

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

I. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. Importancia del cultivo de flor de Jamaica

Urbina (2009) menciona tres usos principales de la flor de Jamaica: Uso medicinal, elaboración de alimentos como: jugos, refrescos, gelatinas, vinos, pasteles, entre otros y uso textil en cordelería, la fibra de la planta es fuerte y sedosa y se conoce como cáñamo de Roselli, es considerada de la misma calidad del yute.

1.2. Nombres comunes

Según Urbina (2009) también menciona que la flor de Jamaica toma otros nombres comunes, según el lugar donde lo cultivan, así tenemos: rosa de jamaica, flor de dardo, rosa de Jericó, té rojo, rosella y flor roja.

1.3 Origen

El origen de la planta de jamaica no se ha determinado completamente, pero existen diferentes fuentes que reportan el origen como la India y ahora se distribuye y se cultiva extensamente alrededor del todo el globo. Asombrosamente, tiene muchos nombres comunes además del alazán rojo. Estos incluyen el roselle, el alazán jamaicano, el alazán indio, planta de la jalea de Queensland, amargo-amargo, limón arbusto y arandino de la Florida (Garcia, 2022).

La semilla ha sido una de las innovaciones más drásticas en la evolución de las plantas vasculares. La presencia de semilla parece que es uno de los factores determinantes de la dominancia de este tipo de plantas en la flora actual; una dominancia que progresivamente ha sido mayor a lo largo de los últimos años. La razón es simple: semilla implica supervivencia (Besnier, 1965).

1.4. El tamaño de la semilla.

El grano grande posee un embrión mayor que el grano pequeño; el vigor de la plántula nacida de la semilla grande es también mayor que el de la surgida de la semilla pequeña puede ser tan pequeña como una partícula de polvo (algunos pastos) y tan grande que alcance un gran peso como el coco (Sanchez e. a., 1993).

1.5. La forma de la semilla.

La forma sólo tiene importancia, dentro de la misma variedad, cuando se emplean sembradoras de precisión que tiene alveolos de tamaño y forma determinados. Es tan extensa que aún no se ha clasificado y se atribuye que la forma la toma por la estructura de las flores y el proceso reproductivo, entre las más comunes están: redondas, triangular, linear, oblonga, ovalada, entre otras (Besnier, 1965).

1.6. Color de la semilla.

En las semillas de leguminosas, y algunas otras, el color puede dar inicio de la edad de la semilla, puesto que ésta se hace más oscura a medida que envejece. Sin embargo, la semilla que ha madurado mal, que se ha mojado en el campo o se ha humedecido, presenta decoloraciones fácilmente reconocibles en la práctica. Es factor importante distinguir las decoloraciones que signifiquen alguna anormalidad en las semillas, de los cambios de tono de color de las distintas variedades o de los ocasionados por las peculiares características climáticas de algunas zonas de producción. Los colores pueden ser tan variados presentándose semillas amarillas, blancas, negras, rojas, predominando los colores negros y café (Besnier, 1965).

1.8. Usos de la flor de Jamaica

La flor de Jamaica desde hace muchos años se cultiva en regiones tropicales y subtropicales, es una planta de uso múltiple (gastronómica y medicinal) de la que se puede aprovechar tallos, hojas, frutos y semillas, lo que resulta en una gran variedad de productos para el mercado. Los tallos son utilizados para producir pulpa para papel o fibra textil, también son importantes en la producción de un mucílago que se utiliza en la industria de los cosméticos, y las hojas pueden usarse como verduras en forma directa (Janneth, 2020).

Usos de la rosa o flor de Jamaica se puede utilizar como:

- Planta medicinal para eliminar el malestar alcohólico, estimulando la acción del hígado y los riñones, parece facilitar la absorción de ciertos minerales.

- Planta cuyos cálices se utilizan para la fabricación de jugos, refrescos, gelatinas, vinos y en pastelerías.
- Como planta textil, se usa en cordelería cuya fibra es fuerte y sedosa conocida con el nombre de cáñamo de roselli, es considerada buena como el yute Urbina (2009).

Ventajas que Según Urbina (2009) ofrece el cultivo de Jamaica tenemos:

- Se adapta perfectamente a cualquier clase y tipo de suelo, ya sea fértil o no, plano o inclinado.
- Se adapta perfectamente a los climas tropicales y sub-tropicales
- Por el momento se considera como una planta con baja o nula susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, cuando está en pleno desarrollo.
- Es un cultivo resistente a la sequía, es decir, que se puede producir bajo condiciones semi-desérticas o desérticas.
- Es un cultivo que da ocupación a bastante mano de obra familiar, generando empleo.

1.9. Descripción botánica

1.9.1 Taxonomía

Reino:	Vegetal
Phylum:	Teleomorphytae
División:	Tracheophytae
Subdivisión:	Antophyta
Clase:	Angiospermae
Sub Clase:	Dicotyledoneae
Orden:	Malvales
Familia:	Malvaceae
Nombre científico:	Hibiscus sabdariffa L.
Nombre Común:	Jamaica

Fuente: Herbario Universitario (T.B.) U.A.J.M.S.

1.9.2. Planta

Es una planta anual, herbácea, familia de las Malváceas, que generalmente alcanza de 1 a 2 metros de altura. La rosa de Jamaica tiene los tallos, peciolo de las hojas y cálices de un color rojo oscuro o claro, con tendencia a morado o lila y las variedades que generalmente son productoras de fibra tienen una coloración verde o amarillenta (Arriola, 2023).

Figura N° 1 Etapa de fructificación



Fuente: Arriola 2023

1.9.3. Tallos y hojas.

La planta de Jamaica desarrolla tallos erectos que van desde el color marrón a rojizos oscuros, estos pueden superar los dos metros y medio de altura y estar algo ramificados.

Las hojas son verdosas por arriba y amarillentas por bajo; alternas, lisas, con peciolo largos y erguidos, llevando una glandulita en el nacimiento de la nervadura dorsal provisto de estípulas filiformes (figura 2). Están compuestas de tres lóbulos oval-lanceolados, siendo el central mucho más largo. Las hojas situadas en la parte inferior son simples, ovales y más pequeñas, todas son flexibles, dentadas, con nervaduras principales de color rojo y su sabor es ácido, ligeramente astringente (Arriola, 2023).

Figura N° 2 Tallos y Hojas de Hibiscos



Fuente: Arriola 2023

1.9.4. Flores y frutos.

Las flores surgen individuales de las axilas de los tallos y son sostenidas por pedicelos muy cortos. El cáliz floral posee una coloración rojiza que distingue a la especie y es muy carnoso. Cada flor posee cinco pétalos rosáceos que se disponen en una forma ligeramente tubular. La garganta floral es rojiza y en el centro de la flor se encuentran las estructuras reproductoras con estambres con anteras amarillas y un estigma pentalobulado de color rojo oscuro (Arriola, 2023).

Arriola (2023) citando a Hidalgo en su trabajo del 2013, presento que los frutos son globosos y presentan cinco cavidades que contienen numerosas semillas pardas en su interior. Cuando maduran, estos abren para dejar caer las semillas al sustrato. Luego de una fructificación abundante, los tallos comienzan a marchitarse hasta que la planta muere. El cultivo de esta planta debe renovarse todos los años.

1.9.5. Raíz.

Posee un sistema radicular herbáceo y poco profundo, aumentando su profundidad hasta 1,5 m en suelos francos arenosos. En suelos verticales se desarrolla un promedio de 1 a 1,20 metros (Dias Perez, 2011).

1.10. Variedades

Meza (2012) menciona a nivel internacional seis variedades: Sudan, China o Morada, Roja (larga y corta), Negra Gigante (nigeriana), Morada Gigante (tailandesa) y No Ácida (Vietnam).

Urbina (2009) menciona cinco variedades importantes:

- Rica: Planta de poca altura, altamente productiva, los cálices son grandes y rojos.
- Víctor: Tallos vigorosos y rojizos, buena productora de cálices y frutos.
- Archer: Posee tallos y hojas de color verde, vigorosa y muy productiva.
- Altísima: se utiliza para la extracción de fibra, debido a que la planta alcanza gran altura y produce fibra larga de buena calidad.
- Temprano: Es una de las variedades más precoces y presentan rendimientos de cálices y frutos aceptables.

1.11. Requerimientos climáticos.

Urbina (2009) Citando a Crane (1975). Menciona que la Jamaica requiere ambientes cálidos para su desarrollo, por lo cual, los lugares tropicales y subtropicales son ideales. En zonas templadas, la producción de cálices no ocurre hasta que las condiciones están libres de frío. En invierno las plantas no crecen.

La rosa o flor de Jamaica se puede cultivar en clima tropical y subtropical, con una altura sobre el nivel del mar de 0 a 1,400 metros y temperatura de 22 a 25°C, dado que su mayor germinación se encuentra a los 25 °C precipitación anual de 500 a 1,000 milímetros anuales, en suelos pesados o arcillosos con humedad permanente (Urbina, 2009).

Se adapta a una gran diversidad de suelos, ya que su labranza es poco exigente; pero es más productivo en suelos franco arenosos y francos arcillosos, profundos, 29 ricos en materia orgánica y se necesita la presencia de suelos ácidos de rango pH 4.0-7.5, cuyo pH óptimo es de 6.5. Debe evitarse su cultivo en suelos susceptibles de

inundaciones pues es sensible al ataque de nemátodos, por ello se prefieren los suelos de topografía plana a levemente ondulada (Cardenas, 2015).

Generalmente se le encuentra en terrenos de topografía ondulada o plana, ubicándose las plantaciones preferiblemente cerca de las viviendas, debido a que los cálices son apetecidos, ocurriendo pérdidas frecuentemente por robo (Urbina, 2009).

Mansour (1975) menciona que las plantas de Jamaica para el buen desarrollo y producción de flor requiere temperaturas medias de 25° C, con días soleados con menos de 12 horas de luz, siendo de fotoperíodo corto. Por otra parte, se menciona que la Jamaica puede soportar climas calientes y húmedos, pero es susceptible a daño por bajas temperaturas.

1.12. Valor Nutricional de las flores de Jamaica

A continuación, en el cuadro 2, se muestra el contenido nutricional de 100 g de flores de jamaica en base seca, descritos por el INCAP (Instituto de Nutricio de Centro América y Panamá), y de otros autores que se tomaron en cuenta ya que algunos elementos no tenían valor de referencia en las tablas del INCAP.

Parámetro Datos del INCAP

Valor nutricional por cada 100 g	
Energía	304 kcal
Proteína	7.20 % 5.8 %**
Proteína	7.20 % 5.8 %**
Grasa Total	2.60 % 0.50%***
Carbohidratos	74.10 %
Fibra	10.07%****
Ceniza	6.9 % 9%**
Calcio	659 mg
Magnesio	51.0 mg*
Fósforo	273 mg*
Zinc	6.5 mg*
Sodio	6.0 mg*
Potasio	2,060 mg*

Hierro	9 mg*
Tiamina	0.12 mg*
Riboflavina	0.28 mg*
Niacina	3.8 mg
Vitamina C	7 mg
Agua	9.20 %
Comestible	1 %

Fuente: Adaptado de INCAP 2012 (Arriola, 2023).

1.13. Siembra

Esta se realiza entre los meses de junio - agosto. La siembra se hace por semilla, depositando en el surco de cuatro a seis semillas por golpe. La distancia entre surco es de 92 cm. a 1 m. y entre mata y mata de 50 a 80 cm. y hasta 1 m. Según la variedad y fertilidad del suelo. También se puede sembrar en vivero y posteriormente trasplantarlo al campo, cuando las plántulas tengan de 8 a 10 cm (Acevedo, 2003).

1.14. Selección de la semilla

Debe hacerse de plantas vigorosas y sanas de la cosecha anterior. La variedad a elegir dependerá de los intereses y mercado que se tenga disponible (FAO, 1985).

La variedad a elegir dependerá de los intereses y mercado que se tenga disponible. Una semilla en buen estado aparente además de considerar lo anterior es aquella que presenta un color café, de forma arrañada con un 85% de germinación, conservada a buena temperatura, con tratamiento en su almacenamiento para que no sea portadora de hongos ni insectos (Acevedo, 2003).

1.15. Preparación del suelo

La planta de Jamaica crece en climas calientes y secos, no tolera suelos anegados. Debe evitarse cultivar en suelos susceptibles a inundaciones, requiere de poca humedad y mucha luz solar durante su desarrollo vegetativo (Meza, 2012).

Meza (2012). También menciona que la flor de Jamaica se adapta a una gran variedad de suelos, ya que es un cultivo poco exigente, es más productivo en suelos profundo donde puede desarrollar libremente su sistema de raíces. Por lo antes expuesto es necesario realizar una labor de roturación del suelo y luego dos pases de afinado y

nivelación antes del surcado, logrando condiciones favorables para exponer los insectos del suelo al sol, evitar el encharcamiento del agua de lluvia o riego mediante nivelación del terreno, ubicar la semilla a una profundidad uniforme y eliminar plantas y semillas indeseables que compitan con el cultivo.

1.16. Sistemas de siembra.

1.16.1. Siembra directa.

El día de la preparación del suelo, una vez terminado se empezará a realizar la siembra de manera directa las semillas de la flor de Jamaica, al mismo tiempo se realizará semilleros en bolsitas negras, al pasar los días o semanas para verificar si han germinado en el campo de estudio, ya que si alguna semilla no ha germinado podemos remplazarlo con plantas germinadas del semillero (Cardenas, 2015).

1.16.2. Siembra indirecta.

En ciertos casos se realizan semilleros y posteriormente se trasplanta, pero según la literatura se recomienda hacer siembra directa colocando de 3 a 5 semillas por postura después se realiza un raleo una vez germinado si es necesario. La distancia de siembra que más se utiliza es de 100 cm entre plantas y 130 cm entre surcos o también de 1,00 m x 1,20 m entre plantas y entre surcos. La cantidad de semilla que se utiliza para sembrar una hectárea es de 3 libras (Cardenas, 2015).

1.16.3. Trasplante.

Según los estudios de Meza (2012), manifiesta que el trasplante se debe realizar a los 25 días de ser germinada la plántula ya que sería mejor manejada llevando al campo, únicamente las que presenten con mejores condiciones de adaptación del cultivo en el terreno.

1.17. Prácticas culturales.

1.17.1. Limpia manual.

Si las condiciones lo exigen durante el ciclo vegetativo del cultivo, podrán realizarse una o más limpiezas manuales. El monte arrancado y/o material vegetativo será

acondicionado en forma de cobertura para convertirlo en fuente de materia orgánica (Urbina, 2009).

1.17.2. Fertilización.

La incorporación de rastrojo, el efecto de los árboles leguminosos y los abonos verdes manejados apropiadamente serán las fuentes principales de fertilización. En forma complementaria se preparará estiércol fresco de bovinos (ganado), usado como fertilizante foliar. La abonera mejorada podrá usarse siempre y cuando se trate de áreas pequeñas, como también se puede asociarse con cultivos de coberturas como: mucuna, alacin, terciopelo o canavalia como aportes de nutrientes y abonos orgánicos (Urbina, 2009).

1.17.2.1. Humus de lombriz.

El humus de lombriz es un fertilizante natural que proporciona por medio de los resultados para el crecimiento vegetal. Este compuesto es muy utilizado tanto en plantaciones comerciales como domésticas, es un gran aporte para las plantas que proporciona más fuerza y vigor de forma natural. Este biofertilizante ayuda al aumento del tamaño de las plantas, arbustos y árboles la cual protege las enfermedades y cambios de humedad y temperatura durante todo el año (Dias L., 2018).

Beneficios:

- Mejora la textura del suelo.
- Aporta un gran número de nutrientes.
- Una mejor aireación del suelo.
- Por sus características consigue retener el agua.
- Las semillas germinan con más facilidad.
- Gran aumento de la flora microbiana. 39
- Estimula el crecimiento de las plantas y su desarrollo radicular.
- Favorece la absorción de nutrientes en las plantas.

El humus de lombriz es un abono ecológico apto para el uso en agricultura ecológica, aportando infinidad de beneficios a nuestros cultivos del huerto como:

- Aumento de producción.

- Incremento en el tamaño de la hortaliza o la fruta.
- Fuentes de energía para el desarrollo.
- Incrementa el contenido de azúcares en los frutos.
- Todo ello de un modo natural y ecológico (Coraizaca, 2020).

1.18. Control de plagas y Enfermedades.

Meza (2012). Cita las principales plagas que atacan el cultivo son:

En la parte foliar de la planta la hormiga o zompopo (*Atta spp*), áfidos o pulgones, los trips, gusano soldado, el falso medidor y algunos pseudococcidos. Para el manejo de los zompopos se recomienda la aplicación de cebos paletizado; al aplicarlo se debe observar que las hormigas lo lleven al interior del hormiguero. Se deben localizar los hormigueros o caminos y marcarlos para aplicar el producto en horas de mayor actividad alrededor del agujero (por la noche). En el suelo la gallina ciega y el comején (termitas) son los que producen la mayor afectación.

