

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCION

Hibiscus sabdariffa L., perteneciente a la familia Malvaceae, es una planta herbácea anual ampliamente conocida por diversos nombres alrededor del mundo como Rosa de Jamaica, Karkadé, Agria, Rosa de Abisinia y Grosella. Su tamaño promedio varía entre 1 a 4 metros de altura, dependiendo de las condiciones agroclimáticas. Se caracteriza por desarrollar un cáliz carnosos de color rojo intenso, el cual es la parte más valorada de la planta, recolectado en su punto de madurez para su posterior secado y uso alimenticio (Acosta, 2021; Obediente-Talavera, Polanco-Bravo, & Díaz-Bustillo, 2023). *Esta especie es propia de regiones con climas secos tropicales y subtropicales, razón por la cual se ha adaptado con éxito a múltiples regiones agrícolas alrededor del mundo.* (Yapu, 2022)

A nivel mundial, la flor de Jamaica se considera un cultivo no tradicional perteneciente al sector de especias y plantas medicinales. Según datos de la FAO (2004), en ese año se reportó una producción global de 97,975 toneladas, siendo China el principal productor con el 27.76%, seguido por India (17.91%), Sudán (9.1%), Uganda (8.40%), Indonesia (6.23%), Malasia (5.53%) y México (5.14%). Pese a ser uno de los principales productores en América Latina, México enfrenta un déficit de producción y se ve obligado a importar aproximadamente el 50% de lo que consume internamente. Este hecho evidencia la necesidad de mejorar el rendimiento productivo del cultivo, que en promedio es de apenas 291 kg/ha, muy por debajo de los países asiáticos, donde se reportan entre 800 y 2,000 kg/ha (INIAFAP, 2023).

En Bolivia, la introducción de *Hibiscus sabdariffa* L. tuvo lugar inicialmente en la colonia Alto Sajama del municipio de Alto Beni, con fines medicinales. Posteriormente, se establecieron parcelas demostrativas en Caranavi y Sapecho, y fue la Cooperativa “El Ceibo” la que inició la producción comercial durante la campaña agrícola 1994–1995, enfocada en la elaboración de té con los cálizos de la flor (Chipana, 2023). En la actualidad, el cultivo ha logrado expandirse hacia las regiones subtropicales y cabeceras de valle de los departamentos de La Paz y Cochabamba,

consolidándose como un producto de interés para consumo nacional y exportación en estado deshidratado.

Sin embargo, en el departamento de Tarija, particularmente en la comunidad de Chocloca, el cultivo de flor de Jamaica es aún incipiente y no se ha evaluado su adaptación a las condiciones edafoclimáticas locales ni el efecto de diferentes tipos de fertilización sobre su rendimiento.

El éxito productivo de un cultivo depende del manejo agronómico, así como del equilibrio y disponibilidad de nutrientes en el suelo, los cuales afectan directamente el desarrollo radicular, la floración y la producción final (Andres Grasso, 2020). Por tanto, se hace necesaria la generación de información técnica que permita determinar el tipo de fertilizante (orgánico o químico) que garantice una mejor respuesta productiva en condiciones de campo abierto en Chocloca.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) ha emergido como una alternativa agrícola de creciente interés en Bolivia, debido a sus múltiples usos nutricionales, medicinales y comerciales. Sin embargo, en la comunidad de Chocloca, ubicada en el valle central de Tarija, no se dispone de información técnica suficiente sobre su adaptación a las condiciones edafoclimáticas locales. Esta falta de datos técnicos genera incertidumbre respecto a su comportamiento agronómico y su viabilidad como cultivo alternativo. Además, no se ha determinado qué tipo de fertilizante (orgánico o químico) garantiza un mejor rendimiento del cultivo en esta zona, lo que dificulta su implementación por parte de los productores que buscan diversificar su producción con especies de alto valor. Esta situación limita el aprovechamiento eficiente de este cultivo y representa una barrera para su adopción en los sistemas productivos locales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La baja fertilidad del suelo, no permite expresar el potencial productivo del cultivo de flor de Jamaica en el CECH

JUSTIFICACIÓN

La flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es una especie de interés agroindustrial por sus múltiples aplicaciones en la elaboración de infusiones, bebidas, mermeladas y productos medicinales, ha incrementado su producción en Bolivia, especialmente en zonas de valle, según reportes recientes (@canalruralbo, 2025). Esto la posiciona como una opción viable para agricultores que buscan diversificar sus cultivos.

En el valle central de Tarija, específicamente en la comunidad de Chocloca, no existen estudios previos que evalúen el comportamiento agronómico de este cultivo ni el tipo de fertilización más adecuada para garantizar su productividad. Ante esta falta de información, se vuelve necesario generar datos técnicos que permitan conocer su adaptación y determinar qué tipo de fertilizante (orgánico o químico) ofrece mejores resultados bajo las condiciones edafoclimáticas locales.

Este estudio contribuirá con información valiosa para los agricultores de la región que deseen introducir el cultivo flor de Jamaica como alternativa productiva. Asimismo, apoyará a futuras investigaciones relacionadas con el manejo agronómico de cultivos no tradicionales en zonas de valle, promoviendo prácticas sostenibles y técnicamente fundamentadas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de la fertilización de fondo (abono orgánico y químico) en el cultivo de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), a través de un análisis estadístico de los diferentes indicadores agronómicos de respuesta, de manera que permita generar información sobre los requerimientos nutricionales del cultivo, bajo las condiciones edafoclimáticas del Centro Experimental de Chocloca (CECH).

Objetivos específicos

- Determinar los niveles de fertilización de base y complementario (Fertilización foliar), a través del cálculo de la disponibilidad de nutrientes en el suelo y necesidades de la planta, de manera que permita establecer la dosis más

adecuada a aplicar para mejorar la producción del cultivo de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.).

- Evaluar la respuesta y productividad a la aplicación de fertilizantes en el cultivo de flor de Jamaica, a través del análisis de varianza de los indicadores de respuesta y caracterización de las labores culturales más adecuadas en el proceso de adaptación a la zona de estudio.
- Realizar el análisis costo/beneficio, a través de la determinación del rendimiento por hectárea, Ingreso Neto y los costos de producción, de manera que permita establecer los indicadores de toma de decisión para implementación del cultivo en la zona de incidencia del CECH.

HIPOTESIS

Ho. No existen diferencias estadísticamente significativas en las variables de respuesta a la aplicación de dos tipos de fertilizantes, en el cultivo de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en el CECH.

Ha. Existe diferencias estadísticamente significativas en las variables de respuesta del a la aplicación de dos tipos de fertilizantes de flor en el cultivo de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en el CECH.

CAPITULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

MARCO TEÓRICO

1.1.ORIGEN DEL CULTIVO

El origen de la flor de Jamaica para la mayoría de los investigadores y botánicos es procedente de las zonas tropicales y subtropicales de África, Egipto, Sudan y Senegal; otros afirman que es nativa de Asia (desde India hasta Malasia) y un grupo minoritario de botánicos la ubican en las Indias Occidentales. La flor de Jamaica se cultiva en África, Central, Tailandia, Sudan, México, Taiwán, Panamá, Estados Unidos, India y Jamaica. (Acosta, 2021)

1.2.MORFOLOGIA

1.2.1. Raíz

Coraizaca (2020) menciona que Villalobos (2009) describe la raíz de la flor de Jamaica como pivotante y susceptible a deformaciones en suelos pesados, con la mayoría de las raíces absorbentes ubicadas en los primeros 20 cm del suelo.

1.2.2. Tallo

Su tallo puede alcanzar una altura de hasta 3,5 m con un tallo cilíndrico, liso o casi liso, de color verde oscuro a rojo. (Mahunu, 2021)

1.2.3. Hoja

De acuerdo con Mahunu (2021), las hojas exhiben tonalidades verdes con nerviaciones de color rojizo, junto con pecíolos que varían en longitud (cortos o largos), y se distribuyen de manera alterna, midiendo entre 7,5 y 12,5 cm. En etapas tempranas de crecimiento, como en plántulas, y en las hojas superiores de plantas adultas, estas muestran una estructura simple. Por el contrario, las hojas ubicadas en la parte inferior de la planta pueden presentar de tres a cinco lóbulos, e incluso hasta siete, caracterizados por márgenes aserrados.

1.2.4. Flor

Son hermafroditas, solitarias axiales, y algunas veces crecen en racimos terminales; su consistencia es carnosa; la corola es de color blanco con un centro rojizo en la columna estaminal; el cáliz, cuando madura, se alarga y torna rojo con 4 a 5 sépalos y con largas espinas que rodean flor y el tallo (Morton, 1987).

1.2.5. Fruto

Según Ortiz (2008), citado por Coraizaca, (2020) los frutos se desarrollan en cápsulas con cinco cámaras (ocasionalmente seis), las cuales, al madurar, albergan entre 15 y 20 semillas de tonalidad café oscuro, con forma reniforme y cubiertas por una pubescencia urticante. Estas estructuras están rodeadas por un cáliz carnoso y jugoso de tono rojo brillante, que mide entre 2 y 3 centímetros de longitud y constituye el principal producto comercial de la planta.

1.2.6. Semilla

Las semillas tienen forma de riñón, son de color marrón claro, miden entre 3 y 5 mm de largo y están rodeadas de pelos diminutos, gruesos y estrellados (Mahunu, 2021)

1.3.TAXONOMIA

Reino: Vegetal

Phylum: Telemophytae

División: Tracheophytae

Sub división: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub clase: Dicotyledoneae

Grado Evolutivo: Archichlamydeae

Grupo de Ordenes: Corolinos

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Nombre científico: *Hibiscus sabdariffa* L.

Nombre común: Planta de Jamaica – Flor de Jamaica

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2025)

1.4. VARIEDADES

La flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) se clasifica principalmente en dos tipos: uno para la producción de cálices comestibles y otro para la obtención de fibra, siendo el primero de mayor importancia comercial (Hidalgo, 2013).

A nivel varietal, se han desarrollado y cultivado distintas opciones, entre las que se incluyen:

Variedades Mejoradas (México): El INIFAP en México ha generado variedades como 'Alma Blanca' y 'Rosalíz' (pétalos amarillos), 'Cotzaltzin' y 'Tecoanapa' (pétalos rojos) (Cifuentes, 2015), y 'Patriota' (rojo, alto rendimiento) (INIAFAP, 2023). Estas variedades buscan mejorar características como el rendimiento, la precocidad y la resistencia a enfermedades.

Variedades/Tipos Regionales: También existen variedades o tipos adaptados a regiones específicas, como la "Criolla Regional" (diversas características, rendimiento variable) y la "Criolla Nicaragüense" (precoz y tardía) (Alavarez, 2020)

1.5.CICLO DEL CULTIVO

Según su ciclo vegetativo de es de 150 días, cuando está en su fase de maduración es cortado y secado al sol para su deshidratación. (Eugenia Lourdes Martinez, 2007).

1.6.FASES FISIOLÓGICAS

El desarrollo de la flor de Jamaica se divide en tres fases principales:

Fase inicial: Comprende aproximadamente los primeros cinco a ocho días después de la siembra, caracterizada por el desarrollo y el aumento de la materia seca, donde la planta prioriza la formación de nuevos tejidos y la fotosíntesis (Cárdenas, 2015), como se cita en (Caiminagua, 2022)

Fase vegetativa: Sucede a la inicial y dura entre 25 y 30 días, presentando un aumento más lento en la materia seca (Caiminagua, 2022), que cita a (Cárdenas, 2015).

Fase reproductiva. - Parte con el inicio de la fructificación y dura entre 20 y 30 días, lo cual los frutos extraen de la planta los nutrientes elementales en el crecimiento y maduración. (Leon, 2015)

1.7. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS

1.7.1. Suelo

Hibiscus sabdariffa L. prefiere suelos bien drenados, de textura franco arenosa, ricos en humus y con buena aireación. Aunque se adapta a suelos aluviales, arcillosos, pedregosos e incluso con drenaje deficiente, presenta mejores resultados en sustratos sueltos, permeables y con materia orgánica (Acosta, 2021). El cultivo no es tolerante a la sombra, por lo cual debe mantenerse libre de malezas y con buena exposición solar. Se ha reportado que tolera condiciones extremas como vientos fuertes, encharcamientos temporales e inundaciones, lo que le otorga cierta resiliencia agronómica. El rango de pH en el que se desarrolla va de 4.5 a 8.0, con un promedio ideal de 6.1. (Duke, 1983)

1.7.2. Altitud

El cultivo se establece principalmente en zonas tropicales entre 0 y 600 m s.n.m., aunque su plasticidad fisiológica permite su adaptación a mayores altitudes si se ajustan variables como temperatura y fotoperíodo (Duke, 1983). Estudios sugieren que altitudes entre 200 y 400 m.s.n.m. son ideales para equilibrar condiciones climáticas y productividad (Obando, 2016).

1.7.3. Fotoperíodo

Es una planta fotoperiódica de días cortos, que inicia la floración con menos de 11 horas de luz. En fotoperíodos superiores a 13.5 horas, como en latitudes altas, la floración se retrasa hasta finales de otoño. Para la producción de cálices, clave en su uso comercial, se recomiendan al menos 3-4 meses de exposición solar continua. *Aunque se adapta a climas tropicales y subtropicales, no sobrevive a heladas* (Alvarez, 2020).

1.7.4. Humedad relativa

La flor de Jamaica se desarrolla de manera óptima en condiciones de humedad relativa moderada a alta, entre 60 y 80%. Durante las etapas iniciales, niveles superiores al 70% favorecen la germinación y el establecimiento de plántulas. Sin embargo, una humedad excesiva en fases de floración y formación de cálices puede incrementar la incidencia de plagas y enfermedades, afectando la calidad del producto final. Por ello, es importante mantener un equilibrio entre humedad y ventilación, acompañado de una adecuada incidencia solar. (Torres, 2009).

1.7.5. Precipitación

Requiere entre 1,500 y 2,000 mm de precipitación anual, distribuidos uniformemente durante su fase vegetativa. En etapas iniciales, necesita 130-250 mm mensuales, pero en la cosecha, el exceso de humedad reduce la calidad de los cálices. Aunque tolera sequías moderadas en fases avanzadas, condiciones extremas afectan el rendimiento. (Torres, 2009)

1.8. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PRINCIPALES

La flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es una planta con alta exigencia nutricional, por lo que requiere un manejo adecuado de fertilización para alcanzar un desarrollo óptimo y una buena producción de cálices. El uso de fertilizantes balanceados ha mostrado ser efectivo para mejorar el rendimiento, aunque se debe tener precaución en el uso de nitrógeno, ya que su exceso puede estimular un crecimiento vegetativo desproporcionado en detrimento de la formación de flores y frutos (Jose de Jesús Sanchez Prado, 2019)

Tabla 1 Extracción de nutrientes de la planta en gramos

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg
Raíz	0.30	0.01	0.07	0.14	0.06
Hoja	2.20	0.16	1.55	2.82	0.29
Tallo	1.42	0.43	3.08	0.70	0.38
Fruto + Cáliz	5.31	1.00	4.31	1.86	1.00
Total	9.24	1.62	9.03	5.52	1.75

Fuente (Jose de Jesús Sanchez Prado, 2019)

- **Nitrógeno**

Su rol principal radica en ser un constituyente de aminoácidos, proteínas, enzimas, clorofila y ácidos nucleicos, los cuales son indispensables para la multiplicación celular, la fotosíntesis y el metabolismo energético. (Naz, 2022)

Un adecuado suministro de nitrógeno favorece el desarrollo vegetativo, incrementa el área foliar y mejora la capacidad fotosintética de la planta, lo que se traduce en un mayor crecimiento y productividad. Sin embargo, el exceso de nitrógeno puede inducir un crecimiento desbalanceado, con exceso de biomasa foliar, retraso en la floración y mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades (Fageria, 2009).

