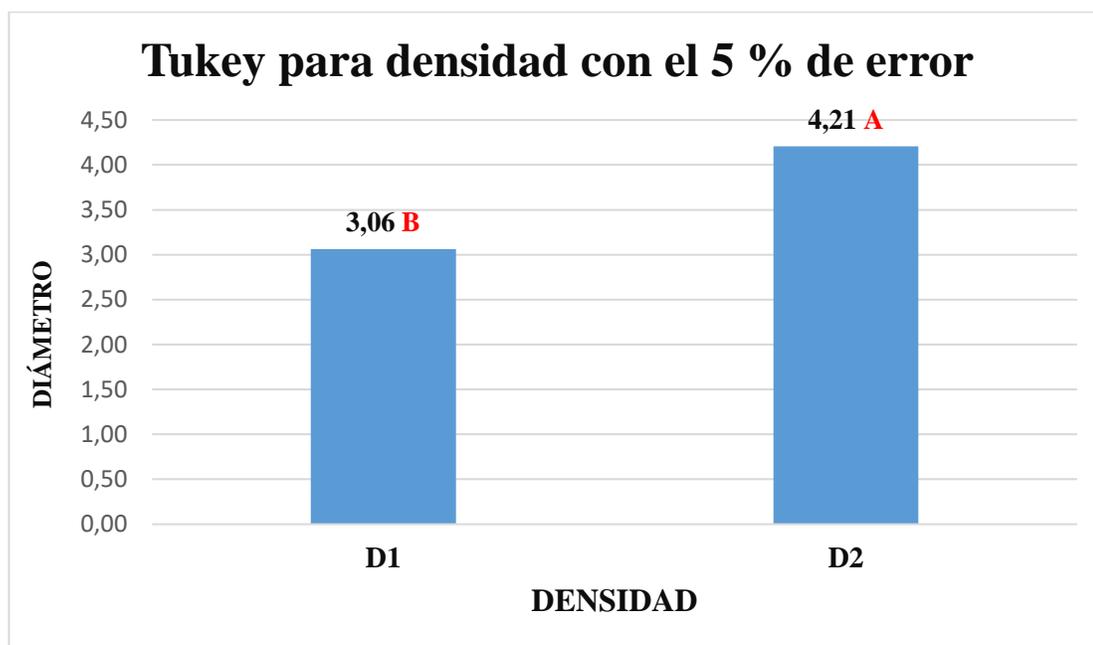
<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F T</b>	
					<b>5%</b>	<b>1%</b>
<b>TOTAL</b>	23	33,76				
<b>TRATAMIENTOS</b>	7	19,10	2,73	3,88	4,60	8,86
<b>BLOQUES/RÉPLICA</b>	2	4,82	2,41	3,43	3,74	6,51
<b>ERROR</b>	14	9,83	0,70			
<b>FACTOR VARIEDAD (V)</b>	1	3,52	3,52	4,01	4,60	8,86
<b>FACTOR DENSIDAD (D)</b>	1	7,83	7,83	<b>11,15</b>	4,60	8,86
<b>FACTOR NIVELES FERTILIZACIÓN (N)</b>	1	0,59	0,59	0,83	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/D)</b>	1	6,65	6,65	4,56	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/N)</b>	1	0,01	0,01	0,02	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (D/N)</b>	1	0,26	0,26	0,37	4,60	8,86
<b>INERACION. (V/D/N)</b>	1	0,25	0,25	0,35	4,60	8,86

**Coefficiente de variación = 2,88 %**

En el análisis de varianza para los datos de diámetro de pella a los 80 días se puede observar, en el Cuadro 30 que en los tratamientos no existe diferencias significativas, tampoco se observa efecto de los bloques, de igual forma para el factor niveles de

fertilización y variedad Avenger y Pirate mejorado no se evidencia diferencias significativas, sin embargo para el factor densidad sí existe diferencias significativas por lo que es necesario recurrir a una prueba de comparación de medias para determinar la mejor densidad, por otro lado no existe diferencias significativas para las interacciones de todos los factores.

**Figura 3. Prueba de comparación de medias para densidad**



Comparando los promedios obtenidos en el diámetro de pella, a los 80 días, se evidencia que la densidad 2 tuvo un mejor efecto alcanzando un promedio de 4,21 cm de diámetro, a diferencia de la densidad 1 con un diámetro de 3,06 cm representado por la letra B, tal como vemos en la Figura 3.