El pulgón y los trips: La coloración de esta especie es muy variable, ya que puede encontrarse de color verde amarillento, verde oscuro, amarillo, café y negruzco: los cornículos como las puntas de las patas y ojos son negros. En estado adulto miden 1.5mm de longitud, existen de forma ápteras y alados siendo estas últimas de 42 menor tamaño, se localizan en el en vez de las hojas tiernas las poblaciones que atacan al cultivo son hembras, las cual al llegar al estado adulto se reproducen en forma partenogénicas, siendo vivíparas, también se pueden reproducir en forma sexual, en estos casos depositan huevecillos invernantes de forma oval y de color negros brillantes, cada áfido hembra produce aproximadamente 85 ninfas, son adultos después de cuatro a diez días que es cuando empiezan a reproducirse, el adulto vive alrededor de un mes y el periodo de reproducción es de tres. Se debe aplicar productos orgánicos ya que son fáciles de controlar, generalmente están ubicados en la parte más tierna de la hoja donde succionan líquido dejando a la planta de color amarillento, deshidratada o produciendo la muerte del ápice (Fernandez, 2010).

Gusano soldado y falso medidor: Afecta el follaje de la planta y cuando se produce el inicio de la floración, ataca principalmente las partes más tiernas de la planta, para su

manejo se recomiendan aplicaciones de preparados a base de chile picante asperjado al follaje en horas de la mañana cuidando de la dirección del viento (Fernandez, 2010).

1.18.1. Enfermedades.

Las enfermedades de rosa de Jamaica pueden ser provocadas por los agentes *Erysiphe* sp (*Mildiu Polvoriento*), *Phytophthora parasítica variedad nicotiana y sabdariffa*, *Phytium pemiciosum* (Tizón), *damping off* y *Rhizoctonia solani*. Puede usarse extractos de sauce (*Salix sp*), cola de caballo (*Equisetum giganteum*) y sulfocalcio (cal, azufre y ceniza) como también aplicaciones de ajo y cebolla y el mismo *Trichoderma* al momento de la siembra a la semilla y luego una aplicación a los 15 días después de su germinación (Urbina, 2009).

1.18.2. Nematodos.

Dentro de las especies que pueden causar daño al sistema radicular tenemos el nemátodo *Meloidogyne arenaria* (Urbina, 2009).

1.19. Riego.

En condiciones donde exista riego es necesario aplicar agua cuando se observa que la humedad del suelo está demasiado baja, es decir, poca humedad. El riego dependerá básicamente del régimen de lluvias. La mayoría de rosa de Jamaica que se siembra en durante la temporada es en invierno ya establecido, pues no se dispone de suficientes áreas con sistemas de riego (Urbina, 2009).

Flor de Jamaica, es una planta exigente de agua durante el desarrollo vegetativo, pero no tolera encharcamiento, ni densidad alta poblacional que limite la penetración de luz solar, especialmente en variedades con abundantes ramas (Meza, 2012).

1.20. Cosecha.

1.20.1. Tiempo de recolección.

La planta se cultiva para el aprovechamiento de sus cálices carnosos, en donde radica su valor comercial. Para la cosecha es necesario tomar como un indicador la abertura de la cápsula, lo cual se da de 5 a 6 meses después de la siembra, ya que en este tiempo las brácteas y cálices han alcanzado su tamaño óptimo y madurez fisiológica deseada.

Los signos que presentan los cálices carnosos para ser cosechados, es su color rosado intenso. En tal sentido la cosecha se realiza en varias fases, según el desarrollo que presenten (Urbina, 2009).

La recolección de cáliz puede iniciar 20 días después de la aparición de los frutos, es decir, cuando el cáliz ha alcanzado su máximo desarrollo, coincidiendo con los meses de noviembre – diciembre y en siembras tardías hasta el mes de enero. En áreas pequeñas los productores realizan varios cortes (Fernandez, 2010).

1.20.2. Herramienta para el corte

En áreas pequeñas se corta con pinzas, tijeras u otra herramienta, en áreas mayores, se espera la fructificación total y se extrae la planta. También se puede usar una despicatora o despepitadora para facilitar la actividad en áreas mayores a fin de disminuir los costos y elevar la competitividad del cultivo. Este es un equipo que es movido por un motor en el campo o sitio de acopio que permite un proceso más rápido por ende económico (Meza 2012).

1.21. Métodos de cosecha

1.21.1. Tradicional.

La cosecha se hace en canastos sobre la planta, cortando a cada 3 o 4 días los cálices carnosos, dejando el fruto o cápsula para posteriormente cosechar las semillas, este método requiere de mucho tiempo y mano de obra (Urbina 2009).

1.21.2. Corte de la planta.

El momento de la maduración de los primeros cálices y cápsulas se corta la planta de raíz, apilándolas en lugares claves en donde se llevará a cabo la recolección, lo cual se puede hacer de dos formas:

- Corte completo de cáliz y cápsula, luego se corta por la mitad, usando navaja para facilitar la separación del cáliz. Tiene el inconveniente que no permite la recolección de la semilla.

- Separación del cáliz dejando la cápsula en la planta, posteriormente se recolecta la semilla. Los cálices son llevados inmediatamente a deshidratar Urbina (2009).

1.21.3. Secado o deshidratado.

Una vez cosechada la flor, los productores hacen uso de diferentes métodos, el tradicional es extender la cosecha en papel kraft, cartón, telas tipo carpas o tendales donde debe removerse todos los días hasta quedar con un 12% de humedad y poder conservarla en cajas de cartón hasta por un periodo de 6 meses mientras se realiza la comercialización (necesario buen manejo en post-cosecha) (Meza 2012).

Para que el producto obtenido no pierda su color y propiedades aromáticas se recomienda secarlo bajo la sombra sobre malla metálica fina que permita la aireación y evite la pudrición por hongos. Es necesario remover periódicamente para oxigenar el producto uniformemente. El tiempo de secado oscila a los 10 días, el cual puede variar según la temperatura ambiental de la zona (Urbina 2009).

1.22. Rendimiento.

Es muy variable por el manejo que se le dé al cultivo, como también de la región que se trate. Un promedio estimado es de 13 a 14 quintales de cálices frescos por manzana, equivalente a 7 a 8 quintales por manzana ya seco. Se calcula de 3 a 5 libras por planta en las variedades criollas (Mccaleb, 1996).

Actualmente la variedad que más se produce es la criolla, entre las que oscilan las variedades China, Reina Mexicana y Reina Salvadoreña y algunas variedades procedentes de Guatemala (Urbina 2009).

1.23. Comercialización

El producto se comercializa mayormente por medio del comercio informal en los mercados locales, tiendas naturistas y a través de supermercados, se pueden encontrar en diferentes presentaciones ya sea de manera natural (recién traída del campo) en racimos o seca. Estas se comercializan en kilogramos o libras y se consumen y elaboran principalmente infusiones, bebidas, dulces, vinos, ensaladas, pasteles, salsas y conservas (Castro, 2002).

Entre los principales problemas que enfrenta el mercado de la flor o rosa de Jamaica se encuentran los siguientes:

- Pocas aéreas sembradas y bajos rendimientos
- Mercado nacional no satisfecho, ni totalmente explotado lo que no permite mejorar los precios.
- Altos costos de mano de obra, la cual es muy intensiva e insuficiente.
- Falta de tecnología y maquinaria que permita ser más rentable el proceso de cosecha y secado (Garcia, 2022).

1.24. Modo de preparar

La preparación está vinculada a tradición de la población, demandas alimenticias, medicinales y económicas.

- ✓ Refrescos Una vez separados los cálices frescos son hervidos agregándoles canela o clavo de olor, observándose un líquido rojo intenso que se deja enfriar para agregar azúcar al gusto, hielo y está listo para servir.
- ✓ Mermeladas (almíbar) Los cálices frescos son hervidos con canela en poca agua, se agrega azúcar procurando mover constantemente con una ligera maceración o licuadora antes de la cocción hasta obtener un preparado levemente espeso que se puede disfrutar como postre (solo, con queso crema, con pan, leche, etc).
- ✓ Te (infusiones) con material fresco o deshidratado Pueden utilizarse las flores, los cálices y hojas. Una manera de asegurar la conservación de sus propiedades naturales es agregar el material cuando el agua está hirviendo, retirarlo del fuego y tapándolo, luego agregar miel de abeja o tomarlo sin o con azúcar al gusto.
- ✓ Vino El material o cálices frescos, son triturados y luego colados (tamizados). Al contenido se agrega levadura, azúcar iniciando el proceso de fermentación y depuración. Al paso de un mes como tiempo mínimo se obtiene un producto que inicia un proceso de limpieza, luego revisión hasta llegar al envase (Meza, 2012).

1.25. Sustratos.

Es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje de la planta (Chacon Flores, 2013).

1.26. Sustrato para cultivo en invernadero

Entre estos tipos de sustratos se encuentra la turba rubia, el cual; es uno de los componentes mayoritarios en la formulación de sustratos, al igual que la fibra de coco. Aunque cualquier material orgánico, mineral o artificial puede ser empleado como sustrato. En los sustratos para cultivos bajo invernadero, es preferible que tengan una alta capacidad de retención de agua y de nutrientes, para evitar una deficiencia durante la post-venta. Si la planta debe pasar por un período largo de transporte o en el punto de venta. Además, es necesario que tenga una alta capacidad de retención de aire con alta permeabilidad a fin de ser capaz de absorber el agua aplicada en el riego si este es frecuente sustrato (Chacon Flores, 2013).

1.27. Importancia de los sustratos.

Los sustratos permiten ejercer una gran influencia en nuestros cultivos para obtener una cosecha productiva de la más alta calidad. Las dos condiciones primordiales que se deberá tener en cuenta para poder usar un abono orgánico en agricultura, son la inocuidad desde el punto de vista bacteriológico, fitopatológico y que su aplicación no produzca riesgo de contaminación química (Chacón Flores, 2013).

1.28. Requerimientos de sustratos para el almacenamiento de la flor de Jamaica.

A la flor de Jamaica les gusta un sustrato ligeramente ácido, húmedo y que drene bien con un nivel de pH de 5.5-7. Si el sustrato es embarrado y pesado, se puede agregar arena gruesa para mejorar la permeabilidad. En el caso de sustrato ligeramente alcalino, tierra caliza y suelo calcáreo, agregue humus vegetal, turba, o abono de jardinería totalmente descompuesto, junto con fertilizante de azufre hasta que el nivel de pH alcance un rango apropiado (Bloodnick, 2015).

1.29. Sustratos orgánicos

Los sustratos son uno de los materiales más usados para cultivos de invernadero. Debido a las diversas fórmulas disponibles para los productores, puede ser todo un desafío seleccionar la mejor mezcla para sus cultivos. Comprender la composición, las funciones y el uso previsto puede facilitar el proceso de selección, (Bloodnick, 2015).

¿Cuáles son las funciones de los sustratos?

Los sustratos sirven para la retención agua y nutrientes, es un lugar de intercambio de gases y los nutrientes y también sirven como anclaje para el sistema radicular de la planta. Estas características físicas de un sustrato están determinadas por los componentes que se usan y la proporción en la que se encuentran en la mezclan. Lo importante es recordar que las características físicas resultantes no son equivalentes a la suma de los ingredientes (Bloodnick, 2015).

1.30. Componentes del Sustrato

Los componentes de los sustratos pueden ser orgánicos o inorgánicos. Los componentes orgánicos son, entre otros, turba de musgo, corteza de árboles, coco en trozos, cáscaras de arroz, fibra de árboles, etc. Los componentes inorgánicos son, entre otros, perlita, piedra pómez, vermiculita, arena, hidrogel, etc. Algunos de estos componentes retienen el agua sobre sus superficies, otros la retienen dentro de sus estructuras y otros como la perlita retienen muy poca agua comparada con otros componentes. Si mezcla su propio sustrato, los materiales base deben ser consistentes para producir un sustrato de calidad y predecible. Es importante conocer la estructura y las propiedades químicas y físicas de los ingredientes que utiliza para garantizar que la mezcla de sustrato que produzca sea consistente, lote tras lote (Bloodnick, 2015).

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte

a la planta, pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal (Andino, 2016).

1.31. Características físicas, químicas y biológicas de los Sustratos.

1.31.1. Físicas

Estas vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento. Algunas de las más destacadas son:

Densidad real y aparente, Distribución granulométrica, Porosidad y aireación, Retención de agua, Permeabilidad, Distribución de tamaños de poros y Estabilidad estructural (Saez, 1999).

1.31.2. Químicas

Estas propiedades vienen definidas por la composición elemental de los materiales; éstas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo. Entre las características químicas de los sustratos destacan:

Capacidad de intercambio catiónico, pH, Capacidad tampón, Contenido de nutrimentos y Relación C/N (Saez, 1999).

1.31.3. Biológicas

Se refiere a propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos entre estas características biológicas destacan: Contenido de materia orgánica, Estado y velocidad de descomposición (Bures, 1999)

Una vez conocidos los principales parámetros que definen un sustrato, probablemente proceda hacer referencia al “sustrato ideal”. Ante la reiterada pregunta, de si existe un sustrato ideal, la respuesta es “no”; el sustrato adecuado para cada caso concreto dependerá de numerosos factores: tipo de planta que se produce, fase del proceso productivo en el que se interviene (semillado, estaquillado, crecimiento, etc.),

condiciones climatológicas, y lo que es fundamental, el manejo de ese sustrato. Por lo tanto, la imposibilidad de referenciar un sustrato ideal, pero sí que puede hacerse referencia a los requerimientos que un sustrato debe tener, como son:

Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, Elevada aireación, Baja densidad aparente, Elevada porosidad, Baja salinidad, Elevada capacidad tampón, Baja velocidad de descomposición, Estabilidad estructural, Reproductividad y disponibilidad, Bajo costo y Fácil manejo (mezclado, desinfección, etc. (Saez, 1999).

1.32. Humus de lombriz

1.32.1. Origen

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es conocida así por haberse descubierto sus propiedades benéficas en el ecosistema en el estado de California, EE. UU; instalándose ahí los primeros criaderos. El humus de lombriz contiene una concentración importante de elementos solubles orgánicos, entre los que se incluyen los más importantes como son los ácidos húmicos, fúlvico y úlmicos, y su aplicación en estado líquido estimula los procesos de humificación y mineralización de los residuos vegetales en el suelo. Se conoce que el humus en disolución, conocido también como té de humus, contiene minerales como lo son: nitrógeno, fósforo, potasio y micro elementos que representan el 1% de su composición. Este macro y micro elementos se encuentran en el humus en un estado de equilibrio, por lo cual impide la posible interferencia en la absorción de los nutrientes por un exceso de alguno de ellos (Andino, 2016).

1.33. Turba

Las turberas altas aparecen en zonas frías y lluviosas sobre terrenos ácidos, pobres en elementos minerales nutritivos y en bases, y están compuestas principalmente de restos vegetales de plantas briofitas, como *Sphagnum* (que suele ser la especie más abundante), *Eriophorum*, *Polytrichum*, etc. Las turbas de estas turberas, ubicadas en los estratos más superficiales, están poco descompuestas (Índice de Post comprendido entre H-1 y H-4), por lo que todavía es fundamental para el comportamiento físico de

estas turbas en aspectos como la porosidad, la retención de agua, etc. Las propiedades más importantes de los diversos tipos de turbas rubias se señalan los siguientes:

Su densidad aparente es baja, cifrable entre 90 y 150 g/l y su contenido en materia seca (m.s.) es de 55-75 g/l (Chacon Flores, 2013).

1.34. Textura

Representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una textura franca cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Francisco M. A., 2014).

1.35. Multiplicación de la especie

El término "multiplicación" o "propagación" en botánica y horticultura abarca las diversas estrategias que las plantas utilizan para reproducirse. En el caso del género *Hibiscus*, se emplean principalmente dos métodos generales:

1.35.1. Propagación sexual (por semillas):

Implica la unión de gametos masculinos y femeninos, lo que resulta en la producción de semillas. Este método es útil para la producción a gran escala y para la creación de nuevas variedades genéticas, ya que las plantas resultantes de semillas pueden presentar variaciones respecto a la planta madre debido a la recombinación genética Tomala (Hartman H., 1993). Sin embargo, en algunas variedades híbridas de *Hibiscus*, las semillas pueden no ser viables o no "venir verdaderas" al parental, lo que significa que las características de la descendencia pueden diferir de las de la planta madre.

1.35.2. Propagación asexual o vegetativa:

Este método produce plantas genéticamente idénticas a la planta madre, manteniendo así las características deseadas de una variedad específica. Los métodos más comunes para *Hibiscus* incluyen:

- **Esquejes:** Consiste en tomar secciones de tallo (semileñosas o leñosas) de la planta madre y enraizarlas en un sustrato o agua. Es el método más común y efectivo para el *Hibiscus rosa-sinensis* (Nelson, 1998).
- **Injertos:** Implica unir una sección de tallo (injerto o púa) de una variedad deseada a un sistema radicular (patrón) de otra planta. Esto se utiliza a menudo para combinar características deseables, como la resistencia a enfermedades del patrón con las flores ornamentales del injerto (Hartmann, 1997).
- **Acodo aéreo:** Una sección del tallo de la planta madre se induce a formar raíces mientras aún está unida a la planta, y una vez enraizada, se separa para formar una nueva planta independiente. Este método es útil para propagar plantas que son difíciles de enraizar por esquejes (Chaste D.B., 2021).

