

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

La sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), conocida anteriormente como *Citrullus vulgaris*, es una planta rastrera perteneciente a la familia Cucurbitaceae, la cual incluye especies de importancia económica como el pepino, la calabaza y el zapallo. Se trata de un cultivo anual cuyo fruto es carnoso, jugoso y compuesto en más del 90% de agua. (Lopez, 2017)

La sandía se caracteriza por producir frutos de gran tamaño y por desarrollarse adecuadamente en zonas de clima cálido y con alta radiación solar, siendo poco tolerante a ambientes húmedos o con baja insolación. Debido a su frescura, sabor agradable y alto contenido de agua, su consumo es ampliamente aceptado en la mayoría de los mercados, incluida Bolivia (Ramirez, 2018)

En los últimos años, la demanda de sandía ha incrementado notablemente, no solo por su carácter refrescante, sino también por su bajo contenido calórico y su aporte de vitaminas, lo que la ha convertido en una fruta incluida en dietas saludables y de control de peso. Sin embargo, la presencia de semillas en el fruto representa una desventaja comercial para algunos. (Paz, 2021)

En cuanto al material genético, aunque tradicionalmente se cultivaban variedades locales, en la actualidad los cultivares híbridos han cobrado mayor importancia, dado que presentan mejores características agronómicas y de calidad de fruto. Por ello, resulta necesario evaluar nuevas tecnologías de manejo que permitan optimizar su producción. (Ramirez, 2018)

La fertilización constituye una práctica esencial para garantizar un adecuado suministro de nutrientes, indispensable para lograr altos rendimientos. No obstante, debe realizarse de manera eficiente, buscando reducir costos de producción y minimizar el impacto ambiental. (El huerto de CRM., 2010)

Otro factor determinante en la productividad agrícola es la densidad de plantación.

Cada cultivo requiere un espaciamiento óptimo que asegure el adecuado desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas. Si la densidad es excesiva, se genera competencia por recursos esenciales como agua, nutrientes y luz, afectando negativamente el rendimiento. (R. Rojas, 2007)

En Bolivia, la superficie cultivada con sandía alcanza aproximadamente 4.451 ha, con un rendimiento promedio de 14 t/ha. Se estima que mediante una fertilización balanceada podría alcanzarse hasta 25 t/ha. En el departamento de Tarija se cultivan alrededor de 463 ha, con un rendimiento promedio de 11,68 t/ha, mientras que en Entre Ríos (La Moreta) se reportan aproximadamente 57 ha con un rendimiento de 9,25 t/ha. (Fuente MDRyT) citado por (INIAF, ANAPO y CIAB, 2019) (Sistema integrado de informacion productiva (SIIP), 2021).

1.1 Planteamiento del problema

La producción de sandía en condiciones locales presenta diversos desafíos, principalmente reflejados en los bajos rendimientos obtenidos en comparación con otras regiones productoras. (Aguirre Mendoza, 2019)

Este problema se debe, en gran parte, a la falta de información técnica y de asistencia especializada, lo que limita la capacidad de los productores para optimizar el uso de fertilizantes y definir densidades de siembra adecuadas. (Aguirre Mendoza, 2019)

En la actualidad, la mayoría de los agricultores realiza la fertilización de forma empírica y establece densidades de plantación sin criterios técnicos, lo que genera un uso ineficiente del suelo y de los insumos agrícolas. (Aguirre Mendoza, 2019)

Ante esta situación, se hace necesario evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización y densidades de plantación sobre el rendimiento del cultivo de sandía híbrida Morgan RZ F1, bajo las condiciones agroecológicas de la localidad de Chiquiaca, en el departamento de Tarija.

1.2 Justificación

La presente investigación es de gran relevancia, ya que busca identificar estrategias agronómicas sostenibles y eficientes que permitan mejorar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de sandía en la región.

La combinación adecuada de niveles de fertilización y densidades de plantación puede constituir una herramienta clave para incrementar la productividad, optimizando el uso de los recursos disponibles y contribuyendo a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico local.

Asimismo, el estudio pretende fomentar prácticas agrícolas sustentables, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo el uso racional de insumos. Los resultados obtenidos servirán como base técnica para agricultores, estudiantes, investigadores y tomadores de decisiones del sector agrario, fortaleciendo el desarrollo científico y tecnológico en la producción.

Llegando a beneficiar a la comunidad de Chiquiacá según los datos del INE la población es de habitantes que están divididas en 250 familias.

Por lo antes mencionado, se consideró muy importante realizar este trabajo de investigación el cual tiene los siguientes objetivos:

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización y densidades de plantación sobre la producción (t/ha) del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai. var. Híbrido Morgan RZ F1) en la localidad de Chiquiacá.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres niveles de fertilización sobre el rendimiento en t/ha y el desarrollo del cultivo de sandía híbrida Morgan RZ F1.
- Determinar el efecto de dos densidades de plantación sobre el rendimiento en t/ha y el desarrollo del cultivo.
- Determinar la relación beneficio/costo (B/C) en la producción de sandía bajo los tratamientos evaluados.

1.4 Hipótesis

La variedad híbrida de sandía Morgan RZ F1 presenta diferencias significativas en el rendimiento al aplicar distintos niveles de fertilización y densidades de plantación.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origen del cultivo de la sandía

Existen dos hipótesis principales acerca del origen de la sandía, una nos indica que es originaria de las poblaciones silvestres de África, en cambio, la segunda hipótesis sitúa el origen de esta fruta como una especie cucurbitácea originaria del valle del Nilo, donde crecía de forma silvestre.

No obstante, podemos hablar de una tercera hipótesis que establecería el origen y la historia de la sandía combinando las dos hipótesis mencionadas anteriormente. El explorador David Livingston situó el origen de la sandía en el desierto de Kalahari, en África meridional, donde esta fruta crecía de forma silvestre. Él descubrió este hecho en su primer viaje al norte de Sudáfrica.

No obstante, si bien esta fruta es originaria del desierto de Kalahari, las primeras evidencias de su cultivo se encuentran en Egipto y datan del 3.000 a.C. El cultivo de la sandía en esta zona fue muy fructífero debido a la fertilidad que ofrecían los márgenes del río Nilo, donde el agua era abundante y el clima cálido.

En España, la sandía fue introducida por los árabes y a esto le debemos su nombre, ya que el término sandía procede del vocablo árabe hispánico sandíyya, el cual al mismo tiempo procede del árabe clásico sindiyyah que viene de Sind, una región ubicada en Pakistán que es el lugar desde el que les llegó esta fruta a los árabes. (Lopez, 2017)

2.2 Descripción taxonómica de la sandia

Reino: Vegetal.

Phylum: Tracheophytae.

División: Tracheophytae.

Sub división: Anthophyta.

Clase: Angiospermae.

Sub clase: Dicotyledoneae.

Grado Evolutivo: Metachlamydeae.

Grupo de Ordenes: Tetraciclicos.

Orden: Cucurbitales.

Familia: Cucurbitaceae.

Nombre científico: *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. y Nakai.

Nombre común: Sandia.

Fuente: (Herbario Universitario) (T.B.), 2023

2.3 Descripción botánica de la sandía

Planta herbácea y de tallos rastreros de la familia de las cucurbitáceas. Es una trepadora anual, dicotiledónea, áspera, con tallo rastrero piloso provisto de zarcillos y hojas de cinco lóbulos profundos, flores amarillas, grandes, unisexuales; las femeninas tienen el gineceo con tres carpelos, la masculina con cinco estambres; fruto grande, en pepónide, carnoso y jugoso (más del 90% de la sandía es agua), con numerosas semillas, casi esférico, verdoso, pulpa de color rosado o rojo, y generalmente de sabor dulce. (Frutas, 2014)

2.4 Características morfológicas de la sandía

2.4.1 Sistema radicular

Raíz Las raíces de la sandía son muy ramificadas y se desarrollan de acuerdo al suelo y otros factores, posee una raíz pivotante que puede profundizar hasta 0.8 metros, las raíces laterales pueden alcanzar hasta 2 metros de longitud llegando a formar un diámetro radicular de aproximadamente 4 metros. La mayor distribución de las raíces se encuentra entre los 20 y 40 centímetros de profundidad. (Mendes, 2016)

2.4.2 Tallo

Tallos de desarrollo rastrero. En estado de 5-8 hojas bien desarrolladas el tallo principal emite las brotaciones de segundo orden a partir de las axilas de las hojas.

En las brotaciones secundarias se inician las terciarias y así sucesivamente, de forma que la planta llega a cubrir 4-5 metros cuadrados.

Se trata de tallos herbáceos de color verde, recubiertos de pilosidad que se desarrollan de forma rastrera, pudiendo trepar debido a la presencia de zarcillos bífidos o trifidos, y alcanzando una longitud de hasta 4-6 metros. (InfoAgro, 2018)

2.4.3 Hojas

Hoja peciolada, pinnado-partida, dividida en 3-5 lóbulos que a su vez se dividen en segmentos redondeados, presentando profundas entalladuras que no llegan al nervio principal. El haz es suave al tacto y el envés muy áspero y con nerviaciones muy pronunciadas.

El nervio principal se ramifica en nervios secundarios que se subdividen para dirigirse a los últimos segmentos de la hoja, imitando la palma de la mano. (InfoAgro, 2018)

2.4.4 Flor

Flores de color amarillo, solitarias, pedunculadas y axilares, atrayendo a los insectos por su color, aroma y néctar (flores entomógamas), de forma que la polinización es entomófila. La corola, de simetría regular o actinomorfa, está formada por 5 pétalos unidos en su base.

El cáliz está constituido por sépalos libres (dialisépalo o corisépalo) de color verde. Existen dos tipos de flores: masculinas o estaminadas y femeninas o pistiladas, coexistiendo los dos sexos en una misma planta, pero en flores distintas (flores unisexuales). Las flores masculinas disponen de 8 estambres que forman 4 grupos soldados por sus filamentos.

Las flores femeninas poseen estambres rudimentarios y un ovario ínfero vellosos y ovoide que se asemeja en su primer estadio a una sandía del tamaño de un hueso de aceituna (fruto incipiente), por lo que resulta fácil diferenciar entre flores masculinas y femeninas.

Estas últimas aparecen tanto en el brote principal como en los secundarios y terciarios, con la primera flor en la axila de la séptima a la décimo primera hoja del brote principal. Existe una correlación entre el número de tubos polínicos germinados y el tamaño del fruto (InfoAgro, 2018).

2.4.5 Fruto

Fruto baya globosa u oblonga en pepónide formada por 3 carpelos fusionados con receptáculo adherido, que dan origen al pericarpio. El ovario presenta placentación central con numerosos óvulos que darán origen a las semillas. Su peso oscila entre los 2 y los 20 kilogramos.

El color de la corteza es variable, pudiendo aparecer uniforme (verde oscuro, verde claro o amarillo) o a franjas de color amarillento, grisáceo o verde claro sobre fondos de diversas tonalidades verdes. La pulpa también presenta diferentes colores (rojo, rosado o amarillo). (InfoAgro, 2018)

2.4.6 Semilla

Semilla Casi siempre de forma elipsoidal, siendo más delgadas de la parte del hilo, con superficie lisa, áspera y color variado (café oscuro o claro), negro, blanco. La madurez de las semillas se logra a los 15 días después de la maduración de la pulpa; si se sacan antes o después disminuye el porcentaje de germinación. (Mendes, 2016)

Semillas pueden estar ausentes (frutos triploides) o mostrar tamaños y colores variables (negro, marrón o blanco), dependiendo del cultivar. (InfoAgro, 2018)

2.5 Fases fenológicas de la sandía

Ciclo de Vida. Tiene un ciclo de vida anual, se encuentran. Variedades precoces, intermedias y tardías.

Una sequía o temperatura elevada durante la polinización y la formación del fruto pueden adelantar la maduración. La duración desde la siembra hasta la cosecha de la Sandía es de 85 a 120 días. (Ayala, 1995)

2.5.1 Etapas fenológica	Días desde la siembra:
• Germinación	5 – 6
• Inicio de emisión de guías	24 - 28
• Inicio de floración	32 - 39
• Plena flor	47 - 54
• Inicio de cosecha	97 - 104
• Término de cosecha	107 – 114. (Casaca, 2005)

2.5.2 Emergencia

Aparece la primera hoja sobre la superficie del suelo. Después de la fase de emergencia la planta se mantiene en crecimiento vegetativo hasta el inicio de la fase de floración. (Senamhi Peru, 2012)

La germinación es de tipo epigeo. Las semillas germinan con facilidad en la oscuridad. Estas salen a la superficie cinco u ocho días después de la siembra. (Ayala, 1995)

2.5.3 Floración

Las flores nacen a lo largo de la rama, es decir, guían en secuencia. Las flores masculinas salen primero.

La polinización se efectúa por insectos, especialmente por abejas de colmena. La mayoría de las flores tienen fecundación por polinización cruzada. (Ayala, 1995)

2.5.4 Fructificación

Los pequeños frutos alcanzan de 2 a 3 cm de tamaño. (Senamhi Peru, 2012)

2.5.4 Maduración

El fruto adquiere su máximo tamaño y color típico de la variedad. Un buen indicador para la cosecha es cuando el fruto cambia su color verde oscuro a verde claro. (Senamhi Peru, 2012)

2.6 Variedades

Pueden considerarse dos grupos de variedades híbridas existentes en el mercado:

- Variedades “Tipo Sugar Baby”, de corteza verde oscuro.
- Variedades “Tipo Crimson”, de corteza rayada.

Dentro de ambos tipos pueden considerarse sandías con semillas y sin semillas, aunque generalmente las sandías triploides se están, poniendo “tipo Crimson”, por lo que la piel rayada está siendo un carácter diferenciador para el consumidor entre sandía con semillas y sin semillas. (InfoAgro, 2018)

2.7 Híbrido

Una planta híbrida es el resultado del cruzamiento entre dos líneas puras, o plantas convencionales. El resultado es lo que comúnmente se denomina híbrido simple (Syngenta , s.f.)

Un híbrido es creado cruzando dos padres únicos. Cruzar implica tomar polen del macho y transferirlo a la hembra. La primera generación de la descendencia de este cruzamiento se ve y funciona toda igual. Muestra también lo que se conoce como vigor híbrido: estas plantas resultan más fuertes que sus padres. Pero Ud. no puede plantar su semilla para criar plantas para el año siguiente. La semilla recolectada de una planta híbrida será parecida a alguno de sus padres o será estéril.

Las semillas híbridas no se reproducen “fiel al tipo” en la segunda generación. Esto significa que si Ud. guarda las semillas producidas por plantas híbridas F1 y las siembra, la variedad de plantas que va a crecer de estas semillas (conocidas como segunda generación) pueden o no pueden compartir los caracteres deseados que fueron seleccionados cuando se creó la primera generación de semilla híbrida. (FAO, 2015)

2.7.1 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.

2.7.2 Híbrido MORGAN RZ

Sandía de tipo Crimson diploide de calibre grande (14-25 kg), con planta vigorosa para cultivos en aire libre. Frutos oblongos de piel clara. Calibre uniforme, con buen cuaje en condiciones de bajas temperaturas. Buena calidad interna con intenso color rojo y alto contenido en azúcar. Maduración precoz. Muy buena aptitud como polinizador.

Morgan RZ F1 es híbrido de sandía único y especial debido a su alto potencial de rendimiento y tamaño de fruta extra grande.