Gutiérrez (2005), menciona que la densidad de siembra tiene efecto directo en el desarrollo del diámetro de inflorescencia en la variedad Pirata, ya que registró valores correspondientes a la densidad de siembra 1 (30x30 cm) igual a 13,78 cm, 2 (40x40 cm) con media de 14,10 cm y 3 (50x50 cm) con 13,96 cm, llegando a la conclusión que a una densidad media (40x40 cm) se tienen mejores resultados.

**Cuadro 31. Datos de campo para el diámetro de pella a los 95 días (cm)**

TRATAMIENTOS	RÉPLICA			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
T1 (V1D1N1)	10,84	4,38	8,06	23,28	7,76
T2 (V1D1N2)	4,46	6,62	9,28	20,36	6,79
T3 (V1D2N1)	10,10	11,72	12,18	34,00	11,33
T4 (V1D2N2)	12,54	11,22	11,36	35,12	11,71
T5 (V2D1N1)	9,68	10,08	13,38	33,14	11,05
T6 (V2D1N2)	10,62	10,10	13,98	34,70	11,57
T7 (V2D2N1)	11,10	13,00	11,82	35,92	11,97
T8 (V2D2N2)	10,24	10,44	13,08	33,76	11,25
<b>TOTAL</b>	79,58	77,56	93,14	<b>250,28</b>	83,43
<b>MEDIA</b>	9,95	9,70	11,64	31,29	10,43

El Cuadro 31, muestra el diámetro de pella a los 95 días donde se observa promedios que van desde los 6,79 en el tratamiento T2 (V1D1N2) hasta los 11,97 en el tratamiento T7 (V2D2N1), difiriendo en poco más de 5 cm de diámetro, con un promedio general de 10,43 de todos los tratamientos, por otro lado, las medias para los bloques ocurren un caso similar ya que los promedios no difieren en más de 3 cm de diámetro de pella.

Corea Solórzano y Miranda Arróliga (2007), menciona que registro diámetros de 13,08, 14,01 y 14,08 cm de diámetro ecuatorial de pella, con una fertilización basada en fosfato di amónico, en dosis de 227.27kg/ ha a 260kg/ ha. Promedios que superan a los obtenidos en este experimento, que se puede atribuir a las características de las variedades, como también a la densidad de plantación.

**Cuadro 32. Tabla de doble entrada de Variedad/Densidad**

VARIEDAD/DENSIDAD				
FACTORES	D1	D2	TOTAL	MEDIA
V1	43,64	69,12	112,76	9,40
V2	67,84	69,68	137,52	11,46
<b>TOTAL</b>	111,48	138,80	<b>250,28</b>	
<b>MEDIA</b>	9,29	11,57		

En la interacción de la variedad con las densidades, presentados en el Cuadro 32, se observa promedios de 9,40 y 11,46 cm de diámetro en la variedad 1 y 2 respectivamente, de igual forma los promedios para el factor densidad muestran un comportamiento muy similar, ya que solo difieren en poco más de 2 cm de diámetro de pella a los 95 días después de la plantación.

**Cuadro 33. Tabla de doble entrada de Variedad/Niveles de fertilización**

<b>VARIEDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	57,28	55,48	112,76	9,40
<b>V2</b>	69,06	68,46	137,52	11,46
<b>TOTAL</b>	126,34	123,94	<b>250,28</b>	
<b>MEDIA</b>	10,53	10,33		

La interacción de Variedad con los niveles de fertilización presentados en el Cuadro 33, evidencian los promedios individuales de la variedad que igual al caso anterior vinos en el factor variedad que no existe diferencias grandes ya que difieren en poco más de 2 cm, y para el factor niveles de fertilización los promedios difieren en aproximadamente 1 cm muy similar a los promedios del factor variedad.

**Cuadro 34. Tabla de doble entrada de Densidad/Niveles de fertilización**

<b>DENSIDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>D1</b>	56,42	55,06	111,48	9,29
<b>D2</b>	69,92	68,88	138,80	11,57
<b>TOTAL</b>	126,34	123,94	<b>250,28</b>	
<b>MEDIA</b>	10,53	10,33		

La densidad con los niveles de fertilización, presentan promedios que no difieren en gran manera como habíamos visto en los dos cuadros anteriores, para la densidad los promedios de las densidades 1 y 2 muestra una diferencia de poco más de 2 cm de

diámetro y en el caso de los niveles de fertilización la diferencia es mucho menor, bordeando los 1 cm de diámetro de pella a los 95 días.