En cultivos como la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), el nitrógeno cumple un rol decisivo en la formación de ramas y cálices, influyendo directamente en el rendimiento final. Su manejo racional, mediante dosis adecuadas, permite equilibrar el crecimiento vegetativo y la producción reproductiva, garantizando tanto el desarrollo fisiológico de la planta como la eficiencia en la cosecha.

- **Fósforo**

El fósforo es un elemento primario esencial que es determinante del crecimiento inicial de los tejidos vegetales especialmente de las raíces. Es absorbido desde la solución suelo como ión ortofosfato HPO_4^- ó H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} según el pH del suelo (Dihidrógeno fosfato y Fosfato de hidrógeno), especialmente por difusión y contacto directo. Se requiere en cantidades muy inferiores al Nitrógeno. (Conde, S., 2013)

El fósforo tiene un impacto directo en el sistema radicular, promoviendo raíces más fuertes y vigorosas que permiten a la planta absorber mejor los nutrientes del suelo. También acelera los procesos reproductivos, estimulando tanto la floración como la fructificación, y se acumula preferentemente en las zonas de mayor actividad metabólica como los meristemos, semillas y especialmente en los cálices, que son la parte comercial del cultivo.

- **Potasio**

Este elemento se considera de gran importancia en la nutrición de las plantas, especialmente en su aspecto sanitario. El potasio es un elemento responsable de más de 48 funciones distintas en las plantas, desde regulador de cierre estomático de las hojas en las células oclusivas, hasta principal activador de la síntesis de carbohidratos. Los requerimientos de este nutriente son particularmente altos durante la formación de flores, y su aplicación al inicio de esta etapa induce una mejor y mayor floración, disminuyendo significativamente el riesgo de abscisión o caída de flores. La abundancia de potasio está directamente ligada a un buen desarrollo de frutos, flores y semillas, resultando en una mejor calidad del producto final. Durante la etapa de fructificación y cosecha, la concentración de potasio en las cápsulas supera incluso a la del nitrógeno, demostrando que las estructuras reproductivas acumulan mayor cantidad de este nutriente. (Edgar Javier Morales-Morales¹ Martín Rubí-Arriaga, 2019)

1.8.1. Síntomas de deficiencia de elementos esenciales

- **Nitrógeno**

La carencia de nitrógeno en las plantas se manifiesta principalmente en el amarillamiento (clorosis) de las hojas basales o más viejas, debido a la alta movilidad del nutriente, que es redistribuido hacia los tejidos jóvenes en crecimiento. Este síntoma se acompaña de un crecimiento reducido, tallos delgados y menor área foliar, lo que disminuye la capacidad fotosintética y, en consecuencia, el rendimiento del cultivo (Marschner, 2012).

En casos severos, la deficiencia provoca maduración prematura, reducción en el número y tamaño de flores o frutos, y un desarrollo radicular limitado. En la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), la falta de nitrógeno afecta negativamente la formación y engrosamiento de cálices, comprometiendo tanto la calidad como la cantidad de la producción.

Figura1 Deficiencia de nitrógeno síntomas



. Fuente: (Sumpter, s.f.)

- **Fosforo**

La deficiencia de fósforo, los síntomas son bastante característicos y afectan severamente su desarrollo. Se observa un crecimiento débil generalizado, tanto en la parte aérea como en el sistema radicular que se desarrolla de manera insuficiente. Las hojas se vuelven más delgadas y erectas, adoptando un color azul-verdoso oscuro distintivo, con nervaduras menos pronunciadas que en plantas sanas. En casos severos, las hojas pueden caer prematuramente, comprometiendo la capacidad fotosintética de la planta. Por otro lado, un exceso de fósforo también puede ser perjudicial, provocando una madurez prematura que finalmente reduce el rendimiento del cultivo.

Figura 2 Deficiencia de fosforo síntomas

. Fuente. (Sumpter, s.f.)

- **Potasio**

Cuando la planta sufre deficiencia de potasio, se observa un retraso general en el crecimiento y un aumento en la vulnerabilidad a ataques de plagas y enfermedades. En casos severos, aparecen manchas cloróticas en las hojas que pueden llegar a curvarse hacia arriba, comprometiendo la capacidad fotosintética de la planta. La literatura reporta que los requerimientos nutricionales para este cultivo son de aproximadamente 87 kilogramos por hectárea de potasio, que pueden ser suplidos mediante fuentes orgánicas como la gallinaza y el guano de isla, o mediante fertilizantes inorgánicos como el nitrato de potasio.

Figura3 Deficiencia de potasio síntomas

. Fuente: (Sumpter, s.f.)

1.9. CARACTERISTICAS DE FERTILIZANTES

Los fertilizantes son sustancias o materiales aplicados al suelo o a las plantas con el objetivo de suministrar nutrientes esenciales para su desarrollo. Estos pueden ser de origen natural (orgánico) o industrial (químico) y su elección depende del tipo de suelo, los requerimientos del cultivo y el manejo del sistema productivo (Naz, 2022).

1.9.1. Fertilizante orgánico

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero et al. 2000).

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero et al. 2000).

- Estiércoles

El uso de estiércol animal como abono orgánico no solo mejora la fertilidad química del suelo, sino también su estructura física. Este tipo de fertilización incrementa el contenido de materia orgánica, mejora la porosidad y aireación, y favorece la infiltración de agua, lo que estimula la actividad microbológica del suelo. El estiércol vacuno, por ejemplo, aporta entre 1.1 y 3% de nitrógeno, 0.3 a 1% de fósforo y 0.8 a 2% de potasio. Estos nutrientes se liberan de manera paulatina, con aproximadamente el 50% disponible en el primer año (Alvarez Santiago Nicolás). El valor nutricional del estiércol varía según el tipo de animal, su dieta, y el método de almacenamiento y aplicación según los autores investigados.

El estiércol es una mezcla de las camas de los animales con sus deyecciones, que ha sufrido fermentaciones más o menos avanzadas primero en el establo y luego en el estercolero (Labrador y Guiberteau, 1991) citado por (Romera, s/f). Los estiércoles se han utilizado desde hace mucho tiempo para aumentar la fertilidad de los suelos y

modificar sus características agroquímicas en beneficio del desarrollo de las plantas. Su efectividad ha quedado plenamente demostrada con rendimientos altos y de mejor calidad (Romero, 1997). Se trata de un abono compuesto de naturaleza órgano - mineral, con un bajo contenido en elementos minerales. Su nitrógeno se encuentra casi exclusivamente en forma orgánica, el fósforo y el potasio al 50 % forma orgánica y mineral (Labrador, 1994), pero su composición varía entre límites muy amplios, dependiendo de la especie animal, la naturaleza de la cama, la alimentación recibida, la elaboración y manejo del montón. Como término medio, un estiércol con un 20 - 25 % de materia seca contiene 4 kg.t-1 de nitrógeno, 2,5 kg.t-1 de anhídrido fosfórico y 5,5 kg.t-1 de óxido de potasio. En lo que se refiere a otros elementos, contiene por tonelada métrica 0,5 kg de azufre, 2 kg de magnesio, 5 kg de calcio, 30 - 50 g de manganeso, 4 g de boro y 2 g de cobre (Guiberteau, 1994) citado por (Romera, s/f).

- Composición

Tabla 2 Contenido de elementos minerales en estiércoles en %

Estiércoles	N	P₂O₅	K₂O
Caballo	1.50	1.15	1.30
Vaca	1.67	1.08	0.56
Oveja	1.60	2.50	1.80
Cerdo	1.81	1.10	1.25

Fuente (AGRORURAL, 2021)

1.9.2. Fertilizante químico

Sustancia de origen sintético o industrial, formulada para suministrar nutrientes esenciales a las plantas en formas asimilables, caracterizada por su alta concentración de macronutrientes (N, P, K) y/o micronutrientes, con composición química definida y rápida disponibilidad) (Andres Grasso, 2020). Su aplicación busca corregir deficiencias nutricionales del suelo y optimizar el rendimiento de los cultivos

- **Urea (CO (NH₂)₂); [46 - 0 - 0]**

Entre los fertilizantes sintéticos, la urea es una de las fuentes más utilizadas de nitrógeno a nivel mundial, especialmente en sistemas agrícolas de países en desarrollo. Su alto contenido de nitrógeno, bajo costo por unidad y facilidad de transporte la convierten en una opción ampliamente adoptada. Además, al ser un fertilizante de reacción ácida, es adecuado para suelos neutros o ligeramente alcalinos (Morales-Morales & Rubí-Arriaga, 2019). La urea se fabrica mediante la reacción del amoníaco y el dióxido de carbono a altas temperaturas y presiones, generando un compuesto nitrogenado de fácil disponibilidad para la planta (Bemal, 2015)



Urea

La urea es un fertilizante nitrogenado del grupo de las amidas, su riqueza en nitrógeno es del 46 %, su presentación es de forma perlada generalmente, aunque también la fabrican de forma cristalizada y en polvo (Guerrero, 1996) es higroscópico y muy soluble en agua (Bertsch, 1995).

Después de la aplicación en el suelo, la urea al entrar en contacto con el agua y en presencia de la enzima ureasa se convierte en carbonato amoníaco (CO₃ (NH₂)₂), esta reacción eleva el pH a valores mayores de 8.0, en este ambiente alcalino el carbonato se descompone rápidamente en amoníaco (NH₃) y dióxido de carbono (CO₂) el amoníaco es susceptible a volatilizarse, pero en contacto con el agua se transforma en amonio (NH₄⁺) que es fijado por los coloides del suelo para ser absorbido por la planta a un proceso de nitrificación (López y Espinoza, 1995).

El efecto principal de los iones amonio se ejerce cuando estos son transformados en nitratos por la oxidación, produciendo acidez por formación de ácido nítrico (Gonzales et al., 2005).

1.10. IMPLANTACION DEL CULTIVO

1.10.1. Preparación del suelo

Antes de la siembra, es indispensable realizar labores de roturación profunda para romper capas compactas del suelo, seguidas de dos pases de afinado y nivelación. *Estas prácticas tienen como objetivo mejorar la estructura del suelo, evitar encharcamientos, controlar malezas iniciales, exponer insectos al sol, y garantizar una profundidad uniforme para la colocación de la semilla* (Chavarria, 2012)

1.10.2. Trasplante

El trasplante de las plántulas debe realizarse aproximadamente a los 25 días después de la germinación. En esta etapa, las plantas presentan una mejor adaptación al terreno definitivo. Solo deben seleccionarse para el trasplante aquellas plántulas que presenten buen vigor, estructura sana y adecuada uniformidad (Jeanpierre, 2021)

1.10.3. Densidad de trasplante

La distancia recomendada según Chavarria es de 50 cm entre plantas y 1 m entre surcos, adaptándose a la capacidad de ramificación de la variedad. En cultivares de menor expansión lateral, como el tipo "chirrión", estas distancias pueden reducirse. *Para estimular la ramificación productiva, se sugiere realizar un despunte a los 35 días, cuando la planta alcanza ≈ 50 cm de altura* (Chavarria, 2012). Estudios específicos proponen siembras en agosto con 0.80 m entre plantas y 1 m entre surcos, mientras que en septiembre se recomiendan 0.20 m entre plantas manteniendo la separación entre surcos (Carlos Eduardo Salinas Espinoza, 2012).

También investigaciones recientes determinaron que una densidad de 8,333 plantas por hectárea, con una distribución espacial de 1.00 m entre plantas y 1.20 m entre surcos, favorece un desarrollo individual óptimo, expresado en mayores dimensiones de diámetro basal y de copa, además de una adecuada formación de cálices. Bajo esta configuración de plantación se obtuvieron rendimientos de 904.4 kg/ha en fresco y 381.6 kg/ha en seco, con un índice beneficio/costo de 1.10, lo que indica un balance

favorable entre la productividad del cultivo y su sostenibilidad financiera. (Dávila D. E., 2023)

1.11. LABORES CULTURALES

1.11.1. Control de malezas

El manejo de malezas puede realizarse de forma manual o química. El método más seguro y recomendado es el deshierbe manual a los 30 y 60 días después de la siembra. En etapas previas a la siembra, se pueden usar herbicidas sistémicos como glifosato, o post-emergentes como el paraquat, pero siempre con cuidado de evitar el contacto directo con la planta (Acosta, 2021)

1.11.2. Fertilización

La fertilización orgánica de *Hibiscus sabdariffa* L. se basa principalmente en la incorporación de rastrojos, árboles leguminosos y abonos verdes manejados adecuadamente (Torres, 2009). Este cultivo es altamente exigente en nutrientes; Chavarria (2012) recomienda aplicar 80 kg N y 30 kg P durante la siembra, incorporados al suelo o como compost distribuido uniformemente.

INTA, (2018) propone un cronograma específico: en la siembra, 1-1.5 qq/ha de 10-30-10 al fondo del surco, complementado con 1 qq/ha de urea a los 30 días post-siembra. A los 15 días después de la germinación, se sugiere fertilización foliar nitrogenada para estimular el crecimiento vegetativo inicial, junto con compost orgánico que mejora la estructura y fertilidad química del suelo (Acosta, 2021; Chavarria, 2012)

(Leon, 2015) encontró que bioestimulantes foliares como Newfol Plus en dosis bajas incrementaron el número de flores a 162.25 por planta, al potenciar floración, polinización y fructificación. *En áreas pequeñas, se complementa con estiércol bovino foliar y cultivos de cobertura como mucuna, terciopelo o canavalia* (Torres, 2009).

1.11.3. Aporque

Según Chavarria (2012), el aporque es una labor tradicional que consiste en acumular tierra alrededor de la base del tallo de la planta, formando un montículo. En el caso de

la flor de Jamaica, esta práctica se realiza junto con la limpieza del terreno y suele aplicarse cada 25 días durante la fase vegetativa. Su ejecución fortalece el anclaje de la planta, estimula la emisión de raíces secundarias y facilita el control de malezas, especialmente en la etapa previa a la fructificación.