2.7.3 Características del Híbrido

- Procedencia Rijk Zwaan – casa semillera de alta genética HOLANDESA.
- Sandia híbrida para campo abierto.
- Planta de gran vigor.
- Fruta de forma oval elongada.
- Tipo Crimson diploide de tamaño grande.
- Peso de 14 a 25kg.
- Grados brix superior a 12.
- Siembra directa o trasplante, campo abierto.
- Altitud 0 - 1.000 msnm.
- Distancia 3,0 x 1,0 m.
- Ciclo precoz plántula 10-12 días, cultivo 60-65 días.
- Fertilización de acuerdo al tipo de suelo y sustrato.
- Excelente post cosecha y resistencia al transporte.

2.8 Requerimientos edafoclimáticos

2.8.1 Clima

La sandía es planta muy extendida por zonas con climas cálidos, al igual que otras cucurbitáceas. Exige altas temperaturas, es sensible a los fríos y las heladas, por lo que su cultivo al aire libre sólo es posible pasada las épocas de heladas y a principios de la primavera. Son cuatro las variantes a tener en cuenta: temperatura, humedad, concentración de anhídrido carbónico y luminosidad, por lo que es necesario conocer su influencia para modificarlas convenientemente. (Marmol, 1995)

2.8.2 Temperatura

En la época de siembra, el suelo que ha ido caldeándose por medio de la energía solar, alcanza su temperatura óptima a los 20-25° C, lo que hace que la semilla pueda germinar en el transcurso de 5-7 días.

Si la temperatura del suelo es inferior a 15° C, se dificulta la germinación, por lo que se recurre al forzado de ésta en macetas, bandejas, etc., al objeto de proporcionar a las semillas las condiciones climáticas apropiadas. Por encima de los 35-40° C, de temperatura en el suelo, la germinación se dificulta, realizándose más lentamente cuanto más se aleje de la temperatura óptima. Después de la germinación y emergencia de la planta, es aconsejable que la temperatura ambiental en el interior del invernadero no baje de 20° C, durante la noche ni sobrepase los 30° C durante el día. La temperatura óptima para el desarrollo de la planta oscila entre 25 y 28° C. Con temperaturas por encima de 35° C se produce una gran transpiración que, en ocasiones, y en las primeras fases de crecimiento, puede causar daños por deshidratación a las plantas.

En cuanto a la floración, la temperatura óptima oscila alrededor de los 20° C. Igualmente, esta temperatura facilita la germinación del polen y la fecundación de la flor femenina. Durante la maduración de los frutos, la sandía prefiere temperaturas por encima de los 20° C. (Marmol, 1995)

2.8.3 Humedad

La humedad relativa óptima para la sandía se sitúa entre 60 % y el 80 %, siendo un factor determinante durante la floración. (InfoAgro, 2018)

La humedad relativa menor del 70% para desarrollarse satisfactoriamente, y dar abundante producción e incrementar los azúcares del fruto. (Ayala, 1995)

2.8.4 Altitud

La sandía prospera bien en climas cálidos en alturas que fluctúan desde los 0 a 1000 metros sobre el nivel del mar, pero depende de los valles con microclimas distintos a la altura indicada.

Aunque presenta una reducción del tamaño del fruto y aumento de grosor de la pulpa no comestible. (Bruzon, 2004)

2.8.5 Luminosidad

Requiere alrededor de 10 horas luz al día. (Casaca, 2005)

La luminosidad influye en el fotoperíodo, es decir, en la reacción e influencia que tiene la duración del día sobre las plantas y principalmente sobre el momento de la floración. Para la sandía, no tiene gran influencia la duración del día, siendo diferente la influencia de dicha duración. La iluminación muy débil favorece el ahilamiento en los semilleros, y la iluminación intensa incrementa, en general, el número de flores y la precocidad en la maduración de los frutos. (Ayala, 1995)

2.8.6 Suelos

Es necesario que los suelos posean buen drenaje tanto interno como externo.

Los suelos franco arenosos a francos son los mejores para el desarrollo de las plantas, no obstante, se pueden utilizar suelos franco arcillosos a arcillosos, estos últimos con enmiendas (agregar materia orgánica).

Se debe evitar cultivar sandía en la misma área todos los años. La rotación debe hacerse cada 3 años utilizando gramíneas (maíz, sorgo, pastos). La temperatura del suelo para la germinación es de 25-35°C. (Casaca, 2005)

2.8.7 pH

La sandía tiene un óptimo desarrollo en pH desde 5.0 a 6.8 (tolera suelos ácidos y al mismo tiempo se adapta a suelos débilmente alcalinos. Suelos de textura franca con alto contenido de materia orgánica son los más apropiados para el desarrollo de este cultivo. (Casaca, 2005)

2.8.8 Riego

La sandía puede cultivarse en secano, pero se obtiene mucho mejor rendimiento en regadío. Se consiguen buenos resultados de producción y calidad con dotaciones de riego de 2.000-2.700 m³/ha.

Las necesidades totales de agua de sandía durante todo el período de crecimiento oscilan entre 400 y 600 mm. Por supuesto, las necesidades de agua pueden ser totalmente distintas en diferentes condiciones climáticas y del suelo.

En las primeras fases de cultivo las necesidades de riego son bajas. La mayor demanda hídrica se produce desde la floración hasta que finaliza el crecimiento de los frutos. En esta fase se aconseja una frecuencia de riego diaria. Previo a la recolección es recomendable restringir o eliminar los riegos unos días antes de la misma. En esa última fase de crecimiento de los frutos, la sandía es muy sensible a la fluctuación del riego pudiéndose producir agrietamiento si el manejo no es el adecuado.

El sistema de riego tiene una influencia considerable en el rendimiento de la sandía, obteniéndose mayores rendimientos con el sistema de riego por goteo que con el de inundación. (Regaber, s.f.)

2.9 Fertilización

2.9.1 Fertilización inorgánica

Los fertilizantes inorgánicos son los productos químicos. Estos se dividen en simples y compuestos. Los fertilizantes simples cuentan con un solo elemento primario que puede ser nitrógeno, fósforo o potasio. Los fertilizantes compuestos contienen 2 o 3 elementos principales y algunos elementos secundarios. (Ayala, 1995)

En la sandía al igual que en otros cultivos hortícolas, el potasio es el macronutriente que se necesita en mayor cantidad seguido del nitrógeno, siendo menores las exigencias del fósforo y magnesio. (García F. P., 2021)

Para realizar una fertilización adecuada en el lugar definitivo, es necesario primero realizar un análisis de suelo que permita conocer los elementos nutritivos deficientes. Y se recomienda aplicar todo el fósforo y potasio en la dos primeras dosis que son al momento de la siembra o en el trasplante y al inicio de la floración, y cuando se fertiliza con nitrógeno se recomienda dividir en tres dosis, una a la siembra o en el trasplante, otra antes de la floración y una última al inicio de la fructificación. (Fernando, 2012)

2.9.2 Requerimiento del cultivo de sandía en kg/ha

Cantidad de nutriente total absorbido, expresado en kg de nutriente por tonelada de órgano cosechable:

Cuadro 1. Requerimiento nutricional del cultivo de sandía, para una tonelada de fruta

N	P2O5	K2O
2	0,3	3

Fuente: (García I. A., 2016) Ignacio A. Ciampitti y Fernando O. García IPNI Cono Sur. Av Santa Fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina. iciampitti@ipni.net

2.9.2 Fertilizantes nitrogenados

El nitrógeno es absorbido por las raíces generalmente bajo las formas de NO_3^- y NH_4^+ . Su asimilación se diferencia en el hecho de que el ion nitrato se encuentra disuelto en la solución del suelo, mientras que gran parte del ion amonio está adsorbido sobre las superficies de las arcillas (Arcos, 2010) citado por (Chicaiza, 2013)

El nitrógeno interviene en el desarrollo de la planta, incrementa la producción, aumenta el número de flores femeninas y, por consiguiente, el número de frutos, contribuye a la formación de proteínas y da un color verde intenso a las hojas. Su exceso perjudica la calidad de los frutos, ocasionando grietas en ellos, y favorece el excesivo desarrollo de la planta. Se ha de procurar, además, no excederse durante la floración, ya que puede favorecer el aborto de las flores.

Igualmente, un exceso de nitrógeno en la maduración, hace insípidos los frutos, perjudicando también su conservación. (Marmol, 1995)

Es un componente de las proteínas y está presente en la mayoría de las combinaciones y estructuras orgánicas de las plantas, constituyendo el factor limitante, el más limitante en el crecimiento de las plantas. El N procede, si no consideramos el suministro de fertilizantes, de los aportes de la materia orgánica del suelo y sometidos a una serie de transformaciones bioquímicas.

Las raíces absorben el N bajo dos formas, la nítrica y la amoniacal, factores como la edad de la planta, la especie, el pH del suelo, etc., determinan la absorción de una u otra forma. En la mayoría de los suelos las plantas toman el N fundamentalmente en forma de nitrato. Las grandes funciones del N en la planta, se deben considerar en base a su participación como constituyente de gran número de compuestos orgánicos esenciales para el metabolismo vegetal. El exceso de N favorece la deficiencia de otros elementos, como el Cu, además este exceso ocasiona mayor susceptibilidad a enfermedades y sensibilidad a condiciones climáticas adversas, sequías, heladas. Es un elemento muy móvil en la planta, las deficiencias se acusan primero en las hojas más viejas. El contenido de N varía en el suelo más que el de cualquier otro elemento, incluso dentro de un mismo potrero, el contenido de N varía en función del drenaje, la textura o la topografía.

Su exceso perjudica la calidad de los frutos, ocasionando grietas en ellos y, favorece el excesivo desarrollo vegetativo de la planta. En floración, su exceso favorece el aborto de flores, igualmente en la maduración, hace insípidos los frutos, afectando su vida de postcosecha.

Plantas injertadas de sandía mejoran la productividad y proporcionan frutos de mayor tamaño que sandía sin injertar, lo que se ha visto en suelos altamente contaminados.

Algunos defectos del fruto, corteza más gruesa, haces vasculares más marcados, van asociados al mayor vigor de las plantas injertadas y normalmente se corrigen con un menor abonado nitrogenado y dejando el fruto unos días más en la planta. (INIA, 2017)

2.10 Plagas y enfermedades de la sandía

2.10.1 Plagas

2.10.1.1 Pulgones (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*)

Los pulgones son insectos pequeños que se alimentan de la savia de las plantas, debilitándolas y transmitiendo virus.

- **Síntomas:** Enrollamiento de hojas, reducción del crecimiento y presencia de una sustancia pegajosa (mielada) que fomenta el crecimiento de hongos como la fumagina.
- **Control:** Uso de insecticidas biológicos como el aceite de neem, liberación de enemigos naturales (mariquitas y crisopas) y aplicaciones de jabón potásico. (Agronotips, 2023)

2.10.1.2 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Este insecto chupa la savia de la planta y transmite virus como el mosaico amarillo de la calabaza.

- **Síntomas:** Clorosis en hojas, debilitamiento general y presencia de melaza en el envés de las hojas.
- **Control:** Instalación de trampas cromáticas amarillas, manejo de malezas hospederas y uso de insecticidas selectivos. (Agronotips, 2023)

2.10.1.3 Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Los trips son pequeños insectos que raspan las hojas y flores, causando daños directos y facilitando la entrada de virus.

- **Síntomas:** Aparición de manchas plateadas en hojas, deformaciones y caída prematura de flores.
- **Control:** Uso de mallas anti-insectos, aplicaciones de extractos vegetales y liberación de depredadores naturales como *Orius spp.* (Agronotips, 2023)

2.10.1.4 Gusanos trazadores (*Agrotis spp.*)

Las larvas de estas polillas atacan el tallo de las plántulas jóvenes, provocando su caída.

- **Síntomas:** Plantas cortadas a nivel del suelo, marchitez y muerte de plántulas recién trasplantadas.

- **Control:** Uso de cebos con *Bacillus thuringiensis*, control mecánico con trampas y eliminación manual de larvas. (Agronotips, 2023)

2.10.1.5 Ácaros (*Tetranychus spp.*)

Los ácaros producen daños al alimentarse del contenido celular de las hojas, causando decoloraciones y defoliación severa.

- **Síntomas:** Hojas con manchas amarillas, telarañas en el envés y caída prematura de hojas.
- **Control:** Aplicación de azufre en polvo, liberación de ácaros depredadores (*Phytoseiulus persimilis*) y riego adecuado para reducir la sequedad del ambiente. (Agronotips, 2023)

2.10.2 Enfermedades

2.10.2.1 Mildiu veloso (*Pseudoperonospora cubensis*)

Es una enfermedad fúngica que prospera en condiciones de alta humedad y temperatura moderada.

- **Síntomas:** Aparición de manchas amarillas en la parte superior de las hojas y un crecimiento veloso de color grisáceo en el envés.
- **Control:** Uso de fungicidas a base de cobre, mejora de la ventilación en el cultivo y rotación de cultivos. (Agronotips, 2023)

2.10.2.2 Oídio (*Podosphaera xanthii*)

Este hongo es frecuente en climas secos y cálidos, afectando principalmente las hojas.

- **Síntomas:** Presencia de un polvo blanco en la superficie de las hojas, debilitamiento de la planta y reducción en la producción de frutos.
- **Control:** Aplicación de azufre en polvo, uso de variedades resistentes y eliminación de restos de cultivo. (Agronotips, 2023)

2.10.2.3 Fusariosis (*Fusarium oxysporum f. sp. niveum*)

Es una enfermedad del suelo que causa marchitez y necrosis en las raíces.

- **Síntomas:** Amarillamiento y marchitez progresiva de las hojas, necrosis en el sistema radicular y colapso de la planta.
- **Control:** Uso de patrones resistentes, solarización del suelo y aplicación de biofungicidas como *Trichoderma* spp. (Agronotips, 2023)

2.10.2.4 Antracnosis (*Colletotrichum orbiculare*)

Este hongo ataca hojas, tallos y frutos, causando pérdidas significativas en la producción.

- **Síntomas:** Manchas necróticas en hojas, lesiones hundidas en frutos y tallos con áreas oscurecidas.
- **Control:** Uso de semillas certificadas, aplicación de fungicidas preventivos y eliminación de plantas infectadas. (Agronotips, 2023)

2.10.3 Nematodos (*Meloidogyne* spp.)

Las plantas infectadas por nematodos presentan un crecimiento débil, marchitamientos, clorosis y raíces con deformaciones y agalladuras (nódulos). Distribución en rodales (plantas formando áreas más o menos circulares) o siguiendo líneas de riego. (Agronotips, 2023)

2.10.4 Virus del mosaico de la sandía (*WMV* y *ZYMV*)

Son virus transmitidos principalmente por pulgones y mosca blanca, afectando el desarrollo de la planta.

- **Síntomas:** Deformaciones en hojas, mosaico amarillo, reducción del tamaño de los frutos y rendimiento reducido.
- **Control:** Control de vectores mediante trampas cromáticas, eliminación de plantas afectadas y uso de variedades resistentes. (Agronotips, 2023)

2.10.5 Fisiopatías comunes en la sandía

Las fisiopatías son enfermedades causadas por factores abióticos, es decir, no existe un patógeno causal, sino que lo propicia unas malas condiciones en el medio como carencias o excesos de nutrientes, bajas o altas temperaturas, sequía o mal manejo del riego o salinidad, entre otros.