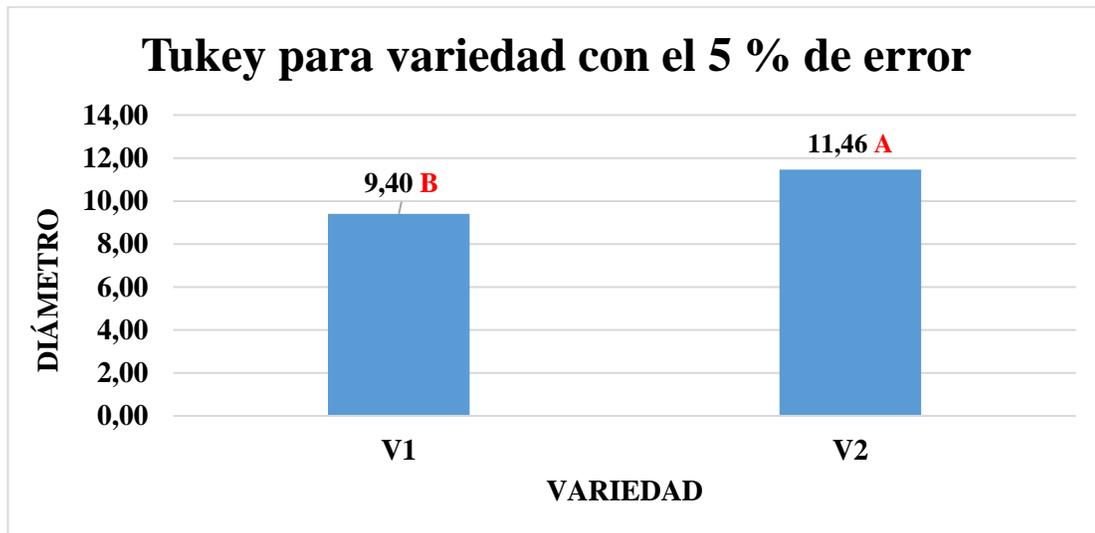
**Cuadro 35. Análisis de varianza de diámetro de pella a los 95 días**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	FC	F T	
					5%	1%
TOTAL	23	142,82				
TRATAMIENTOS	7	82,74	11,82	3,33	3,34	5,56
BLOQUES/RÉPLICA	2	17,95	8,97	2,98	3,74	6,51
ERROR	14	42,14	<b>3,01</b>			
FACTOR VARIEDAD (V)	1	25,54	25,54	<b>8,49</b>	4,60	8,86
FACTOR DENSIDAD (D)	1	31,10	31,10	<b>10,33</b>	4,60	8,86
FACTOR NIVELES FERTILIZACIÓN (N)	1	0,24	0,24	0,08	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (V/D)	1	23,29	23,29	4,54	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (V/N)	1	0,06	0,06	0,02	4,60	8,86
INTERACCIÓN. (D/N)	1	0,00	0,00	0,00	4,60	8,86
INERACION. (V/D/N)	1	2,51	2,51	0,83	4,60	8,86