La elección del método de multiplicación para *Hibiscus* depende de factores como la especie, la variedad, el propósito de la propagación (comercial, investigación, aficionado) y la disponibilidad de recursos (Nelson, 1998).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

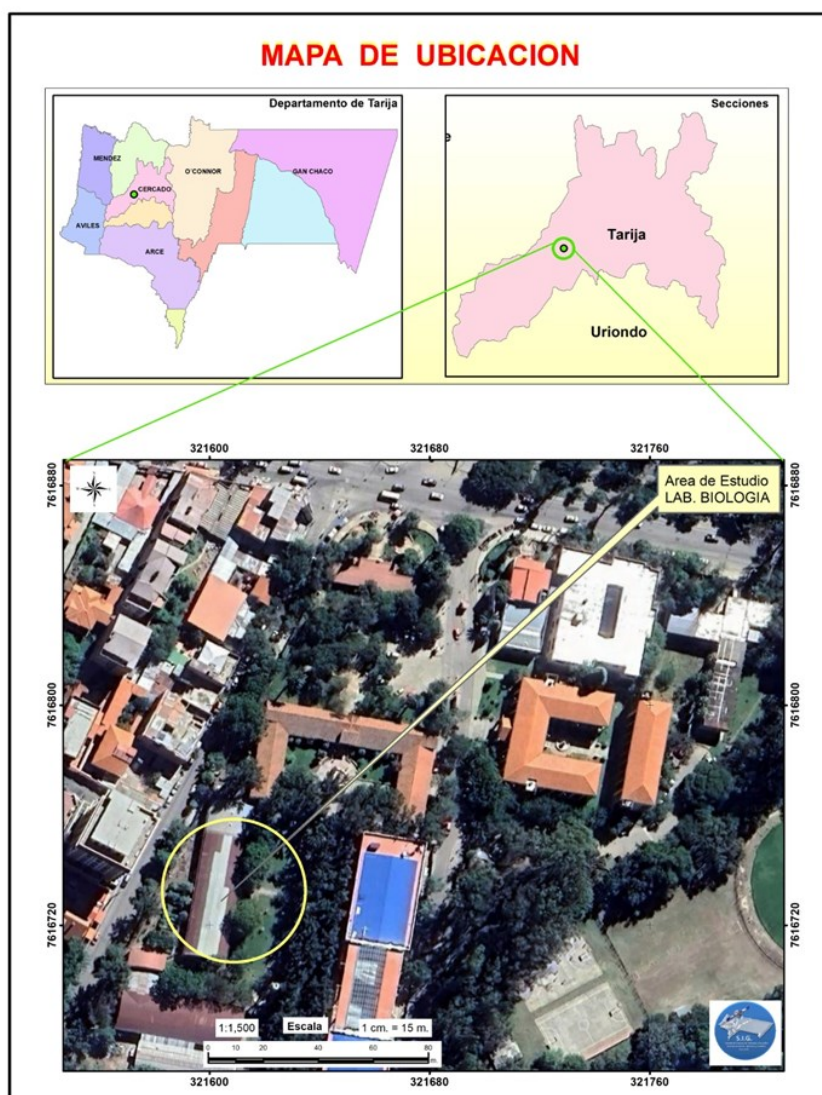
2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización y ubicación del trabajo

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Tarija, Provincia Cercado en el predio de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

2.1.1. Mapa de ubicación

Figura N° 3 Ubicación en donde se realizó en trabajo



Fuente: SIG UAJMS

2.1.2. Límites territoriales

Tarija es ciudad capital de departamento Tarija que está ubicada en parte sur de Bolivia. Se encuentra a orillas del río Guadalquivir, o Nuevo Guadalquivir, en el centro de un valle y a 1,854 msnm. La provincia cercada área donde se ubica la presente investigación Limita: Al norte con provincia Méndez; al sur con la provincia Arce; al este, con la provincia Burdet O'Connor; y al oeste, con la provincia Avilés.

2.2. Características climáticas

El departamento de Tarija, en el sur de Bolivia, presenta una gran diversidad climática debido a su compleja orografía, que incluye zonas de valles, Yungas y la región del Chaco. Esta variedad de altitudes y características geográficas da lugar a diferentes microclimas (OEA, 2001).

2.2.1. Temperaturas

Las temperaturas en Tarija varían considerablemente a lo largo del año y entre sus diferentes regiones. La temperatura media anual en el departamento puede oscilar entre los 17.7 °C y los 24 °C, dependiendo de la zona y la altitud (OEA, 2001).

Veranos (diciembre a marzo) son largos, cálidos y lluviosos. Las temperaturas máximas promedio pueden alcanzar los 25 °C o más, con mínimas que rara vez bajan de 5 °C. Otoños (marzo a junio), las temperaturas máximas diarias disminuyen gradualmente de 24 °C a 21 °C, y las mínimas descienden de 16 °C a 7 °C. Inviernos (junio a septiembre), son más fríos, con temperaturas mínimas promedio alrededor de los 6 °C. Se pueden registrar heladas, especialmente en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, con un promedio de 23 días de heladas anuales en algunas zonas. Primavera (septiembre a diciembre), las temperaturas máximas promedio rondan los 25 °C y las mínimas promedio se sitúan en torno a los 8.3 °C (SENAMHI, 2024).

2.2.2. Precipitaciones

Durante el periodo de evaluación, la precipitación registrada en la Estación Experimental El Tejar (Tarija, Bolivia) se mantuvo en niveles moderados, con acumulados semanales entre 10 y 18 mm, concentrados principalmente en eventos

aislados de lluvia ligera (SENAMHI, 2024). La distribución irregular de las precipitaciones, con días secos seguidos de lluvias puntuales, influyó en la humedad del ambiente, por ende, en la respuesta fisiológica de *Hibiscus sabdariffa*. Este patrón pluviométrico resulto relevante para comprender la dinámica de germinación y el establecimiento inicial del cultivo, dado que la especie requiere humedad para asegurar un desarrollo uniforme

2.2.3. Fenómenos Climáticos Extremos

Tarija es vulnerable a fenómenos climáticos extremos, según SENAMHI esto puede incluir:

Lluvias torrenciales: Provocando inundaciones y estragos, especialmente en zonas urbanas con sistemas de drenaje deficientes.

Heladas y granizadas: Afectan principalmente a las áreas agrícolas y pueden causar pérdidas significativas.

Surazos: Son masas de aire polar provenientes del sur del Pacífico que afectan las tierras bajas del país en invierno, trayendo frío.

2.3. Materiales

2.3.1. Material Vegetal

Las semillas fueron de dos variedades de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L), estas fueron previamente puestas en agua tibia por 24 horas de manera que garantice la germinación de las mismas.

- V_1 = Morada
- V_2 = Roja

Insumos

Se emplearon 3 tipos de sustratos que resultaron de la combinación de los siguientes:

- Arena
- Limo
- Humus
- Tierra Vegetal
- Estiércol Caprino

2.3.2. Herramientas y Materiales de campo

- Bolsas para siembra directa de la semilla
- Palas
- Flexómetro
- Cubierta de nylon de agro film
- Precinto
- Scoch
- Azada
- Calibrador o vernier

2.3.3. Materiales de laboratorio

- Espátulas
- Agua caliente
- Recipiente de vidrio
- Agua fría
- Balanza
- Pinzas

2.3.4. Material de escritorio

- Libreta de anotaciones
- Tablero
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Regla

2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para este trabajo de investigación se utilizó un Diseño experimental “completamente al azar” con arreglo factorial (2 x 3) 6 tratamientos con 3 repeticiones haciendo un total de 18 unidades experimentales. Cada unidad experimental compuesto con 100 bolsas, de los cuales se evaluó las 30 bolsas centrales por unidad experimental.

2.5. FACTORES EN ESTUDIO

-Factor 1: Variedades de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) dos variedades

V₁ = Variedad Morada (*Sudan Purple*)

V₂ = Variedad Roja (*Archer*)

-Factor 2: Tipos de sustrato (Tres sustratos)

D₁ = Sustrato Arena + limo

D₂ = Sustrato mezcla limo + tierra vegetal + estiércol

D₃ = Sustrato humus + tierra vegetal + limo

Cuadro N° 1: Tratamientos de investigación

F1 Tipo de Sustrato	Factor 2 (Semillas recolectadas)	Tratamientos
V₁ = Morada	D₁ = Sustrato arena + limo	T1 = V₁ D₁
	D₂ = Sustrato mezcla limo + tierra vegetal + estiércol	T2 = V₁D₂
	D₃ = Sustrato humus + tierra vegetal + limo	T3 = V₁D₃
V₂ = Roja	D₁ = Sustrato arena + limo	T4= V₂D₁
	D₂ = Sustrato mezcla limo + tierra vegetal + estiércol	T5= V₂D₂
	D₃ = Sustrato humus + tierra vegetal + limo	T6 = V₂D₃

Fuente: Elaboración Propia

2.5.1. Características del diseño

- Número de tratamientos: 6
- Número de repeticiones: 3
- El total de las unidades experimentales: 18 (6 x 3)
- Numero de bolsas por cada unidad experimental: 100
- Se evaluaron las 30 bolsas centrales de cada unidad experimental
- Total, de bolsas evaluadas 540 bolsas (30 x 18)
- Total, de bolsas en la investigación: 1800

Distancia de bloque a bloque = 0,40 m

Distancia de tratamiento a tratamiento = 0,20m

Largo del tratamiento = 0,65m

Ancho de tratamiento = 0,52m

Largo de la parcela = 4,90m

Ancho de la parcela = 2,36m

2.6. DISEÑO DE CAMPO

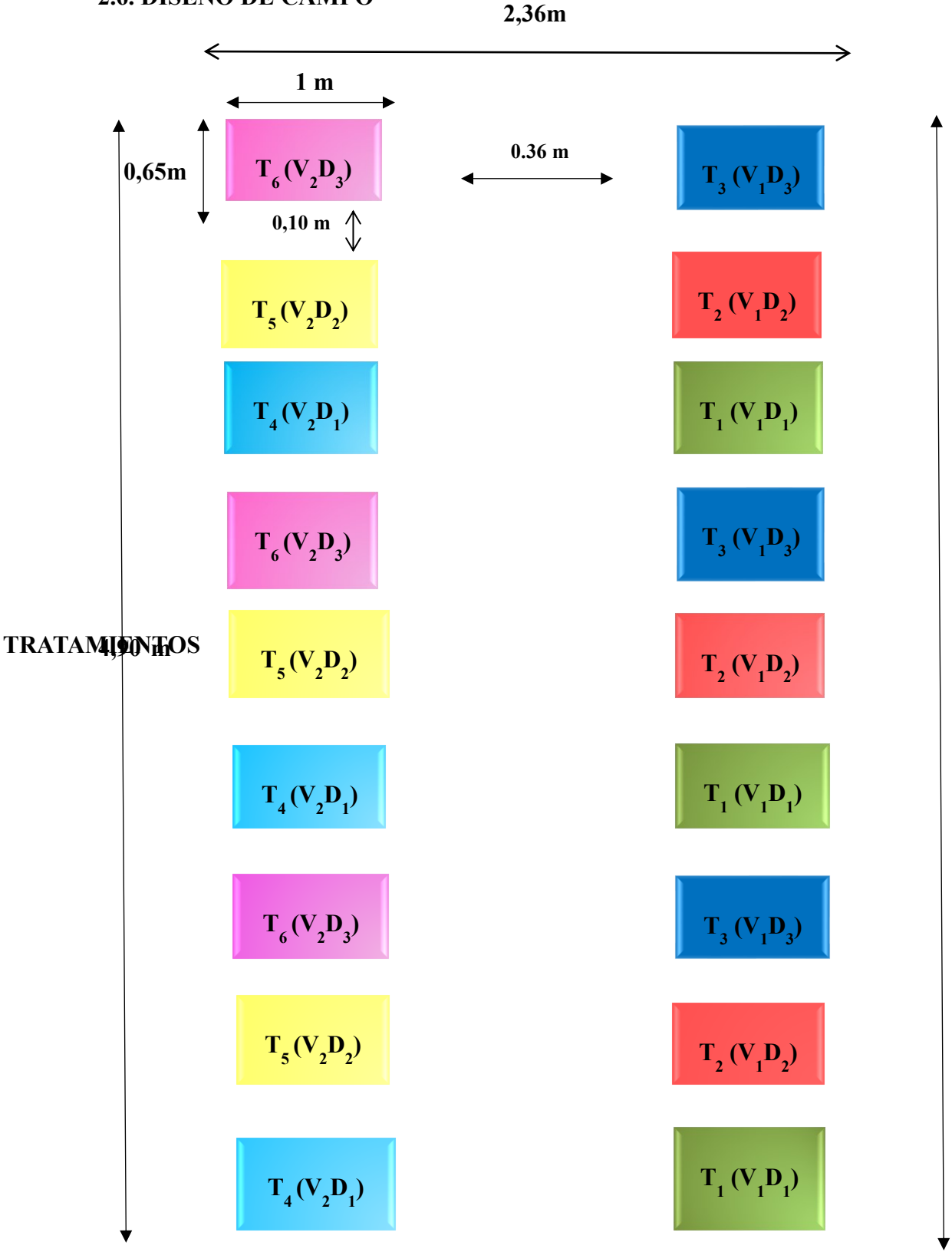
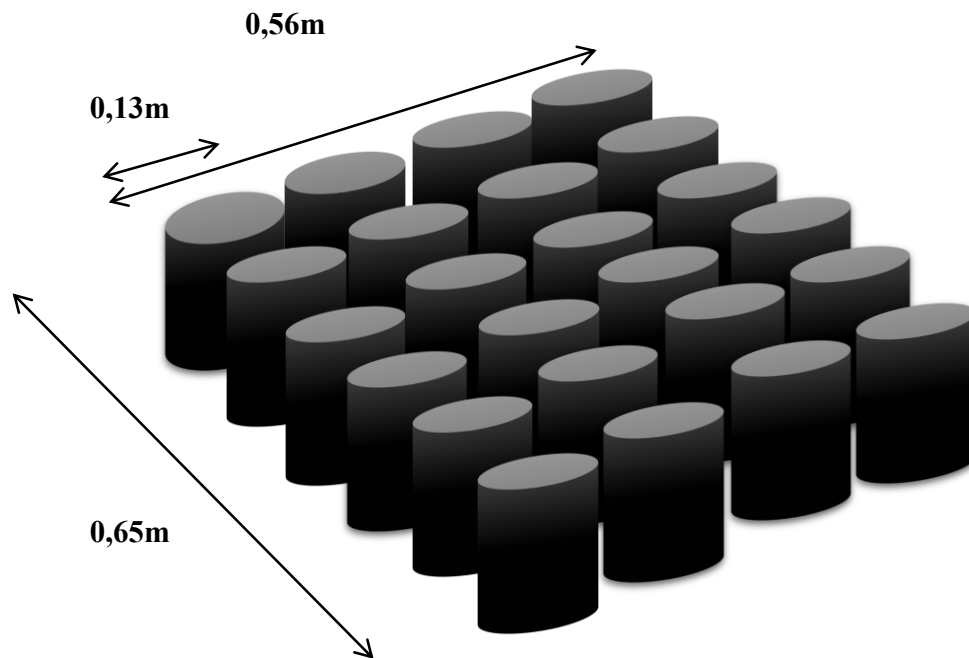


Figura N° 4: Diseño de cada unidad experimental



2.8. PROCEDIMIENTO

2.8.1 Trabajo de campo:

En la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales se contó con la infraestructura para el desarrollo del trabajo, el cual da las condiciones óptimas de temperatura y humedad para poder garantizar un buen porcentaje de germinación en el sustrato empleado, el invernadero consta de una estructura de hierro cubierto por una lámina de agro film con dimensiones establecidas, se tuvo que hacer un arreglo y se utilizó los siguientes materiales:

- Cubierta de nylon de agro film
- Tubos de hierro de 3 pulgadas

- Scoch
- Alambre
- Precinto
- Tijera
- Personal de Apoyo

2.8.2. Adquisición del material vegetativo (Semillas)

Las semillas son de procedencia del trópico de Cochabamba

2.8.3. Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato se utilizó arena fina, limo, material vegetal, estiércol caprino y humus de lombriz, el cual se emplearon en carretillas de arena, limo, tierra vegetal, etc. Después se zarandeó para eliminar todo el material no deseado, así mismo se lo procedió a la mezcla.

Una vez mezclado se procedió a llenar las bolsas (10 cm x 15 cm) con ayuda de botellas plásticas, dejando unos 5 cm para poder llegar.

Los sustratos son fundamentales para el crecimiento de las plantas, ya que proporcionan soporte, agua, aire y nutrientes. A continuación, se detallan las características cruciales teóricas, tanto físicas como químicas, de los sustratos D1, D2 y D3, basadas en la literatura científica.