- Chupado de frutos: Los frutos crecen malformados con la punta delgada, no desarrollada.
- Asolado o planchado de frutos: En el lateral de los frutos expuestos al sol aparece una zona blanca deprimida dejando el tejido con aspecto de papel y, si el fruto es aún joven, luego se forma una cicatriz.
- Agrietado de frutos: Aparición de grietas longitudinales o concéntricas en torno a la zona del pedúnculo del fruto que pueden llegar a tomar aspecto de corcho.
- Ennieblado de frutos: Los frutos dejan de crecer al poco tiempo del comienzo del desarrollo y finalmente se secan. (INIA), 2017)

2.11 Manejo agronómico de la sandía

2.11.1 Almacigo y trasplante del cultivo

Una vez seleccionada la variedad de sandía a establecer, se procede a la siembra de las semillas. Es indispensable que tanto las semillas como el sustrato y los materiales utilizados se encuentren limpios y desinfectados, a fin de evitar la proliferación de patógenos que puedan afectar la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas. La siembra puede efectuarse de forma directa en campo o de manera indirecta, mediante la producción de almácigos o plántulas en bandejas.

Se recomienda realizar la germinación indirecta, empleando bandejas de semillero de 21 a 105 cavidades y sustratos ligeros y porosos como perlita, turba o fibra de coco, que favorecen una adecuada aireación y retención de humedad. En cada cavidad se deben colocar una o dos semillas, procurando una profundidad uniforme. Alternativamente, pueden utilizarse bloques agrícolas de 36 cavidades o cubos de 4

pulgadas, los cuales facilitan el manejo y trasplante de las plántulas, reduciendo el estrés y el daño radicular. (Ignovacion agricola en un cick, s.f.)

En el caso de la siembra directa sobre el terreno definitivo, ya sea en suelos tradicionales o sistemas hidropónicos, se recomienda establecer una distancia entre surcos de 2 a 3 metros, y entre plantas de 0,60 a 0,90 metros, dependiendo del vigor de la variedad y del sistema de conducción empleado. La siembra se realiza manualmente, colocando tres a cuatro semillas por sitio de plantación, a una profundidad de 2,5 a 3 cm. Una vez emergidas las plántulas y desarrolladas dos hojas verdaderas, se debe efectuar el raleo, conservando únicamente la planta más vigorosa y eliminando las restantes. (Ignovacion agricola en un cick, s.f.)

El riego durante la fase de germinación debe realizarse exclusivamente con agua, utilizando sistemas de aspersión fina o riego automatizado por goteo, manteniendo el sustrato con una humedad constante sin llegar al encharcamiento.

La emergencia de las plántulas suele producirse entre los 7 y 10 días después de la siembra, dependiendo de la variedad, temperatura, humedad y condiciones ambientales.

Durante las primeras etapas del desarrollo, emergen los cotiledones, encargados de proveer nutrientes a la plántula en sus primeros días. Posteriormente, aparecen las primeras hojas verdaderas, momento oportuno para iniciar la fertilización líquida o aplicación de soluciones nutritivas en concentraciones bajas (alrededor de un tercio de la dosis recomendada), incrementándola gradualmente conforme avanza el desarrollo vegetativo. (Ignovacion agricola en un cick, s.f.)

El trasplante se recomienda realizar entre los 25 y 40 días posteriores a la siembra, o cuando las plántulas presentan dos a cuatro pares de hojas verdaderas y alcanzan una altura aproximada de 5 a 10 cm. Para extraer las plántulas del semillero se pueden emplear espátulas o abatelenguas, evitando dañar el sistema radicular.

Posteriormente, con ayuda de una pala de mano desinfectada o directamente con la mano limpia, se realiza un hoyo en el sustrato previamente humedecido, se coloca el cepellón y se riega inmediatamente con agua o una solución nutritiva diluida para favorecer la adaptación.

Es importante destacar que la sandía no tolera el trasplante a raíz desnuda, por lo que el establecimiento debe realizarse con cepellón íntegro, garantizando una rápida recuperación postrasplante y un adecuado crecimiento inicial del cultivo. (Innovación agrícola en un click, s.f.)

2.11.2 Marco de plantación

Los marcos de siembra han de oscilar entre 2-3 metros entre líneas y de 0,75-1 metro entre plantas, no siendo aconsejable marcos más estrechos.

Igualmente, con plantas injertadas en calabaza el desarrollo radicular es mayor, por lo que hay que aumentar, en ese caso, el marco de plantación. (Marmol, 1995)

Los marcos de plantación más comunes en sandía injertada son los de 2 m x 2 m y 4 m x 1m.

El primero tiene el inconveniente de que se cubre la superficie muy pronto e incluso a veces antes de que se hayan desarrollado suficientes flores femeninas, ya que éstas aparecen a partir de la quinta o sexta coyuntura. El segundo marco es más apropiado, ya que además permite un mejor aprovechamiento del agua y de los nutrientes y el descanso de cierta parte del terreno (por la disposición de los ramales porta goteros, que se colocan pareados por línea de cultivo) y un ahorro en la colocación de materiales de semi forzado. (InfoAgro, 2018)

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, 2018)).

2.12.2 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, 2018)

2.12.3 Trasplante

El trasplante debe hacerse cuando al menos la primera hoja verdadera esté bien desarrollada, aunque lo ideal sería que tuviera dos hojas verdaderas bien formadas, mostrando la tercera y la cuarta. La planta debe colocarse de forma que el cepellón quede en contacto con el suelo. Particularmente, en el caso de la sandía es recomendable realizar injerto, quedando éste sin enterrar, ya que de lo contrario podrían presentarse problemas de ataque de Fusarium. (InfoAgro, 2018)

2.12.4 Control de malezas

Las malas hierbas compiten con el cultivo en agua, luz y nutrientes. Además, éstas son hospederas de plagas y enfermedades. Por lo tanto, es importante mantener el cultivo libre de malezas especialmente durante las primeras semanas después de la siembra y hasta que las plantas estén establecidas.

El combate de malas hierbas puede hacerse mecánicamente o por medio de la aplicación de productos químicos. El método mecánico se conoce como deshierbe. Este se realiza con cultivadora entre hileras o manualmente con azadas. El primer deshierbe se ejecuta inmediatamente después de la emergencia de las plántulas. Posteriormente se deshierba según la necesidad de acuerdo con la cantidad de malezas que aparecen. Generalmente se realizan uno o dos deshierbes posteriores al primero. (Ayala, 1995)

2.12.5 Riego

Desde la plantación hasta el desarrollo vegetativo, aplicar 13mm de agua cuando los 15cm de la superficie del suelo estén secos (cada cinco o seis días en tiempo seco)

Desde el desarrollo hasta la primera floración, aplicar 19mm cada cinco días en tiempo seco. Si se produce mustiado en las plantas antes del mediodía, incrementar la frecuencia de riego.

Desde la primera floración hasta la cosecha, aplicar 25mm cada cuatro días en tiempo seco. Si el tiempo es extremadamente cálido (más de 35°C), convendría incrementar la frecuencia a tres días para evitar el estrés hídrico (Gestiriego, 2017)

2.13 Momento de cosecha e índices de madurez

La recolección de la sandía debe hacerse cuando los frutos están maduros, la maduración de la sandía suele realizarse a los 40 días de la fecundación de las flores. El momento óptimo de la recolección es difícil de determinar si no es por personas muy prácticas. No obstante, se puede estimar que los frutos han llegado a la madurez cuando se aprecia que el peciolo se ha secado, o se oye un crujido característico de la pulpa al presionar con los dedos el fruto.

Otro síntoma de madurez es el cambio de color de la piel o la caída de la pelusilla, así como que el zarcillo que hay en el tallo, por encima del fruto, empiece a secarse.

El fruto debe cogerse con el pedúnculo. Mientras el pedúnculo está verde la pulpa se conserva jugosa (Quintero, 2006), citado por (Perez, 2015)

La cosecha se hace cuando los frutos se encuentren maduros. El mejor momento lo determina la experiencia, aunque existen algunos índices de madurez, como son: Golpeando con el dedo el fruto, se produce un sonido metálico; El zarcillo opuesto al fruto llamado aguilón, se seca.

La parte del fruto en contacto con el suelo se vuelve amarillenta; bajo presión con las palmas de las manos se produce un quebramiento interior del fruto. (Lobo, 2008), citado por (Perez, 2015)

2.13.1 Existen cinco métodos o guías para determinar la madurez:

1. Cuando el zarcillo, que crece de la misma axila de la hoja que el fruto, se ha secado hasta la base y se torna negro. Esta característica no es muy segura ya que igual situación se presenta cuando las plantas han sufrido estrés hídrico.
2. Cuando la patilla en el lugar en que toca el suelo cambia su color de verde oscuro a un matiz especial de amarillo.
3. Cuando la cáscara de la patilla toma un aspecto más mate y áspero.
4. Cuando al golpear los frutos con el nudillo de los dedos se escucha un sonido seco.
5. Cortando por la mitad algunos de los frutos lo que demuestra con claridad las características de madurez. Nichols y Christie (1998), citado por (Perez, 2015)

Algunas de las apreciaciones a la hora de determinar la madurez del fruto son: El pedúnculo del fruto se encuentra seco, el zarcillo situado junto al fruto debe estar completamente seco, si al apretar la sandía con la mano se oye un sonido como si se resquebrajase interiormente, indica que ya se encuentra maduro, también se supone que está maduro si al rayar la corteza del fruto con la uña, se aprecia una fácil separación de la misma, si se golpea la superficie de la sandía con los dedos, se obtiene un sonido sordo, mientras que si por el contrario suena a hueco aún se encuentra verde. (Agrolanzarote, 2012) citado por (Perez, 2015)

2.12.2 Manejo del ambiente de postcosecha

La sandía es un producto que se conserva mal, por lo que no puede almacenarse durante más de 2-3 semanas en condiciones normales. Las condiciones óptimas son 2-10°C y una humedad del 80-95%. Temperaturas inferiores pueden provocar daños por frío. La técnica del preenfriamiento no es muy usada para la sandía, aunque si se realiza no debe bajarse por debajo de 7°C para evitar daños a los frutos. La sandía es un fruto sensible al frío que puede sufrir daños con temperaturas inferiores a 4,5-10°C. No obstante, si antes del almacenamiento en frío se somete a temperaturas más altas resiste mejor las bajas temperaturas.

Por ejemplo, se ha comprobado que si los frutos se mantienen durante 4 días a 26°C posteriormente se pueden almacenar a 0°C durante 12 días sin dañarse. Si no se hace este pretratamiento, sólo aguantan 4 días.

Las sandías no se pueden conservar durante más de 2-3 semanas. En condiciones óptimas y con frutos manipulados muy cuidadosamente se pueden alcanzar los 2-3 meses, aunque el sabor pierde calidad. Las condiciones óptimas son una temperatura entre 2 y 10°C y una humedad relativa del 80-95%.

Si se van a comercializar en un plazo inferior a dos semanas se pueden conservar entre 13-16°C. En caso de periodos de conservación largos se pueden introducir los frutos en bolsas de plástico perforadas o recubrirse con papel encerado. (Perez, 2015)

2.14 Valor nutricional

La sandía es un magnífico diurético, su elevado poder alcalinizante favorece la eliminación de ácidos perjudiciales para el organismo. Está formada principalmente por agua (93 %), por tanto, su valor nutritivo es poco importante. Los niveles de vitaminas son medios, no destacando en particular ninguna de ellas.

El color rosado de su carne se debe a la presencia de carotenoide licopeno, elemento que representa un 30 % del total de carotenoides del cuerpo humano. (Perez, 2015)

El valor nutricional de la sandía en 100 g de sustancia comestible

1. Agua (%) 93
2. Energía (kcal) 25-37.36
3. Proteínas (g) 0.40-0.60
4. Grasas (g) 0.20
5. Carbohidratos (g) 6.4
6. Vitamina A (U.I.) 590
7. Tiamina (mg) 0.03
8. Riboflavina (mg) 0.03
9. Niacina (mg) 0.20
10. Ácido ascórbico (mg) 7
11. Calcio (mg) 7
12. Fósforo (mg) 10
13. Hierro (mg) 0.5
14. Sodio (mg) 1
15. Potasio (mg) 100. (Perez, 2015)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación el trabajo

3.1.1 Localización del estudio

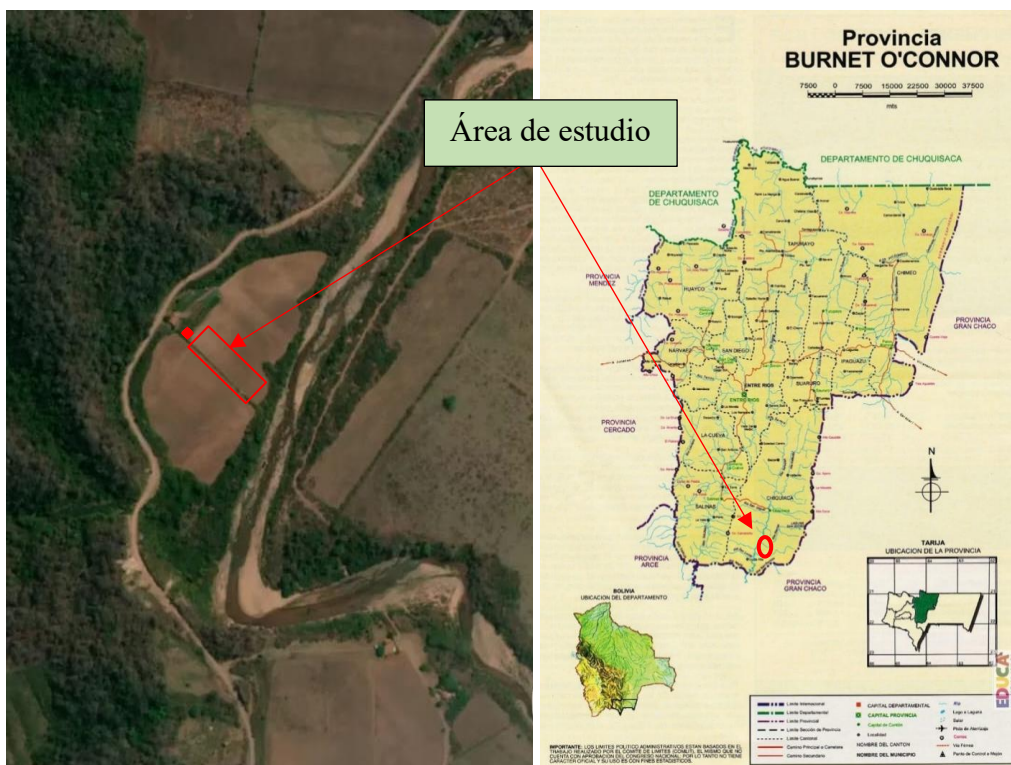
La investigación se realizó en la localidad de Chiquiacá, perteneciente a la Provincia O'Connor del departamento de Tarija (Bolivia) a 62 km de la población de Entre Ríos, capital de la provincia O'Connor.

3.1.2 Ubicación

Geográficamente se encuentra entre las coordenadas $21^{\circ}57'04''$ de latitud Sur y $64^{\circ}09'32''$ de longitud Oeste punto que corresponde el centro de la parcela donde se realizó el trabajo de investigación. Altitud: 849 m.s.n.m. (Mapcarta, s.f.)

En la siguiente imagen se muestra el área de estudio, ubicado al margen izquierdo del Río Chiquiacá, como se puede apreciar en la parte central de la imagen de Google Maps.