1.11.4. Riego

En zonas con acceso a riego, se debe aplicar agua en función de la humedad del suelo, especialmente en los periodos secos. En general, la flor de Jamaica se siembra coincidiendo con la temporada lluviosa (invierno), debido a la limitada disponibilidad de sistemas de riego en muchas regiones productoras. (Dávila D. E., 2023)

1.11.5. Enrame o tutorado

Según lo citado por Estrada (2023), el tutorado o enrame se refiere a la colocación de estructuras de soporte como estacas, cuerdas, cañas o mallas verticales en el suelo, cuya función es sostener y guiar los tallos de las plantas mediante amarres con diversos materiales. Esta práctica es especialmente útil en cultivos con tallos débiles o con crecimiento vertical, ya que facilita su desarrollo, mejora la ventilación y permite una distribución uniforme de la planta.

1.12. PLAGAS Y ENFERMEDADES

El cultivo de flor de Jamaica es relativamente resistente, aunque puede ser afectado por enfermedades como la pudrición de tallo y raíz, especialmente en suelos mal drenados o con exceso de humedad. Para prevenir estas enfermedades, es fundamental un adecuado control del riego y evitar rotaciones con cultivos susceptibles. (Montenegro, 2023)

En cuanto a plagas, aunque los daños suelen ser leves, se reporta la presencia del barrenador del tallo, escarabajos pulga, gusano cortador, gusano cogollero, cochinillas harinosas y cicadélidos. También se han observado ataques esporádicos de la polilla abutilón y el colador del algodón. El monitoreo constante y el manejo integrado son claves para minimizar su impacto (Mero, 2020)

1.13. COSECHA

La recolección de los cálices puede iniciarse aproximadamente 20 días después de la formación del fruto, cuando el cáliz ha alcanzado su máximo desarrollo. En condiciones normales, este periodo ocurre entre los meses de noviembre y diciembre, aunque en siembras tardías puede extenderse hasta enero. La cosecha se realiza generalmente en los dos primeros meses de la estación seca, cuando las condiciones de luminosidad favorecen la fructificación. (Palma, 2020)

1.14. RENDIMIENTO

Las variedades criollas de flor de Jamaica reportan rendimientos cercanos a los 400 kg/ha. Sin embargo, este valor es bajo si se compara con los rendimientos obtenidos en países como China (2.000 kg/ha) o India (1.500 kg/ha), donde el cultivo cuenta con mayor desarrollo tecnológico y selección varietal. Estos datos reflejan el potencial de mejora productiva mediante el uso de prácticas agronómicas adecuadas y fertilización eficiente (Chavarria, 2012).

La producción de flor de Jamaica, como te contábamos inició en Alto Beni, pero ahora también se encuentra en la región subtropical de la ciudad de La Paz y en Cochabamba que hasta 2014 producían alrededor de 1050 quintales por año. (Chipana, 2023)

Tabla 3 Rendimientos a nivel mundial, latinoamérica y nacional de *Hibiscus sabdariffa* L.

Región/País	Base seca (kg/ha)	Base fresca (kg/ha)	Fuente
China	2.000	-	(Acosta, 2021)
India	1.500	6.000 - 7.500	(Pal, 2018)
Sudán y Egipto	1.200-1.400	-	(Bahaeldeen Babiker Mohamed, 2012)
México	430 promedio 1.159,6 mejorado	6.700	(INIAFAP, 2023)
Guatemala/Nicaragua	800-900	3.500 - 4.000	(Acosta, 2021)
Bolivia	400 criolla	1.600 - 2.000	(Chipana, 2023)

Fuente: Elaboración según diferentes autores mencionados en el cuadro

1.15. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

El cultivo flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) se destaca por su versatilidad productiva: los tallos se usan para fibra, las semillas para aceite comestible y los cálices para infusiones, alimentos funcionales y productor medicinales. Su valor actual radica en las propiedades antioxidantes de las antocianinas y compuestos fenológicos, con aplicaciones en industrias farmacéutica y alimentaria. (Dávila D. E., 2023)

En Bolivia, los rendimientos nacionales alcanzan solo 400 kg/ha en base seca (Chipana, 2023), frente a 2.000 kg/ha en China o 1.500 kg/ha en India. Esta brecha limita el desarrollo comercial en regiones subtropicales como Tarija. La presente investigación optimiza la fertilización orgánica e inorgánica para elevar la productividad y competitividad del cultivo.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

MARCO METODOLÓGICO

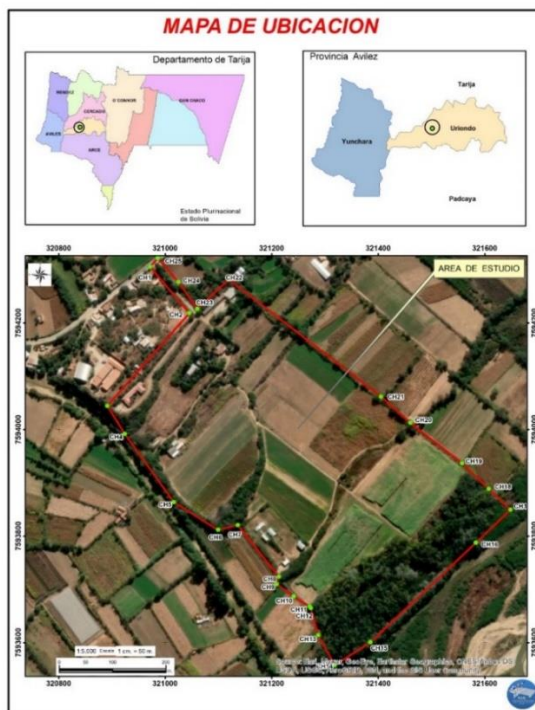
2.1. LOCALIZACIÓN

2.1.1. Ubicación geográfica

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Experimental Chocloca (CECH), adscrito a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Este centro abarca una superficie de 25.8 hectáreas, ubicadas a 36 km al sur de la ciudad de Tarija (capital departamental), en la comunidad de Chocloca. Geográficamente, se sitúa entre las coordenadas $21^{\circ} 45'$ de latitud sur y $64^{\circ} 44'$ de longitud oeste, a una altitud de 1806 m s.n.m. (5925 pies). El área limita con el margen izquierdo del río Camacho y la subcuenca de la quebrada El Huayco, perteneciente a la provincia Avilés, municipio de Uriondo.

Figura 4

Mapa ubicación del CECH



Fuente: Gabinete de SIG de la Facultad Ciencias Agrícolas y Forestales, 2025

2.1.2. Datos climatológicos

La zona posee un clima templado semiárido, con temperaturas moderadas a bajas, típico de los valles de la cordillera oriental (valle central de Tarija, valle de la Concepción, Padcaya y San Lorenzo). Según ZONISIG (2001), la temperatura media anual oscila entre 13°C y 18°C. Datos específicos del S.E.N.A.M.H.I. (2015) indican una temperatura promedio anual de 18.7°C, una precipitación media de 650 mm y una humedad relativa del 71%. Se registraron extremos históricos de 37°C en septiembre de 1993 y -7.0°C en julio del mismo año. (López, 2023)

2.1.3. Temperatura

Tabla 4 Temperatura del mes de noviembre de 2024 a marzo de 2025

Mes	T max (°C)	T min °C	T med °C
Nov/2024	29	14,9	21
Dic/2024	28,7	14,3	20,6
Ene/2025	28,9	15,5	20,7
Feb/2025	31,5	14,9	22,2
Mar/2025	27	15,8	20

Fuente: Centro de Monitoreo Agroclimático “CMAc” de la F.C.A.F.

2.1.4. Precipitación

Tabla 5 Temperatura del CECH de noviembre 2024 a marzo de 2025

Mes	Precipitación (mm)	Humedad (%)
Nov/2024	2,9	73,9
Dic/2024	1,7	72,2
Ene/2025	5,2	79,9
Feb/2025	2,3	72,6
Mar/2025	3,4	82,5

Fuente: Centro de Monitoreo Agroclimático “CMAc” de la F.C.A.F.

2.1.5. Vegetación natural de la zona

La vegetación predominante corresponde a matorrales xerofíticos propios de los valles interandinos, especialmente en colinas bajas y laderas inferiores de las serranías circundantes. Las especies dominantes incluyen el churqui (*Acacia cavenia*) y la tusca (*Acacia aroma*), que forman matorrales mayormente homogéneos. Además, se observan especies chaqueñas como el algarrobo blanco (*Prosopis alba*), el algarrobo negro (*Prosopis nigra*) y el chañar (*Geoffroea decorticans*).

2.1.6. Características edafológicas

Los suelos de Chocloca son de origen aluvial y fluvio-lacustre, con un relieve conformado por tres terrazas aluviales. Según Segovia (2016), los suelos de la zona central son profundos, de textura media a fina, mientras que en áreas periféricas (colonias) presentan texturas variables (finas o medias), contenido de grava y susceptibilidad a procesos erosivos debido a su origen exclusivamente fluvio-lacustre.

2.1.7. Vías de comunicación

El acceso al Centro Experimental Chocloca (CECH) se realiza por el camino carretero Tarija- Chaguaya que es totalmente pavimentada que hace fácil al acceso a la zona.

2.2.MATERIALES

2.2.1. Material vegetal

- Plantines de flor de Jamaica Variedad: Rósela

2.2.2. Material biológico

- Materia orgánica (Guano de ganado vacuno)
- Urea
- Fungicida (Fosfito de potasio)
- Bioestimulante (Nitrofert N40)
- Herbicida (Pilarxone)

2.2.3. Material de campo

- Mochila pulverizadora

- Regla
- Flexómetro
- Tijeras de podar
- Pala
- Azadón
- Machete
- Hoz
- Estacas de madera
- Hilo plástico
- Tacho de agua
- Baldes
- Tablero de campo
- Planillas de recolección de datos

2.2.4. Material de gabinete

- Cámara fotográfica (celular)
- Computadora portátil
- Software (Excel)

2.3. METODOLOGIA

2.3.1. Modelo matemático

La investigación se desarrolló bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) evaluando un solo factor en estudio: (F) tipo de fertilizante. Se consideraron 5 tratamientos, incluyendo un tratamiento testigo sin aplicación de fertilizantes, con 3 repeticiones, haciendo un total de 15 unidades experimentales.

El modelo matemático de este diseño es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Y_{ij} : Valor observado en el i-ésimo tratamiento y j-ésimo bloque

μ : Media general

Ti: Efecto del i-ésimo tratamiento

eij: Error experimental

2.3.2. Característica del diseño

- **Variables de estudio**

El factor principal evaluado fue la fertilización de fondo. Se estableció cinco tratamientos según detalla en la Tabla 6

Tabla 6 Caracterización del diseño

Tipo de fertilizante	Trats.	R1	R2	R3
Sin fertilizante	T0			
Estiércol bovino 500gr.	T1			
Estiércol bovino 1000gr.	T2			
Urea 20gr	T3			
Urea 40gr	T4			

Fuente: Elaboración propia, 2025

Nota. El tratamiento testigo (T0) no recibió ningún tipo de fertilizante, pero fue incluido para efectos de comparación.

- **Unidad experimental**

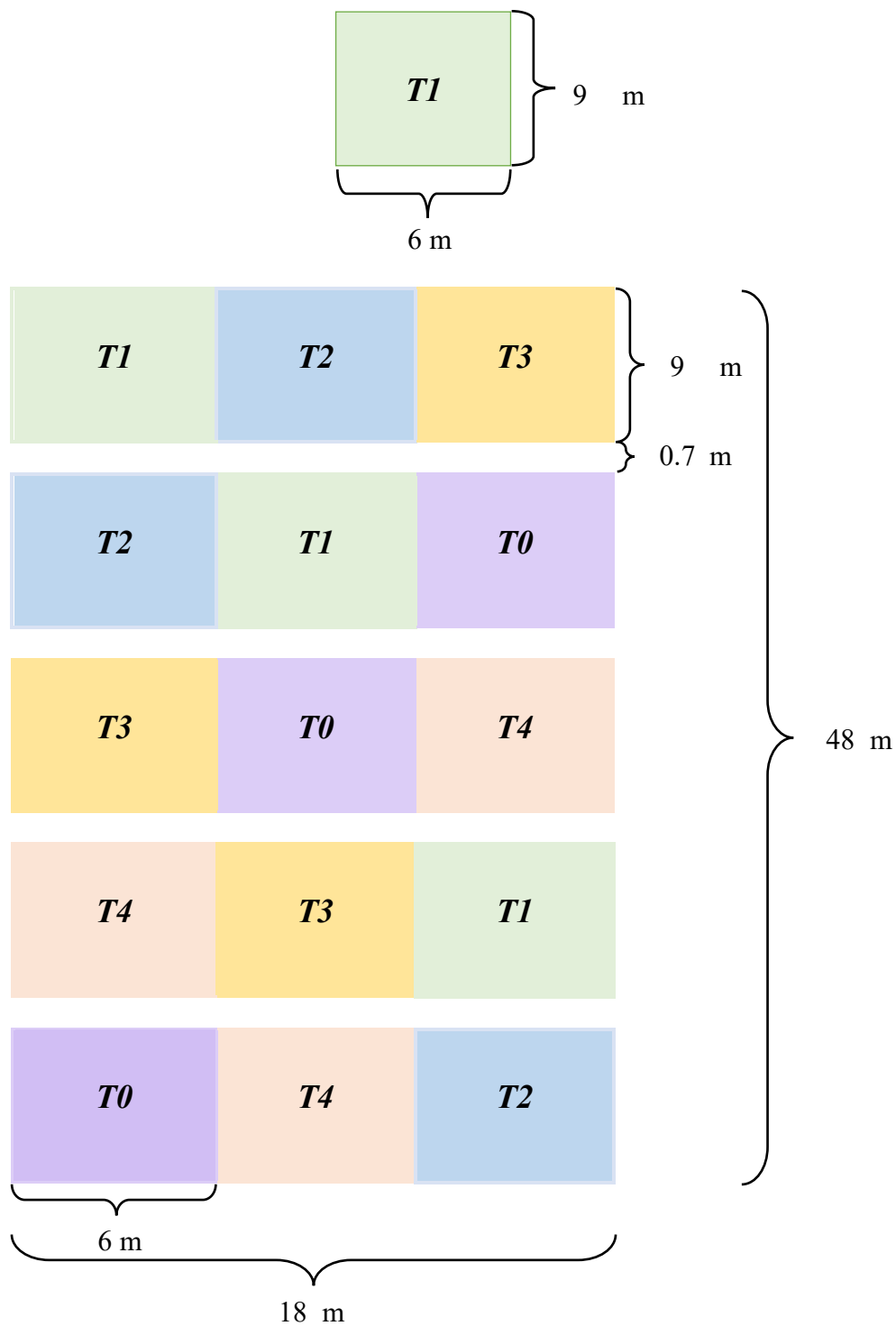
Cada unidad experimental consistió en una parcela de 54 m² (9 m de largo × 6 m de ancho), con una población de 45 plantas. El distanciamiento fue de 1,20 m entre surcos y 1,00 m entre plantas, equivalente a una densidad de 8.333 plantas/ha. Las parcelas fueron separadas por calles de 0,7 m para evitar interferencia entre tratamientos. El diseño de campo se estableció en una superficie de 864 m², organizada en 15 unidades experimentales (5 tratamientos × 3 repeticiones).