**Coefficiente de variación = 2,08 %**

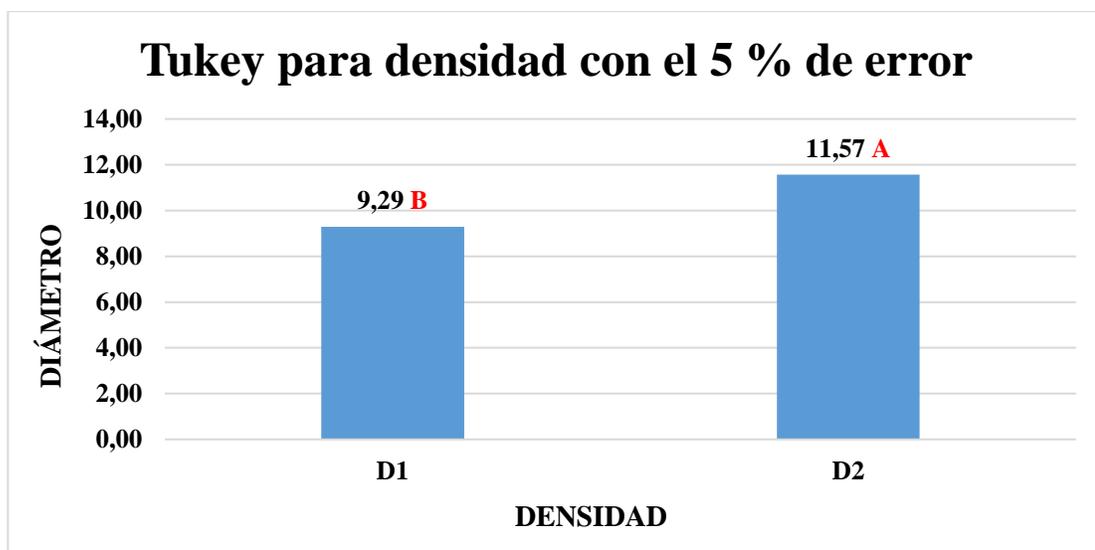
En el análisis de varianza presentado en el Cuadro 35, podemos observar que no existe efecto significativo en los tratamientos, tampoco en los bloques o repeticiones, de igual forma en el factor niveles de fertilización no se aprecian diferencias significativas al igual que en la interacción de todos los factores, sin embargo, si existen diferencias significativas en el factor variedad (Aveger y Pirate mejorado) y factor densidad, por ello es necesario recurrir a una prueba de comparación de medias Tukey, en lo que corresponde, por otro lado el coeficiente de variación muestra que los datos obtenidos son homogéneos.

Figura 4. Prueba de comparación de medias para variedad



La Figura 4, muestra la prueba de comparación de medias realizada para variedades en la variable de diámetro de pella a los 95 días, donde se observa que la variedad 2 supera en promedio a la variedad 1 alcanzando 11,46 cm de diámetro de pella y la variedad 1 que alcanzó un 9,40 cm de diámetro.

Figura 5. Prueba de comparación de medias para densidad



La prueba de comparación de medias realizada para la densidad, que se muestra en la Figura 5, pone en evidencia que el la densidad 2 logró alcanzar un mejor promedio con un 11,57 cm de diámetro representado por la letra A, a diferencia de la densidad 1, donde se obtuvo un 9,29 cm de diámetro representado por la letra B.

**Cuadro 36. Datos de campo para el diámetro de pella a los 110 días (cm)**

TRATAMIENTOS	RÉPLICA			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
<b>T1 (V1D1N1)</b>	20,52	17,42	20,06	58,00	19,33
<b>T2 (V1D1N2)</b>	17,30	18,50	21,46	57,26	19,09
<b>T3 (V1D2N1)</b>	19,14	21,42	21,74	62,30	20,77
<b>T4 (V1D2N2)</b>	20,60	19,94	21,60	62,14	20,71
<b>T5 (V2D1N1)</b>	15,86	17,68	18,60	52,14	17,38
<b>T6 (V2D1N2)</b>	17,96	16,12	20,72	54,80	18,27
<b>T7 (V2D2N1)</b>	16,98	17,84	20,04	54,86	18,29
<b>T8 (V2D2N2)</b>	17,88	17,12	18,96	53,96	17,99
<b>TOTAL</b>	146,24	146,04	163,18	<b>455,46</b>	151,82
<b>MEDIA</b>	18,28	18,26	20,40	56,93	18,98

El diámetro de pella a los 110 días mostro promedios no tan dispersos, Tal como se puede observar en el Cuadro 36, se puede ver que los promedios van desde los 17,38 cm hasta 20,77 cm de diámetro de pella a los 110 días en los tratamientos T5 (V2D1N1) y T3 (V1D2N1) respectivamente, siendo el promedio menor y mayor, también podemos apreciar que el promedio general bordea los 19 cm de diámetro.

Zamora Vaca (2014), consiguió datos de entre los 25,50 a 32,35 cm de diámetro ecuatorial de pella, al momento de la cosecha, utilizando ácidos húmicos y fúlvicos en la variedad Itálica. Datos muy superiores a los obtenidos en el presente experimento, ya que el promedio ma alto alcanzó los 20,77 cm de diámetro de pella.

**Cuadro 37. Tabla de doble entrada de Variedad/Densidad**

<b>VARIEDAD/DENSIDAD</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	115,26	124,44	239,70	19,98
<b>V2</b>	106,94	108,82	215,76	17,98
<b>TOTAL</b>	222,20	233,26	<b>455,46</b>	
<b>MEDIA</b>	18,52	19,44		

El Cuadro 37, da para apreciar los promedios individuales de los factores variedad y densidad, donde vemos que en la variedad 1 y variedad 2 los promedios difieren en casi 3 cm, un tanto significativo, a diferencia del factor densidad donde se obtuvo promedios entre 18,52 y 19,44 en la densidad 1 y 2 respectivamente difiriendo en poco más de 1 cm de diámetro de pella a los 110 días.