3.1.2 Ubicación geográfica



3.1.3 Características del área

La localidad de Chiquiacá es una zona que pertenece al sistema hídrico, cuenca de la plata y es tributaria del río Tarija, los afluentes principales del río Chiquiacá son: El río vallecito, Saican y otros quebradas y riachuelos que desembocan en el río principal de Chiquiacá del Río Tarija. (Muñoz, 1998). Citado por (Aguirre Mendoza, 2019)

3.1.3.1 Ecología

Según el mapa ecológico de Bolivia Entre Ríos se encuentra ubicado dentro del bosque húmedo templado (Bh-Te) por sus condiciones favorables, esta zona consta de dos sectores extensos, uno formado por la faja Sud Andina y otro ubicado en el extremo Oriental.

La asociación climática de esta formación en su estado original es Bosque latifoliado mixto con más de 26 especies de las cuales la mitad pierden sus hojas en los meses secos y fríos. Hernández (1995) citado por (Aguirre Mendoza, 2019)

3.1.3.2 Factores climáticos

3.1.3.2.1 Clima de la zona

Según el servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI 2006), el clima de la zona de estudio, es templado-cálido, semihúmedo con veranos, lluviosos, otoño con lloviznas persistentes. Los meses más secos son de mayo a septiembre, siendo octubre el mes que empiezan las precipitaciones el mes más lluvioso es enero, consecuentemente los meses más lluviosos son de diciembre a marzo.

El periodo de lluvias comienza en el mes de octubre, siendo los meses de enero y de marzo los que alcanzan una precipitación promedio de 430mm. En cuanto a la evapotranspiración la misma alcanza valores de hasta 80% en los meses de diciembre a enero; periodo en el cual existe la mayor humedad en el ambiente por otra parte se registra temperaturas que oscilan entre los 20 a 30°C en estos meses de mayor precipitación. Hernández (1995) citado por (Aguirre Mendoza, 2019)

La zona de estudio, de acuerdo a los datos de SENAEMI de la estación meteorológica de Saican Las Perulas, en jurisdicción del cantón de Chiquiacá corresponde a un periodo de observación de 8 años (2015-2018).

De acuerdo al mapa de Bolivia, el área de estudio está en la zona transicional del bosque húmedo templado. Citado por. (Aguirre Mendoza, 2019)

3.1.3.2.2 Precipitación de la zona

Las precipitaciones anuales según la estación de Saican-Las Perulas alcanzan a 915 mm. En el periodo de 8 años de observación. Las características del régimen de precipitaciones, son del tipo unimodal concentrado en los meses noviembre-marzo, concentrado en un 75% en estos meses de año y los meses más secos en los meses de junio-agosto. Los vientos según la estación el Pajonal (Entre Ríos), se registraron promedios de 6.3km/h. Generalmente en dirección al norte. (Aguirre Mendoza, 2019)

3.1.3.2.3 Temperaturas de la zona

La temperatura de acuerdo a la estación de Saican-Las Perulas tiene un promedio anual de 19,2°C. Tomando en cuenta las temperaturas extremas ascienden a una máxima de 42°C de una mínima extrema de 8°C, en un periodo. (Aguirre Mendoza, 2019)

3.1.3.2.4 Heladas en la zona

De acuerdo a la estación de Saican-Las Perulas Según los datos de las temperaturas bajas posibilitan una alta probabilidad de heladas que presentan julio-agosto las temperaturas altas a partir desde los meses septiembre-marzo. (Aguirre Mendoza, 2019)

3.1.3.2.5 Altura de la zona

Esta zona está, en alturas menores a los 1.000 m.s.n.m. (MDRyT , 2017)

3.1.3.2.6 Vientos

Los vientos son frecuentes con intensidad y dirección variada, los meses con mayor intensidad son Julio, agosto y septiembre, con promedio en horas de la tarde entre 10 y 15 km/hr, algunas veces con ráfagas que sobrepasan los 70 km/hr.

En general los vientos moderados la dirección predominante son de Sud y Sud Este. (Aguirre Mendoza, 2019)

3.1.3.3 Fisiografía

La zona se divide en las siguientes unidades fisiográficas.

a) Colinas estructurales bajas. - Según Lemar (1999) el perímetro del área de estudio se caracteriza por presentar pendientes relativamente suaves y con pendientes muy inclinadas con simas agudas y muy suaves. La cobertura vegetal se compone de árboles perennes de porte alto.

Las laderas tienen pendientes regulares que gradualmente pierden su inclinación a medida que se aproxima al pie de monte. Citado por (Aguirre Mendoza, 2019)

b) Terrazas aluviales. - Las terrazas aluviales constituyen una unidad geomorfológica característica del valle de Chiquiacá. Estas se originan a partir de la acumulación y depósito de sedimentos aluviales transportados por el río Chiquiacá durante procesos de inundación y migración lateral del cauce. Se localizan en ambas márgenes del río y presentan un relieve plano a casi plano, lo que favorece su uso agrícola debido a su estabilidad y a la presencia de suelos profundos y bien drenados. (Aguirre Mendoza, 2019)

En una de estas terrazas aluviales se llevó a cabo la presente investigación.

3.1.3.4 Suelos

Los suelos de las terrazas están formados por areniscas de colores rojizos y de texturas franco arenosas y franco arcillo arenosas, drenaje que varía de bien a algo excesivamente drenados, profundos. (MDRyT , 2017)

En las serranías, los suelos se caracterizan por ser poco moderadamente profundos y en los valles profundos; de textura franco, franco arcilloso a arcillosos y arenoso franco; reacción neutra fuertemente alcalina; además de reacción suavemente acida.

Respecto a la erosión por lo general en estos lugares tiene presencia de vegetación densa siempre verde, las pérdidas de erosión hídrica son muy leves a moderadas, las cuales no causan daño de considerable magnitud en estos ecosistemas con ausencia de erosión eólica. (Aguirre Mendoza, 2019)

3.1.3.5 Uso de tierra

La tierra es apta para la agricultura y ganadería. La agricultura como la ganadería está basada en la experiencia empírica. (ZONISIG, 2001)

Generalmente esta unidad geográfica está dividida en dos partes, una exclusivamente dedicada a la ganadería y pecuaria con grandes extensiones de pastos naturales y otra dedicada a la agricultura con plantaciones de papa y en menor proporción de maíz. (MDRyT , 2017)

La utilización de maquinaria agrícola es intensa para todas las labores de campo inclusive para la cosecha de los cultivos. La fertilización consiste en la aplicación de abono orgánico y químico a criterio de los agricultores. (MDRyT , 2017)

Para poder promover el desarrollo productivo agropecuario de la comunidad se debe capacitar a los productores en temas relacionados con el uso de tecnologías para mejorar el uso de los suelos, fertilizantes, como también para mejorar en la ganadería. (Aguirre Mendoza, 2019)

3.1.3.6 Vegetación

La cobertura vegetal compuesta de arbustos perennes. Por la morfología que presenta, se encuentra más intervenida por la mano del hombre alterando la vegetación natural, por cultivos anuales y la ganadería (Aguirre Mendoza, 2019)

3.1.3.6.1 Cultivos hortícolas, cereales y frutales

Nombre común	Nombre científico	Familia
Papa	<i>Solanum tuberosum L</i>	<i>Solanaceae</i>
Maíz	<i>Zea mays L.</i>	<i>Poaceae</i>
Maní	<i>Arachis hypogaea L.</i>	<i>Leguminosae</i>
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	<i>Convolvulaceae</i>
Sandia	<i>Citrullus lanatus</i>	<i>Cucurbitaceae.</i>
Duraznero	<i>Prunus persica (L.) Batsch</i>	<i>Rosaceae</i>
Cítrico	<i>Citrus L</i>	<i>Rutaceae</i>
Caña	<i>Saccharum officinarum</i>	<i>Poaceae</i>

3.1.3.6.2 Malezas más sobresalientes

Nombre común	Nombre científico	Familia
Brama	<i>Cynodon sp.</i>	<i>Poaceae</i>
Cebollín	<i>Cyperus sp</i>	<i>Cyperaceae</i>
Pasto elefante	<i>Penicetum purpurium</i>	<i>gramíneae</i>
Rogelia	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	<i>Poaceae</i>
Yuyo	<i>Amaranthu ssp</i>	<i>Amaranthaceae</i>
Verdolaga	<i>Portulaca sp.</i>	<i>Portulacaceae</i>
Bejuco	<i>Ipomoea sp</i>	<i>Convolvulaceae</i>
Tomatillo	<i>Nicandra physalodes</i>	<i>Solanaceae</i>

3.1.3.6.3 Especies arbóreas

Nombre común	Nombre científico	Familia
Lapacho amarillo	<i>Tabebuia heteropoda (A.D.C) Sandw</i>	<i>Bignoniaceae</i>
Lapacho rosado	<i>Tabebuia avellanedae (Lorentz ex Griseb.) Mattos.</i>	<i>Bignoniaceae</i>
Algarrobo	<i>Prosopis sp.</i>	<i>Leguminosae</i>
Nogal silvestre	<i>Juglans sp.</i>	<i>Juglandaceae</i>
Quina colorada	<i>Miroxylon peruiferum L.</i>	<i>Leguminosae</i>
Quebracho	<i>Schinopsis sp.</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Tipa blanca	<i>Tipuana tipu (Benth.)</i>	<i>Leguminosae</i>
Pacará	<i>Enterolobium contortosiliquum (Vell.) Morong.</i>	<i>Leguminosae</i>
Carnaval	<i>Cassia carnavall Speg.</i>	<i>Leguminosae</i>
Guaranguay	<i>Tecoma stans (L.) Kunth.</i>	<i>Bignoniaceae</i>
Cedro	<i>Cedrela sp.</i>	<i>Meliaceae</i>
Perilla	<i>Phyllostylon rhamnoides (Poisoon) Taub.</i>	<i>Ulmaceae</i>

3.1.4 Características socioeconómicas

La familia mayormente se dedica a la agricultura logrando una mejor unidad como familia. La distribución del trabajo en la familia varía de acuerdo al cultivo, las actividades más fuertes como el roturado, siembra, aporque y cosecha son realizados por el padre de familia, las otras actividades son realizadas por la madre con apoyo de los hijos.

Se concluye que la papa y el maíz es el cultivo que se produce en mayor escala con un 45% de la producción de papa y un 28% de producción de maíz. (Aguirre Mendoza, 2019)

El principal cultivo para los agricultores de la comunidad es la papa con un rendimiento promedio de 210 qq/ha, de los cuales un 70% de la producción total se destina a la venta y el 35% es destinada para el autoconsumo y en porcentajes menores son destinados para semilla. Los siguientes cultivos en preferencia es el maíz con un promedio de 90 qq/ha, seguido del maní, como otros cultivos, yuca, camote, sandia y cítricos es solo para consumo familiar. (Aguirre Mendoza, 2019)

En la ganadería las condiciones, para la crianza de ganado vacuno y porcino es positiva ya que es uno de los mayores aportes en la economía de la comunidad, un 46% de ganado porcino, un 35% de ganado vacuno y un 19% de ganado ovino. (Aguirre Mendoza, 2019)

3.2 Materiales

3.2.1 Material vegetal

El material vegetal utilizado fue semilla híbrida de sandía, la variedad es:

- MORGAN RZ F1.

3.2.2 Material de campo

- Libreta de campo.
- Metro.
- Estacas.
- Combo.
- Letreros indicativos.

3.2.3 Equipos y herramientas

- Tractor.
- Rastra de disco.
- Azadón.
- Pala rastrillo.
- Mochila pulverizadora.

3.2.4 Insumos

- Fertilizante.
- Herbicida.
- Insecticidas.
- Fungicidas.

3.2.5 Material de gabinete

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

3.3 Metodología

La metodología que se aplica en esta investigación es la siguiente:

La implementación y replanteo del ensayo en el terreno se ha realizado el 10 septiembre del 2024.

3.3.1 Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se empleó el diseño experimental de bloques al azar, con arreglo bifactorial (3x2, tres niveles de fertilización, dos densidades de plantación), generando seis tratamientos, con tres repeticiones, obteniendo un total de dieciocho unidades experimentales.

3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos resultaron de la combinación de tres niveles de fertilización (F1, F2 y F3) y dos densidades de plantación (D1 y D2), obteniéndose los siguientes:

$T_1 = F_1 D_1 = 53 \text{ kg de Nitrógeno / hectárea} = 4.000 \text{ plantas / hectárea.}$

$T_2 = F_1 D_2 = 53 \text{ kg de Nitrógeno / hectárea} = 5.333,3 \text{ plantas / hectárea.}$

$T_3 = F_2 D_1 = 66 \text{ kg de Nitrógeno / hectárea} = 4.000 \text{ plantas / hectárea.}$

$T_4 = F_2 D_2 = 66 \text{ kg de Nitrógeno / hectárea} = 5.333.3 \text{ plantas / hectárea.}$

$T_5 = F_3 D_1 = 79 \text{ kg de Nitrógeno / hectárea} = 4.000 \text{ plantas / hectárea.}$

$T_6 = F_3 D_2 = 79 \text{ kg de Nitrógeno / hectárea} = 5.333,3 \text{ plantas / hectárea.}$

3.3.3 Factores de estudio

A. Niveles de fertilización (F)

1. $F_1 = 53 \text{ kg de N/ha.}$
2. $F_2 = 66 \text{ kg de N/ha.}$
3. $F_3 = 79 \text{ kg de N/ha.}$

B. Densidad de plantación (D)

1. $D_1 = 4.000 \text{ plantas/ha (1m p/p x 2,50 m s/s).}$
2. $D_2 = 5.333,3 \text{ plantas/ha (0,75m p/p x 2,50 m s/s).}$

3.3.4 Descripción de las unidades experimentales

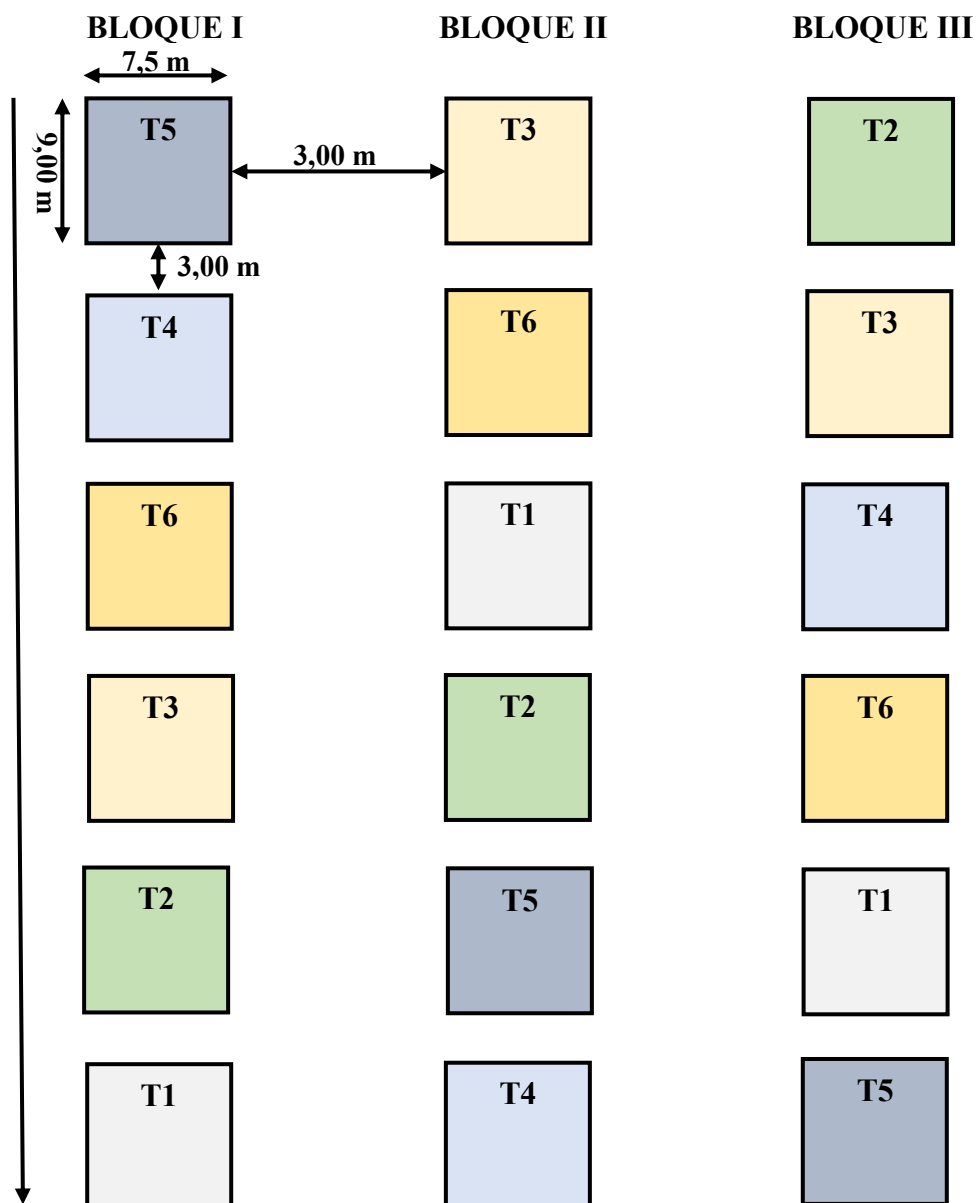
El tamaño de cada unidad experimental es de 7,5 metros de ancho x 9 metros de largo, dando un total de $67,5 \text{ m}^2$, utilizando espaciamientos de 3 metros entre los tratamientos y 3 metros entre bloques.