Propiedades Físicas

Las propiedades físicas de un sustrato, como la densidad y la porosidad, determinan la relación entre las fases sólida, líquida (agua) y gaseosa (aire). Un buen equilibrio es crucial para el crecimiento de las raíces.

- **D1 (50% Arena + 50% Limo):** Este sustrato se caracteriza por su **alta densidad aparente y baja capacidad de retención de agua**. La arena, con sus partículas grandes y espacios porosos, facilita un **excelente drenaje y buena aireación**, lo que previene el encharcamiento y la falta de oxígeno en las raíces. Es ideal para

estudios donde se necesita un sustrato con un control preciso sobre la aireación y la disponibilidad de agua, pero carece de una fuente significativa de materia orgánica y nutrientes, lo que la hace adecuada para experimentos donde los nutrientes se aplican a través de una solución nutritiva.

El limo, con partículas más finas, mejora ligeramente la retención de humedad, pero la mezcla sigue siendo propensa a un drenaje rápido, lo que podría requerir riego más frecuente (Bures, 1997).

- **D2 (50% Tierra vegetal + 30% Limo + 20% Estiércol caprino):** La inclusión de tierra vegetal y estiércol caprino aumenta la **porosidad total** y la **capacidad de retención de agua**. El estiércol caprino, como material orgánico, mejora la estructura del suelo, reduciendo la densidad aparente y facilitando la infiltración de agua. Esta mezcla tiende a tener un **drenaje moderado** y una **buena aireación** debido a la tierra y el limo, lo que la hace adecuada para muchas especies de plantas. Esta formulación es adecuada para cultivos que requieren un suelo con buena fertilidad, sin necesidad de un drenaje extremadamente rápido.
- **D3 (50% Tierra vegetal + 40% Arena + 10% Humus de Lombriz):** Este sustrato presenta un equilibrio ideal de propiedades físicas. La arena asegura un **excelente drenaje y aireación**, previniendo la compactación. La tierra vegetal y el humus de lombriz, un material orgánico muy valorado, mejoran la **estructura del suelo**, reducen la densidad aparente y aumentan significativamente la **capacidad de retención de agua**. El humus de lombriz actúa como un **acondicionador de suelo de alto rendimiento**, mejorando la estructura, la aireación y la fertilidad del sustrato. Es una mezcla ideal para el cultivo de plantas que demandan un ambiente de crecimiento óptimo, con una fuente de materia orgánica de liberación sostenida. *El humus de lombriz crea una estructura granular que mejora la agregación de partículas, lo que beneficia tanto la aireación como la retención de humedad (Atiyeh, 2002).*

Propiedades Químicas

Las propiedades químicas, como el pH y el contenido de nutrientes, son esenciales para la nutrición de las plantas. La disponibilidad de nutrientes está directamente relacionada con estas características.

- **D1 (50% Arena + 50% Limo): Esta mezcla se enfoca en la textura del suelo.**
*Los componentes de este sustrato, la arena y el limo, son generalmente **inertes químicamente**. Por lo tanto, este sustrato tiene una **baja capacidad de intercambio catiónico (CIC)**, lo que significa que no puede retener muchos nutrientes. El pH dependerá del origen de los materiales, pero a menudo se necesita la adición de fertilizantes para proveer los nutrientes necesarios para las plantas (Nelson, 1998).*
- **D2 (50% Tierra vegetal + 30% Limo + 20% Estiércol caprino): Esta mezcla es un sustrato agrícola más completo.**
*La inclusión de estiércol caprino en la mezcla aumenta considerablemente el **contenido de nutrientes** esenciales, como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El estiércol también eleva la **capacidad de intercambio catiónico (CIC)**, lo que permite que el sustrato retenga y libere nutrientes gradualmente. El estiércol caprino suele tener un pH neutro a ligeramente alcalino, lo que puede influir en la disponibilidad de otros nutrientes (Eghiball B., 1999).*
- **D3 (50% Tierra vegetal + 40% Arena + 10% Humus de Lombriz): Esta mezcla es un sustrato mejorado con un enfoque en la calidad.**
*Este es el sustrato más rico en nutrientes debido al **humus de lombriz**. El humus no solo aporta una gran cantidad de macro y micronutrientes, sino que también tiene una **alta capacidad de intercambio catiónico (CIC)**, lo que mejora la retención de nutrientes y su disponibilidad para las raíces. El humus de lombriz tiende a tener un pH neutro, lo que lo hace ideal para la mayoría de las plantas. Además, mejora la actividad microbiana del sustrato, que es fundamental para la*

descomposición de la materia orgánica y la mineralización de nutrientes (Atiyeh, 2002).

Cuadro N° 2: Tabla de Propiedades de Sustratos

Componente	Capacidad de Retención de Agua	Porosidad/Aireación	Fertilidad (Nutrientes)	Densidad Aparente	pH Típico
Arena	Baja	Muy Alta (Drenaje rápido)	Muy Baja	Alta	Neutro a ligeramente alcalino
Limo	Media-Alta	Baja (Puede causar compactación)	Media	Media-Alta	Variable, pero a menudo neutro
Tierra Vegetal	Media	Media	Media-Alta	Media	Variable
Estiércol Caprino	Alta	Media	Muy Alta (N-P-K)	Baja	Neutro a ligeramente alcalino
Humus de Lombriz	Muy Alta	Media-Alta	Muy Alta (Completo y equilibrado)	Muy Baja	Neutro a ligeramente ácido

Fuente: Elaboración Propia

2.8.4. Preparación de la semilla

Para la preparación de las semillas, antes de realizar la siembra se usó un proceso que se conoce como pre-germinación por remojo o, más específicamente, **escarificación hídrica**. Este proceso consistió en someter las semillas de *Hibiscus sabdariffa* a un proceso de remojo en agua tibia durante 24 horas, con el objetivo de ablandar el tegumento y favorecer la imbibición.

Esta técnica rompe la latencia física característica de la especie, permitiendo una absorción uniforme de agua y oxígeno, lo que se traduce en una germinación más rápida y homogénea. Su aplicación garantiza la reducción del tiempo de emergencia y

mejora la uniformidad de plántulas, optimizando la evaluación comparativa entre variedades y condiciones de sustrato.

2.8.5. Preparación del sustrato para el llenado de las bolsas para vivero

Se preparó los sustratos utilizando arena, limo y tierra vegetal (pino) en una proporción de 50% Arena + 50% Limo para el Sustrato D1, 50% Tierra vegetal + 30% Limo + 20% estiércol caprino para el sustrato D2 y 50% Tierra vegetal + 40% Arena + 10% Humus de Lombriz para el sustrato D3.

La arena se lo trajo de un establecimiento donde los trabajadores recolectan para hacer los trabajos en el invernadero, el limo se obtuvo del río y la materia orgánica se lo obtuvo de pinos de la comunidad de río negro todo se lo llevará al invernadero para posteriormente ponerlo en las bolsas.

Una vez mezclado se procedió a llenar las bolsas (10 cm x 15 cm) con ayuda de botellas plásticas, dejando unos 5 cm para poder realizar el riego.

2.8.6. Siembra

La siembra se realizó en el punto central de cada bolsa, una semilla por bolsa, a una profundidad de entre 0,60 cm a 0,80 cm.

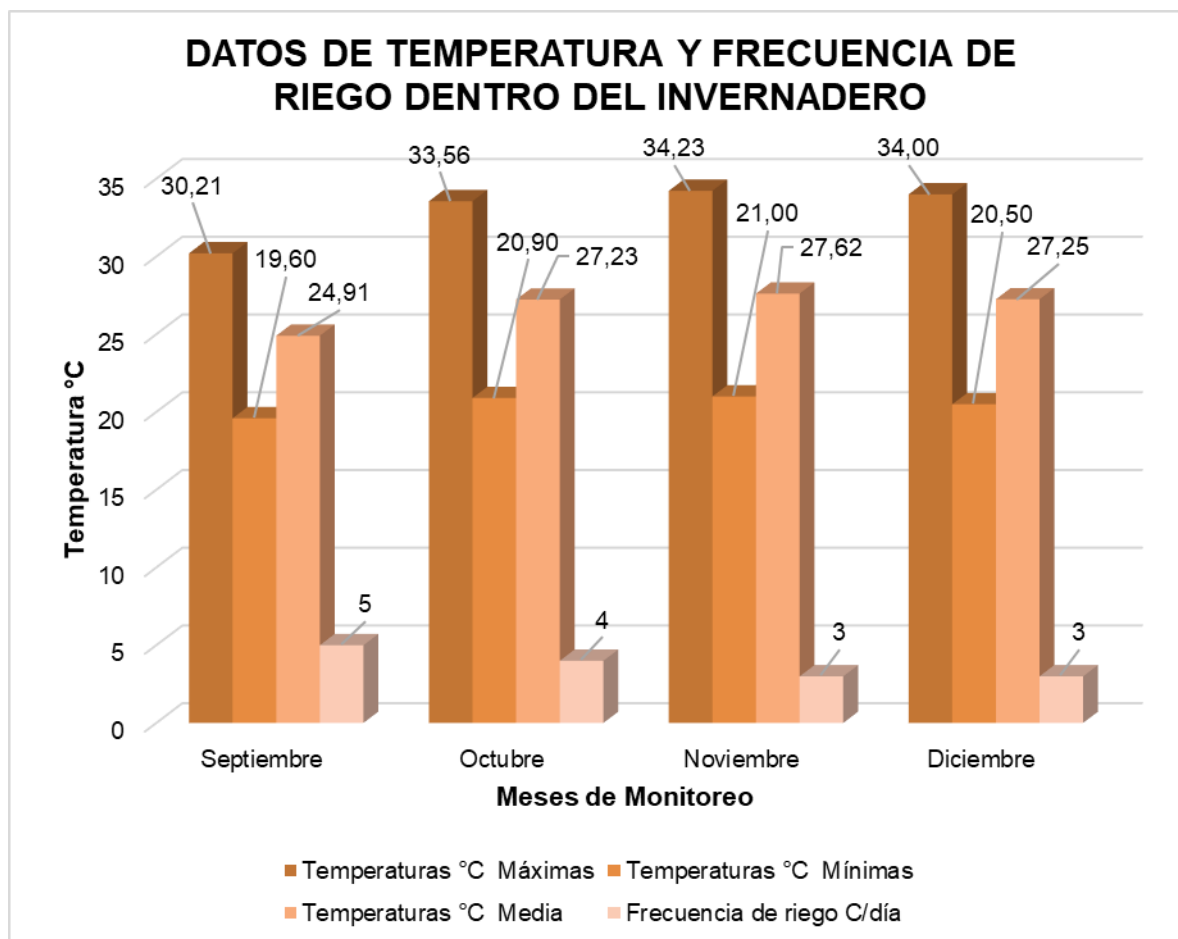
2.8.7. Deshierbe

Se realizó el desmalezado de malas hierbas que pudieran emerger en el vivero.

2.9. Datos de temperatura y frecuencia de riego dentro del invernadero

Uno de los aspectos más importantes fue el monitoreo de la temperatura en el invernadero, datos que se registraron con un “Data logger” que nos registró diariamente, temperatura máximas y mínimas, durante los cuatro meses de estudio en invernadero, se registraron una variación de temperaturas moderadas, como se puede observar en figura 1, la temperatura máxima registrada fue de 34.2 °C en el mes de noviembre y la mínima registrada fue de 19.6 °C en el mes de septiembre.

Gráfico N° 1. Datos de temperatura en el tiempo de estudio



Fuente: Elaboración Propia

El estudio se centró en el monitoreo de variables ambientales (temperatura) y de manejo (frecuencia de riego) en el cultivo de flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) bajo condiciones de invernadero, en el marco de una investigación con manejo de sustratos. Los datos presentados en la Grafico N° 1 reflejan las condiciones microclimáticas internas y la estrategia de riego durante los meses de septiembre a diciembre.

La flor de Jamaica es una especie tropical o subtropical que, en condiciones óptimas, requiere una temperatura promedio de 22 °C a 25 °C para su cultivo (Cano, 2004; Meza, 2012). La temperatura es un factor ambiental crítico que afecta la velocidad de

crecimiento, la germinación, la fotosíntesis y la absorción de agua y nutrientes (Villalobos et al., 2002).

La frecuencia de riego (veces al día) mostró un patrón decreciente desde septiembre (5 riegos/día) hasta noviembre y diciembre (3 riegos/día), con una ligera caída en octubre (4 riegos/día).

Los datos muestran que el cultivo de flor de jamaica en invernadero se desarrolló bajo condiciones de temperatura media y máxima consistentemente más altas de lo considerado óptimo para el rendimiento (22°C a 25°C). Este microclima cálido pudo haber influido en la velocidad del desarrollo del cultivo.

La estrategia de riego, caracterizada por una alta frecuencia inicial que disminuye drásticamente en los meses de mayor temperatura (noviembre y diciembre), sugiere una adaptación deliberada del manejo para controlar el crecimiento y/o desarrollo vegetativo, una práctica que busca imitar las condiciones de sequía en esta especie.

Variables a evaluar

- **Porcentaje de germinación:** El porcentaje de germinación se determinó contabilizando las semillas que desarrollaron radícula y/o hipocótilo visibles durante el periodo de evaluación. Se consideró como germinada toda semilla que mostró signos claros de activación del embrión, independientemente de si se encontraba en condiciones con sustrato o sin sustrato. El cálculo se realizó dividiendo el número de semillas germinadas entre el número total de semillas sembradas, multiplicado por 100. Este parámetro permitió evaluar la capacidad fisiológica inicial de las semillas para iniciar el proceso de desarrollo de ambas variedades.
- **Porcentaje de emergencia:** El porcentaje de emergencia se obtuvo registrando las plántulas que lograron atravesar la superficie del sustrato y mostrar cotiledones visibles. Se consideró como emergida toda plántula que alcanzó la superficie, diferenciándose así de la germinación, que solo requiere la aparición de la radícula.

El cálculo se realizó dividiendo el número de plántulas emergidas entre el número de semillas germinadas, multiplicado por 100. Este parámetro permitió evaluar la eficiencia del tránsito desde la germinación hasta el establecimiento inicial de la plántula de ambas variedades.

- **Porcentaje mortandad post-germinación:** La mortandad post-germinación se determinó contabilizando las semillas que germinaron, pero no lograron emerger o que murieron antes de establecerse como plántulas viables. Se consideró como pérdida post-germinativa toda semilla que inició el proceso de germinación, pero no alcanzó la emergencia. El cálculo se realizó dividiendo el número de muertes post-germinación entre el número de semillas germinadas, multiplicado por 100. Este parámetro permitió identificar las pérdidas ocurridas en la etapa crítica de transición entre la germinación y la emergencia entre ambas variedades.
- **Porcentaje de Imbibición:** El porcentaje de imbibición (%) mide la cantidad de agua que una semilla ha absorbido en relación con su peso original. Es un indicador directo del éxito del primer paso de la germinación. En este estudio, el porcentaje de imbibición se evaluará como una medida de la capacidad de las semillas de flor de Jamaica para absorber agua, utilizando la metodología de pesaje propuesta por Hartmann (Kester, 2002). El procedimiento consistió en pesar las semillas en estado seco y luego, tras un período de remojo de 24 horas en agua a temperatura ambiente, pesarlas nuevamente. La diferencia de peso se utilizó para calcular el porcentaje de agua absorbida en relación con el peso inicial.
Este indicador nos permite obtener una medida objetiva del potencial de germinación de las semillas de las variedades Morada (V1) y Roja (V2), correlacionando su capacidad de absorción con el posterior éxito de la emergencia en los diferentes sustratos. Un alto porcentaje de imbibición es un factor predictivo de una emergencia rápida y uniforme, lo cual es fundamental para el establecimiento de los plantines en el vivero.
- **Índice de velocidad de emergencia:** Este índice mide la rapidez con la que las plántulas emergen. Un índice alto indica que las semillas tienen un alto vigor y son

capaces de emerger de manera rápida y uniforme, incluso en condiciones ambientales desfavorables.