**Cuadro 38. Tabla de doble entrada de Variedad/Niveles de fertilización**

<b>VARIEDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	120,30	119,40	239,70	19,98
<b>V2</b>	107,00	108,76	215,76	17,98
<b>TOTAL</b>	227,30	228,16	<b>455,46</b>	
<b>MEDIA</b>	18,94	19,01		

Observando la interacción entre variedad y niveles de fertilización, el Cuadro 38 evidencia que no la diferencia entre las variedades 1 y 2 difieren en 2 cm, por otro lado, en los niveles de fertilización 1 y 2, la diferencia varía en poco más de 1 cm de diámetro a los 110 días.

**Cuadro 39. Tabla de doble entrada de Densidad/Niveles de fertilización**

<b>DENSIDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>D1</b>	110,14	112,06	222,20	18,52
<b>D2</b>	117,16	116,10	233,26	19,44
<b>TOTAL</b>	227,30	228,16	<b>455,46</b>	
<b>MEDIA</b>	18,94	19,01		

Según lo que se muestra en la Tabla 39, podemos determinar que los promedios de los factores densidad y niveles de fertilización, no tienen mucha diferencia, ya que solo varían en aproximadamente 5 cm de diámetro de pella, tanto en la densidad 1 y 2, así como también en los niveles de fertilización 1 y 2.

**Cuadro 40. Análisis de varianza de diámetro de pella a los 110 días**

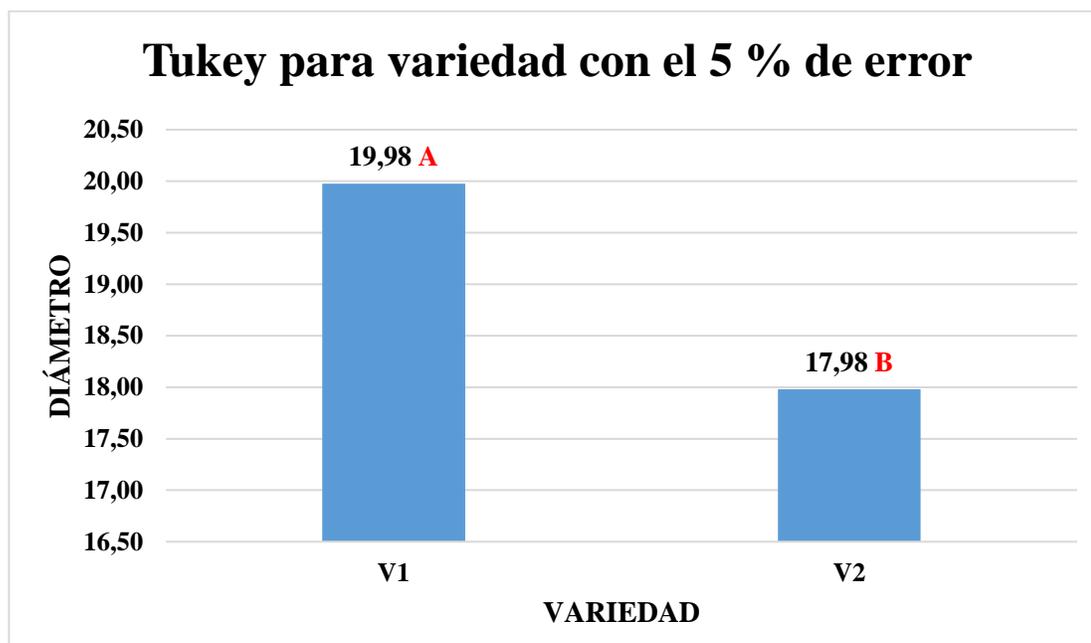
<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F T</b>	
					<b>5%</b>	<b>1%</b>
<b>TOTAL</b>	23	74,09				
<b>TRATAMIENTOS</b>	7	32,61	4,66	3,77	4,60	8,86
<b>BLOQUES/RÉPLICA</b>	2	24,20	12,10	9,80	3,74	6,51
<b>ERROR</b>	14	17,28	<b>1,23</b>			
<b>FACTOR VARIEDAD (V)</b>	1	23,88	23,88	19,34	4,60	8,86
<b>FACTOR DENSIDAD (D)</b>	1	5,10	5,10	4,13	4,60	8,86
<b>FACTOR NIVELES FERTILIZACIÓN (N)</b>	1	0,03	0,03	0,02	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/D)</b>	1	2,22	2,22	1,80	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/N)</b>	1	0,29	0,29	0,24	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (D/N)</b>	1	0,37	0,37	0,30	4,60	8,86
<b>INERACION. (V/D/N)</b>	1	0,71	0,71	0,58	4,60	8,86