Las 18 unidades experimentales abarcan una superficie de 2079 m^2 . Argumentando que las parcelas con D_1 se tienen 3 surcos con 27 plantas y D_2 se tiene 3 surcos con 36 plantas.

Cuadro 2. Descripción de las unidades experimentales

Número de tratamientos	6
Número de replica	3
Total, de unidades experimentales o parcelas	18
Ancho de la parcela	7,50 m
Largo de la parcela	9,00 m
Superficie de la parcela	67,5 m ²
Número de surcos/parcela	Densidad 1 = 3 Densidad 2 = 3
Número de plantas/parcela	Densidad 1 = 27 Densidad 2 = 36
Distancia entre surcos	Densidad 1 = 2,50 m Densidad 2 = 2,50 m
Distancia entre plantas	Densidad 1 = 1,00 m Densidad 2 = 0,75 m
Superficie total de la investigación	2079 m ²
Distancia entre parcelas y bloques	3 m; 3 m
Superficie neta	1215 m ²
Población total de plantas	567

3.3.5 Diseño de campo (croquis)



3.4 Desarrollo del ensayo

3.4.1 Muestreo de suelo

Previo al muestreo se identificó y definió la clase de suelo presente en la parcela donde se implementó el diseño experimental. El sitio corresponde a un suelo aluvial, con relieve plano a casi plano, ubicado sobre una terraza aluvial del río Chiquiacá.

Para el muestreo, se estableció un diseño de submuestras siguiendo la técnica del recorrido en zigzag, distribuyendo los puntos de muestreo a lo largo de toda la parcela. Se extrajeron 15 submuestras a una profundidad estándar de 25 cm, correspondiente al horizonte arable. Posteriormente, se realizó el cuarteo para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg, la cual fue debidamente identificada y preparada para su envío al laboratorio.

La recolección de la muestra se efectuó el 4 de septiembre de 2024 y posteriormente fue remitida al Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, campus “El Tejar”, con el propósito de obtener un diagnóstico confiable de las propiedades físico-químicas del suelo, información indispensable para ajustar adecuadamente las dosis de fertilización según los requerimientos del cultivo de la sandía.

Las características químicas analizadas son: pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.

Las características físicas evaluadas incluyeron: clase textural y densidad aparente

3.4.2 Interpretación de análisis de suelo

Se realizó la interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio, empleado una tabla de referencia del laboratorio CIAT. Santa Cruz y la FAO.

Se observa un suelo suavemente alcalino, sin embargo, se encuentra en el rango de lo aceptable para el cultivo de la sandía, en materia orgánica se puede observar que el contenido es muy bajo, de igual forma el contenido del nitrógeno. Al contrario, el fósforo y potasio, los contenidos son elevados en el suelo entre el rango de alto a muy alto.

3.4.3 Determinación de la oferta nutrientes del suelo en kg/ha

Con base en los resultados del análisis de suelos, se calculó la oferta de nutrientes disponibles expresada en kg/ha para nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), a partir de las concentraciones obtenidas en laboratorio. Los valores determinados se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Oferta del suelo en kg/ha

Detalle	N	P2O5	K2O
Oferta del suelo	47,46	34,09	307,72

3.4.4 Requerimiento del cultivo de sandía en kg/ha

Para una producción estimada de 50 toneladas de fruta por hectárea, el requerimiento nutricional del cultivo de sandía se estableció en función de las recomendaciones de IPNI Cono Sur. Los valores se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Requerimiento nutricional del cultivo en kg/ha

Detalle	N	P2O5	K2O
Requerimiento para un rendimiento de 50 t/ha.	100	15	150

FUENTE: (García I. A., 2016) Ignacio A. Ciampitti y Fernando O. García IPNI Cono Sur. Av Santa Fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina. iciampitti@ipni.net

3.4.5 Determinación de la dosis de fertilización

A partir de la oferta de nutrientes del suelo y el requerimiento nutricional del cultivo, se calculó la cantidad de nutrientes a incorporar. Para establecer los niveles de fertilización, se definieron tres tratamientos:

- **F1** (Nivel 1): Dosis base = Requerimiento – Oferta del suelo.
- **F2** (Nivel 2): Dosis base + 25%.
- **F3** (Nivel 3): Dosis base + 50%.

Cuadro 5. Dosis de fertilización nitrogenada en kg/ha

Detalle	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Incorporar (Nivel 1 = F1)	53	00	00
Nivel 2 (F2 = F1 + 25%)	66	00	00
Nivel 3 (F3 = F1 + 50%)	79	00	00

El análisis de suelo evidenció una suficiente disponibilidad de P₂O₅ y K₂O, por lo cual únicamente fue necesario estimar la dosis de nitrógeno, al ser el nutriente limitante en el área de estudio.

Un nivel base (F1), un nivel incrementado al 25% (F2) y un nivel incrementado al 50% (F3), con el objetivo de evaluar la respuesta productiva del cultivo bajo distintos aportes de nitrógeno.

3.4.7 Selección del fertilizante

Para el aporte de nitrógeno se seleccionó urea (46% N), debido a que es el fertilizante nitrogenado más utilizado y accesible en el mercado, presenta un alto contenido de nitrógeno por unidad de peso, buena solubilidad y un costo por unidad de nutriente más bajo en comparación con otras fuentes nitrogenadas.

Cuadro 6. Dosis de fertilización nitrogenada con Urea

Nivel de fertilización	Dosis de urea (kg/ha)	Equivalencia en bolsas de 50 kg
Fertilización 1 (F1)	115 kg/ha	2,30 bolsas/ha
Fertilización 2 (F2)	144 kg/ha	2,88 bolsas/ha
Fertilización 3 (F3)	172 kg/ha	3,44 bolsas/ha

3.5 Labores pre culturales

3.5.1 Siembra en almacigo

Se preparó el almacigo utilizando bandejas de plástico, donde primero se procedió a preparar el sustrato con recursos de la misma zona, tierra vegetal y limo del río, realizando la mezcla de 50 % de ambos.

Se realizó la desinfección con almacigol (10g/20 litros de agua), luego a las 2 horas se hizo el llenado de las bandejas con el sustrato, posteriormente depositando una semilla por celda, cubriéndolas con el mismo sustrato y finalizando con el riego. Esto se realizó el 10 de agosto del 2024.

La germinación fue de 7 a 12 días con un porcentaje de 98 %

El riego al almacigo se lo realizo cada 2 días consecutivos hasta el momento del trasplante llegando a tener los plantines 31 días en las bandejas, se realizó 16 riegos

3.5.2 Preparación del suelo

Se preparó el suelo previo al trasplante con tractor a arado de disco (rastra) en fecha 28 de agosto de 2024, después de 3 días se procedió a trazar y medir las parcelas, realizando el levantamiento de camellones o surcos, tomando en cuenta las densidades (D1 y D2 = 2,50 m. surco/surco) y teniendo listo el momento del trasplante.

3.5.3 Instalación de riego

Se instaló riego por goteo, la captación de agua viene desde una quebrada y es almacenada en un depósito de 2.600 litros. A la salida del depósito se instaló una válvula, un filtro, conducido el agua por medio de la gravedad en un poli tubo de $\frac{3}{4}$ pulgadas, a una distancia aproximadamente de 100 m hasta las parcelas, donde se conecta la cinta de goteo para cada surco. Esto se lo realizo el 6 de septiembre del 2024, el mismo día se inicia con el riego profundo antes del trasplanté.

3.5.4 Trasplante a las parcelas definitivas

El trasplante se lo hizo en un día cubierto, sombreado y fresco, en fecha 10 y 11 de septiembre del 2024, llegando a observar que los plantines ya tenían una altura apropiada, contando con 2 a 3 hojas verdaderas, y un buen desarrollo de sus raíces, se procedió al riego del almacigo unas 2 horas antes de llevarlos al lugar de trasplante, donde se procedió a retirar los plantines de las bandejas cuidadosamente con su respectivo cepellón, para depositarlo inmediatamente al suelo.

Para el trasplante se utilizó una pala de jardín se cavó los hoyos, tomando en cuenta las densidades de plantación ($D1 = 1 \text{ m}$ y $D2 = 0,75 \text{ m}$, planta/planta), para la medición correctamente se tomó dos varillas con las medidas de 75 cm y 100cm, una vez que se terminó el trasplante en todas las parcelas inmediatamente se riega.

3.5.5 Fertilización nitrogenada

La fertilización se realizó en fraccionamientos, en tres periodos vegetativos a razón de 1/3 por aplicación.

La primera aplicación se realizó a los 15 días después del trasplante, en fecha 25 de septiembre del 2024, con la primera carpida, la segunda fertilización se hizo a los 15 días de la primera fertilización, con limpieza manual de malezas y la tercera aplicación a los 15 días de la segunda fertilización; estas aplicaciones se realizaron mediante golpes de 5-10 cm de distancia aproximadamente de la planta.

3.6 Labores culturales

3.6.1 Replantado

Se hizo un replanteo a los 5 días después del trasplante en fecha 15 de septiembre de 2024. Seguido de un monitoreo a todas las parcelas, donde hubo un prendimiento de un 95 %, todos aquellos plantines que se secaron se los reemplazo con uno nuevo, con el fin de tener el número óptimo de plantas por parcela.

3.6.2 Carpida

La carpida se realizó el 25 de septiembre del 2024, conjuntamente con la primera fertilización, de manera manual con la ayuda de un azadón, con el objetivo de cubrir la urea con el suelo y eliminar las malezas que se desarrollan rápidamente y evitar la competencia de nutrientes, agua y luz.

3.6.3 Riego

Se aplica el riego por goteo antes del trasplante y después, cada tres a cinco días, durante un periodo de 24 días en fechas 6-9-12 y 15 de septiembre del 2024, luego se reduce el riego cada 5 días en fechas 20 – 25 y 30 de septiembre. Hasta la fecha no realizo el riego por las lluvias en la zona.

El tiempo que se aplica a cada riego realizado es de 1 horas, la descarga de agua en cada gotero es de 1ltro/hora.

3.6.4 Control de malezas

Se aplica en primera, un día antes del trasplante herbicida grama soné 100 mililitros/una mochila de 20 litros de agua, para eliminar las malezas en emergencia, después del trasplante se controla con ayuda de un azadón en fecha 25 de septiembre del 2024 y la segunda de forma manual. Se realizó el 10 de octubre del 2024, y por última el 30 octubre de 2024.

3.6.5 Control fitosanitario

En almacigo se realizaron dos aplicaciones con ALMACIGOL (10gr/20 litros); para el control de damping off, en fecha 30 de agosto y 10 de septiembre del 2024, en campo se realizaron seis aplicaciones con productos fungicidas, CORAZA (50gr/20 litros), como preventivos de enfermedades, más un insecticida ENGEO (25 ml/20 ltro) para el control del trips en fechas 12-20-28 de septiembre y 7-15 y 23 de octubre del 2024.

3.7 Cosecha

Se realizaron dos cosechas, la primera el 28 de noviembre y la segunda el 5 de diciembre del 2024, monitoreando los frutos que tengan su madures comercial, con una precocidad de 101 días después del trasplante, a su vez realizando su medición de peso y tamaño.

3.7.1 Área de cosecha

Se determinó el área de cosecha con el fin de evitar el efecto borde de cada unidad experimental obteniendo 7 plantas en 17,5 m², con 4000 pl/ha para D1 y 10 plantas en 18,75 m², con 5333,3 pl/ha para D2, tomando en cuenta las dos densidades de plantación en el experimento.

3.8 Tiempo de la planta en producción

El desarrollo fenológico de la variedad Morgan RZ fue monitoreado desde la siembra en almácigo hasta la cosecha, registrándose las principales fases de crecimiento. A continuación, se presenta las fases fenológicas del cultivo.

Cuadro 7. Fases fenológicas

Detalle	Fecha	Días
Siembra en almácigo	10 de agosto	0
Germinación	17 de agosto	7 - 12
Primeras hojas verdaderas	3 de septiembre	24 - 30
Desde el trasplante	10 de septiembre	30
Emisión de guías	26 de septiembre	47 - 50
Inicio a la floración	13 de octubre	64 - 70
Fructificación	31 de octubre	82 - 88
Madures y cosecha	24 de noviembre	106-120

3.9 Variables repuestas

Las variables de respuesta permiten evaluar el comportamiento del cultivo en función de los tratamientos aplicados. Para ello, se realizaron registros en cada unidad experimental, considerando las siguientes variables:

3.9.1 Variables agronómicas

- **Número de flores femeninas**

Se cuantificaron todas las flores femeninas presentes en las plantas de cada parcela experimental cuando el cultivo alcanzó el 50% de floración, momento correspondiente al período de plena floración.

- **Número de frutos**

Esta variable se registró durante la cosecha, mediante el conteo total de frutos obtenidos en cada una de las parcelas en estudio.

- **Tamaño de fruto (longitud y diámetro) en cm**

Las mediciones se realizaron al momento de cosecha, cuando los frutos alcanzaron su madurez fisiológica. Se determinó la longitud y el diámetro utilizando una cinta métrica.

- **Peso de fruto en kg**

Se registró el peso de todos los frutos cosechados en cada parcela, utilizando una balanza electrónica de precisión.

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

El rendimiento se estimó a partir del número total de frutos y su peso, expresándolo en toneladas por hectárea, diferenciando el efecto de los distintos tratamientos.