- **Longitud de las plántulas a los 20, 30 y 50 días:** En la toma de datos se empleó una cinta métrica para determinar la altitud en cm del tallo así identificar si el sustrato tiene incidencia, ejecutándolo a 20, 30 y 50 días después de la germinación de la investigación.
- **Número de hojas a los 20, 30 y 50 días:** Se cuenta la cantidad de hojas verdaderas (no los cotiledones) que ha desarrollado la plántula. Es un indicador del desarrollo foliar de la planta. Estos datos se tomaron, contando el número de hojas por planta, para ser tabulado en un documento Excel que se elaboró para tal efecto, ejecutándolo a 20, 30 y 50 días después de la germinación de la investigación
- **Diámetro de tallos 20, 30 y 50 días:** El diámetro de tallos a los 20, 30 y 50 días es una variable respuesta cuantitativa que describe el crecimiento radial del tallo principal en distintos momentos del desarrollo vegetativo, y constituye un parámetro clave para analizar el vigor, la estabilidad y la eficiencia fisiológica del cultivo.
- **Número en crecimiento de brotes por plántulas a los 50 días:** En el invernadero se contó el número de brotes por planta, lo que permitió, deducir el prendimiento de las mismas. Se refiere a la cantidad de brotes o tallos laterales que se desarrollan en una plántula. Esta medida puede ser un indicador de la salud y el potencial de crecimiento de la planta.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables Respuestas

3.1.1. Porcentaje de Imbibición (Absorción de agua)

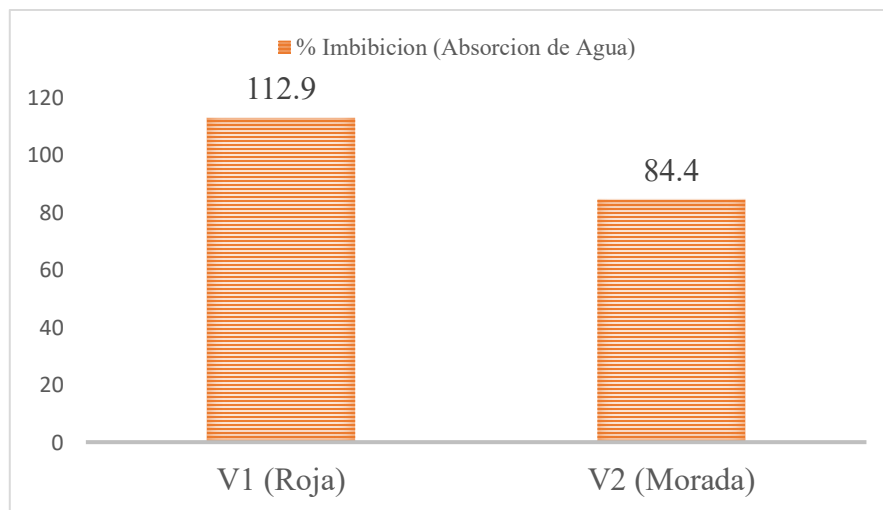
En este estudio, el porcentaje de imbibición se evaluó como una medida de la capacidad de las semillas de flor de Jamaica para absorber agua, utilizando la metodología de pesaje propuesta por Hartmann.

Cuadro N° 3: Porcentaje (%) de Imbibición (Absorción de Agua)

Porcentaje de Imbibición	
Variedades	(%)
V2 (Roja)	112,9 %
V1 (Morada)	84,4 %

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 2: Comparación del porcentaje (%) de Imbibición (Absorción de Agua)



Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 3, el tratamiento de escarificación hídrica permitió una imbibición del **112,9%** en la variedad roja de *Hibiscus sabdariffa*, lo que refleja una alta

permeabilidad del tegumento y una respuesta favorable al proceso de pregerminación. En contraste, la variedad morada alcanzó un **84,4%**, evidenciando menor absorción de agua y sugiriendo diferencias estructurales en la cubierta seminal que condicionan la eficiencia del tratamiento.

El estudio, también mostró que la variedad roja el método fue altamente efectivo (tegumento permeable, imbibición >100%), lo cual está relacionado con un tegumento más blanda y permeable, que favorece la entrada y retención de agua. *“Una alta permeabilidad de la cubierta seminal y la activación de los procesos fisiológicos que anteceden a la germinación, lo cual se considera una característica de semillas de alta calidad”* (Copeland, 1995).

La variedad morada, en cambio, evidencia que el mismo tratamiento no fue suficiente para maximizar la absorción, lo cual, está relacionado con el tegumento mucho más duro que limita la entrada de agua, lo que puede justificar explorar tratamientos adicionales (por ejemplo, escarificación mecánica o mayor tiempo de remojo). *“Las semillas de esta característica pueden poseer una cubierta seminal más dura o impermeable, una condición conocida en agronomía como dormancia física”* (Baskin, 2014).

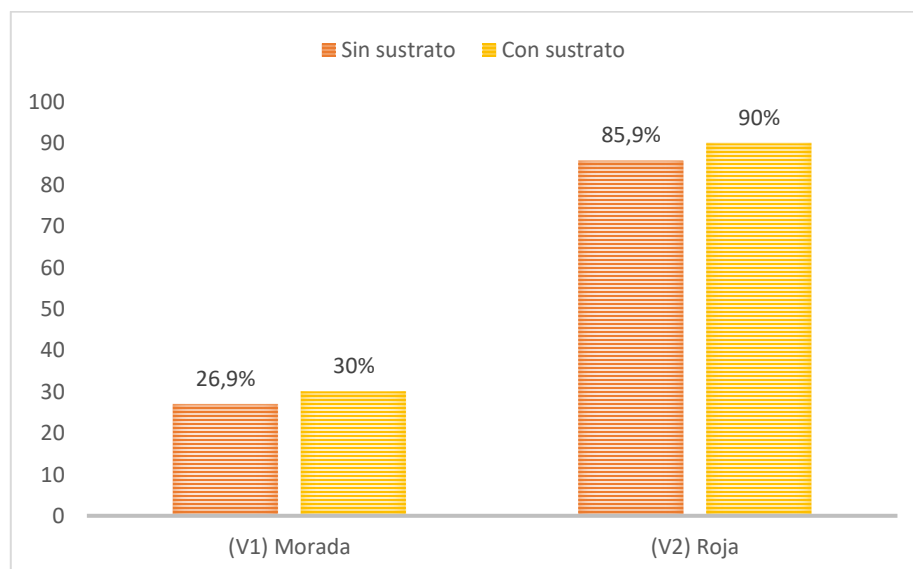
3.1.2. Porcentaje de Germinación

Cuadro N° 4: Porcentaje de germinación Campo-Laboratorio

Variedad	Condición	Semillas germinadas	% Germinación	Incremento
Morada (V1)	Sin sustrato	26,9	26,9%	3,1%
	Con sustrato	30,0	30,0%	
Roja (V2)	Sin sustrato	85,9	85,9%	4,8%
	Con sustrato	90,0	90,0%	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 3: Comparación Porcentual de germinación Campo/Laboratorio



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos evidencian una relación directa entre el porcentaje de imbibición (Cuadro N° 3) y la eficiencia germinativa en *Hibiscus sabdariffa*. La variedad roja (V2), con un 112.9% de imbibición, mostró una germinación elevada tanto sin sustrato (85,9%) como con sustrato (90,0%), lo que sugiere que la escarificación hídrica fue suficiente para romper la latencia física y activar el embrión, mientras que el sustrato aportó un incremento marginal (+4,8%) asociado principalmente a condiciones físicas más favorables para la emergencia, lo que sugiere, que **el medio optimiza la emergencia**, pero no es indispensable para esta variedad. En contraste, la variedad morada (V1) presentó una imbibición limitada (84%), reflejada en una germinación reducida sin sustrato (26,9%) y con sustrato (30,0%), con un incremento mínimo (+3,1%). Estos resultados indican que, en esta variedad, la baja permeabilidad del tegumento restringe la absorción de agua y limita la respuesta germinativa, independientemente de la presencia de sustrato, lo que indica, que el problema no está en el medio, sino en la semilla misma (baja imbibición, 84%).

Este hallazgo coincide con lo reportado por González et al. (2020), quienes observaron que en semillas de *Hibiscus sabdariffa*, una mayor tasa de imbibición se asocia con una

rápida activación enzimática y una mayor viabilidad germinativa. Asimismo, Martínez y Rivas (2018) destacaron que la permeabilidad de la testa y la estructura interna de la semilla son factores determinantes en la eficiencia de absorción hídrica y, por ende, en el éxito germinativo.

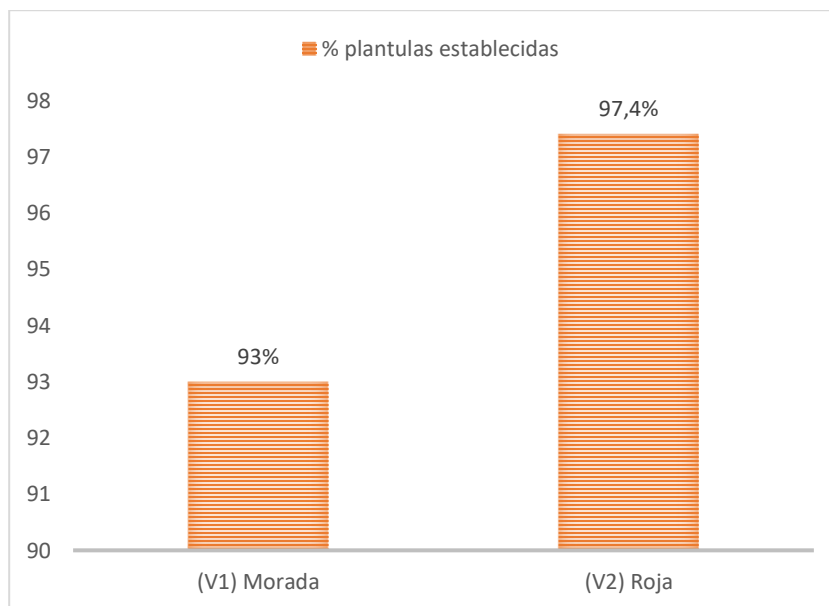
3.1.3. Porcentaje de emergencia

Cuadro N° 5: Porcentaje de emergencia de plántulas ya establecidas

Variedades	Semillas Emergidas	Semillas Germinadas	% Emergencia
Variedad Morada (V1)	27,9	30,0	93,0%
Variedad Roja (V2)	88,1	90,4	97,4%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 4: Comparación Porcentual de emergencia en campo



Fuente: Elaboración Propia

El porcentaje de emergencia obtenido en este estudio fue elevado en ambas variedades de *Hibiscus sabdariffa*, alcanzando 97.4% en la variedad roja (V2) y 93,0% en la morada (V1). Estos valores reflejan una alta eficiencia de establecimiento inicial, en concordancia con los resultados de imbibición y germinación previamente descritos.

La superioridad de la variedad roja (V2) confirma su mayor vigor fisiológico y capacidad de conversión germinativa en plántulas emergidas. Resultados similares fueron reportados por Gardarin et al. (2016), quienes señalaron que la emergencia constituye un parámetro más restrictivo que la germinación, al integrar tanto la activación del embrión como la capacidad de la plántula para atravesar el sustrato. En conjunto, los hallazgos de este estudio confirman que la emergencia es un indicador crítico para evaluar el establecimiento inicial, y que la variedad roja presenta una ventaja agronómica significativa frente a la morada (V1) bajo las condiciones evaluadas.

3.1.4. Porcentaje de Mortandad Post-germinación

El porcentaje de mortandad post-germinación representa la proporción de plántulas que, habiendo germinado exitosamente, no logran establecerse o desarrollarse durante las etapas iniciales de crecimiento. Este indicador es clave para evaluar la vigorosidad, adaptabilidad y condiciones del medio en estudios de emergencia y establecimiento.

Cuadro N° 6: Datos de campo de mortandad post- germinación total transcurridos de los 2 a 20 días

Porcentaje de Mortandad post-germinación					
Tratamientos	Repeticiones			Total	Media
	I	II	III		
T1V1D1	5	1	5	11	3,7
T2V1D2	1	1	2	4	1,3
T3V1D3	2	1	1	4	1,3
T4V2D1	4	2	2	8	2,7
T5V2D2	1	3	2	6	2,0
T6V2D3	1	3	3	7	2,3
Total	14	11	15	40	6,7

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 7: interacción variedad/sustrato en la mortandad

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	11	4	4	19	2,1

V2	8	6	7	21	2,3
Total	19	10	11	40	
X	3,2	1,7	1,8		

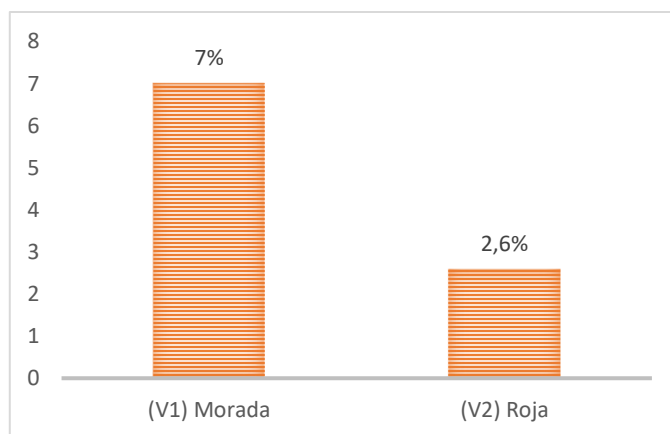
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 8: Índice de mortandad post-germinación

Variedades	Semillas germinadas	Muertes post-germinación	% Mortandad
Variedad Morada (V1)	270,0	19,0	7,0
Variedad Roja (V2)	814,0	21,0	2,6

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 5: Comparación porcentual en mortandad post-germinación



Fuente: Elaboración Propia

La tasa de mortandad post-germinación que se observa (cuadro N° 6), fue mayor en la variedad morada (V1) (7,0%) en comparación con la roja (V2) (2,6%), lo que confirma diferencias varietales en vigor y capacidad de establecimiento. Estos resultados son coherentes con los valores previamente observados de imbibición, germinación. Estos valores son inferiores a los reportados por Priyanka y Dhanavel (2021), quienes observaron pérdidas superiores al 10% en plántulas de *Hibiscus sabdariffa* sometidas a mutagénesis física y química, y se encuentran dentro del rango descrito por Amaro et al. (2020), quienes destacaron que la supervivencia depende de las condiciones del sustrato. En conjunto, los resultados sugieren que, bajo las condiciones experimentales

utilizadas, la mortandad post-germinación fue baja, reforzando la superioridad fisiológica de la variedad roja frente a la morada.

Cuadro N° 9: Análisis de Varianza de mortandad de plantas total transcurridos de los 2 a 20 días

Fuentes de variable	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	17	31,1				
Tratamientos	5	11,8	2,4	1,5	3,11	5,06
FA	1	0,2	0,2	0,1	4,75	9,33
FB	2	8,1	4,1	2,5	3,88	6,93
A/B	2	3,4	1,7	1,1	3,88	6,93
Error	12	19,3	1,6			

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de varianza factorial aplicado al porcentaje de mortandad post-germinación de *Hibiscus sabdariffa* en tres sustratos no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($F_c = 1.5 < F_{t0.05} = 3.11$), ni efectos individuales de los factores variedad ($F_c = 0.1$) y sustrato ($F_c = 2.5$). Tampoco se detectó interacción significativa entre ambos factores ($F_c = 1.1$). Estos resultados sugieren que la variabilidad observada podría deberse al error experimental o a condiciones no controladas, más que a efectos consistentes de los tratamientos aplicados.

Aunque no se alcanzó significancia estadística, se observan tendencias que podrían ser relevantes desde el punto de vista agronómico, como la menor mortandad en ciertos sustratos con mejor aireación o drenaje. Este patrón puede deberse a las Diferencias en la calidad fisiológica de las semillas, Micro variaciones (en humedad, temperatura o luz dentro del ambiente de cultivo), Inconsistencias en la aplicación del tratamiento (por ejemplo, profundidad de siembra) y Factores biológicos no medidos (presencia de hongos, bacterias, insectos).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Lima Estrada (2023), quien encontró menor mortandad en sustratos con mejor aireación, y con Hernández Torres (2017), que observó mayor supervivencia en suelos enriquecidos con vermicomposta. De

manera similar, Santoyo-de la Cruz et al. (2025) señalaron que la variabilidad en la supervivencia de jamaica puede deberse a condiciones microambientales más que a diferencias varietales. Estos hallazgos refuerzan la interpretación de que el sustrato y las condiciones de manejo influyen en la mortandad post-germinación, aunque las diferencias no siempre se reflejen en significancia estadística.