**Coefficiente de variación = 0,73 %**

Observando el análisis de varianza en el Cuadro 40, se reporta que no existen diferencias significativas en los tratamientos, de igual forma en los bloques, en el factor densidad y la interacción no se mostró ningún efecto significativo, sin embargo, si se observa diferencias significativas para el factor variedad (Avenger y Pirate mejorado),

donde se precisa una prueba de comparación de medias para determinar la varianza entre las dos variedades.

**Figura 6. Prueba de comparación de medias para variedad**



En la Figura 6 se muestra la prueba de comparación de medias realizada para el factor variedad, donde observamos una diferencia entre ambos promedios, siendo la variedad 1 que alcanzó un mejor promedio de diámetro de pella a los 110 días, con un 19,98 cm y la variedad 2 con un 17,98 cm de diámetro representado por la letra B.

Mamani Rojas (2014), atribuye el comportamiento de las variedades a las temperaturas de ambiente, ya que en un experimento con la variedad Di Cicco, el desarrollo de la inflorescencia tuvo un efecto directo con la temperatura, puesto que algunas plantas variedades serían capaces de soportar menores temperaturas o ser cultivadas a campo abierto. Si bien la variedad Pirata fue quien mayor tiempo llevo para la cosecha, esta presentaba mayor diámetro de inflorescencia y mejor compactación por lo que se puede decir que esta variedad se adapta muy bien en ambientes atemperados.

### 4.1.3. RENDIMIENTO (ton/ha)

**Cuadro 41. Datos de campo para el rendimiento (ton/ha)**

TRATAMIENTOS	RÉPLICA			TOTAL	MEDIA
	I	II	III		
<b>T1 (V1D1N1)</b>	12,30	9,80	12,95	35,05	11,68
<b>T2 (V1D1N2)</b>	9,95	10,95	13,65	34,55	11,52
<b>T3 (V1D2N1)</b>	11,90	13,80	13,95	39,65	<b>13,22</b>
<b>T4 (V1D2N2)</b>	12,75	12,15	13,80	38,70	12,90
<b>T5 (V2D1N1)</b>	6,95	10,50	10,25	27,70	9,23
<b>T6 (V2D1N2)</b>	9,35	8,35	12,25	29,95	9,98
<b>T7 (V2D2N1)</b>	8,65	9,95	12,20	30,80	10,27
<b>T8 (V2D2N2)</b>	9,20	9,45	10,75	29,40	9,80
<b>TOTAL</b>	81,05	84,95	99,80	<b>265,80</b>	<b>88,60</b>
<b>MEDIA</b>	10,13	10,62	12,48	33,23	<b>11,08</b>

Tal como observamos en el Cuadro 41, la última variable evaluada muestra que los promedios evaluados para rendimiento, evidencian promedios medianamente homogéneos entre sí, ya que los promedios ascienden desde los 9,23 hasta los 13,22 ton/ha en los tratamientos T5 (V2D1N1) y T3 (V1D2N1) difiriendo en poco más de 3 toneladas, por otro lado, ambos están cercanos al promedio general que es de 11,08 ton/ha.

Agricultura Urbana (2010), indica que las producciones varían según se trate de brócolis ahijados o de pella, además del tipo de variedad. Pero pueden estimarse unos rendimientos normales entre 15000 y 25000 kg/ha, en el presente estudio los rendimientos de la variedad Pirata en las tres densidades de siembra son aceptable ya que su rendimiento se encuentra dentro del rango, reportado por muchos autores.

Mendoza (1996), reporta rendimiento de 22180 kg/ha a una densidad de 30x40 cm en la variedad Pirata, siendo este el tratamiento de mejor resultado registrado, argumentando el efecto directo de la densidad de siembra.

Ambos autores mencionan rendimientos muy superiores a los obtenidos en el presente experimento, sin embargo, esto puede deberse a muchos factores tales como los factores externos, suelo, etc.