- **Variables respuesta**

Para evaluar el efecto de los tratamientos descritos, se registrarán las siguientes variables respuestas: altura de planta (cm), número de ramas productoras, número de flores por planta, número de cálices por planta, diámetro del cáliz (cm), longitud del cáliz (cm) y peso de cálices por planta (g)

2.3.3. Croquis del diseño de campo

Figura 5 Croquis de diseño de campo con la ubicación de cada tratamiento



2.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.4.1. Preparación del suelo y surcado

La preparación del suelo se realizó mediante el sistema mecanizado, haciendo uso de la rastra, este trabajo se realizó en el mes de noviembre con cinco días de antelación con la finalidad de dejar el área lista para el trasplante.

2.4.2. Medición y trazado de la parcela experimental

El trazado y medición del terreno se realizó después de la preparación del terreno, utilizando estacas y wincha, donde se establecieron 15 surcos de 48 metros de largo para los tratamientos.

También se delimitaron las unidades experimentales, establecidas con 6m de ancho y 9 m de largo, obteniéndose 15 unidades experimentales. Esta actividad se realizó el 15 de noviembre de 2024.

2.4.3. Toma de muestra para análisis de suelo

La toma de muestras se realizó mediante el método de muestreo en zigzag en toda la parcela experimental. Se obtuvieron un total de 8 submuestras a una profundidad de 20 cm, las cuales fueron recolectadas de forma aleatoria.

Posteriormente, las muestras fueron limpiadas, retirando piedras y restos de raíces, y se procedió a su homogenización, a continuación, se aplicó el método del cuarteo, dividiendo la muestra en cuatro partes y descartando dos de ellas, repitiendo este procedimiento hasta obtener aproximadamente 1kg de muestra compuesta.

Por último, la muestra fue etiquetada, envasada en bolsa plástica y enviada al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales para su respectivo análisis.

Tabla 7 Resultados del análisis de suelo de la parcela-CECH,2024

Tipo de análisis	Resultado	Interpretación
Ph	7.15	Alcalinidad ligera
C.E.	0.109 mmhos/cm	Normal
Materia Orgánica	3.16 %	Baja
Nt	0.152%	Bajo
Fosforo	19.48 ppm	Medio
Potasio	162.28	Alto
Calcio	915.75	Bajo
Magnesio	746.86	Alto
Arena	24.30%	
Limo	43.16%	Franco arcillosa
Arcilla	32.54%	
Densidad aparente	1.39 g/cm ³	Densidad aparente ideal

Fuente: Laboratorio de suelos, UAJMS (2024)

2.4.4. Trasplante

El trasplante se realizó de forma manual con aperturas de hoyos con palas en el mes de noviembre, utilizando plántulas de 80 días almacenado en un vivero. Se empleó una densidad de plantación de 8.333 plantas/ha, ya que la distancia es de 1 metro entre plantas y 1.20 metros entre surcos. Esta labor se realizó el 20 de noviembre del 2024.

2.4.5. Refalle

Se realizó el refalle a los 10 días del trasplante, debido a la falta de adaptación de algunas plántulas. Esto nos permitió reponer a las plantas fallidas, garantizando una adecuada densidad y uniformidad del cultivo.

2.4.6. Aporque y tutorado

El aporque se realizó a los 22 días posteriores al trasplante, después se hizo una carpido manual con el uso de azadones, con el objetivo de eliminar las malezas, posteriormente se llevó a cabo el aporque con la ayuda de un caballo formando los camellones en los

surcos con la finalidad de favorecer un mejor anclaje de las plantas al suelo, evitando el vuelco por acción del viento.

Posteriormente el tutorado se efectuó 10 días después del aporque utilizando cañas de aproximadamente 1.50 m de altura. Las plantas fueron sujetadas cuidadosamente para mantener su estabilidad estructural y facilitar las labores culturales.

2.4.7. Control de malezas

El control de las malezas fue realizado de dos maneras, química y manual, donde para el control químico de malezas se utilizó Paraquat (Pilarxone) en una dosis de 200cc en 20 litros de agua aplicado con una mochila pulverizadora con 20 litros de capacidad. El control manual se llevó a cabo en tiempo de lluvia, el cual fue realizado con la ayuda de la hoz y azadón.

2.4.8. Fertilización

Considerando que la literatura reporta que, para un rendimiento de 7.920 kg/ha de cálices en fresco, se pueden extraer del suelo 77 kg de N, 30.9 kg de P_2O_5 y 90.3 kg de K_2O por hectárea, los requerimientos nutricionales del cultivo de flor de Jamaica según Sanchez Prado (2019).

Tabla 8: Requerimiento de macronutrientes del cultivo de flor de Jamaica

Macronutrientes	N (Kg/ha)	P_2O_5 (Kg/ha)	K_2O (Kg/ha)
Requerimiento del cultivo de flor de Jamaica	77	30.9	90.3
Disponibilidad en el suelo	31.62	62.01	434.9
Requerimiento a adicionar mediante fertilizantes en el suelo	45.38	-31.11	-344.60

Fuente: Elaboración propia, 2025

De acuerdo al estudio de suelo y a los requerimientos del cultivo de flor de Jamaica, el Nitrógeno es el más requerido con un déficit en una cantidad de 45.38 Kg/ha. Los nutrientes P_2O_5 y K_2O presentan superávit en el suelo por lo que no requieren fertilización adicional.

Cálculo de requerimiento de nutrientes para fertilización

Se procede a calcular el requerimiento de Nitrógeno de cada fertilizante para satisfacer las necesidades del cultivo de flor de Jamaica.

100 Kg (estiércol bovino) -----1.63 Kg de N

4166.5 Kg (estiércol bovino) ----- X

En la materia orgánica (estiércol bovino) en 4166.5 kg se tiene 67.91 de N en kg/ha

Considerando una disponibilidad del 60% es aprovechable **40.74 Kg de N/ha**

100 Kg Urea ----- 46 Kg de N

166.6 Kg Urea ----- X

En la Urea en 166.6 Kg se tiene **76.6 Kg de N en Kg/ha**

Considerando una eficiencia del 60% por perdidas por volatilización y lixiviación es aprovechable **45.38 Kg de N/ha**.

Fertilizantes aplicados:

Tabla 9: Dosis de aplicación para diferentes tratamientos

Tratamientos	Dosis de fertilización (Kg/ha)	Cantidad de fertilizante para cada unidad experimental (54m ² /Kg)	N aprovechable (Kg/ha)
T0	0	0	0
T1 (estiércol bovino 500 g/planta)	4166.5	22.5	40.74
T2 (estiércol bovino 1000 g/planta)	8333	45	81.48
T3 (urea 20 g/planta)	166.6	0.9	45.38
T4 (urea 40 g/planta)	333.3	1.8	90.76

Nota: Los valores de N (Kg/ha) consideran una eficiencia de aprovechamiento del 60% para ambos fertilizantes. Densidad de siembra: 8333 plantas/ha

2.4.9. Fertilización foliar

Se realizó la aplicación de fertilizante foliar Nitrofert N40 (40%N) a los 70 días después del trasplante (ddt), durante la fase reproductiva temprana del cultivo, momento en el cual la planta presenta alta demanda de nitrógeno para la formación de yemas florales y desarrollo inicial de cálices.

La aplicación se efectuó en una mochila pulverizadora de 20 L de capacidad, utilizando una concentración de 1.5 ml de producto por litro de agua (equivalente a 22.5 ml por 15 litros de agua para la parcela experimental). Considerando una aplicación de 600 ml de producto por hectárea considerando un volumen de caldo de 400 L/ha.

2.4.10. Riego

Se empleó el sistema de riego por gravedad durante el mes de noviembre debido a que las precipitaciones no cubrieron los requerimientos hídricos del cultivo, se aplicó cada 4-5 días. Posteriormente, con el inicio de la temporada de lluvias en el mes de enero a marzo, el aporte pluvial fue suficiente para satisfacer la demanda hídrica de la planta, por lo que se suspendió la aplicación de riego por gravedad.

2.4.11. Control fitosanitario

Durante el seguimiento realizado en campo, las plantas presentaron síntomas de marchitez y pudrición de raíz, los cuales fueron asociados a la presencia de nematodos, la identificación confirmada en el laboratorio de Fitopatología de la Facultad Ciencias Agrícolas y Forestales. Como medida de control se aplicó fosfito de potasio como inductor de resistencia sistémica, se realizaron dos aplicaciones la primera a los 35 ddt, momento en que se detectaron los primeros síntomas y la segunda 55 ddt. La dosis utilizada fue de 200 cc del producto en 100 litros de agua por aplicación.

2.4.12. Cosecha

Se cosecho cuando los cálices alcanzaron su madurez fisiológica, la cosecha se realizó de forma manual utilizando tijeras de podar, con un método selectivo de corte de cálices maduros. La primera cosecha se realizó 121 días después del trasplante (ddt) que fue el 21 de marzo de 2025, posteriormente se realizó una segunda cosecha 15 días después

de la primera 6 de abril 2025 recolectando los cálices que habían alcanzado su maduración.

2.5 VARIABLES A EVALUAR

El levantamiento de los datos de características agronómicas del cultivo, se inició desde el momento del trasplante, hasta la cosecha de los capítulos, para el cual se evaluaron 10 plantas de cada tratamiento, tomando en cuenta cada fase fenológica del cultivo.

2.5.1. Altura de planta

Para la altura de la planta se llegó a medir mediante el uso de un flexómetro, durante diferentes etapas de desarrollo del cultivo y para el presente estudio se llegó a considerar la altura máxima alcanzada en la etapa de cosecha.

2.5.2. Número de ramas productoras por planta

Se realizó por conteo directo contabilizando el número total de ramas laterales por planta. Los datos se registraron a los 120 días ddt, considerando ramas con presencia de desarrollo de las flores

2.5.3. Número de flores por planta

Se realizó el conteo directo de todas las flores completamente desarrolladas, evaluándose cada 5 días desde la aparición de las primeras flores. Los datos se expresaron como número total de flores por planta

2.5.4. Número de cálices por planta

Se determinó mediante la recolección y conteo individual de todos los cálices maduros por planta y rama durante la cosecha. Se consideraron cálices maduros con coloración roja intenso y textura carnosa.

2.5.5. Diámetro de cálices

El diámetro de cálices se procedió a medir con una regla el diámetro de los mismos, se escogieron al azar en cada unidad experimental.

2.5.6. Tamaño de cálices

El tamaño de los cálices se lo realizo en el momento de la cosecha con la ayuda de una regla se midió la longitud de los cálices.

2.5.1. Peso de cálices por planta

Se cuantifico utilizando la balanza analítica, registrándose en peso fresco inmediatamente después de la cosecha.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. ALTURA DE PLANTA

La altura de planta constituye un indicador fundamental del vigor vegetativo y del desarrollo morfológico del cultivo de *Hibiscus sabdariffa* L., ya que refleja la capacidad de respuesta fisiológica ante la disponibilidad de nutrientes, particularmente del nitrógeno.

Tabla 10 Altura media de la planta en (cm)

Tratamientos	Réplicas			Suma	Media
	I	II	III		
T0	138,0	124,3	116,7	379,0	126,3
T1	138,7	140,0	147,3	426,0	142,0
T2	142,3	165,3	153,3	461,0	153,7
T3	163,7	169,7	150,7	484,0	161,3
T4	176,0	178,3	172,0	526,3	175,4
Suma	759	778	740	2276	
Media	152	156	148		

Fuente: Elaboración propia 2025

Los resultados obtenidos en la Tabla 10 evidencia que la altura de la planta en el cultivo de flor de Jamaica presento que el tratamiento testigo T0 registro la menor altura promedio con 126.3 cm, mientras que el T4 (urea 40 g/planta) alcanzo el valor máximo de 175.4 cm, representando un incremento del 38.9% respecto al testigo. Los tratamientos intermedios mostraron valores proporcionales a la dosis y tipo de fertilizante: T1 (estiércol bovino 500 g/planta) alcanzó 142.0 cm, T2 registró 153.7 cm y T3 (urea 20 g/planta) obtuvo 161.3 cm.

Tabla 11 Análisis de varianza ANVA para la variable altura de planta

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
Total	14	4945,0				
Tratamiento	4	4194,0	1048,51	13,77**	4,76	9,78
Réplicas	2	141,9	70,94	0,93ns	5,14	10,9
Error	8	609,08	76,14			
CV%	5,7					

Fuente: Elaboración propia 2025

Nota. ns = no significativo; * = significativo; ** = altamente significativo; CV=Coeficiente de variación

El análisis de varianza Tabla 11 revelo diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, con un valor de F calculada de 13.77 que es mayor a la Ft de 9.78 al 1% de probabilidad. Este resultado indica que las diferencias observadas en la altura de planta son atribuibles al efecto de los tratamientos de fertilización y no al azar experimental. Las réplicas no presentaron diferencias significativas (F=.93), lo que demuestra un adecuado control experimental y homogeneidad en las condiciones del sitio de estudio. El coeficiente de variación (CV) de 5.7% evidencia una alta confiabilidad de los datos, al situarse por debajo del 10%, umbral comúnmente aceptado en experimentos agronómicos.