- **Análisis de (B/C)**

El análisis beneficio/costo se efectuó en función de los costos de producción asociados a cada tratamiento y los ingresos generados según el precio de venta del producto.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables agronómicas analizadas

4.1.1 Número de flores femeninas

Para el registro de esta variable se evaluaron todas las plantas de cada una de las parcelas experimentales cuando alcanzaron al menos el 50% de floración, es decir, durante la etapa de plena floración. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 8. Número de flores femeninas

Tratamiento	Bloques			Totales	Media
	I	II	III		
T1 (F1D1)	53,00	61,00	69,00	183,00	61,00
T2 (F1D2)	73,00	86,00	94,00	253,00	84,33
T3 (F2D1)	70,00	57,00	64,00	191,00	63,67
T4 (F2D2)	85,00	87,00	70,00	242,00	80,67
T5 (F3D1)	67,00	59,00	63,00	189,00	63,00
T6 (F3D2)	82,00	83,00	76,00	241,00	80,33
Totales	430,00	433,00	436,00	1299,00	433,00
Media	71,67	72,17	72,67	216,5	72,17

Como se observa en el Cuadro 8, el mayor número de flores femeninas lo obtuvo el tratamiento 2 (F1D2); fertilización 1(53kg/ha) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s) y el menor número de flores femeninas el tratamiento 1 (F1D1); fertilización 1 (53kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s).

Cuadro 9. Interacción fertilización/densidad

Factores	D1	D2	Total	Media
F1	183,00	253,00	436,00	72,67
F2	191,00	242,00	433,00	72,17
F3	189,00	241,00	430,00	71,67
Total	563,00	736,00	1299,00	
Media	62,56	81,78		

En el Cuadro 9, observando los promedios de número de flores femeninas, para el factor fertilización se muestra cierta similitud entre los datos con promedios de F1= 72,67; F2 = 72,17 y F3 = 71,67; por otro lado, en el factor densidad muestra los datos promedios diferentes de D1 = 62,56 y D2 = 81,78

Cuadro 10. Análisis de varianza (ANOVA) número de flores femeninas

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	2374,50				
Tratamientos	5	1703,83	340,77	5,10*	3,33	5,64
Factor Fertilización (F)	2	3,00	1,50	0,02ns	4,1	7,56
Factor Densidad (D)	1	1662,72	1662,72	24,90**	4,96	10,04
Interacción F/D	2	38,11	19,06	0,29ns	4,1	7,56
Error	10	667,67	66,77			

C.V. = 11,32%

NS = No es significativo

***** = Significativo

*** *** = Altamente significativo

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) referente al número de flores femeninas se tiene:

En el cuadro 10, de ANOVA, evaluado para la variable número de flores femeninas, nos indica que para las fuentes de variación que componen a los factores fertilización y la interacción (Fertilización/Densidad) no presentan diferencia significativa, lo que supone que no hay varianza entre ellos.

Para los tratamientos si existen diferencias significativas, de igual manera para el factor densidad si existe diferencia altamente significativa, lo que significa que hay variación entre los tratamientos, y las densidades, por motivo a esta variación se debe realizar la prueba de comparación de medias por DUNCAN.

4.1.1.1 Prueba por DUNCAN para los tratamientos

Cuadro 11. Rangos mínimos estudentizados (RME)

$$EE = \sqrt{\frac{66,67}{3}} = 4,72$$

Significación		5%
p	q	RME
2	3,15	14,8603752
3	3,29	15,5208363
4	3,38	15,9454184
5	3,43	16,1812974
6	3,46	16,3228248

Se comparan las medias, de tal forma de que, si el valor absoluto de la diferencia de dos medias es mayor que el RME correspondiente, entonces hay diferencias entre los tratamientos y se simboliza con un asterisco.

Cuadro 12. Comparación de medias por Duncan

	T2 84,33	T4 80,67	T6 80,33	T3 63,67	T5 63,00
T1 61,00	23,33*	19,67*	19,33*	2,67ns	2,00ns
T5 63,00	21,33*	17,67*	17,33*	0,67ns	
T3 63,67	20,66*	17,00*	16,66*		
T6 80,33	4,00ns	0,34ns			
T4 80,67	3,66ns				

Cuadro 13. Grupos de Duncan

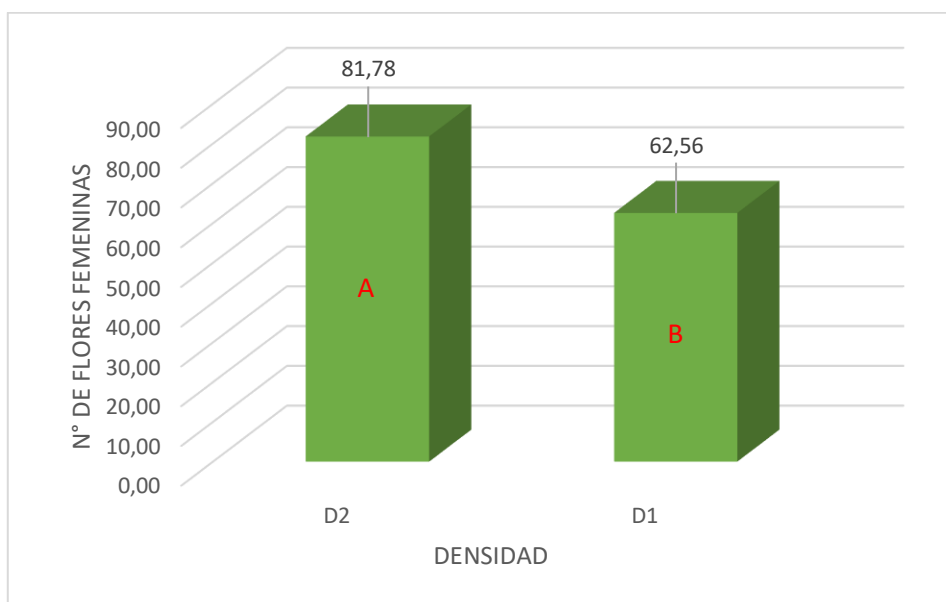
Tratamiento	Media	Significación 5%
T2 (F1D2)	84,33	A
T4 (F2D2)	80,67	A
T6 (F3D2)	80,33	A
T3 (F2D1)	63,67	B
T5 (F3D1)	63,00	B
T1 (F1D1)	61,00	B

Como podemos observar en el cuadro 13, los tratamientos T2 (F1D2) = fertilización 1 (53 kg/ha de N) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s), T4 (F2D2) = fertilización 2 (66 kg/ha de N) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s) y T6 (F3D2) = fertilización 3 (79 kg/ha de N) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s), no son estadísticamente diferentes; pero si presentan diferencia estadística con los tratamientos T3 (F2D1) = fertilización 2 (66 kg/ha de N) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s), T5 (F3D1) = fertilización 3 (79 kg/ha de N) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s) y T1 (F1D1) = fertilización 1 (53 kg/ha de N) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s).

4.1.1.2 Prueba por DUNCAN para la densidad

$$EE = \sqrt{\frac{66,77}{9}} = 2,72$$

Grafica 1. DUNCAN para la densidad con él 5% de significación



En la prueba por DUNCAN, que se muestra en la gráfica 1, observamos que la D2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s), es estadísticamente diferente a la D1 (1 m p/p y 2,50 m s/s), en número de flores femeninas.

Según (Perez, 2015), en 48 m², se tiene el número de flores masculinas y femeninas, donde en el tratamiento 1 tiene 147 flores, de las cuales 102 son masculinas y 45 femeninas, de la misma forma en el tratamiento 2 se tiene un total de 145 flores, de las cuales 91 son masculinas y 54 femeninas, de la misma manera se analizaron los tratamientos 3,4,5 y 6, también se puede observar que el mayor número de flores femeninas lo obtuvo el tratamiento 6 (V2D3); variedad Shakira + densidad 3 (1.80 m p/p y 1.90 m s/s) y el menor número el tratamiento 4 (V2D1); variedad Sweet andina + densidad 1 (1 m p/p y 1.90 m s/s).

4.1.2 Número de frutos por unidad experimental.

El número de frutos fueron registrados en la cosecha, realizando el conteo de todos los frutos cosechados de cada una de las parcelas puestas en estudio.

Cuadro 14. Número de frutos por unidad experimental

Tratamiento	Bloques			Totales	Media
	I	II	III		
T1 (F1D1)	42,00	36,00	51,00	129,00	43,00
T2 (F1D2)	63,00	39,00	54,00	156,00	52,00
T3 (F2D1)	39,00	51,00	39,00	129,00	43,00
T4 (F2D2)	45,00	54,00	51,00	150,00	50,00
T5 (F3D1)	39,00	48,00	42,00	129,00	43,00
T6 (F3D2)	48,00	39,00	66,00	153,00	51,00
Totales	276,00	267,00	303,00	846,00	282,00
Media	46	44,5	50,5	141	47,00

De acuerdo al cuadro 14, se tiene un promedio en número de frutos por unidad experimental, el cual varía entre 43 frutos a 52 frutos por unidad experimental, donde el tratamiento 2 (F1D2): fertilización 1(53kg/ha) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s) presenta un mayor número de frutos por unidad experimental con un promedio de 52 frutos, seguido por el tratamiento 6 (F3D2): fertilización 3 (79kg/ha) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s) con 51 frutos por unidad experimental, y en menor promedio en número de frutos lo obtuvo el tratamiento 1 (F1D1): fertilización 1 (53kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s) , con 43 frutos por unidad experimental, al igual que el tratamiento 3 (F2D1): fertilización 2 (66kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s) y el tratamiento 5 (F3D1): fertilización 3 (79kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s).

Cuadro 15. Interacción fertilización/densidad

Factores	D1	D2	Total	Media
F1	129,00	156,00	285,00	47,5
F2	129,00	150,00	279,00	46,5
F3	129,00	153,00	282,00	47
Total	387,00	459,00	846,00	
Media	43	51		

En el Cuadro 15, de la interacción fertilización/densidad, observando los promedios de numero de frutos, para el factor fertilización se muestra cierta similitud entre los datos con promedios de F1= 47,5; F2 = 46,5 y F3 = 47; por otro lado, en el factor densidad muestra los datos diferentes de D1 = 43 y D2 = 51.

Cuadro 16.1 Análisis de varianza (ANOVA) número de frutos por unidad experimental

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	1260,00				
Tratamientos	5	294,00	58,80	0,69ns	3,33	5,64
Factor fertilización (F)	2	3,00	1,50	0,02ns	4,1	7,56
Factor densidad (D)	1	288,00	288,00	3,39ns	4,96	10,04
Interacción F/D	2	3,00	1,50	0,02ns	4,1	7,56
Error	10	849,00	84,90			

C.V. = 19,60%

NS = No es significativo

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) referente al número de frutos por unidad experimental se tiene:

En el cuadro 16, de ANOVA, evaluado para la variable número de frutos, nos indica que para las fuentes de variación que componen a los tratamientos, factor fertilización, densidad y la interacción (Fertilización/Densidad) no presentan diferencia significativa, lo que supone que no hay varianza entre ellos, aunque los tratamientos con densidad 2 (T2, T4 y T6) mostraron medias mayores, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

(Perez, 2015), en 48 m², obtuvo el número promedio de frutos por unidad experimental, el cual varía entre 33.33 frutos a 24.66 frutos por unidad experimental, donde el tratamiento 6 60 (V2D3): variedad Shakira + densidad 3 (1.80 m p/p y 1.90 m s/s) presenta un mayor número de frutos.

4.1.3 Número de frutos por planta.

Para el registro de este dato se tomó el número de frutos cosechados de cada unidad experimental, se dividió entre el número de plantas de la parcela, obteniendo los siguientes resultados.

Cuadro 17. Número de frutos por planta

Tratamiento	Bloques			Totales	Media
	I	II	III		
T1 (F1D1)	1,56	1,33	1,89	4,78	1,59
T2 (F1D2)	1,75	1,08	1,50	4,33	1,44
T3 (F2D1)	1,44	1,89	1,44	4,78	1,59
T4 (F2D2)	1,25	1,50	1,42	4,17	1,39
T5 (F3D1)	1,44	1,78	1,56	4,78	1,59
T6 (F3D2)	1,33	1,08	1,83	4,25	1,42
Totales	8,78	8,67	9,64	27,08	9,03
Media	1,46	1,44	1,61	4,51	1,50

En el cuadro 17, se tiene el número de frutos por planta de los diferentes tratamientos, donde el tratamiento 1 (F1D1): fertilización 1 (53kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s), presenta el mayor promedio con 1,59 frutos por planta, de igual manera para el tratamiento 3 (F2D1): fertilización 1 (66kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s) y el tratamiento 5 (F3D1): fertilización 1 (79kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s) y en menor promedio lo presenta el tratamiento 4 (F2D2); fertilización 2 (66 kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s) con 1.39 frutos por planta.

Cuadro 18. Interacción fertilización/densidad

Factores	D1	D2	Total	Media
F1	4,78	4,33	9,11	1,52
F2	4,78	4,17	8,94	1,49
F3	4,78	4,25	9,03	1,50
Total	14,33	12,75	27,08	
Media	1,59	1,42		

En el Cuadro 18, de la interacción fertilización/densidad, observando los promedios de número de frutos por planta, para el factor fertilización se muestra cierta similitud entre los datos con promedios de F1= 1,52; F2 = 1,49 y F3 = 1,50; por otro lado, en el factor densidad muestra los datos promedios diferentes de D1 = 1,59 y D2 = 1,42.

Cuadro 19. Análisis de varianza (ANOVA) número de frutos por planta

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	1,04				
Tratamientos	5	0,14	0,03	0,36ns	3,33	5,64
Factor fertilización (F)	2	0,00	0,00	0,01ns	4,1	7,56
Factor densidad (D)	1	0,14	0,14	1,74ns	4,96	10,04
Interacción F/D	2	0,00	0,00	0,01ns	4,1	7,56
Error	10	0,80	0,08			

C.V. = 18,82%

NS = No es significativo

De acuerdo 19, al análisis de varianza (ANOVA) referente al número de frutos por planta:

En el cuadro, de ANOVA, evaluado para la variable número de frutos por planta, nos indica que para las fuentes de variación que componen los tratamientos, factor fertilización, densidad y la interacción de (Fertilización/Densidad) no presentan diferencia significativa, lo que supone que no hay varianza entre ellos.

Aunque los tratamientos con densidad 1 (T1, T3 y T5) mostraron medias mayores, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Según (Anderson Luiz Feltrim(1), 2008). Las productividades observadas aumentaron linealmente con mayores distancias, en razón del aumento de frutos por planta La menor densidad de plantas (2,0 x 2,0 m) proporcionó incremento de 150% en la PC, principalmente en P57. De acuerdo con los resultados, con aumento de la densidad, hubo tendencia de reducción del número de frutos por planta, debido a una mayor competición, lo que afectó el crecimiento. Esta respuesta fisiológica también fue observada por Nesmith (1993), Duthie et al. (1999) y Motsenbocker & Arancibia (2002)

4.1.4 Peso del fruto (kg)

Se registró el peso de todos los frutos cosechados de las diferentes parcelas, obteniéndose un peso promedio de fruto, tal como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 20. Datos de campo del peso promedio del fruto (kg)

Tratamiento	Bloques			Totales	Media
	I	II	III		
T1 (F1D1)	7,75	6,83	9,42	23,99	8,00
T2 (F1D2)	7,64	7,81	9,32	24,77	8,26
T3 (F2D1)	8,47	7,74	9,37	25,58	8,53
T4 (F2D2)	8,58	8,75	9,12	26,45	8,82
T5 (F3D1)	9,56	7,78	9,20	26,54	8,85
T6 (F3D2)	9,41	8,98	8,51	26,91	8,97
Totales	51,41	47,89	54,94	154,24	51,41
Media	8,57	7,98	9,16	25,71	8,57

En el cuadro 20, se tiene el peso promedio de los frutos de cada tratamiento, donde el mayor peso promedio lo obtuvo el tratamiento 6; fertilización 3 (79 kg/ha) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s) con 8,97 kg, seguido por el tratamiento 5; fertilización 3 (79 kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s) con 8,85 kg y el menor peso promedio lo obtuvo el tratamiento 1; fertilización 1 (53 kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s) con 8 kg.