**Cuadro 42. Tabla de doble entrada de Variedad/Densidad**

<b>VARIEDAD/DENSIDAD</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	69,60	78,35	147,95	12,33
<b>V2</b>	57,65	60,20	117,85	9,82
<b>TOTAL</b>	127,25	138,55	<b>265,80</b>	
<b>MEDIA</b>	10,60	11,55		

Las medias observadas de manera individual en el Cuadro 42 de la Tabla de doble entrada de variedad y densidad nos muestran que los promedios para variedades 1 y 2 varían muy poco difiriendo en aproximadamente 3 ton/ha, a diferencia del factor densidades que nos muestra promedios que difieren en aproximadamente 1 ton/ha, siendo promedios muy cercanos entre sí.

**Cuadro 43. Tabla de doble entrada de Variedad/Niveles de fertilización**

<b>VARIEDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>V1</b>	74,70	73,25	147,95	12,33
<b>V2</b>	58,50	59,35	117,85	9,82
<b>TOTAL</b>	133,20	132,60	<b>265,80</b>	
<b>MEDIA</b>	11,10	11,05		

Los promedios observados en el Cuadro 43 de variedad, como lo vimos en el cuadro anterior, no son muy diferentes entre sí con un 9,82 ton/ha la variedad 2 y un 12,33 ton/ha la variedad 1, por otro lado, los niveles de fertilización tienen promedios casi iguales por lo que no son diferentes estadísticamente, ya que los promedios entre ambos difieren en menos de 1 ton/ha.

**Cuadro 44. Tabla de doble entrada de Densidad/Niveles de fertilización**

<b>DENSIDAD/NIVELES FERTILIZACIÓN</b>				
<b>FACTORES</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>TOTAL</b>	<b>MEDIA</b>
<b>D1</b>	62,75	64,50	127,25	10,60
<b>D2</b>	70,45	68,10	138,55	11,55
<b>TOTAL</b>	133,20	132,60	<b>265,80</b>	
<b>MEDIA</b>	11,10	11,05		

El Cuadro 44, nos muestra los promedios individuales obtenidos de la densidad con los niveles de fertilización, y ponen en evidencia nuevamente que los promedios de los niveles de fertilización son muy similares tal como se apreció en el Cuadro 43, a diferencia de los promedios para el factor densidad vemos que los promedios difieren rondando el 1 ton/ha.

**Cuadro 45. Análisis de varianza de rendimiento**

<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F T</b>	
					<b>5%</b>	<b>1%</b>
<b>TOTAL</b>	23	86,80				
<b>TRATAMIENTOS</b>	7	46,04	6,58	4,45	4,60	8,86
<b>BLOQUES/RÉPLICA</b>	2	24,47	12,24	1,52	3,74	6,51
<b>ERROR</b>	14	16,29	<b>1,16</b>			
<b>FACTOR VARIEDAD (V)</b>	1	37,75	37,75	<b>32,44**</b>	4,60	8,86
<b>FACTOR DENSIDAD (D)</b>	1	5,32	5,32	4,57 ns	4,60	8,86
<b>FACTOR NIVELES FERTILIZACIÓN (N)</b>	1	0,02	0,02	0,01	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/D)</b>	1	1,60	1,60	1,38	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (V/N)</b>	1	0,22	0,22	0,19	4,60	8,86
<b>INTERACCIÓN. (D/N)</b>	1	0,70	0,70	0,60	4,60	8,86
<b>INERACION. (V/D/N)</b>	1	0,43	0,43	0,37	4,60	8,86