Tabla 12 Prueba de Tukey para los tratamientos de la variable altura de planta

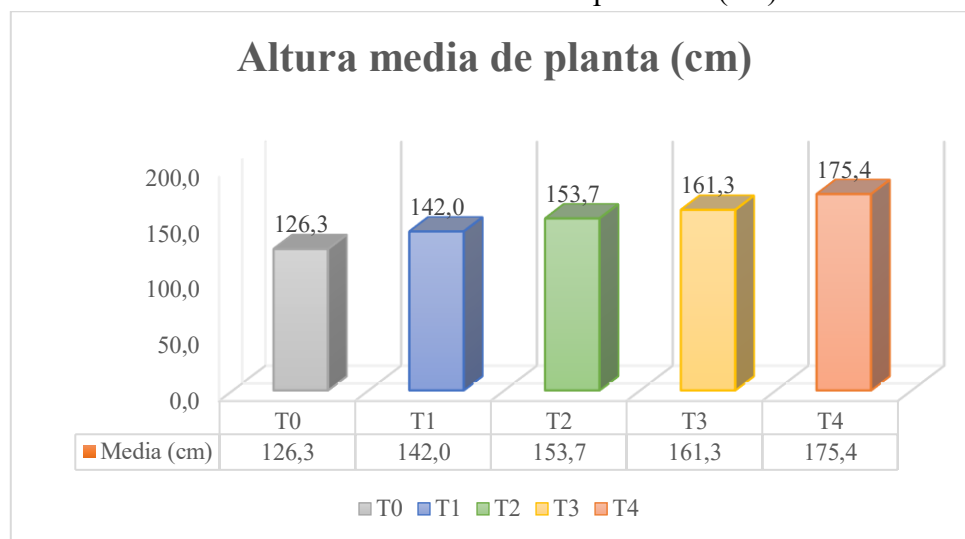
Tratamientos	Media	Media
	5%	1%
T4	175,4 a	175,4 a
T3	161,3 ab	161,3 ab
T2	153,7 bc	153,7 abc
T1	142 bc	142 bc
T0	126,6 d	126,6 c

Fuente: Elaboración propia 2025

La prueba de comparación múltiple de Tukey evaluada a los niveles de significancia del 5% y 1% se interpreta de la siguiente manera: Al 5% permitió establecer cinco grupos estadísticamente diferenciados. El tratamiento T4 (175.4 cm) se ubicó en el

grupo “a”, siendo estadísticamente superior a los tratamientos T2, T1 y T0. El tratamiento T3 (161.3 cm), aunque numéricamente inferior a T4, compartió la letra “a” en la agrupación, indicando que no existieron diferencias estadísticas significativas entre estos dos tratamientos de urea. Los tratamientos con estiércol bovino (T2 y T1) formaron grupos intermedios (“bc”), mientras que el testigo (T0) conformo el grupo “d”, siendo significativamente inferior a todos los tratamientos fertilizados. Al 1% los tratamientos intermedios (T3, T2 y T1) comparten las mismas letras, lo que indica que no son diferentes entre si. Sin embargo, en ambos niveles (5% y 1%) se mantiene el mismo comportamiento para el T4 presentando mayor altura y el T0 la menor. Por lo tanto, se rechaza la H_0 para esta variable.

Gráfica 1 Altura media de la planta en (cm)



Fuente: Elaboración propia 2025

La altura promedio alcanzada en el tratamiento T4 (175,4 cm) se encuentra dentro del rango reportado para el cultivo de *Hibiscus sabdariffa*. Castañeda y Cáceres (2014) indican que esta especie puede alcanzar entre 1 y 2 m de altura, mientras que Hidalgo (2013) reporta valores cercanos a 1,75 m en la variedad Rosicta. La coincidencia entre estos valores y los obtenidos en el presente estudio sugiere una adecuada adaptación

del cultivo a las condiciones agroecológicas del valle central de Tarija, particularmente a la altitud de 1.806 m s.n.m.

Resultados similares han sido reportados por Toral (2006) y Cabezas Mero (2020), quienes obtuvieron alturas cercanas a 1,80 m mediante la aplicación de humus de lombriz. No obstante, en el presente estudio, los valores alcanzados con fertilización orgánica (153,7 cm en T2) fueron inferiores a los obtenidos con fertilización química, lo que refuerza la ventaja de las fuentes de nitrógeno de rápida disponibilidad en condiciones de baja fertilidad del suelo.

El incremento del 38,9% en altura entre el tratamiento testigo (T0) y el tratamiento T4 pone en evidencia la limitada disponibilidad de nutrientes en el suelo del CECH, caracterizado por bajos contenidos de materia orgánica (3,16%) y nitrógeno total (0,152%). Este comportamiento coincide con lo reportado por Rosado Coraizaca (2020), quien observó un crecimiento reducido en plantas sin fertilización en comparación con aquellas que recibieron aportes nutricionales, confirmando la importancia de la fertilización para expresar el potencial productivo del cultivo.

Asimismo, la tendencia creciente observada entre las dosis aplicadas, tanto en fertilización orgánica como química, confirma el principio de respuesta a la dosis en la nutrición vegetal. Sin embargo, aunque el tratamiento T4 presentó el mayor valor numérico, la prueba de Tukey no mostró diferencias estadísticas significativas con respecto a T3 (ambos comparten la misma letra). Este resultado sugiere que dosis intermedias de urea (20–30 g/planta) podrían ser suficientes para alcanzar niveles óptimos de crecimiento, permitiendo una mayor eficiencia en el uso de insumos y una reducción en los costos de producción.

Por otro lado, el tratamiento testigo (T0) alcanzó una altura promedio de 126,3 cm, valor que, si bien es inferior a los tratamientos fertilizados, se encuentra dentro de un rango aceptable para el cultivo. De acuerdo con Hidalgo (2013), condiciones de estrés nutricional pueden limitar el crecimiento a menos de 1 m. En este sentido, el desempeño del testigo indica que el suelo del CECH posee una fertilidad básica que

permite el establecimiento del cultivo, aunque insuficiente para maximizar su desarrollo.

3.2. NUMERO DE RAMAS PRODUCTORAS POR PLANTA

El número de ramas productoras por planta es una variable morfológica de importancia agronómica, ya que determina el área disponible para la formación de yemas florales y, consecuentemente, el potencial de producción de cálices.

Tabla 13 Media de número de ramas productoras por planta

Tratamientos	Réplicas			Suma	Media
	I	II	III		
T0	9	10	8	26	9
T1	10	9	9	27	9
T2	13	13	11	36	12
T3	11	14	14	38	13
T4	16	14	14	44	15
Suma	57	58	56	170	
Media	11	12	11		

Fuente: Elaboración propia, 2025

Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 13, donde se observa una tendencia numérica creciente en función del tipo y dosis de fertilizante aplicado, el tratamiento testigo (T0) y el tratamiento T1 (estiércol bovino 500 g/planta) registraron el mismo promedio de 9 ramas por planta. Los tratamientos con dosis más altas mostraron valores superiores: T2 (estiércol bovino 1000 g/planta) alcanzó un promedio de 12 ramas, T3 (urea 20 g/planta) registró 13 ramas, y T4 (urea 40 g/planta) obtuvo el valor máximo de 14. ramas por planta. Esta tendencia representa un incremento numérico del 66,7% del tratamiento T4 respecto al testigo.

Tabla 14 Análisis de varianza (ANVA) para número de ramas productoras por planta

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
Total	14	83,8				
Tratamiento	4	73,2	18,29	14,58**	4,76	9,78
Réplicas	2	0,6	0,32	0,25ns	5,14	10,9
Error	8	10,03	1,25			
CV%	9,9					

Fuente: Elaboración propia 2025

Nota. ns = no significativo; * = significativo; ** = altamente significativo; CV=Coeficiente de variación

El análisis de varianza presentado en la Tabla 14 revelo diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, con un valor de F calculada de 14,58 que supera ampliamente a la F tabulada 9,78 al 1% de probabilidad. Las réplicas no mostraron diferencias significativas ya que la F calculada de 0,25 es menor que la Ft de 5,14 al 5% de probabilidad. El coeficiente de variación fue de 9.9% valor que se clasifica como una excelente precisión experimental, confirmando la confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 15 Prueba de Tukey para los tratamientos de la variable número de ramas productoras

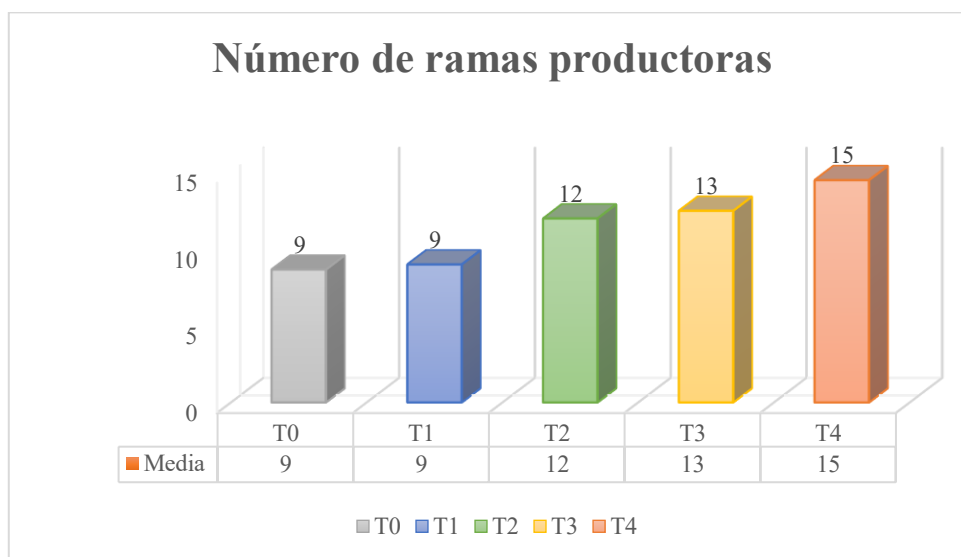
Tratamientos	Media	
	5%	1%
T4	15 a	15 a
T3	13 ab	13 ab
T2	12 ab	12 ab
T1	9 b	9 b
T0	9 b	9 b

Fuente: Elaboración propia 2025

La prueba de comparación múltiple de Tukey para las Tabla 15, evaluada al 5% y 1% de probabilidad, permitió establecer la formación de grupos estadísticos. Al 5% de probabilidad el T4 (15 ramas, grupo “a”) fue significativamente superior a T0 y T1 (9 ramas, grupo “b”) mientras que T2 (12 ramas) y T3 (13 ramas) se ubicaron en el grupo intermedio “ab”. Al 1% de probabilidad, se mantuvo la misma agrupación estadística,

confirmando la alta significancia del T4 frente al testigo y la dosis baja de estiércol bovino. Por lo tanto, se rechaza la H_0 para esta variable.

Gráfica 2 Media para el número de ramas productoras



Fuente: Elaboración propia, 2025

Los valores de ramas productoras obtenidos en esta investigación (9 a 15 ramas por planta) se ubican dentro del rango reportado en la literatura para variedades de *Hibiscus sabdariffa* L. de ramificación media cultivadas por sus cálices. Los promedios coinciden con Coria et al. (2022), quienes documentaron 11,0 ramas para la variedad Mulata, y con Flores et al. (2014), que registraron entre 10,0 y 11,3 ramas para las variedades Tecoaapa y Alma Blanca. Asimismo, los valores del testigo y tratamientos de menor dosis son comparables con los reportados por Terán y Soto (2004) para la variedad Jerzy (10,25 ramas). No obstante, el tratamiento T4 (15 ramas) superó estos promedios y se aproximó a los valores reportados por Rojas et al. (2023) para la variedad Ficarú 90 (19,3–21,0 ramas), lo cual resulta particularmente relevante considerando que en este estudio no se aplicó poda de despunte, práctica clave para maximizar la ramificación según Tituana Caiminagua (2022) y Meza (2012).

La mayor respuesta observada en el tratamiento T4 se explica por la disponibilidad inmediata del nitrógeno proveniente de la urea, elemento esencial en la síntesis de

proteínas, clorofila y fitohormonas, especialmente citoquininas, que promueven la activación de yemas axilares y el crecimiento lateral. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Raigoza Montenegro (2023), quien evidenció un incremento significativo en el número de ramas productivas mediante el uso de biofertilizantes.

Es importante destacar que, a diferencia de estudios que reportan mayores niveles de ramificación asociados a densidades bajas o al uso de poda (González y Chamorro, 2017; Asenjo Dávila, 2023), en esta investigación se empleó una densidad intermedia (8.333 plantas/ha) sin aplicación de despunte. Bajo estas condiciones, las 15 ramas alcanzadas en el tratamiento T4 representan un resultado agronómicamente relevante, ya que la ausencia de poda limita la expresión del potencial de ramificación al mantener la dominancia apical.

En conjunto, los resultados evidencian que la fertilización con urea en dosis de 40 g/planta constituye una estrategia efectiva para incrementar la ramificación del cultivo bajo las condiciones edafoclimáticas del valle central de Tarija, proporcionando una base técnica para optimizar el manejo agronómico e incrementar el potencial productivo del cultivo.

3.3. NUMERO DE FLORES POR PLANTA

La evaluación del número de flores por planta se realizó mediante el conteo directo en una fecha específica de evaluación, registrando las flores completamente desarrolladas y abiertas en ese momento. Es importante tomar en cuenta que esta variable representa la intensidad de floración en un punto temporal específico y no el total acumulado de flores producidas durante todo el ciclo reproductivo, ya que las flores *de Hibiscus sabdariffa* L. son efímeras (duración de un día) y tras la polinización se marchitan para dar paso al desarrollo del fruto, mientras que cada 3 a 4 días se producen nuevas floraciones.

Tabla 16 Media para el número de flores por planta

Tratamientos	Réplicas			Suma	Media
	I	II	III		
T0	11	9	13	32	11
T1	14	13	16	43	14
T2	14	18	24	56	19
T3	22	20	23	66	22
T4	25	24	27	75	25
Suma	86	84	102	272	91
Media	17	17	20		18

Fuente: Elaboración propia, 2025

Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 16, donde se observa una tendencia numérica claramente ascendente en función del tipo y dosis de fertilizante aplicado. El tratamiento testigo T0 registro menor promedio con 11 flores por planta, mientras que los tratamientos fertilizados mostraron incrementos progresivos: T1 alcanzó 14 flores, T2 registro 19 flores, T3 obtuvo 22 flores y el T4 alcanzo el valor máximo de 25 flores por planta.

Tabla 17 Análisis de varianza ANVA para el número de flores por planta

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
Total	14	461,7				
Tratamiento	4	396,2	99,05	32,55**	4,76	9,78
Réplicas	2	41,2	20,58	6,76ns	5,14	10,9
Error	8	24,34	3,04			
CV%	9,6					

Fuente: Elaboración propia, 2025

Nota. ns = no significativo; * = significativo; ** = altamente significativo.

CV=Coeficiente de variación

El análisis de varianza Tabla 17 revelo diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, con un valor de F calculada de 32,55, que supera ampliamente el valor de Ft de 9,78 al 1% de probabilidad. Este resultado indica que las diferencias observadas son estadísticamente comprobables y atribuibles al efecto de fertilización.