3.1.5. Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)

En este estudio, el IVE se calculó utilizando la fórmula de Maguire (1962) para cada tratamiento, proporcionando una medida cuantitativa del impacto de las diferentes variedades en la velocidad de establecimiento de las plántulas. Resultados que se mostraran en el cuadro a continuación:

Cuadro N° 10: Media de datos de campo para calcular el IVE

VARIEDAD	Días			
	2 días	10 días	15 días	20 días
Morada V1	0,7	26,7	27,2	27,9
Roja V2	6,2	77,7	82,3	88,1

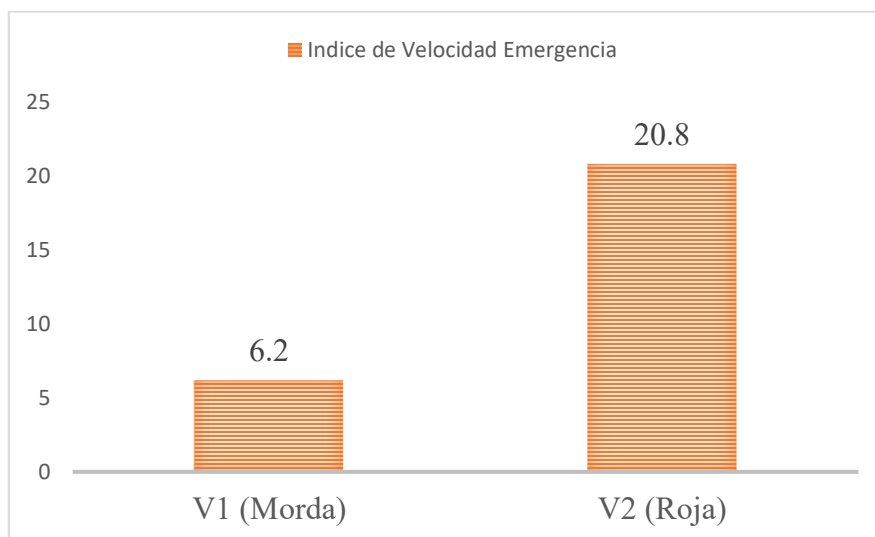
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 11: Cuadro del Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)

Índice de Velocidad de Emergencia	
Variedad	IVE
V1 (Morada)	6,2
V2 (Roja)	20,8

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 6: Grafico del Indicé de Velocidad de Emergencia



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos muestran una clara relación entre imbibición, germinación y velocidad de emergencia en *Hibiscus sabdariffa*. La variedad roja (V2), con un 112.9% (Cuadro N° 3) de imbibición, alcanzó un 90,0% de germinación (Cuadro N° 4) y un IVE promedio de 20.8, confirmando que la permeabilidad del tegumento favorece la activación metabólica y la emergencia rápida. En contraste, la variedad morada (V1), con 84,4% de imbibición (Cuadro N° 3), apenas logró 30,0% de germinación (Cuadro N° 4) y un IVE de 6.2, evidenciando una respuesta fisiológica limitada. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Domínguez-Domínguez et al. (2007), quienes demostraron que la cinética de imbibición condiciona la germinación en jamaica, y con Díaz Arias & Romero Otálora (2019), quienes observaron diferencias varietales en la germinación bajo distintos sustratos.

El desempeño de la variedad roja muestra que posee el vigor necesario para un establecimiento rápido, lo cual es una ventaja competitiva clave en los cultivos. “*Esta rapidez permite a la plántula evitar enfermedades de la fase inicial, superar la competencia de malezas y maximizar la absorción de recursos como la luz solar y los nutrientes desde el primer momento*”, tal como lo señala Maguire (1962) en su trabajo.

3.1.5. Análisis de emergencia de plántulas

3.1.5.1. Análisis descriptivo emergencia de plántulas en periodo transitorio

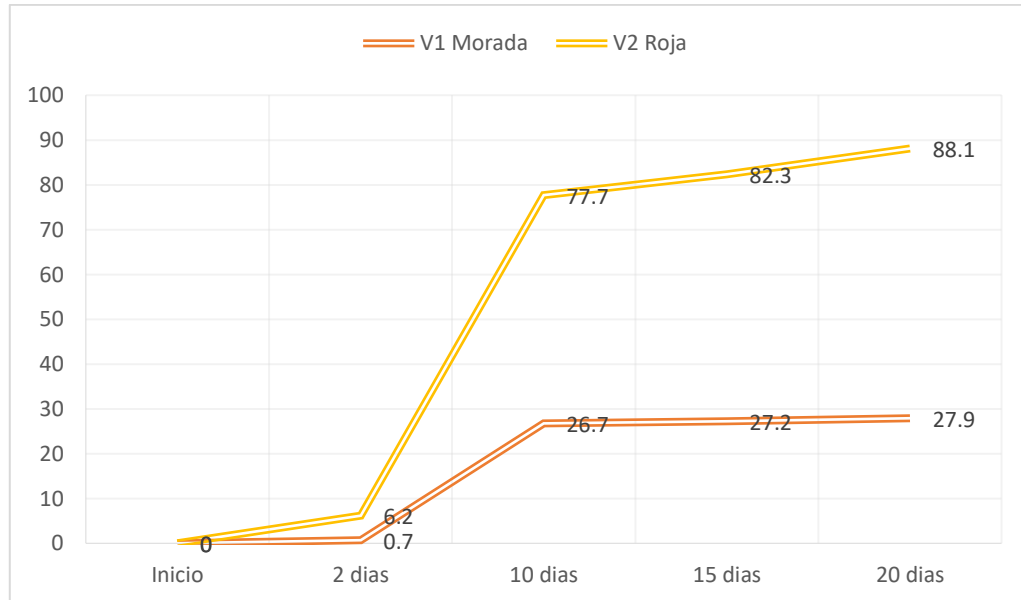
La evaluación se realizó mediante el registro del número de plántulas emergidas en los 2, 10, 15 y 20 días después de la siembra (DDS). El análisis tiene como objetivo generar resultados preliminares y el comportamiento de las dos variedades de hibiscos.

Cuadro N° 12: Descriptivo de emergencia de plántulas en total

Plantas Emergidas Por Días								
Variedad	Tratamientos	2 días	10 días	15 días	20 días	Total	$\bar{X}$ / tratamientos	T/V
V1	T1 = V1D1	1,7	22,0	23,0	24,7	71,3	17,8	82,4
	T2 = V1D2	0,0	20,0	20,0	20,3	60,3	15,1	
	T3 = V1D3	0,3	38,0	38,7	38,7	115,7	28,9	
Media		0,7	26,7	27,2	27,9	82,4		
Total		2,0	80,0	81,7	83,7	247,3		
V2	T4 = V2D1	16,0	77,7	80,0	86,7	260,3	65,1	254,3
	T5 = V2D2	0,3	78,3	83,7	88,0	250,3	62,6	
	T6 = V2D3	2,3	77,0	83,3	89,7	252,3	63,1	
Media		6,2	77,7	82,3	88,1	254,3		
Total		18,7	233,0	247,0	264,3	763,0		
Suma total						1010,3		

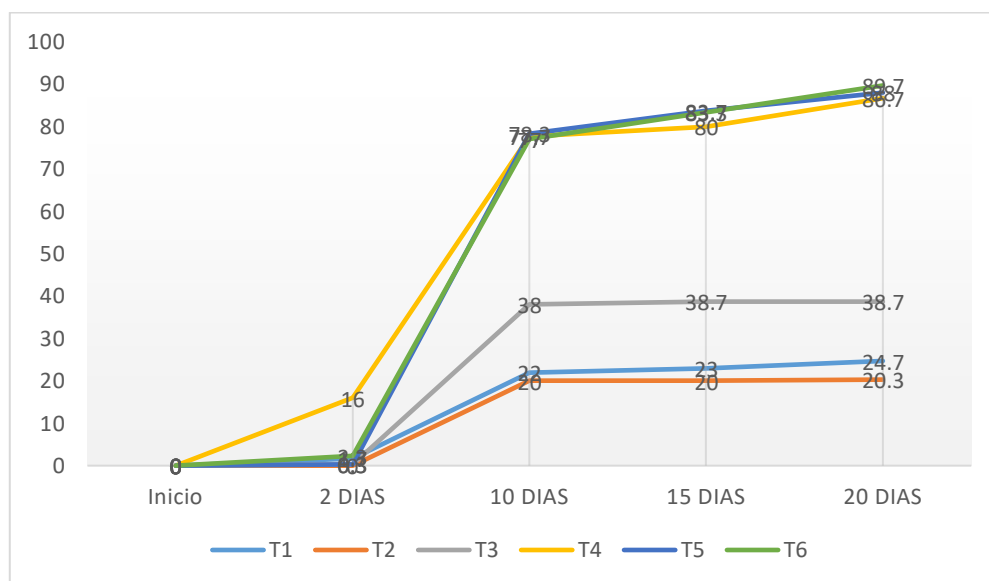
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 7: Curva de tiempo-respuesta de emergencia de plántulas entre variedades



Fuente: Elaboracion Propia

Gráfico N° 8: Curva de tiempo-respuesta de emergencia de plántulas entre tratamientos



Fuente: Elaboracion Propia

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en la dinámica de emergencia de plántulas entre las variedades evaluadas. La variedad roja (V2) presentó una emergencia acumulada superior en todos los intervalos de tiempo, alcanzando una media total de 254.3 plántulas emergidas, mientras que la variedad morada (V1) registró 82.4. Esta diferencia refleja una mayor eficiencia fisiológica y capacidad de establecimiento en la variedad roja, lo cual es coherente con sus valores superiores de imbibición, germinación y velocidad de emergencia.

En términos temporales, la variedad roja mostró una emergencia sostenida y progresiva: desde 6.2 plántulas en el día 2, hasta 88.1 en el día 20. En contraste, la variedad morada presentó una emergencia más tardía y limitada, con apenas 0.7 plántulas en el día 2 y un máximo de 27.9 en el día 20. Este patrón sugiere que la variedad roja posee un mayor vigor inicial y una mejor adaptación al sustrato, mientras que la morada muestra una emergencia más restringida y dependiente del tiempo.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Rosado Coraizaca (2020), quien observó que los tratamientos con abonos orgánicos incrementaron significativamente la emergencia de plántulas en flor de Jamaica, alcanzando porcentajes superiores al 85%. En su estudio, los tratamientos sin fertilización apenas superaron el 60%, lo que indica que tanto el genotipo como las condiciones del sustrato influyen directamente en el éxito del establecimiento. En el presente trabajo, la variedad roja superó el umbral del 88% de emergencia acumulada, incluso bajo condiciones controladas, lo que refuerza su potencial agronómico.

Asimismo, Gardarin et al. (2016) destacan que la emergencia es un parámetro más restrictivo que la germinación, ya que implica no solo la activación del embrión, sino también la capacidad de la plántula para atravesar el sustrato.

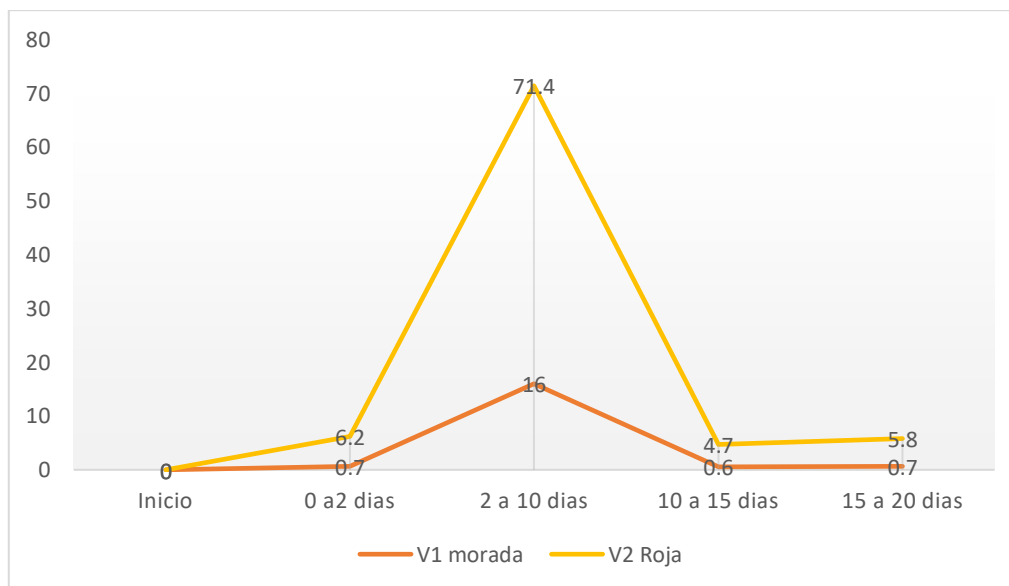
3.1.5.2. Análisis descriptivo emergencia de plántulas en periodo transitorio

Cuadro N° 13: Análisis descriptivo del promedio emergencia de plántulas por intervalos de días

Plantas Emergidas acumuladas Por Días								
Variedad	Tratamientos	0 a 2 días	2 a 10 días	10 a 15 días	15 a 20 días	Total	$\bar{x}$ /tratamiento	total/V
V1	T1 = V1D1	1,7	20,3	1,0	1,7	24,7	6,2	27,9
	T2 = V1D2	0,0	20,0	0,0	0,3	20,3	5,1	
	T3 = V1D3	0,3	37,7	0,7	0,0	38,7	9,7	
Media		0,7	26,0	0,6	0,7	27,9		
Total		2,0	78,0	1,7	2,0	83,7		
V2	T4 = V2D1	16,0	61,7	2,3	6,7	86,7	21,7	88,1
	T5 = V2D2	0,3	78,0	5,3	4,3	88,0	22,0	
	T6 = V2D3	2,3	74,7	6,3	6,3	89,7	22,4	
Media		6,2	71,4	4,7	5,8	88,1		
Total		18,7	214,3	14,0	17,3	264,3		
Suma total						348,0		

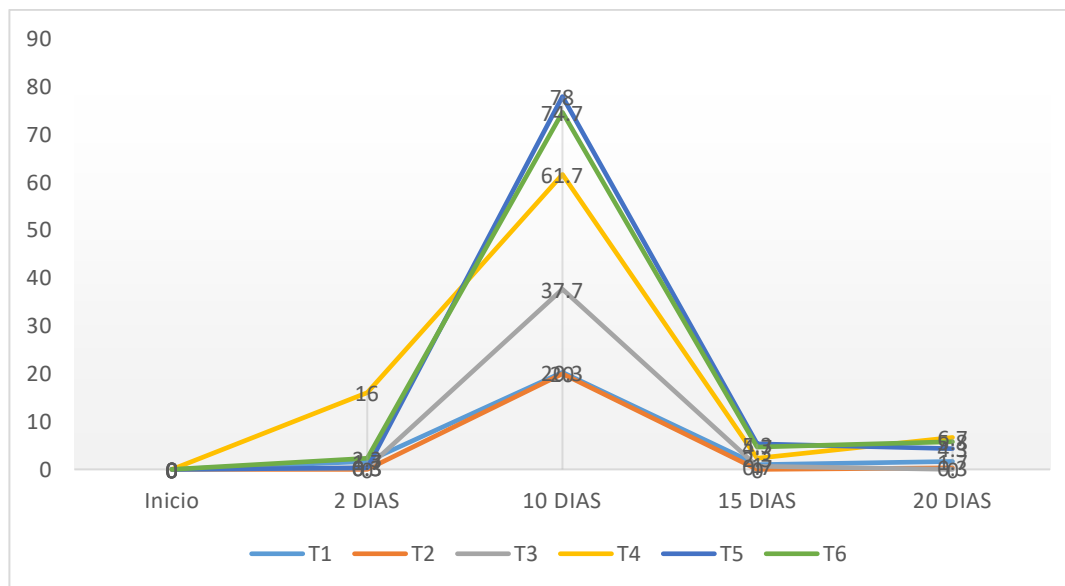
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 9: Curva tiempo-respuesta de emergencia de plántulas por cada intervalo de días por variedades



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 10: Curva tiempo-respuesta de emergencia de plántulas por cada intervalo de días por tratamientos



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en este punto muestran diferencias claras en la dinámica de emergencia de plántulas entre las variedades evaluadas, cuando se analizan por intervalos de tiempo. La variedad roja (V2) presentó una emergencia más rápida y sostenida, mientras que la variedad morada (V1) mostró una emergencia tardía y limitada.

En el intervalo de 0 a 2 días, V2 alcanzó una media de 6.2 plántulas emergidas, mientras que V1 apenas registró 0.7. Esta diferencia inicial sugiere que la variedad roja posee un mayor vigor fisiológico y capacidad de activación temprana del embrión. En el intervalo de 2 a 10 días, V2 mantuvo una emergencia elevada (71.4), superando ampliamente a V1 (26.0), lo que indica una eficiencia superior en el establecimiento inicial. En los intervalos posteriores (10 a 15 días y 15 a 20 días), V2 continuó mostrando emergencia sostenida (4.7 y 5.8 respectivamente), mientras que V1 se mantuvo en valores bajos (0.6 y 0.7), reflejando una curva de emergencia más restringida.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Rosado Coraizaca (2020), quien observó que los tratamientos con abonos orgánicos incrementaron significativamente la emergencia de plántulas en flor de Jamaica, alcanzando porcentajes superiores al 85%. En su estudio, los tratamientos sin fertilización apenas superaron el 60%, lo que indica que tanto el genotipo como las condiciones del sustrato influyen directamente en el éxito del establecimiento. En el presente trabajo, la variedad roja superó el umbral del 88% de emergencia acumulada, incluso bajo condiciones controladas, lo que refuerza su potencial agronómico.

Gardarin et al. (2016) señalan que la emergencia es un parámetro más restrictivo que la germinación, ya que implica no solo la activación del embrión, sino también la capacidad de la plántula para atravesar el sustrato

Sanchez G., (2019), en su investigación sobre el cultivo de la jamaica, señala que la emergencia de las plántulas en condiciones controladas comienza alrededor del día 5 y se completa cerca del día 15.

La superioridad de la Variedad 2 en la emergencia es un hallazgo importante. Autores como Tomala (2021) también encontraron que las variedades de jamaica exhiben un comportamiento diferenciado en su emergencia y crecimiento inicial. Esto te permite concluir que la Variedad 2 es una mejor opción para asegurar un buen porcentaje de plántulas desde el inicio.

3.1.5.4. Análisis de varianza (ANVA) en la Emergencia de Plántulas a los 10 días:

Este análisis se realizó para determinar el efecto estadístico de los factores principales (Variedad y Sustrato) y la interacción entre ellos sobre la emergencia de las plántulas a los 10 días después de la siembra (DDS).