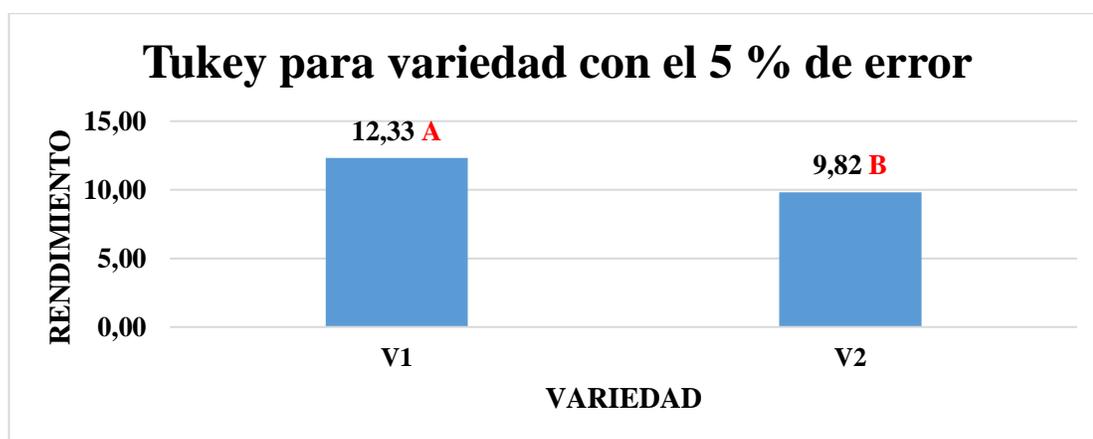
**Coefficiente de variación = 1,22 %**

Los resultados del análisis de varianza (cuadro 45), en cuanto al rendimiento, indican que estadísticamente hubo diferencias altamente significativas entre las variedades Avenger y Pirate mejorado, sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas

para los demás factores (niveles y densidad), ni en la interacción de los mismos, por lo que es necesario recurrir a una prueba de comparación de medias solo para comprobar la varianza entre las variedades.

Lo que significa que existen rendimientos diferentes entre la variedad Avenger y Pirate mejorado, y que al menos una variedad obtuvo un mayor rendimiento comportándose mejor bajo las condiciones dadas.

**Figura 7. Prueba de comparación de medias para variedad**



La prueba de comparación de medias Tukey realizada para el factor variedad muestra que los promedios entre ambas variedades difieren en poco más de 2 Ton/Ha, siendo la variedad 1 la mejor variedad con un 12,33 ton/ha representada por la letra A, y la variedad 2 con un 9,82 ton/ha representada por la letra B.

Limachi (2011), registró 17234 kg/ha de rendimiento en la variedad Pirata y en la variedad Centenario un promedio igual a 15573 kg/ha, atribuyendo este comportamiento a las características genéticas de las variedades. Por los resultados obtenidos en el presente trabajo una vez más se acepta la aseveración de Limachi (2011).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

Bajo las condiciones y parámetros puestos en este experimento podemos concluir que:

- ❖ En la evaluación de rendimiento se observó que en los tratamientos no surgieron diferencias, sin embargo, en el factor variedad se evidenció diferencias estadísticas donde se obtuvo mejores resultados con la variedad Avenger con un 12,33 ton/ha, siendo esta la mejor variedad, ya que mostró un mejor comportamiento en cuanto al rendimiento.
- ❖ En cuanto a la densidad se pudo observar que el mejor comportamiento se logró con la densidad 2 (25.000 plantas/ha), ya que en el diámetro de pella fue notable el diámetro logrado en la densidad 2 alcanzando los 19,44 centímetros en la densidad 2 y 18,52 cm de diámetro de pella en la densidad 1, de igual forma en el rendimiento el mayor promedio se obtuvo 11,55 ton/ha en la densidad 2 de 25.000 pl/ha y 10,50 ton/ha en la densidad 1 de 31.000 pl/ha.
- ❖ Con relación al comportamiento de las variedades se pudo observar que durante la etapa de desarrollo de la planta la variedad Pirate mejorado tuvo un mejor comportamiento, superando en promedios de altura en todas las evaluaciones, sin embargo en el diámetro de pella final y rendimiento se observó la superioridad de la variedad Avenger, con un 19,98 de diámetro de pella, un 12,33 ton/ha de rendimiento a diferencia de la variedad Pirate mejorado que alcanzó los 9,82 ton/ha difiriendo en poco más de 2 ton/ha, esto debido a que la variedad Avenger logró mayor peso de pella.

### **Recomendaciones**

- ❖ Se recomienda aplicar la densidad de 25.000 plantas/ha, ya que dio mejores resultados en altura y diámetro de pella, siendo el diámetro de pella uno de las características considerables en el fruto comercial del Brócoli
  
- ❖ Para obtener mejores rendimientos se recomienda utilizar la variedad Avenger, ya que esta se adapta mejor a los tratamientos aplicados, alcanzando rendimientos más altos a diferencia de la variedad Pirate mejorado.
  
- ❖ Se recomienda realizar esta investigación en suelos deteriorados, tomando en cuenta más variables tales como el peso de pella y otros, también evaluando el comportamiento de otras variedades.