Cuadro 21. Interacción fertilización/densidad

Factores	D1	D2	Total	Media
F1	23,99	24,77	48,76	8,13
F2	25,58	26,45	52,03	8,67
F3	26,54	26,91	53,45	8,91
Total	76,11	78,13	154,24	
Media	8,46	8,68		

En el Cuadro 21, de la interacción fertilización/densidad, observando los promedios del peso de los frutos (kg), para el factor fertilización se muestra cierta similitud entre los datos con promedios de F1= 8,13; F2 = 8,67 y F3 = 8,91; por otro lado, en el factor densidad muestra los datos promedios similares de D1 = 8,46 y D2 = 8,68.

Cuadro 22. Análisis de la varianza (ANOVA) peso del fruto (kg)

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	11,01				
Tratamientos	5	2,17	0,43	0,92ns	3,33	5,64
Factor fertilización (F)	2	1,92	0,96	2,05ns	4,1	7,56
Factor densidad (D)	1	0,22	0,22	0,48ns	4,96	10,04
Interacción F/D	2	0,02	0,01	0,02ns	4,1	7,56
Error	10	4,70	0,47			

C.V. = 8%

NS = No es significativo

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) referente al peso del fruto se tiene:

En el cuadro 22, de ANOVA, evaluado para la variable peso del fruto, nos indica que para las fuentes de variación que componen a los tratamientos, factores fertilización, densidad y la interacción de (Fertilización/Densidad) no presentan diferencia significativa, lo que supone que no hay varianza entre ellos.

Según (Perez, 2015). En el peso promedio del fruto en kilogramos, el mejor fue la variedad híbrida Shakira + la densidad 3 (1.80 m p/p y 1.90 m s/s) que corresponde al tratamiento T6, ya que presento el 83 peso más alto con 7.81 kg, seguido del T3 con 7.30 kg y el menor peso y ubicándose en el último lugar lo presento el T2 con un peso promedio de 6.40 kg.

4.1.5 Tamaño del fruto

Se determinó el tamaño de los frutos cuando estos alcanzaron su madurez fisiológica; para tal efecto se tomó las dimensiones de los mismos con una cinta métrica, obteniendo la longitud y el diámetro, posteriormente se obtuvo el promedio entre las repeticiones por fertilización y densidad, con la finalidad de comparar este dato con los diferentes tratamientos.

4.1.5.1 Longitud (cm)

Cuadro 23. Longitud por medio del fruto en (cm)

Tratamiento	Bloques			Totales	Media
	I	II	III		
T1 (F1D1)	34,19	33,17	36,73	104,08	34,69
T2 (F1D2)	34,06	33,46	36,52	104,04	34,68
T3 (F2D1)	35,87	34,90	36,90	107,67	35,89
T4 (F2D2)	36,91	34,76	36,27	107,94	35,98
T5 (F3D1)	36,06	35,82	35,67	107,55	35,85
T6 (F3D2)	38,28	34,31	37,19	109,79	36,60
Totales	215,38	206,42	219,27	641,08	213,69
Media	35,90	34,40	36,55	106,85	35,62

En el cuadro 23, se observa la longitud promedio de los frutos de cada tratamiento, encontrándose en un rango de 34,68 a 36,60 cm, donde la mayor longitud promedio lo obtuvo el tratamiento 6; fertilización 3 (79 kg/ha) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s) con 36,60 cm, seguido por el tratamiento 4; fertilización 2 (66 kg/ha) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s) con 35,98 cm y la menor longitud promedio lo obtuvo el tratamiento 2; fertilización 1 (53 kg/ha) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s) con 34,68 cm.

Cuadro 24. Interacción fertilización/densidad

Factores	D1	D2	Total	Media
F1	104,08	104,04	208,13	34,69
F2	107,67	107,94	215,62	35,94
F3	107,55	109,79	217,33	36,22
Total	319,30	321,77	641,08	
Media	35,48	35,75		

En el Cuadro 24, de la interacción fertilización/densidad, observando los promedios de la longitud (cm), para el factor fertilización se muestra cierta similitud entre los datos con promedios de $F1 = 34,69$; $F2 = 35,94$ y $F3 = 36,22$; por otro lado, en el factor densidad muestra los datos promedios similares de $D1 = 35,48$ y $D2 = 35,75$.

Cuadro 25. Análisis de la varianza (ANOVA) longitud promedio del fruto (cm)

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	33,72				
Tratamientos	5	8,84	1,77	1,70ns	3,33	5,64
Factor fertilización (F)	2	7,99	4,00	3,84ns	4,1	7,56
Factor densidad (D)	1	0,34	0,34	0,33ns	4,96	10,04
Interacción F/D	2	0,51	0,25	0,24ns	4,1	7,56
Error	10	10,41	1,04			

C.V. = 2,86%

NS = No es significativo

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) longitud promedio del fruto se tiene:

En el cuadro 25, de ANOVA, evaluado para la variable longitud del fruto, nos indica que para las fuentes de variación que componen a los tratamientos, factores fertilización, densidad y la interacción de (Fertilización/Densidad) no presentan diferencia significativa, lo que supone que no hay varianza entre ellos.

(Perez, 2015) obtuvo la longitud promedio de los frutos de cada tratamiento, encontrándose en un rango de 28.35 a 31.22 cm, donde la mayor longitud promedio lo obtuvo el tratamiento 6 (V2D3): Variedad Shakira + densidad 3 (1.80 m p/p y 1.90 m s/s) con 31.22 cm, seguido por el tratamiento 3 (V1D3); Variedad Sweet Andina + densidad 3 (1.80 m p/p y 1.90 m s/s) con 30.71 cm.

4.1.5.2 Diámetro (cm)

Cuadro 26. Diámetro promedio del fruto (cm)

Tratamiento	Bloques			Totales	Media
	I	II	III		
T1 (F1D1)	20,67	19,77	22,61	63,05	21,02
T2 (F1D2)	21,22	21,11	22,29	64,61	21,54
T3 (F2D1)	21,52	20,84	21,94	64,30	21,43
T4 (F2D2)	21,32	21,63	22,11	65,06	21,69
T5 (F3D1)	22,39	21,56	21,78	65,72	21,91
T6 (F3D2)	22,08	21,01	22,10	65,18	21,73
Totales	129,19	125,92	132,82	387,92	129,31
Media	21,53	20,99	22,14	64,65	21,55

En el cuadro 26, se observa el diámetro promedio de los frutos de cada tratamiento, encontrándose en un rango de 21,02 a 21,91 cm, donde el mayor diámetro promedio lo obtuvo el tratamiento 5; fertilización 3 (79 kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s) con 21,91 cm, seguido por el tratamiento 6; fertilización 3 (79 kg/ha) + densidad 2 (0,75 m p/p y 2,50 m s/s) con 21,73 cm y la menor longitud promedio lo obtuvo el tratamiento 1; fertilización 1 (53 kg/ha) + densidad 1 (1 m p/p y 2,50 m s/s) con 21,02 cm.

Cuadro 27. Interacción fertilización /densidad

Factores	D1	D2	total	media
F1	63,05	64,61	127,66	21,28
F2	64,30	65,06	129,36	21,56
F3	65,72	65,18	130,90	21,82
total	193,07	194,86	387,92	
media	21,45	21,65		

En el Cuadro 27, de la interacción fertilización/densidad, observando los promedios del diámetro (cm), para el factor fertilización se muestra cierta similitud entre los datos con promedios de $F1 = 21,28$; $F2 = 21,56$ y $F3 = 21,82$; por otro lado, en el factor densidad muestra los datos promedios similares de $D1 = 21,45$ y $D2 = 21,65$.

Cuadro 28. Análisis de la varianza (ANOVA) diámetro del fruto (cm)

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	8,56				
Tratamientos	5	1,43	0,29	0,91ns	3,33	5,64
Factor fertilización (F)	2	0,88	0,44	1,39ns	4,1	7,56
Factor densidad (D)	1	0,18	0,18	0,56ns	4,96	10,04
Interacción F/D	2	0,38	0,19	0,59ns	4,1	7,56
Error	10	3,16	0,32			

C.V. = 2,61%

NS = No es significativo

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) diámetro promedio del fruto se tiene:

En el cuadro28, de ANOVA, evaluado para la variable diámetro del fruto, nos indica que para las fuentes de variación que componen a los tratamientos, factores fertilización, densidad y la interacción de (Fertilización/Densidad) no presentan diferencia significativa, lo que supone que no hay varianza entre ellos.

(Perez, 2015) indica el diámetro promedio de los frutos de cada tratamiento, encontrándose en un rango de 19.81 a 21.62 cm, donde el mayor diámetro promedio lo obtuvo el tratamiento 6 (V2D3): Variedad Shakira + densidad 3 (1.80 m p/p y 1.90 m s/s)

4.1.6 Rendimiento

El rendimiento en el cultivo de la sandía se expresa de dos maneras, la primera como número de frutos por hectárea y la segunda por el peso de frutos en toneladas por hectárea, por lo cual se realiza un análisis estadístico en cada uno de ellos, es decir el número de frutos por hectárea y el rendimiento en toneladas por hectárea.

Para el registro de datos se muestreo cada una de las parcelas en estudio de los diferentes tratamientos, se tomó como dato a todos los frutos cosechados de cada parcela, de los cuales se promedió el número de frutos por unidad experimental, número de frutos por planta, dimensiones y su peso.

4.1.6.1 Rendimiento de frutos /hectárea

El rendimiento de número de frutos por hectárea se ha obtenido de los datos registrados de número de frutos por unidad experimental.

Cuadro 29. Rendimiento de frutos/hectárea

Tratamiento	Bloques			Totales	Media
	I	II	III		
T1 (F1D1)	6222,22	5333,33	7555,56	19111,11	6370,37
T2 (F1D2)	9333,33	5777,78	8000,00	23111,11	7703,70
T3 (F2D1)	5777,78	7555,56	5777,78	19111,11	6370,37
T4 (F2D2)	6666,67	8000,00	7555,56	22222,22	7407,41
T5 (F3D1)	5777,78	7111,11	6222,22	19111,11	6370,37
T6 (F3D2)	7111,11	5777,78	9777,78	22666,67	7555,56
Totales	40888,89	39555,56	44888,89	125333,33	41777,78
Media	6814,81	6592,59	7481,48	20888,89	6962,96

De acuerdo al cuadro 29, se tiene un rendimiento promedio de frutos/hectárea, el cual varía entre 6370,37 a 7703,70 frutos/hectárea, donde el tratamiento 2 (F1D2): fertilización 1(53kg/ha) + densidad 2 (5333,3 plantas/ha) presenta un mayor rendimiento de frutos/hectárea, con un promedio de 7703,70 frutos, seguido por el tratamiento 6 (F3D2): fertilización 3 (79kg/ha) + densidad 2 (5333,3 plantas/ha) con 7555,56 frutos/hectárea y en menor promedio de frutos lo obtuvo el tratamiento 1 (F1D1): fertilización 1 (53kg/ha) + densidad 1 (4000 plantas/ha), con 6370,37 frutos/hectárea, al igual que el tratamiento 3 (F2D1): fertilización 2 (66kg/ha) + densidad 1 (4000 plantas/ha) y el tratamiento 5 (F3D1): fertilización 3 (79kg/ha) + densidad 1 (4000 plantas/ha).

Cuadro 30. Interacción fertilización /densidad

Factores	D1	D2	Total	Media
F1	19111,11	23111,11	42222,22	7037,04
F2	19111,11	22222,22	41333,33	6888,89
F3	19111,11	22666,67	41777,78	6962,96
Total	57333,33	68000,00	125333,33	
Media	6370,37	7555,56		

En el Cuadro 30, de la interacción fertilización/densidad, observando los promedios de rendimiento de frutos/hectárea, para el factor fertilización se muestra cierta similitud entre los datos con promedios de F1= 7037,04; F2 = 6888,89 y F3 = 6962,96; por otro lado, en el factor densidad muestra los datos promedios diferentes de D1 = 6370,37 y D2 = 7555,56.

Cuadro 31. Análisis de varianza (ANOVA) para frutos/hectárea

Fuente de variación	Gl	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	27654320,99				
Tratamientos	5	6452674,90	1290534,98	0,69 ns	3,33	5,64
Factor fertilización (F)	2	65843,62	32921,81	0,02 ns	4,1	7,56
Factor densidad (D)	1	6320987,65	6320987,65	3,39 ns	4,96	10,04
Interacción F/D	2	65843,62	32921,81	0,02 ns	4,1	7,56
Error	10	18633744,86	1863374,49			

C.V. = 19,60%

NS = No es significativo

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) referente al rendimiento de frutos/hectárea se tiene:

En el cuadro 31, de ANOVA, evaluado para la variable rendimiento de frutos/hectárea, nos indica que para las fuentes de variación que componen a los tratamientos, factor fertilización, densidad y la interacción (Fertilización/Densidad) no presentan diferencia significativa, lo que supone que no hay varianza entre ellos, aunque los tratamientos con densidad 2 (T2, T4 y T6) mostraron medias mayores, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Según (Perez, 2015), los rendimientos promedios entre los tratamientos, oscilan entre 5138.8 frutos/ha con el tratamiento 4; híbrido Shakira + densidad 1(1 m p/p y 1.90 m s/s) hasta 6944.4 frutos/hectárea con el tratamiento 6; híbrido Shakira + densidad 3 (1.80 m p/p y 1.90 m s/s), haciendo un total de 2917 plantas/ hectárea con esta densidad de siembra.

4.1.6.2 Rendimiento en toneladas/hectárea

El rendimiento en toneladas/hectárea se ha obtenido mediante el peso de todos los frutos de cada unidad experimental, de los diferentes tratamientos. Como se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 32: Rendimiento en toneladas/hectárea

Tratamiento	Bloques			Totales	Media
	I	II	III		
T1 (F1D1)	48,24	36,41	71,14	155,79	51,93
T2 (F1D2)	71,28	45,14	74,55	190,98	63,66
T3 (F2D1)	48,92	58,49	54,16	161,57	53,86
T4 (F2D2)	57,19	70,03	68,88	196,11	65,37
T5 (F3D1)	55,26	55,30	57,23	167,79	55,93
T6 (F3D2)	66,94	51,90	83,23	202,07	67,36
Totales	347,83	317,26	409,20	1074,30	358,10
Media	57,97	52,88	68,20	179,05	59,68

En el cuadro 32, se tiene el rendimiento promedio en toneladas/hectárea, donde el mayor rendimiento lo obtuvo el tratamiento 6; fertilización 3 (79 kg/ha) + densidad 2 (5333,3 plantas/ha) con 67,36 toneladas, seguido por el tratamiento 4; fertilización 2 (66 kg/ha) + densidad 2 (5333,3 plantas/ha) con 65,37 toneladas y el menor rendimiento lo obtuvo el tratamiento 1; fertilización 1 (53 kg/ha) + densidad 1 (4000 plantas/ha) con 51,93 toneladas.