La emergencia de las plántulas fue sometido a un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con un diseño experimental completamente al azar (DCA), empleando un software estadístico (Excel.).

Cuadro N° 14: Numero de Plantas Emergidas a los 10 días

Emergencia de plántulas a los 10 días					
Tratamientos	Repeticiones			Total	Media
	I	II	III		
T1V1D1	28	21	17	66	22,0
T2V1D2	21	24	15	60	20,0
T3V1D3	15	28	71	114	38,0
T4V2D1	86	75	72	233	77,7
T5V2D2	69	85	81	235	78,3
T6V2D3	78	72	81	231	77,0
Total	297	305	337	939	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 15: Relación Variedad/Sustrato en emergencia de plántulas

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	66	60	114	240	26,7
V2	233	235	231	699	77,7
Total	299	295	345	939	
X	49,8	49,2	57,5		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 16: Análisis de Varianza (ANOVA) en la emergencia de plántulas

Fuentes de variable	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	17	14402,5				
Tratamientos	5	12291,2	2458,2	19,1**	3,11	5,06
FA	1	11704,5	11704,5	91,0**	4,75	9,33
FB	2	257,3	128,7	1,0	3,88	6,93
A/B	2	329,3	164,7	1,3	3,88	6,93
Error	12	2111,3	175,9			

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de varianza realizado sobre los datos de emergencia de plántulas mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. El factor principal (FA), correspondiente a la variedad, presentó un valor de F calculado ($F_c = 91.0$) muy superior al valor crítico ($F_t = 4.75$ para $p \leq 0.05$ y $F_t = 9.33$ para $p \leq 0.01$), lo que indica que las diferencias entre variedades fueron estadísticamente significativas al 1% de

probabilidad. Esto confirma que el comportamiento fisiológico entre la variedad morada (V1) y la roja (V2) fue marcadamente distinto en términos de emergencia.

Por otro lado, el factor secundario (FB), correspondiente al tipo de sustrato o tratamiento específico, no presentó diferencias significativas ($F_c = 1.0 < F_t = 3.88$), lo que sugiere que las variaciones entre los niveles de este factor no influyeron de manera significativa en la emergencia de plántulas. De igual forma, la interacción entre factores (A/B) tampoco fue significativa ($F_c = 1.3 < F_t = 3.88$), lo que indica que el efecto del sustrato no dependió del tipo de variedad utilizada.

Estos resultados refuerzan la interpretación previa basada en los promedios acumulados por día e intervalos, donde la variedad roja mostró una emergencia más rápida, sostenida y eficiente, mientras que la morada presentó un patrón más restringido y tardío. La significancia estadística del factor variedad valida la superioridad fisiológica de V2, como también lo sugieren los estudios de Rosado Coraizaca (2020), Gardarin et al. (2016) y Tandoh et al. (2021), quienes destacan que el genotipo es determinante en la velocidad y éxito del establecimiento inicial.

En conjunto, el ANOVA confirma que la variedad roja posee ventajas agronómicas significativas en términos de emergencia, independientemente del tratamiento aplicado, lo que la posiciona como una opción más eficiente para condiciones similares.

3.1.5.4.1. Prueba de Tukey HSD para los tratamientos al 5%

$$(5\%) = q * \sqrt{CME/r} = 36$$

Cuadro N° 17: Agrupación de los Tratamientos en el Porcentaje de Emergencia (20 días)

Tratamientos	Medias	Significación
		0,05
T5	78,33	A
T4	77,67	A
T6	77	A
T3	38	B
T1	22	B

T2	20	B
Valores de Tabla		4,75
TUKEY		36

Fuente: Elaboración Propia

Según la prueba de comparación múltiple de Tukey (rango = 36), los tratamientos se agrupan en dos categorías significativamente distintas. El grupo A, conformado por T1 (V1 + D1 (Arena +Limo)), T2 (V1 + D2 (Tierra vegetal + Limo + Estiércol Caprino)) y T3 (V1 + D2 (Tierra vegetal + Limo + Humus)), presentó medias de emergencia significativamente inferiores, mientras que el grupo B, compuesto por T4 (V1 + D1 (Arena +Limo)), T5 (V2 + D2 (Tierra vegetal + Limo + Estiércol Caprino)) y T6 (V2 + D2 (Tierra vegetal + Limo + Estiércol Caprino)), mostró medias superiores y homogéneas entre sí. Esta separación estadística confirma que los tratamientos asociados a la variedad roja (V2) presentan una emergencia acumulada significativamente mayor que los de la variedad morada (V1), reforzando los resultados obtenidos en el análisis de varianza.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Rosado Coraizaca (2020), quien observó que los tratamientos con abonos orgánicos incrementaron significativamente la emergencia de plántulas en flor de Jamaica, alcanzando porcentajes superiores al 85%. En su estudio, los tratamientos menos eficientes apenas superaron el 60%, lo que refuerza la importancia del genotipo en el éxito del establecimiento inicial. En el presente trabajo, la variedad roja superó el umbral del 88% de emergencia acumulada, incluso bajo condiciones controladas, lo que confirma su potencial agronómico.

3.1.5.4.2. Prueba de Tukey HSD para el Factor A (Variedades) al 5%

$$(5\%) = q_{\alpha,k,gl} * \sqrt{CME/n} = 23,6$$

Cuadro N° 18: Agrupación de medias del Factor A (variedad) (10 días)

FA	Medias	Significación
		0,05
V2	77,7	A
V1	26,7	B
Valores de Tabla	3,08	
TUKEY	23,6	
DM	4,1	

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticamente significativas en la emergencia de plántulas entre las variedades evaluadas. La variedad roja (V2) presentó una media de emergencia de 77.7, mientras que la variedad morada (V1) alcanzó apenas 26.7. Según la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% (rango crítico = 23.6), estas medias se agrupan en categorías distintas: V2 en el grupo A y V1 en el grupo B, lo que indica que la diferencia entre ambas variedades es significativa.

Esta separación estadística valida los resultados observados en los análisis descriptivos y de varianza previos, donde la variedad roja mostró una emergencia más rápida, sostenida y eficiente en todos los intervalos de tiempo. La superioridad fisiológica de V2 se refleja no solo en su mayor número de plántulas emergidas, sino también en su consistencia entre tratamientos y días evaluados.

Gardarin et al. (2016) destaca que la emergencia es un parámetro más restrictivo que la germinación, ya que implica tanto la activación del embrión como la capacidad de la plántula para atravesar el sustrato. La consistencia de V2 en todos los tratamientos y días evaluados respalda esta afirmación y posiciona a la variedad roja como una opción fisiológicamente superior para condiciones similares.

3.1.5.5. Análisis de varianza (ANVA) en la Emergencia de Plántulas a los 20 días:

Este análisis se realizó para determinar el efecto estadístico de los factores principales (Variedad y Sustrato) y la interacción entre ellos en la emergencia final de las plántulas a los 20 días después de la siembra (DDS).

Cuadro N° 19: Numero de Plantas Emergidas a los 20 días

Tratamientos	Repeticiones			Total	Media
	I	II	III		
T1V1D1	35	21	18	74	24,7
T2V1D2	21	24	16	61	20,3
T3V1D3	17	28	71	116	38,7
T4V2D1	88	85	87	260	86,7
T5V2D2	85	90	89	264	88,0
T6V2D3	91	87	91	269	89,7
Total	337	335	372	1044	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 20: Relación Variedad/Sustrato en emergencia de plántulas

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	74	61	116	251	27,8
V2	260	264	269	793	88.1
Total	334	325	385	1044	
X	55.7	54.16	64,16		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 21: Análisis de Varianza (ANOVA) en la emergencia de plántulas

Fuentes de variable	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	17	18740,0				
Tratamientos	5	16884,7	3376,9	21,8**	3,11	5,06
FA	1	16320,2	16320,2	105,6**	4,75	9,33
FB	2	349,0	174,5	1,1	3,88	6,93
A/B	2	215,4	107,7	0,7	3,88	6,93
Error	12	1855,3	154,6			

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 21. El análisis de varianza (ANOVA), demuestra que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos y variedad.

En el factor FA (Variedades), vemos que el valor de Fc (105,6) es mucho mayor que el valor crítico de F al 1% (9,33). Esto indica que también existe una diferencia significativa del 99% entre las variedades V1 y V2. Una variedad tiene una tasa de emergencia significativamente mayor que la otra.

Por otro lado, el factor FB (Sustratos), el valor de Fc (1,1) es menor que el valor crítico de F al 5% (3,88). Esto indica que no existe una diferencia significativa entre los diferentes sustratos o al menos 95% son similares, es así que la tasa de emergencia no varía significativamente entre los sustratos D1, D2 y D3.

Siguiendo con la interacción A/B el valor de Fc (0,7) es menor que el valor crítico de F al 5% (3,88). No existe una interacción estadísticamente significativa entre las variedades de Jamaica y los sustratos en ninguno de los niveles de significancia evaluados. Esto sugiere que el efecto de una variedad de Jamaica sobre la variable de respuesta es consistente a través de los diferentes sustratos (y viceversa).

3.1.5.5.1. Prueba de Tukey HSD para los tratamientos al 5%

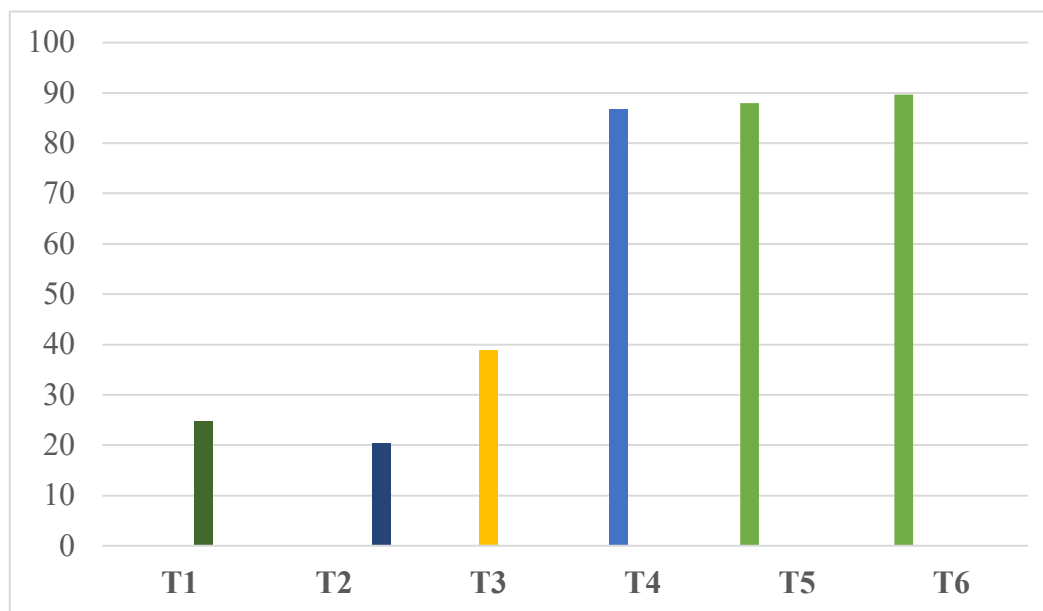
$$(5\%) = q * \sqrt{CME/r} = 39,09$$

Cuadro N° 22: Agrupación de los Tratamientos en el Porcentaje de Emergencia (20 días)

Tratamientos	Medias	Significación
		5%
T6	89,7	A
T5	88,0	A
T4	86,7	A
T3	38,7	B
T1	24,7	C
T2	20,3	C
Valores de Tabla		4,75
TUKEY		39,09

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 11: Comparación de medias de los tratamientos, resultado del ANOVA.



Fuente: Elaboración Propia

La prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% (rango crítico = 39.09) permitió agrupar los tratamientos en tres categorías significativamente distintas. El grupo A, conformado por T4 (V2 (Roja) + D1 (Arena + limo)) (86,7), T5 (V2 (Roja) + D2 (Tierra Vegetal + limo + Estiércol caprino)) (88,0) y T6 (V2 (Roja) + D3 (Tierra Vegetal + limo + humus)) (89,7), presentó las medias más altas de emergencia acumulada, sin diferencias significativas entre ellos. El grupo B, representado por T3 (V1 (morada) + D3 (Tierra Vegetal + limo + humus)) (38,7), mostró una media intermedia, significativamente inferior al grupo A, pero superior al grupo C. Finalmente, el grupo C, compuesto por T1 (V1 (morada) + D1 (Arena + limo)) (24,7) y T2 (V1 (morada) + D2 (Tierra Vegetal + limo + Estiércol caprino)) (20,3), presentó las medias más bajas, sin diferencias significativas entre sí. Esta agrupación estadística confirma la superioridad de los tratamientos asociados a la variedad roja (V2) frente a los de la variedad morada (V1), reforzando los resultados obtenidos en el análisis de varianza y en la dinámica de emergencia por días.

3.1.5.5.2. Prueba de Tukey HSD para el Factor A (Variedades) al 5%

$$(5\%) = q_{\alpha, k, gl} * \sqrt{CME/n} = 22,1$$

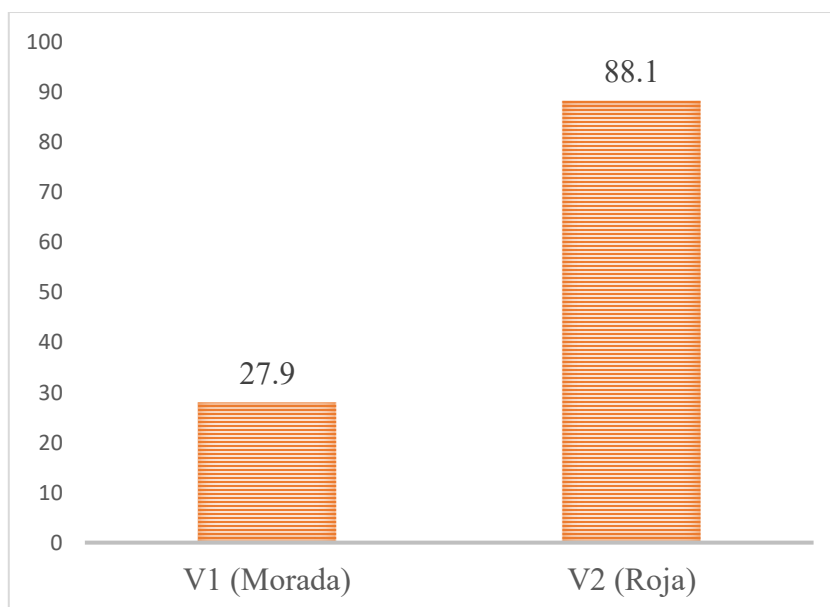
Cuadro N° 23: Agrupación de medias del Factor A (variedad) (20 días)

FA	Medias	Significación
		0,05
V2	88,1	A
V1	27,9	B
Valores de Tabla	3,0	
TUKEY	22,1	
DM	4,1	

Fuente: Elaboración Propia

En el Cuadro N° 23, La media de la Variedad 2 (V2) es de 88,1, mientras que la media de la Variedad 1 (V1) es de 27,9. Esto indica que V2 tiene una tasa de emergencia de plántulas mucho mayor que V1.

Gráfico N° 12: Comparación de medias del factor A (variedades) en emergencia de plántulas.



Fuente: Elaboración Propia

El estudio encontró que la germinación se mantuvo constante entre los sustratos, una conclusión que es validada por el análisis estadístico, aunque la tasa de emergencia varió drásticamente entre las variedades. Esto es coherente con la literatura que sugiere que la germinación de semillas, *en condiciones óptimas de humedad y temperatura, está determinada principalmente por la viabilidad intrínseca de la semilla y la genética de la variedad, más que por las propiedades del sustrato* (Hartmann, 1997). La notable diferencia en el porcentaje de emergencia entre la Variedad Roja (88,1%) y la Variedad Morada (27,9%).

Según Soria (2013). La superioridad de la Variedad 2 en la emergencia demuestra un mayor vigor de la semilla. El vigor es una característica genética que influye en la velocidad y el éxito de la germinación bajo diversas condiciones.

3.1.6. Crecimiento Longitudinal (Altura de Planta)

El monitoreo de la altura en intervalos de tiempos específicos de 20, 30 y 50 (DDS) .