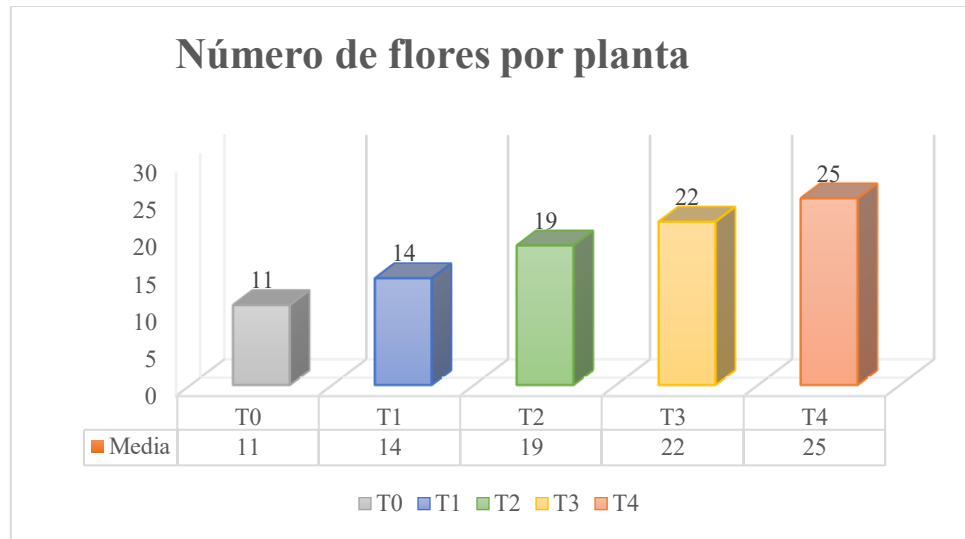
Las réplicas no mostraron diferencias significativas F_c es 6,76 siendo menor que la F_t al 5% de probabilidad. El coeficiente de variación fue de 9,6% confirmando la confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 18 Prueba de Tukey para los tratamientos de la variable número de flores por planta

Tratamientos	Media	
	5%	1%
T4	25 a	25 a
T3	22 ab	22 ab
T2	19 b	19 bc
T1	14 c	14 c
T0	11 c	11 c

Fuente: Elaboración propia 2025

La prueba de comparación múltiple de Tukey Tabla 18, evaluada al 5% y 1% de significancia, permitió establecer grupos estadísticamente diferenciados entre los tratamientos. Al 5% de probabilidad se conforman cuatro grupos estadísticos. El tratamiento T4 (25 flores, grupo "a") es significativamente superior a T1 y T0 (14 y 11 flores, grupo "c"). El tratamiento T3 (22 flores, grupo "ab") se ubica en una posición intermedia, compartiendo letras tanto con T4 como con T2, lo que indica que no existe diferencia estadística significativa entre T3 y estos dos tratamientos. Por su parte, T2 (19 flores, grupo "b") es estadísticamente superior a T1 y T0, pero no difiere del T3. Al 1% de probabilidad, se mantuvo esencialmente el mismo patrón de agrupación, lo que evidencia el T4 ("a") continuó diferenciándose del T1 y T0 "c", mientras que T3 "ab" y T2 "bc" conservaron posiciones intermedias. Esto confirma que las diferencias entre tratamientos consecutivos (T4–T3 y T3–T2) no son altamente significativas, pero sí existe una separación estadística marcada entre el tratamiento de mayor dosis de urea y los niveles bajos o sin fertilización. Por lo tanto, se rechaza la H_0 para esta variable.

Gráfica 3 Media para el numero de ramas productoras

Fuente: Elaboración propia, 2025

La interpretación de los resultados obtenidos requiere considerar que los valores registrados (11 a 25 flores) corresponden a un conteo puntual de flores en antesis, por lo que representan la densidad floral instantánea y no el potencial reproductivo total del cultivo. Dado que las flores de *Hibiscus sabdariffa* L. tienen una duración aproximada de 24 horas y presentan una floración escalonada cada 3 a 4 días, el número acumulado de flores por planta es considerablemente mayor al observado en una evaluación única.

En este sentido, al proyectar una fase reproductiva de 60 a 90 días, el potencial productivo del cultivo en Chocloca se estima entre 100 y 200 flores por planta, rango que se considera aceptable y comparable con lo reportado por Trujillo et al. (95–120 flores), Tomalá (2021) con 103,72 cálices y Raigoza Montenegro (2023) con 124,56. Esto indica que, pese a condiciones de adaptación no óptima, el cultivo mantiene una capacidad reproductiva adecuada.

Asimismo, se confirma la relación directa entre el número de ramas y la floración, ya que las flores se originan en las axilas de las ramas laterales. El mayor número de ramas registrado en T4 explica su superioridad en la producción floral, en concordancia con lo señalado por González y Chamorro (2017).

No obstante, los valores obtenidos son inferiores a los reportados en condiciones tropicales óptimas, como los de Aguillón (2020) (246–268 flores) y González y Chamorro (2017) (215,7 cálices). Estas diferencias se atribuyen principalmente a factores edafoclimáticos, como la altitud (1.806 m s.n.m.), temperaturas más bajas y fotoperiodos largos, los cuales pueden retrasar o limitar la inducción floral (Duke, 1983; Castañeda, 2002). A ello se suma la ausencia de poda de despunte y la densidad de siembra utilizada, factores que restringen la ramificación y, por tanto, el número de sitios de floración.

Aunque los valores absolutos fueron menores que en condiciones óptimas, la tendencia creciente y la respuesta a la fertilización nitrogenada evidencian que el cultivo presenta buena capacidad de adaptación.

3.4. NÚMERO DE CALICES POR PLANTA

El número de cálices por planta constituye el componente directo del rendimiento comercial del cultivo flor de Jamaica, ya que representa la unidad productiva final destinada al mercado.

Tabla 19 Media para el número de cálices por planta

Tratamientos	Replicas			Suma	Media
	I	II	III		
T0	53	53	52	158	53
T1	64	65	65	194	65
T2	72	69	71	212	71
T3	71	79	70	220	73
T4	104	89	130	323	108
Suma	364	355	388	1107	369
Media	73	71	78		74

Fuente: Elaboración propia, 2025

Los resultados presentados en la Tabla 19 evidencian una tendencia claramente ascendente en función del tipo y dosis de fertilizante aplicado. El tratamiento testigo (T0) registró el valor mínimo con un promedio de 53 cálices por planta. Los tratamientos fertilizados mostraron incrementos progresivos: T1 (estiércol bovino 500 g/planta) alcanzó 65 cálices, T2 (estiércol bovino 1000 g/planta) registró 71 cálices, T3

(urea 20 g/planta) obtuvo 73 cálices, y el tratamiento T4 (urea 40 g/planta) alcanzó el valor máximo de 108 cálices por planta.

Tabla 20 Análisis de varianza ANVA para el número de cálices por planta

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
Total	14	5976,4				
Tratamiento	4	5061,1	1265,27	12,67**	4,76	9,78
Réplicas	2	116,4	58,20	0,58ns	5,14	10,9
Error	8	798,93	99,87			
CV%	13,5					

Fuente: Elaboración propia, 2025

Nota. ns = no significativo; * = significativo; ** = altamente significativo.

CV=Coeficiente de variación

El análisis de varianza presentado en la Tabla 20 nos permite observar que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos con la F calculada de 12,67 que supera ampliamente a la F tabulada de 9,78 al 1% de probabilidad, las réplicas no mostraron diferencias significativas siendo F calculada menor a la F tabulada. El coeficiente de variación fue de 13,5% valor que se clasifica como aceptable según los estándares de precisión experimental, confirmando la confiabilidad de los datos.

Tabla 21 Prueba de Tukey para los tratamientos de la variable número de cálices/planta

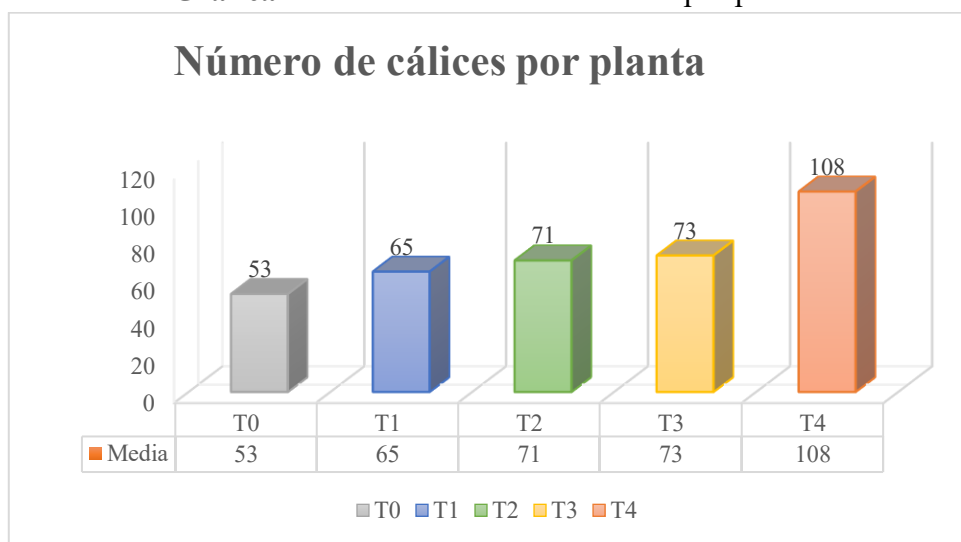
Tratamientos	Media	Media
	5%	1%
T4	108 a	108 a
T3	73 b	73 b
T2	71 b	71 b
T1	65 b	65 b
T0	53 b	53 b

Fuente: Elaboración propia, 2025

La prueba de comparación múltiple de Tukey aplicada a los tratamientos permitió establecer la formación de dos grupos estadísticamente diferenciados de manera

consistente en ambos niveles de probabilidad. Al 5% de significancia, el T4 se ubicó en el grupo “a” fue significativamente superior a todos los demás tratamientos. Los tratamientos T3, T2, T1 y T0 compartieron la letra “b”, formando un grupo homogéneo, lo que indica que no existen diferencias significativas entre estos cuatro tratamientos a pesar de las diferencias numéricas observadas. Al 1% de significancia, se mantuvo el mismo patrón de agrupación, lo que confirma la alta significancia estadística del tratamiento T4 frente a los demás tratamientos. Por lo tanto, se rechaza la H_0 para esta variable.

Gráfica 4 Media del número de cálces por planta



Fuente: Elaboración propia, 2025

Los valores de cálces por planta obtenidos en esta investigación (53 a 108) se ubican en un rango de productividad media comparado con reportes en otros países de zonas tropicales óptimas, pero muestran coherencia con estudios realizados en condiciones edafoclimáticas limitantes o con variedades de ramificación intermedia. Mientras autores como Tituana Caiminagua (2022) registraron hasta 883.20 cálces en plantas podadas, y Asenjo Dávila (2023) reportó entre 345 y 362 cálces en densidades bajas, los resultados de Chocloca se alinean más estrechamente con los hallazgos de Raigoza Montenegro (2023), quien obtuvo 124.56 cálces con control biológico, y de Tomalá Herrera (2021), que alcanzó 103.72 cálces con bioabonos. Asimismo, el promedio del

tratamiento T4 (107.7) se sitúa dentro del rango de 95 a 120 cálices que Trujillo al. consideran aceptable para un buen desarrollo de cálices, lo que valida el potencial adaptativo del cultivo en el valle central de Tarija.

Es importante destacar que, a diferencia de los estudios de Tituana (2022) o González y Chamorro (2017), en esta investigación no se aplicó poda de despunte ni se manipuló la densidad para maximizar la ramificación. Dado que existe una relación directa entre el número de ramas laterales y la producción de cálices, ya que cada rama actúa como unidad productiva de yemas axilares, el manejo sin poda limitó naturalmente el techo productivo. Los valores obtenidos corresponden a plantas con arquitectura natural de ramificación media, donde la fertilización con urea en dosis alta permitió expresar el máximo potencial reproductivo posible bajo las condiciones de manejo aplicadas.

3.5. DIÁMETRO DE CALIZ

El diámetro de los cálices en la flor de Jamaica es una variable física crucial para la calidad comercial y varía según la genética de la variedad y el manejo del cultivo.

Tabla 22 Diámetro medio de cáliz

Tratamientos	Replicas			Suma	Media
	I	II	III		
T0	3,0	3,0	3,0	9,0	3,0
T1	3,0	3,5	2,5	9,0	3,0
T2	3,5	2,7	3,3	9,5	3,2
T3	3,5	3,1	3,0	9,6	3,2
T4	3,5	3,0	3,5	10,0	3,3
Suma	16,5	15,3	15,3	47,1	15,7
Media	3,3	3,1	3,1		3,14

Fuente: Elaboración propia, 2025

En la Tabla 23 se revelan una variabilidad limitada en esta variable entre los diferentes tratamientos de fertilización evaluados. El tratamiento testigo (T0) y el tratamiento T1 (estiércol bovino 500 g/planta) registraron el mismo diámetro promedio de 3,0 cm, representando los valores mínimos observados. Los tratamientos T2 (estiércol bovino 1000 g/planta) y T3 (urea 20 g/planta) alcanzaron un diámetro intermedio de 3,2 cm, mientras que el tratamiento T4 (urea 40 g/planta) obtuvo el valor máximo de 3,3 cm.

Esta tendencia representa un incremento numérico del 10,0% del tratamiento T4 respecto al testigo, aunque la magnitud de esta diferencia es relativamente pequeña en términos absolutos (0,3 cm).

Tabla 23 Análisis de varianza ANVA para diámetro de cáliz

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
Total	14	1,4				
Tratamiento	4	0,2	0,06	0,50ns	4,76	9,78
Réplicas	2	0,2	0,10	0,80ns	5,14	10,9
Error	8	0,96	0,12			
CV%	11,0					

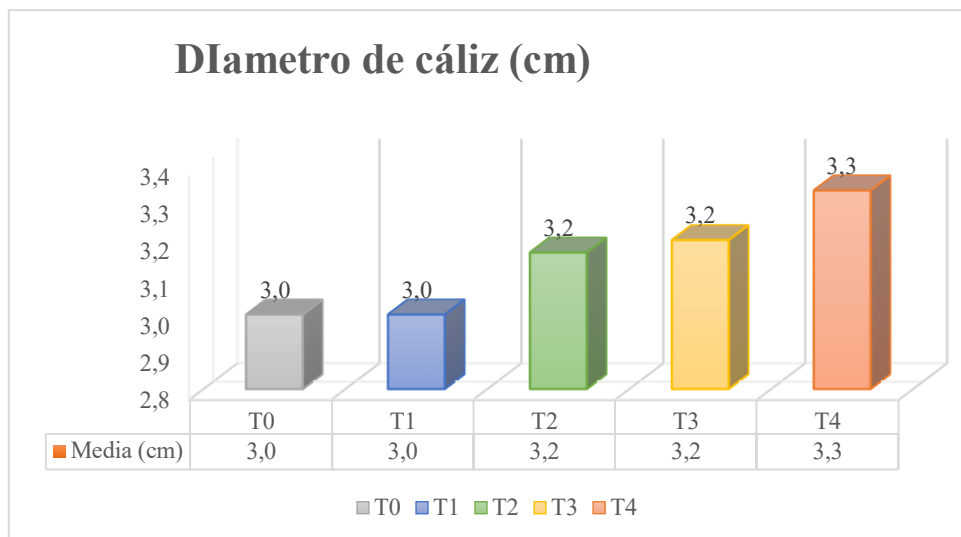
Fuente: Elaboración propia, 2025

Nota. ns = no significativo; * = significativo; ** = altamente significativo.