Cuadro 33. Interacción fertilización/densidad

Factores	D1	D2	Total	Media
F1	155,79	190,98	346,76	57,79
F2	161,57	196,11	357,67	59,61
F3	167,79	202,07	369,86	61,64
Total	485,14	589,15	1074,30	
Media	53,90	65,46		

En el Cuadro 33, de la interacción fertilización/densidad, observando los promedios del rendimiento en toneladas/hectárea, para el factor fertilización se muestra cierta similitud entre los datos con promedios de F1= 57,79; F2 = 59,61 y F3 = 61,64; por otro lado, en el factor densidad muestra los datos promedios diferentes de rendimientos de D1 = 53,90 y D2 = 65,46.

Cuadro 34. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento en toneladas/hectárea

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	Ft 1%
Total	17	2429,63				
Tratamientos	5	645,57	129,11	1,23ns	3,33	5,64
Factor fertilización (F)	2	44,50	22,25	0,21ns	4,1	7,56
Factor densidad (D)	1	600,99	600,99	5,71*	4,96	10,04
Interacción F/D	2	0,07	0,04	0,00ns	4,1	7,56
Error	10	1053,36	105,34			

C.V. = 17,20%

NS = No es significativo

***** = Significativo

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) referente al rendimiento en toneladas/hectárea se tiene:

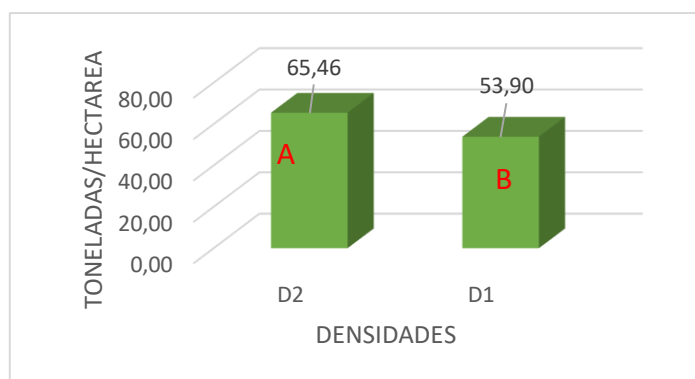
En el cuadro 34, de ANOVA, evaluado para la variable rendimiento en toneladas/hectárea, nos indica que para las fuentes de variación que componen a los tratamientos, factor fertilización y la interacción de (Fertilización/Densidad) no presentan diferencia significativa, lo que supone que no hay varianza entre ellos.

Para las densidades si existen diferencias significativas, lo que significa que hay variación entre las densidades, por motivo a esta variación se debe realizar la prueba de comparación de medias por DUNCAN.

4.1.6.3.1 prueba por DUNCAN para las densidades

$$EE = \sqrt{\frac{105,34}{9}} = 3,42$$

Grafica 2. Prueba por DUNCAN para la densidad con el 5% de significancia



En la prueba por DUNCAN, que se muestra en la Grafica 2, observamos que la densidad 2, es estadísticamente diferente en el rendimiento a la densidad 1, ya que densidad 2 muestra un mejor promedio con 65,46 t/ha. a diferencia de la densidad 1, con 53,90 t/ha.

(Perez, 2015), observa que los rendimientos promedios oscilan de 33505.55 kg/ha con el tratamiento 4; híbrido Shakira + densidad 1 (1 m p/p y 1.90 m s/s), hasta 54236.10 kg/ha con la misma variedad híbrida Shakira + densidad 3 (1.80 m p/p y 1.90 m s/s

Según la (FAO, 2017). El rendimiento mundial de sandía promedia 34,05 toneladas por hectárea, y Túnez registró el mayor rendimiento, con 68,29 toneladas por hectárea. (ScienceDirect, 2018)

Según él (Observatorio agroambiental y productivo y MDRyT, 2019). El rendimiento en Bolivia es de 13,4 toneladas por hectárea

4.2 Análisis económico

El análisis económico se realizó en función de los costos de producción de cada uno de los tratamientos y los ingresos generados a partir del precio de venta en el mercado local.

4.2.1 Costos de producción

Para los costos de producción se tomó en cuenta los gastos generados en el manejo del cultivo para cada tratamiento, como la cantidad de fertilizante y número de semillas por tratamiento, labores culturales, insumos, equipo de riego, mano de obra en cosecha y preparación del terreno y otros.

Cuadro 35. Resumen de costos de producción para una hectárea de sandía, para cada tratamiento en Bs

Descripción	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Almacigado	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00
Preparación del terreno	2380,00	2380,00	2380,00	2380,00	2380,00	2380,00
Insumos	4971,00	6218,97	5081,20	6329,17	5187,60	6435,57
Materiales de riego	5008,00	5008,00	5008,00	5008,00	5008,00	5008,00
Labores culturales	2070,00	2070,00	2070,00	2070,00	2070,00	2070,00
Cosecha	1620,00	1620,00	1620,00	1620,00	1620,00	1620,00
Total	16409	17657	16519	17767	16626	17874

En el Cuadro 35. Se puede observar el costo de producción del T6, es de 17874 Bs. resultando ser los más elevado, con respecto al T1 es de 16409 Bs es el más bajo, debido a la cantidad de fertilizante y semilla utilizada.

4.2.2 Ingreso o ganancia bruta en Bs/ha.

Las ganancias logradas en cada uno de los tratamientos, es según el rendimiento de frutos/hectárea. También, es importante resaltar que la comercialización se lo realizó por fruto o unidad, para los mercados locales de la ciudad de Tarija.

Cuadro 36. Ingresos brutos en la producción para una hectárea de sandía en Bs

Tratamiento	Rendimiento de frutos/ha	Pérdidas del 5%	Precio/unidad en Bs	Ingreso bruto
T1=F1D1	6370,37	6051,85	10	60518,52
T2=F1D2	7703,70	7318,52	10	73185,19
T3=F2D1	6370,37	6051,85	10	60518,52
T4=F2D2	7407,41	7037,04	10	70370,37
T5=F3D1	6370,37	6051,85	10	60518,52
T6=F3D2	7555,56	7177,78	10	71777,78

En el cuadro 36, se muestra que el T2 presentó el mayor ingreso bruto con 73185,19 Bs/ha, seguido del T6 con 71777,78 Bs/ha, mientras que el ingreso bruto más bajos es de los T1, T3 y T5 con 60518,52 Bs/ha.

Además, es necesario señalar que actualmente el mercado juega un papel importante para los agricultores, ya que los ingresos están directamente relacionados con el precio que logra comercializar sus productos.

4.2.3 Relación beneficio/costo

Cuadro 37. Relación beneficio/costo

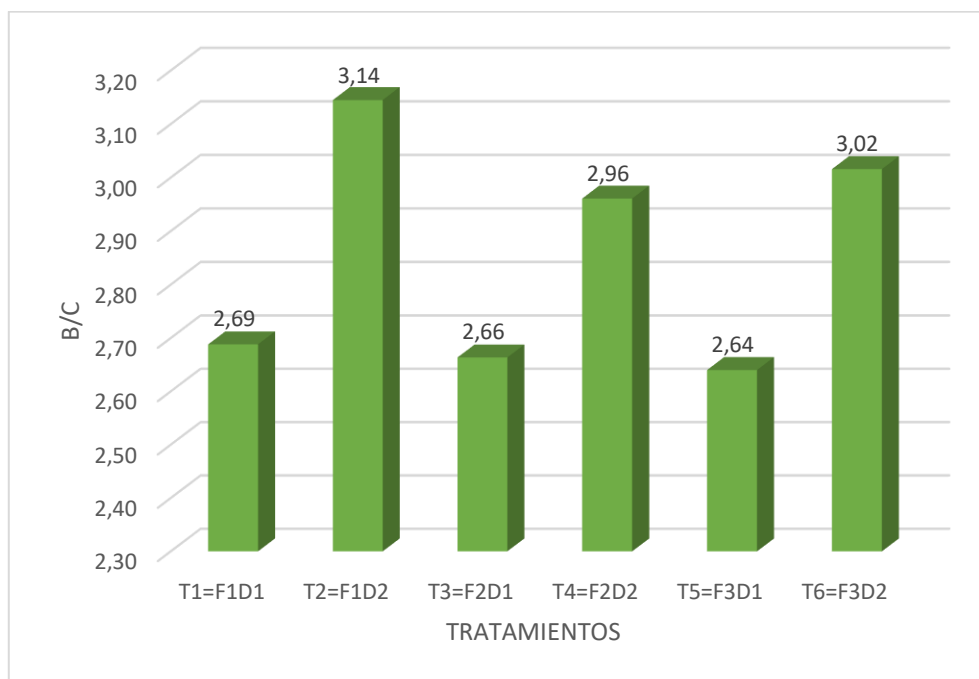
Tratamiento	Ingresos	Costos	Beneficio	B/C
T1=F1D1	60518,52	16409	44109,52	2,69
T2=F1D2	73185,19	17657	55528,19	3,14
T3=F2D1	60518,52	16519	43999,52	2,66
T4=F2D2	70370,37	17767	52603,37	2,96
T5=F3D1	60518,52	16626	43892,52	2,64
T6=F3D2	71777,78	17874	53903,78	3,02

$B/C < 1$ No rentable

$B/C = 1$ Hay equilibrio

Con $B/C \geq 1$ hay ganancia

Grafica 3. Relación beneficio/costo



De a la gráfica 3, al análisis beneficio costo se tiene que:

El mejor beneficio/costo lo obtuvo el tratamiento T2 (F1D2) tienen una mayor ganancia de 3,14 bs seguido del tratamiento T6 (F3D2) de 3,2 bs Por otro lado, el resto de los tratamientos también tuvieron un margen de ganancia aceptables, el más bajo el tratamiento T5 (F3D1) tuvo ganancia de 2,64 bs.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Teniendo los resultados finales de los tratamientos de investigación se constituye:

- ❖ En el número de flores femeninas, el tratamiento T2 (F1D2) obtuvo el mayor promedio con 84,33 flores, mientras que el T1 (F1D1) presentó el valor más bajo, con 61 flores. Los tratamientos T2, T4 y T6, correspondientes a la densidad D2, registraron un mayor número de flores femeninas en comparación con T1, T3 y T5, correspondientes a la densidad D1, los cuales mostraron valores inferiores. Esto demuestra que las densidades de plantación (D1 y D2) influyeron significativamente, mientras que los niveles de fertilización (F1, F2 y F3) no tuvieron un efecto notable.
- ❖ Respecto al número de frutos por unidad experimental, no se evidenciaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Sin embargo, los tratamientos T2, T4 y T6 (densidad D2) presentaron un mayor número de frutos en comparación con T1, T3 y T5 (densidad D1), que registraron valores inferiores. El tratamiento T2 (F1D2) alcanzó el valor más alto con 52 frutos, superando al T1 (F1D1) con 43 frutos, confirmando que los niveles de fertilización no mostraron efecto significativo.
- ❖ En el número de frutos por planta, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los mayores valores se registraron en los tratamientos T1, T3 y T5, asociados a la densidad D1, destacando T1 con 1,59 frutos por planta, mientras que T4 (D2) presentó el promedio más bajo con 1,39 frutos por planta. Esto demuestra que la densidad D1 favoreció un mayor número de frutos por planta, sin influencia significativa de la fertilización.
- ❖ En cuanto al tamaño del fruto, no se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos. El mayor promedio en longitud del fruto correspondió al tratamiento T6 (F3D2) con 36,60 cm, mientras que el menor fue el T2 (F1D2) con 34,68 cm.

- ❖ En diámetro, el mejor resultado se obtuvo con T5 (F3D1) con 21,91 cm, y el menor con T1 (F1D1) con 21,02 cm. Por tanto, ni los niveles de fertilización ni las densidades de plantación mostraron efectos significativos sobre el tamaño del fruto.
- ❖ En el rendimiento de frutos por hectárea, no se evidenciaron diferencias estadísticas entre tratamientos. No obstante, los tratamientos T2, T4 y T6 (densidad D2) presentaron los valores más altos en comparación con T1, T3 y T5 (densidad D1). El tratamiento T2 (F1D2) obtuvo el mayor rendimiento con 7.703,70 frutos/ha, superando al T1 (F1D1) con 6.370,37 frutos/ha, y mostrando que la densidad de plantación influyó positivamente, mientras que la fertilización no tuvo un efecto significativo.
- ❖ En el rendimiento toneladas por hectárea, se observaron diferencias significativas entre densidades. Los tratamientos T2, T4 y T6 (densidad D2) presentaron rendimientos superiores a los tratamientos T1, T3 y T5 (densidad D1). El promedio más alto correspondió al tratamiento T6 (F3D2) con 67,36 t/ha, mientras que el más bajo fue T1 (F1D1) con 51 t/ha. Estos resultados demuestran que la densidad D2 fue más favorable que D1, sin efecto significativo de los niveles de fertilización.
- ❖ En la relación beneficio/costo, el tratamiento T2 (F1D2) presentó el mayor margen de ganancia con 3,14 Bs, mientras que el tratamiento T5 (F3D1) registró la menor rentabilidad con 2,64 Bs.
- ❖ En general, los tratamientos correspondientes a la densidad D2 (T2, T4 y T6) mostraron los mejores resultados en la mayoría de las variables analizadas, excepto en frutos por planta, consolidándose como la mejor opción más favorable para la producción de sandía bajo las condiciones del presente estudio.

5.2 Recomendaciones

En base a las conclusiones se considera las siguientes recomendaciones:

- ❖ En la localidad de Chiquiacá, para el cultivo de sandía se recomienda implementar la densidad de plantación D2 (0,75 m entre plantas y 2,50 m entre surcos), ya que permitió obtener un mayor número de frutos y un rendimiento superior por hectárea. Esta densidad optimiza el uso del espacio, mejora la cobertura del suelo y reduce el crecimiento de malezas. No obstante, debido a la mayor cobertura vegetal, es fundamental mantener un monitoreo constante de plagas y enfermedades, realizando un control fitosanitario oportuno para evitar su incidencia.
- ❖ Considerando que los niveles de fertilización F1, F2 y F3 no mostraron diferencias significativas en las variables evaluadas, se sugiere utilizar el nivel F1 (53 kg de nitrógeno/ha), que logró rendimientos satisfactorios con menor inversión económica. Esta práctica promueve la sostenibilidad del sistema productivo, evita la acumulación excesiva de nutrientes en el suelo y contribuye a la reducción del impacto ambiental.
- ❖ Si el objetivo es obtener frutos de mayor tamaño o un mayor número de frutos por planta, se recomienda emplear la densidad D1, (1m entre plantas y 2,50 m entre surcos) la cual disminuye la competencia entre plantas y permite un desarrollo más equilibrado de los frutos. Sin embargo, cuando se busca maximizar el rendimiento por hectárea, la densidad D2 resulta más ventajosa al incrementar la producción total de frutos.
- ❖ El tratamiento T2 (F1D2) presentó la mejor relación beneficio/costo (3,14 Bs), combinando un rendimiento elevado con un menor costo de fertilización. Por ello, se recomienda difundir entre los productores de la zona la importancia de optimizar los recursos mediante el uso racional de fertilizantes, la selección adecuada de densidades de plantación y la aplicación de buenas prácticas agrícolas. Estas acciones permiten mejorar la rentabilidad del cultivo, mantener la salud del suelo y conservar el equilibrio ambiental en los sistemas productivos.