CV=Coeficiente de variación

El análisis de varianza presentado en la Tabla 23 demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos dando que la F calculada es menor que la F tabulada ya sea al 5% y 1% de probabilidad, así mismo de igual manera las réplicas no presentaron diferencias significativas. El coeficiente de variación fue de 11% valor que se clasifica como aceptable según los estándares de precisión, confirmando la confiabilidad de los datos obtenidos.

Dado que el análisis de varianza no reveló diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos esto indica que, desde el punto de vista estadístico, todos los tratamientos pertenecen a un mismo grupo homogéneo, y que el tipo y dosis de fertilizante aplicado no ejerció una influencia determinante sobre el diámetro final de los cálices, por lo tanto, se acepta la H_0 para esta variable.

Gráfica 5 Diámetro medio de cáliz

Fuente: Elaboración propia, 2025

Los valores de diámetro de cáliz obtenidos en esta investigación (3.0 a 3.3 cm) se encuentran dentro del rango para *Hibiscus sabdariffa* L. Los resultados concuerdan con las descripciones de Urbina Torres (2009) y Rivera (2015), quienes describen que el cáliz tiene aproximadamente 2.5 cm (una pulgada) de diámetro, aunque los valores obtenidos en Chocloca fueron ligeramente superiores (3.0-3.3 cm). Esto sugiere que el material genético evaluado, combinado con las condiciones ambientales del valle central de Tarija, permitió expresar un tamaño de cáliz dentro del rango comercial aceptable.

Asimismo, los valores obtenidos superan ligeramente los reportes de González y Chamorro (2017), quienes registraron promedios de 2,3 cm en condiciones de Nicaragua. Esta diferencia puede estar asociada a la densidad de siembra utilizada en la presente investigación (8.333 plantas/ha), la cual podría haber favorecido un equilibrio entre competencia entre plantas y disponibilidad de recursos, permitiendo un mejor desarrollo individual del cáliz.

Es importante destacar que el valor máximo obtenido en este estudio (3,3 cm en T4) es inferior a los 5,0 cm reportados por Cano (2004) bajo fotoperiodos de 13-20 horas luz, pero se encuentra dentro del rango esperado para las condiciones de altitud del Centro

Experimental de Chocloca (1.806 m s.n.m.). Según Cano (2004), el diámetro del cáliz responde significativamente al fotoperiodo, alcanzando 4,1 cm con 12 horas luz y reduciéndose a 2,12 cm con solo 10 horas luz. Considerando que el trasplante se realizó en noviembre y la cosecha en marzo-abril, el cultivo se desarrolló durante el verano austral con fotoperiodos variables que pudieron haber influido en el desarrollo final del cáliz.

A pesar de estas diferencias numéricas, en este estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de fertilización, lo que indica que el diámetro del cáliz no fue influenciado de manera directa por el tipo ni la dosis de fertilizante aplicado. Este comportamiento coincide con lo reportado por Cano (2004), quien señala que esta variable responde principalmente a factores ambientales, especialmente al fotoperiodo, más que a la fertilización. En ese sentido, el diámetro del cáliz parece estar más relacionado con características genéticas y condiciones climáticas durante la fase de llenado, como la temperatura, la disponibilidad de luz y el agua.

3.6. TAMAÑO DE CALIZ

El tamaño o longitud de los cálices de la flor de Jamaica es una característica morfológica que varía significativamente según el genotipo (variedad), el estado de madurez y las condiciones climáticas.

Tabla 24 Media para el tamaño de cáliz

Tratamientos	Replicas			Suma	Media
	I	II	III		
T0	6,0	6,5	6,5	19,0	6,3
T1	6,1	6,7	6,6	19,4	6,5
T2	6,6	7,0	7,0	20,6	6,9
T3	7,5	7,5	6,0	21,0	7,0
T4	6,5	7,5	7,5	21,5	7,2
Suma	32,7	35,2	33,6	101,5	33,8
Media	6,5	7,0	6,7		6,8

Fuente: Elaboración propia, 2025

Los datos presentados en la Tabla 24 se observa una tendencia numérica ascendente, el tratamiento testigo (T0) registró el valor mínimo con un promedio de 6,3 cm de longitud de cáliz. Los tratamientos fertilizados mostraron incrementos progresivos: T1 (estiércol bovino 500 g/planta) alcanzó 6,5 cm, T2 (estiércol bovino 1000 g/planta) registró 6,9 cm, T3 (urea 20 g/planta) obtuvo 7,0 cm, y el tratamiento T4 (urea 40 g/planta) alcanzó el valor máximo de 7,2 cm. Esta progresión representa un incremento numérico del 14,3% del tratamiento T4 respecto al testigo, aunque esta diferencia es relativamente pequeña en términos absolutos (0,9 cm).

Tabla 25 Análisis de varianza ANVA para el tamaño de cáliz

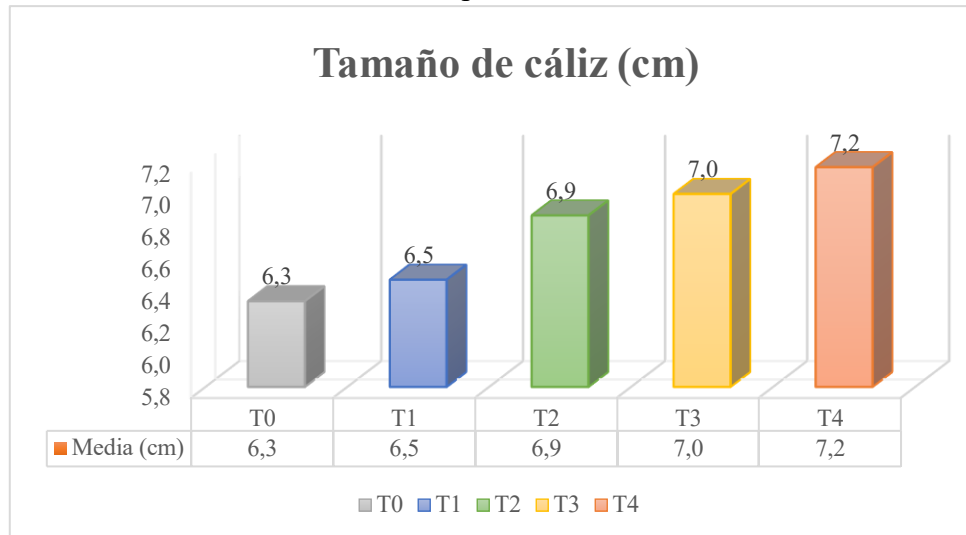
Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
Total	14	4,2				
Tratamiento	4	1,5	0,38	1,50ns	4,76	9,78
Réplicas	2	0,6	0,32	1,28ns	5,14	10,9
Error	8	2,01	0,25			
CV%	7,4					

Fuente: Elaboración propia, 2025

Nota. ns = no significativo; * = significativo; ** = altamente significativo.

CV=Coeficiente de variación

El análisis de varianza presentado en la Tabla 25 se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, ya que el valor de F calculada fue de 1,50 inferior al valor de F tabulada de 4,76 al 5% de probabilidad. De igual manera, las réplicas no presentaron diferencias significativas, lo que indica una adecuada homogeneidad en las condiciones experimentales. El coeficiente de variación fue de 7,4%, confirmando la confiabilidad de los datos obtenidos. Por lo tanto, se acepta la H_0 para esta variable.

Gráfica 6 Media para el tamaño de cáliz

Fuente: Elaboración propia, 2025

Los valores de longitud de cáliz obtenidos en esta investigación (6,3 a 7,2 cm) se ubican en un rango de calidad alto comparado con reportes de variedades comunes. Mientras que Ortiz (2008) y Villalobos (2009) describen longitudes conservadoras de 2 a 4 cm para variedades comerciales estándar, y la variedad Criolla suele promediar 4.3 cm, los resultados de Chocloca se asemejan más a variedades de calibre grande como la Reina Roja (5.7 cm), la Patriota (6.5 a 8.0 cm) o incluso acercándose al rango de la Estrella Costeña (8.0 a 9.5 cm). Esto sugiere que el material genético utilizado en el Centro Experimental de Chocloca posee un potencial genético excelente para la producción de cálices de gran tamaño, superando los estándares mínimos.

Mientras que Rojas et al. (2023), evaluando la variedad cubana Ficarú 90, registraron longitudes de 48,76 mm (4,87 cm) en 2019 y 41,99 mm (4,19 cm) en 2020, valores inferiores a los obtenidos en Chocloca. González y Chamorro (2017) encontraron un tamaño promedio de 4,3 cm para la variedad criolla, también inferior a los resultados del presente estudio. Estas comparaciones evidencian que las condiciones del CECH favorecen el desarrollo de cálices de mayor longitud que las reportadas en otras regiones, posiblemente debido a la combinación de altitud (1.806 m s.n.m.), fotoperiodo y temperaturas moderadas del valle de Tarija.

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos sugiere que el tamaño de cáliz es una variable principalmente determinada por factores genéticos y ambientales, más que por la disponibilidad de nutrientes en el rango evaluado. Esto concuerda con lo reportado por Rojas et al. (2023), quienes explican que las diferencias en la longitud del cáliz entre años de cosecha pueden deberse a la temperatura; las temperaturas excesivamente altas generan cambios morfológicos que pueden reducir el tamaño y la productividad de los frutos.

La longitud del cáliz presentó una ligera tendencia favorable a la fertilización nitrogenada, aunque sin diferencias estadísticas significativas, lo que confirma que esta variable está principalmente determinada por el material genético y las condiciones ambientales. Los valores obtenidos (6,3–7,2 cm) son adecuados para el mercado local y respaldan la adaptabilidad del cultivo a las condiciones del Centro Experimental de Chocloca.

3.7. PESO DE CÁLICES POR PLANTA

El peso de los cálices por planta de flor de Jamaica *Hibiscus sabdariffa* L. es una de las variables más importantes para determinar el rendimiento final.

Tabla 26 Peso medio de cálices por planta

Tratamientos	Replicas			Suma	Media
	I	II	III		
T0	453	529	544	1526,0	508,7
T1	592	531	529	1652,0	550,7
T2	685	715	654	2054,0	684,7
T3	765	739	675	2179,0	726,3
T4	1180	1010	1090	3280,0	1093,3
Suma	3675,0	3524,0	3492,0	10691,0	3563,7
Media	735,0	704,8	698,4		712,7

Fuente: Elaboración propia, 2025

Los datos obtenidos en la Tabla 26 evidencia que el T0 registro menor promedio 508,7 g/planta, mientras que el T4 alcanzo el valor máximo de 1093.3 g/planta, representando un incremento de 62% respecto al testigo. Los tratamientos intermedios presentaron

valores proporcionales a la dosis aplicada; T1 alcanzo 550,7 g/planta, T2 registro 684,3 g/planta y T3 obtuvo 774.3 g/planta.

Tabla 27 Análisis de varianza ANOVA para peso de cálices por planta

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
Total	14	669156,9				
Tratamiento	4	641213,6	160303,40	53,16**	4,76	9,78
Réplicas	2	3820,9	1910,47	0,63	5,14	10,9
Error	8	24122,40	3015,30			
CV%	7,7					

Fuente: Elaboración propia, 2025

Nota. ns = no significativo; * = significativo; ** = altamente significativo.

CV=Coeficiente de variación

El análisis de varianza Tabla 27 confirmó que las diferencias numéricas observadas entre tratamientos son estadísticamente comprobables, se obtuvo un valor F calculada de 53,16, que supera ampliamente el valor de F tabulado de 9,78 al 1% de probabilidad, indicando diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. Las réplicas no mostraron diferencias significativas. El coeficiente de variación fue de 7,7% confirmando la alta confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 28 Prueba de Tukey para los tratamientos de la variable peso de cálices por planta

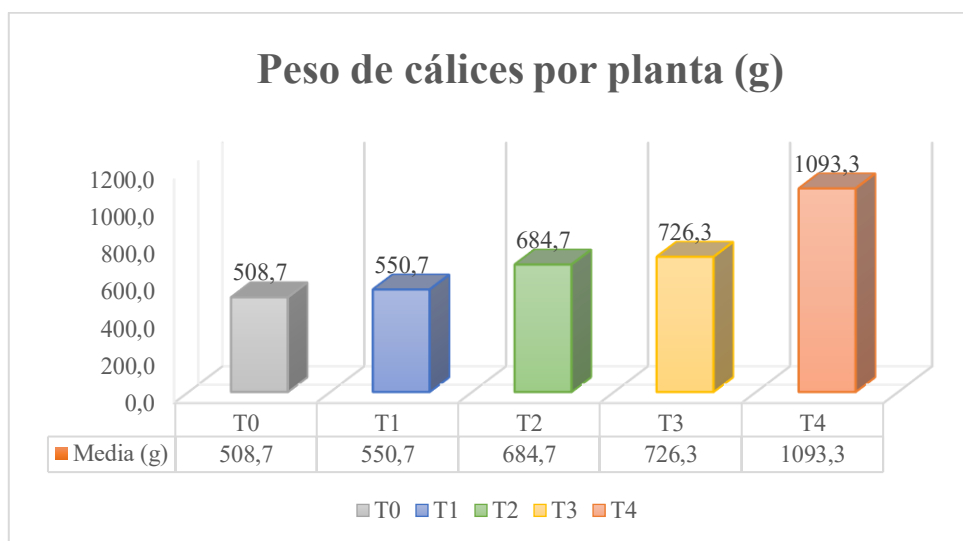
Tratamientos	Media	Media
	5%	1%
T4	1093,3 a	1093,3 a
T3	726,3 b	726,3 b
T2	684,7 b	684,7 b
T1	550,7 c	550,7 bc
T0	508,7 c	508,7 c

Fuente: Elaboración propia, 2025

La prueba de comparación múltiple de Tukey aplicada a los tratamientos Tabla 31 permitió precisar estas diferencias. Al 5% de significancia el T4 (1093,3 g, grupo "a") fue significativamente superior a todos los demás tratamientos, formando un grupo

estadístico independiente. Los tratamientos T3 y T2 compartieron la letra "b", formando un grupo intermedio estadísticamente homogéneo, lo que indica que no existen diferencias significativas entre estos dos tratamientos a pesar de la diferencia numérica observada. Por su parte, T1 y T0 compartieron la letra "c", conformando el grupo de menor rendimiento, estadísticamente homogéneo. Al 1% de probabilidad se mantiene la superioridad del T4 en el grupo "a" y la homogeneidad del grupo intermedio T3 y T2 en el grupo "b", así como del T0 grupo "c", sin embargo, T1 pasó a ubicarse en el grupo "bc" lo que indica que no difiere del grupo "b" ni del grupo inferior "c". Por lo tanto, se rechaza la H_0 para esta variable.

Gráfica 7 Peso medio de cálices por planta



Fuente: Elaboración propia, 2025

Los valores de peso fresco obtenidos en esta investigación (508.7 g a 1,093.3 g por planta) se ubican en un rango de productividad alto comparado con reportes nacionales y regionales, demostrando el potencial del cultivo en las condiciones de Chocloca cuando se maneja adecuadamente. Mientras que Chipana (2023) reporta rendimientos nacionales promedio de 400 kg/ha en base seca (equivalente a aproximadamente 1,600-2,000 kg/ha en fresco), el tratamiento T4 proyecta un rendimiento teórico cercano a los 9,100 kg/ha en fresco (considerando la densidad de 8,333 plantas/ha), superando ampliamente los promedios nacionales.

Estos resultados son consistentes con hallazgos de investigadores que han logrado altos rendimientos individuales mediante manejo nutricional intensivo. Raigoza Montenegro (2023) reportó un promedio de 1,014.45 g por planta utilizando control biológico con Lecanitic (bioinsecticida), un valor muy cercano al obtenido con Urea en dosis alta en este estudio (1,093.3 g). Asimismo, Asenjo Dávila (2023) registró pesos promedio de 580 g por planta, con máximos de hasta 1.5 kg por planta con aplicación de guano de isla, lo que confirma que el cultivo tiene la capacidad genética de alcanzar pesos superiores al kilogramo por planta bajo condiciones favorables de nutrición. También concuerda con Tituana Caiminagua (2022), quien obtuvo un promedio de 818 g por planta mediante poda de despunte, indicando que tanto la nutrición nitrogenada (Urea) como la manipulación de la arquitectura (Poda) son claves para maximizar el peso.

La superioridad del tratamiento T4 se explica por la alta demanda de nitrógeno para la producción de biomasa. Como se menciona en el marco teórico, la extracción total de nutrientes por planta alcanza 9.24 g de N (Sanchez Prado, 2019). La urea en dosis alta (40 g) satisfizo eficientemente esta demanda, permitiendo no solo un mayor número de cálices (107.7), sino también un mayor llenado de los mismos. No obstante, el tratamiento T2 mostró un incremento respecto al testigo, lo que confirma que la fertilización orgánica puede ser efectiva, aunque con una respuesta más lenta.

El peso de cálices por planta fue significativamente influenciado por la fertilización nitrogenada, destacándose el tratamiento T4 como la mejor alternativa para maximizar el rendimiento del cultivo de flor de Jamaica bajo las condiciones edafoclimáticas del valle central de Tarija, constituyendo una base técnica sólida para su implementación productiva en la región.

3.8. ANÁLISIS ECONÓMICO (RELACIÓN BENEFICIO/COSTO)

Se elaboró un presupuesto de costos y un análisis de rentabilidad considerando los rendimientos frescos obtenidos experimentalmente para cada tratamiento. El tratamiento T4 (urea 40 g/planta) alcanzó el mayor rendimiento con un promedio de

1.093,3 g de cálices frescos por planta, seguido por T3 (726,3 g), T2 (684,7 g), T1 (550,7 g) y T0 (508,7 g).

De acuerdo con las hojas de costos verificadas para cada tratamiento (Anexos 2, 3, 4 y 5), los costos totales de producción por hectárea fueron de 31.834 Bs para T1, 34.052 Bs para T2, 31.127 Bs para T3 y 32.007 Bs para T4. La estructura de costos muestra que la adquisición de plantines constituye el rubro más representativo con 16.666 Bs (52-55% del costo total según tratamiento), labores de cosecha y trasplante. Esta concentración del gasto en material vegetal evidencia que el costo de establecimiento es el principal factor que condiciona el margen de rentabilidad inicial.

Para proyectar los ingresos, se consideró la densidad de siembra utilizada en el estudio (8.333 plantas/ha). Con el rendimiento de cada tratamiento, aplicando un factor de conversión estándar del 20% para el secado de cálices de *Hibiscus sabdariffa* L., se obtiene un rendimiento comercial de para cada tratamiento detallada en la Tabla 29 en base seca, el cual constituye la base para el cálculo de los indicadores económicos.

Tabla 29 Análisis Económico - Relación Beneficio/Costo para los tratamientos T1, T2, T3 y T4

Concepto	T1 (Estiércol bovino 500g)	T2 (Estiércol bovino 1000g)	T3 (Urea 20g)	T4 (Urea 40g)
Costo total de producción	31834	34052	31127	32007
Rendimiento promedio (base fresca)	4588,7	5705,3	6052,5	9110,7
Rendimiento promedio (base seca, 20%)	917,7	1141,1	1210,5	1822
Costo unitario de producción (Bs/kg seco)	35	30	26	18
Ingreso bruto (a 50 Bs/Kg)	45887	57053	60525	91107
Ingreso neto (a 50 Bs/Kg)	14053	23001	29398	59100
Relación B/C (a 50 Bs/Kg)	1,4	1,7	1,9	2,8
Ingreso bruto (a 90 Bs/Kg)	82597	102696	108946	163993
Ingreso neto (a 90 Bs/Kg)	50763	68644	77819	131986
Relación B/C (a 90 Bs/Kg)	2,6	3,0	3,5	5,1
Punto de equilibrio (a 50 Bs/Kg)	637	681	623	640
Punto de equilibrio (a 90 Bs/Kg)	354	378	346	356

Fuente: Elaboración propia (2025).

Nota: Rendimientos en base seca (20% del peso fresco), precios referenciales (30–50 Bs/kg) y costos con 10% de imprevistos.

La evaluación económica del cultivo de *Hibiscus sabdariffa* L. en el CECH demostró que el tratamiento T4 (urea 40 g/planta) presentó la mayor rentabilidad, alcanzando una relación Beneficio/Costo de 2,8 a precio de 50 Bs/kg y 5,1 a 90 Bs/kg, con un

ingreso neto de 59.100 y 131.986 Bs/ha respectivamente. Este tratamiento registró el menor costo unitario de producción (18 Bs/kg seco) y el mayor rendimiento (1.822 kg/ha en base seca), lo que lo convierte en la alternativa más eficiente.

Los tratamientos con fertilización química (T3 y T4) superaron consistentemente a los orgánicos (T1 y T2), evidenciando que la rápida disponibilidad del nitrógeno ureico se traduce en mayor productividad y rentabilidad. A precio de mercado de 50 Bs/kg, el T3 alcanzó una relación B/C de 1,9, mientras que los tratamientos orgánicos obtuvieron valores de 1,4 (T1) y 1,7 (T2).

El punto de equilibrio más bajo se registró en T3 (623 kg a 50 Bs/kg), seguido de T4 (640 kg), indicando que ambos tratamientos requieren menor producción para cubrir costos. A 90 Bs/kg, todos los tratamientos mostraron puntos de equilibrio inferiores a 400 kg/ha, siendo altamente viables.

La fertilización con urea a 40 g/planta maximiza la rentabilidad del cultivo, duplicando el retorno de la inversión respecto a la fertilización orgánica bajo las condiciones del CECH.

3.9. ANALISIS GENERAL DE RESULTADOS

La fertilización de fondo ejerció una influencia determinante sobre el desarrollo y productividad del cultivo de *Hibiscus sabdariffa* L. en el CECH. De manera consistente, el tratamiento T4 (urea 40 g/planta) registró los mayores valores en todas las variables evaluadas: altura de planta (175,4 cm), número de ramas (15), intensidad de floración (25 flores), número de cálices (108), peso fresco por planta (1.093,3 g), diámetro (3,3 cm) y longitud (7,2 cm). Esta tendencia evidencia la superioridad de la fuente nitrogenada química frente a la fertilización orgánica en el corto plazo, lo cual se atribuye a la rápida solubilización y disponibilidad del nitrógeno ureico, que satisface eficientemente la demanda metabólica durante las fases de crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo. En contraste, los tratamientos con fertilización orgánica (T1 y T2) mostraron respuestas más limitadas, lo que sugiere una menor

sincronización entre la mineralización de la materia orgánica y los requerimientos nutricionales del cultivo.

El análisis de varianza reveló diferencias estadísticamente significativas únicamente para altura de planta ($F_{c}=13,77^{**}$; $CV=5,7\%$), número de cálices ($F_{c}=12,67^{**}$) y peso de cálices ($F_{c}=53,16^{**}$), mientras que las variables de calidad (diámetro y longitud) no mostraron diferencias significativas.

En cuanto a las variables de calidad del cáliz (diámetro y longitud), estas se mantuvieron relativamente estables entre tratamientos, lo que indica que dichos atributos están más influenciados por factores genéticos y ambientales que por la fertilización aplicada, garantizando así la obtención de un producto con características comerciales homogéneas.

Económicamente, el tratamiento T4 evidenció que fue la más eficiente al registrar el menor costo unitario de producción (18 Bs/kg de cáliz seco) frente a los tratamientos orgánicos (30–35 Bs/kg), lo que le otorgó mayor competitividad económica pese a costos totales similares entre tratamientos. En el escenario de 50 Bs/kg, T4 alcanzó el mayor ingreso neto (59.100 Bs/ha) y una relación B/C de 2,8, mientras que a 90 Bs/kg llegó a 131.986 Bs/ha con B/C de 5,1. Asimismo, su punto de equilibrio (640 kg/ha a 50 Bs/kg) es ampliamente superado por el rendimiento obtenido (1.822 kg/ha), confirmando a esta dosis de urea como la alternativa agronómica más rentable y de menor riesgo económico para productores del valle central de Tarija.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La evaluación del efecto de la fertilización de fondo en el cultivo de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) bajo las condiciones edafoclimáticas del Centro Experimental de Chocloca (1.806 m.s.n.m.) determinó que la fertilización química con urea ejerce una influencia superior sobre el desarrollo agronómico del cultivo en comparación con la fertilización orgánica con estiércol bovino. El tratamiento T4 (urea 40 g/planta) registró sistemáticamente los mayores valores en todas las variables evaluadas: altura de planta (175,4 cm), número de ramas productoras (15), intensidad de floración (25 flores), número de cálices (108 por planta), diámetro (3,3 cm), longitud (7,2 cm) y peso fresco de cálices (1.093,3 g/planta). Esta respuesta diferencial confirma que el nitrógeno de rápida disponibilidad satisface eficientemente los requerimientos nutricionales del cultivo en suelos con déficit de este nutriente, validando la hipótesis alternativa para cinco de las siete variables.
- El análisis edafológico reveló un déficit de nitrógeno de 45,38 kg/ha en el suelo del CECH, mientras que el fósforo (62,01 kg/ha) y el potasio (434,9 kg/ha) presentaron superávit. Considerando una eficiencia de aprovechamiento del 60%, se determinó que la dosis óptima de fertilización nitrogenada es de 40 g de urea por planta (equivalente a 333,3 kg/ha), la cual proporciona 90,76 kg de N/ha aprovechable, cubriendo holgadamente el déficit identificado. La fertilización foliar complementaria con Nitrofert N40 (1,5 ml/L) aplicada a los 70 días después del trasplante durante la fase reproductiva temprana potenció la formación de yemas florales. Por el contrario, el estiércol bovino en dosis de 500 y 1000 g/planta mostró una liberación lenta de nutrientes (40,74 y 81,48 kg N/ha aprovechable, respectivamente) que no se sincroniza adecuadamente con los picos de demanda del cultivo, limitando su efectividad en el corto plazo.

- El análisis de varianza evidenció diferencias estadísticamente significativas para altura de planta ($F_c=13,77^{**}$; $CV=5,7\%$), número de cálices ($F_c=12,67^{**}$) y peso de cálices por planta ($F_c=53,16^{**}$), confirmando que la fertilización nitrogenada influye directamente en el rendimiento. Las variables de calidad del cáliz (diámetro y longitud) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, indicando que dichos atributos están más influenciados por factores genéticos y ambientales que por la fertilización, garantizando un producto con características comerciales homogéneas. La consistencia de las tendencias numéricas a favor del T4, aun en variables sin significancia estadística, respalda la importancia del nitrógeno como factor clave en la expresión del potencial productivo. Asimismo, las labores culturales implementadas (riego por gravedad, control de malezas, tutorado y aporque) demostraron ser adecuadas para la adaptación del cultivo a la zona de estudio.
- El análisis económico mostró que el tratamiento T4 alcanzó 1.822 kg/ha (base seca) con el menor costo unitario (17,57 Bs/kg). A un precio de 50 Bs/kg alcanzó una relación B/C de 2,8 con un ingreso neto de 59.100 Bs/ha, mientras que a 90 Bs/kg llegó a una B/C de 5,1 y 131.986 Bs/ha. Su punto de equilibrio (640 kg/ha) es ampliamente superado por el rendimiento proyectado (1.822 kg/ha), generando un margen de seguridad del 65% frente a variaciones del mercado, resultados respaldan la fertilización nitrogenada en alta dosis como una opción productiva de bajo riesgo y alto retorno en el valle central de Tarija, condicionada a precios de venta iguales o superiores a 50 Bs/kg y a la optimización de costos mediante la producción propia de plántulas.

4.2.RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación del cultivo flor de Jamaica como una alternativa productiva viable, considerando su buen potencial de rendimiento bajo las condiciones locales evaluadas. Para su manejo agronómico, se sugiere emplear urea a 40 g/planta aplicada fraccionadamente (50% al trasplante y 50%

a los 45 días) para maximizar la eficiencia de uso del nitrógeno y reducir pérdidas por volatilización.

- Es fundamental realizar análisis de suelo previos con muestreo en zigzag para identificar gradientes de fertilidad y presencia de nematodos, aplicando enmiendas uniformizadoras antes del establecimiento del cultivo. Se recomienda mantener la densidad de 8,333 plantas/ha (1.0 m entre plantas y 1.20 m entre surcos) y considerar la poda de despunte a los 35-50 días para incrementar la ramificación y el área productiva.
- Se recomienda la producción propia de plántulas en vivero para reducir significativamente los costos de establecimiento. Asimismo, se sugiere orientar la comercialización hacia mercados que valoren el cáliz seco a precios superiores a 50 Bs/kg, aprovechando sus propiedades funcionales y su potencial en la industria de infusiones, nutraceuticos y mercados especializados.
- Se recomienda incrementar el número de repeticiones (4–5) y reducir el tamaño de parcela para disminuir el error experimental en futuros ensayos se sugiere validar el comportamiento de variedades mejoradas como Patriota, Reina Salvadoreña y Ficarú 90 en comparación con la variedad Rósela bajo las condiciones del CECH. De igual manera, se plantea como línea de investigación futura la evaluación de esquemas de fertilización integrada (urea + materia orgánica + bioestimulantes) en estudios de largo plazo, con énfasis en la sostenibilidad del suelo y la respuesta del cultivo frente a condiciones de estrés ambiental así como el análisis de épocas de siembra tempranas (septiembre-octubre) que permitan sincronizar la fase reproductiva con fotoperiodos cortos, con el objetivo de optimizar la floración, el rendimiento y la competitividad del cultivo.