3.1.6.1. Análisis Descriptivo del Crecimiento en Altura

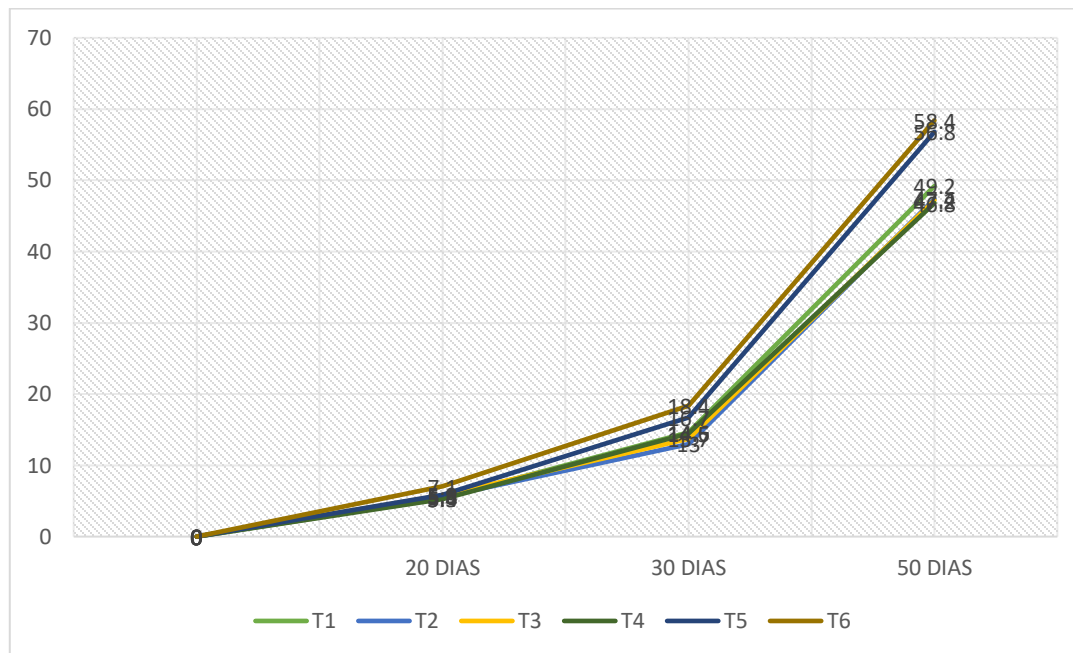
Este análisis tiene como objetivo caracterizar el comportamiento de la altura de las dos variedades (V1: Morada y V2: Roja) bajo los tres sustratos (D1, D2, D3).

Cuadro N°24: Crecimiento de plantas (cm)

Crecimiento de plantas (cm)					
Tratamientos	20 días	30 días	50 días	Total	Media
T1-V1D1	5,4	14,6	49,2	69,2	23,1
T2-V1D2	5,6	13,0	47,4	65,9	22,0
T3-V1D3	5,8	13,7	47,2	66,8	22,3
T4-V2D1	5,3	14,5	46,8	66,6	22,2
T5-V2D2	5,9	16,7	56,8	79,4	26,5
T6-V2D3	7,1	18,4	58,4	83,8	27,9
Total	35,2	90,9	305,6	431,7	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 13: Curva de comparación de altura de plantas por días



Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el cuadro de datos N° 21, la Variedad 2 (V2) exhibió consistentemente un mayor crecimiento de medición. En particular, el tratamiento T6 (Variedad 2 (V2) con Sustrato 3 (D3)) registró la mayor altura final, alcanzando un crecimiento de 83,8 cm seguido el T5 (V2D2), T4 (V2D1) y T3 (V1D3), que a pesar el T3 corresponde a la (V1) muestra un crecimiento final muy alto comparado al T2 (V1D2) y T1 (V1D1) que pertenecen a la misma (V1). Este desempeño superior se debe principalmente al vigor genético intrínseco entre (V2) y (V1) y la calidad del sustrato que se mostrara en un análisis estadístico más adelante.

En el Grafico N° 11, las curvas de crecimiento con los tratamientos se superponen o están muy juntas. El crecimiento inicial es bajo (alrededor de 5 a 10 cm) en los primeros días. Rodriguez Perez (2020) señala que las primeras semanas de la jamaica están dominadas por el desarrollo radicular. La baja altura a los 20 días es normal y es menos sensible a las diferencias de sustrato y variedad, ya que los requerimientos

nutrimentales y de espacio aún no son limitantes. Esta es la fase de establecimiento en donde la planta está enfocando su energía en el desarrollo radical (raíz) y adaptándose al nuevo sustrato y condiciones ambientales.

Las curvas se disparan y se separan claramente, especialmente entre los días 30 y 50. Se observa la mayor tasa de crecimiento (pendiente más inclinada). En donde el T6 (V2D3) y T5 (V2D2) muestran consistentemente las mayores alturas. Así mismo los T1 (V1D1) y T2 (V1D2) muestran las menores alturas. Esta es la fase de crecimiento exponencial, donde las diferencias genéticas (Variedad) y de calidad del medio (Sustrato) se manifiestan con mayor fuerza. La planta demanda activamente nutrientes y agua para construir biomasa aérea.

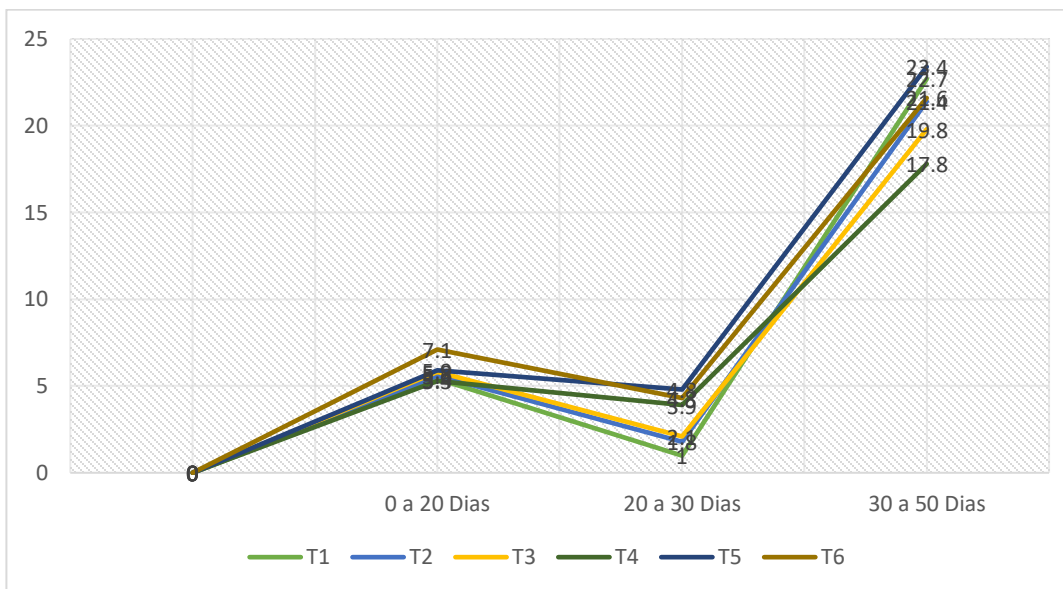
3.1.6.2. Análisis Descriptivo del Crecimiento en Altura en días acumulados

Cuadro N° 25: Crecimiento de plantas (cm) en intervalos

Crecimiento de plantas (cm) en intervalos de días					
Tratamientos	0 a 20 días	20 a 30 días	30 a 50 días	Total	Media
T1-V1D1	5,4	1,0	22,7	29,1	9,7
T2-V1D2	5,6	1,8	21,4	28,8	9,6
T3-V1D3	5,8	2,1	19,8	27,7	9,2
T4-V2D1	5,3	3,9	17,8	27,0	9,0
T5-V2D2	5,9	4,8	23,4	34,2	11,4
T6-V2D3	7,1	4,3	21,6	32,9	11,0
Total	35,2	17,8	126,6	179,6	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 14: Curva de comparación de altura de plantas por intervalos de días



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que se muestra en el cuadro N° 25, la Variedad 1 (V1), en promedio, presenta un crecimiento total de 29,1 cm (T1), 28,8 cm (T2) y 27,7 cm (T3). Su crecimiento medio diario oscila entre 9,2 y 9,7 cm. La Variedad 2 (V2), en promedio, muestra un crecimiento total de 27,0 cm (T4), 34,2 cm (T5) y 32,9 cm (T6). Su crecimiento medio diario va desde 9,0 hasta 11,4 cm. Para la Variedad 1 (V1), el sustrato D1 (Arena + limo.) y D2 (Tierra vegetal + limo + estiércol caprino) resultan en crecimientos totales muy similares (29,1 cm y 28,8 cm, respectivamente), ligeramente superiores a D3 (Tierra vegetal + limo + humus) con 27,7 cm. Para la Variedad 2 (V2), el sustrato D2 (T5) genera el mayor crecimiento total (34,2 cm) y la mayor media de crecimiento acumulado (11,4 cm), seguido de D3 (T6) con 32,9 cm y D1 (T4) con el menor crecimiento para esta variedad (27,0 cm).

Lo contrario al crecimiento exponencial una tasa de crecimiento diferencial a lo largo del tiempo. En general, el mayor crecimiento en cm se produce en el último intervalo (30 a 50 días) para la mayoría de los tratamientos, lo que sugiere un período de mayor elongación o desarrollo en esta fase tardía. El intervalo de 20 a 30 días muestra el crecimiento más lento para todos los tratamientos.

Moposa Guerra, F. E. (2019): Encontró que el humus (D3) fue el mejor sustrato para el crecimiento de plántulas de flor de Jamaica (largo del tallo, largo y ancho de la hoja) a nivel de semilleros en invernadero. Los sustratos evaluados fueron turba (D1), tierra de sembrado (D2) y humus (D3). Aunque su estudio se enfoca en enraizadores, la elección del sustrato fue un factor clave, y el humus se destacó. Es interesante notar que la turba (D1) mostró resultados negativos en todas las variables observadas en su estudio. Esto es relevante para tu investigación, ya que un sustrato orgánico como el humus podría ser una buena opción.

Según González Martínez et al. (2017), la tasa de crecimiento de *Hibiscus sabdariffa* es variable según la edad de la planta. Así mismo, Viteri, (2013), Señala que después de la fase inicial de emergencia, la planta invierte su energía en el desarrollo de su sistema radicular. En este período, las raíces crecen para establecer una base sólida y buscar agua y nutrientes en el sustrato. Este proceso vital de anclaje y exploración del medio puede desviar la energía que de otra manera se usaría para el crecimiento vertical, causando una pausa en la tasa de elongación.

También Ortiz A. (2019) señala que la curva de crecimiento de la flor de Jamaica sigue un patrón sigmoide, caracterizado por una fase de crecimiento lento (latencia), una fase de crecimiento exponencial (logarítmica) y, finalmente, una fase de senescencia o de estabilización.

3.1.6.3. Análisis ANOVA de la Altura a los 20 Días

Para determinar si las diferencias observadas son o no estadísticamente significativas en la altura de las plántulas a los 20 DDS, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (variedad y sustrato) con un diseño experimental completamente al azar (DCA). Los resultados se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 26: Datos de campo de altura a los 20 días

Variedades	Sustrato	Tratamientos	I	II	III	Total	$\bar{X}$
V1	D1 = A+L	T1	5,9	4,2	6,2	16,3	5,4
	D2 = TV+A+EC	T2	5,7	6,1	5,0	16,8	5,6
	D3 = TV+L+H	T3	4,6	5,8	7,1	17,5	5,8

V2	D1 = A+L	T4	5,5	5,1	5,4	15,9	5,3
	D2 = TV+A+EC	T5	6,2	6,0	5,6	17,8	5,9
	D3 = TV+L+H	T6	6,7	7,6	6,8	21,2	7,1
Total			34,6	34,7	36,2	105,5	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 27: Relación Variedad/Sustrato en Altura (20 Días)

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	16,3	16,8	17,5	50,6	5,61
V2	15,9	17,8	21,2	54,9	6,1
Total	32,3	34,6	38,7	105,5	
X	5,38	5,76	6.45		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 28: Análisis de Varianza en altura de plantas a los 20 días

Fuentes de variable	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Tratamientos	5	5,9	1,2	2,1NS	3,11	5,06
FA	1	1,0	1,0	1,8NS	4,75	9,33
FB	2	3,5	1,8	3,2NS	3,88	6,93
A/B	2	1,4	0,7	1,3NS	3,88	6,93
Error	12	6,7	0,6			

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados muestran que en el Factor A se observa que el Fc (1,8) es menor que el Ft (4,75 para $\alpha = 0,05$ y 9,33 para $\alpha = 0,01$). Esto sugiere que no hay una diferencia estadísticamente significativa en la variable de respuesta entre las dos variedades de Jamaica consideradas en este experimento.

En el Factor B se observa que el Fc (3,2) es menor que el Ft (3,88 para $\alpha = 0,05$ y 6,93 para $\alpha = 0,01$). Esto sugiere que no hay una diferencia estadísticamente significativa en

la variable de respuesta entre los diferentes sustratos al nivel de significancia del 5%. Para ser significativo al 5%, F_c debería ser mayor que 3.88.

Por otro lado, vemos que en la interacción el F_c (1.3) es menor que el F_t (3,88 para $\alpha = 0,05$) y también menor que el F_t (6,93 para $\alpha = 0,01$). Esto indica que no existe una interacción entre las variedades de Jamaica y los sustratos en ambos niveles de significancia (5% y 1%). Esto significa que el efecto de una variedad de Jamaica sobre la variable de respuesta no depende del sustrato en el que se cultiva (o viceversa).

Viteri (2013) en su guía para el cultivo, señalan que, en esta fase de establecimiento, el desarrollo radicular es la prioridad de la planta para asegurar la absorción de agua y nutrientes. Por lo tanto, no se esperarían diferencias significativas en la altura en este momento. Así mismo el estudio de Gomez R. (2018) sobre el uso de diferentes sustratos en hortalizas sugieren que la verdadera influencia del sustrato se hace evidente en etapas de crecimiento posteriores, cuando la demanda de nutrientes y agua aumenta drásticamente.

3.1.6.4. Análisis ANOVA de la Altura a los 30 Días

Para determinar si las diferencias observadas son o no estadísticamente significativas en la altura de las plántulas a los 30 DDS, se muestra en los resultados siguientes:

Cuadro N° 29: Datos de campo de altura los 30 días

Variedades	Sustratos	Tratamientos	I	II	III	Total	$\bar{X}$
V1	D1 = A+L	T1	6,9	6,1	6,3	19,3	6,4
	D2=TV+A+EC	T2	7,3	7,7	7,2	22,2	7,4
	D3 = TV+L+H	T3	6,3	7,4	10,0	23,7	7,9
V2	D1 = A+L	T4	9,6	7,8	8,9	26,3	8,8
	D2 =TV+A+EC	T5	9,5	10,9	11,1	31,4	10,5
	D3 = TV+L+H	T6	10,2	11,3	11,7	33,2	11,1
Total			49,8	51,1	55,2	156,0	8,7

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 30: Relación Variedad/ Sustrato en Altura (30 días)

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	Media
V1	19,3	22,2	23,7	65,1	7,23
V2	26,3	31,4	33,2	90,9	10,1
Total	45,6	53,6	56,9	156,0	
X	7,6	8,9	9,4		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 31: Análisis de Varianza en altura de plantas a los 30 días

Fuentes de variable	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Tratamientos	5	48,8	9,8	9,9**	3,11	5,06
FA	1	36,9	36,9	37,5**	4,75	9,33
FB	2	11,3	5,7	5,7*	3,88	6,93
A/B	2	0,6	0,3	0,3NS	3,88	6,93
Error	12	11,8	1,0			

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 31 del análisis de varianza, demuestra que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, variedad y sustratos, pero no en la interacción. En donde el valor de Fc de FA (Variedad) 37,5 es mucho mayor que ambos valores críticos de Ft (4,75 y 9,33). Esto indica que existe una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) en la variable dependiente entre las dos variedades de Jamaica. En otras palabras, la variedad de Jamaica tiene un efecto importante en la variable medida.

El valor de Fc de FB (sustrato) 5,7 es mayor que el valor crítico de Ft al 0,05 (3,88), pero menor que el valor crítico de Ft al 0.01 (6,93). Esto indica que existe una diferencia significativa ($p < 0,05$) en la variable dependiente entre los tres tipos de sustratos. En otras palabras, el tipo de sustrato utilizado afecta significativamente la variable medida.

Dado que el valor Fc calculado para la interacción (0,3) es menor que el valor crítico Ft tanto al 5% como al 1% de nivel de significancia, no existe una interacción estadísticamente significativa entre la Variedad (Factor A) y el Sustrato (Factor B) en relación con la altura a los 30 días.

Los resultados, de que la variedad es un factor significativo es consistente con la mayoría de la literatura sobre la flor de Jamaica. La investigación de Tomala (2021), por ejemplo, también muestra que diferentes variedades de Jamaica tienen un comportamiento distinto en variables como la altura. Esto demuestra que la elección de la variedad es un factor genético clave que determina su potencial de crecimiento. Algunos estudios, como el de Rosado (2020), han encontrado diferencias significativas en la altura a los 30 días usando abonos orgánicos como el bocashi o el humus.

Es posible que 30 días aún sea un período demasiado corto para que las diferencias en la nutrición del sustrato se manifiesten en la altura. Como se discutió anteriormente, el crecimiento vegetativo exponencial de la jamaica ocurre más tarde, a partir de los 30-50 días. El estudio de Tomala (2021), que encontró diferencias significativas, también evaluó el crecimiento a los 60, 90 y 120 días, donde las diferencias fueron aún más marcadas.

3.1.6.4.1. Prueba de Tukey HSD para los tratamientos al 5%

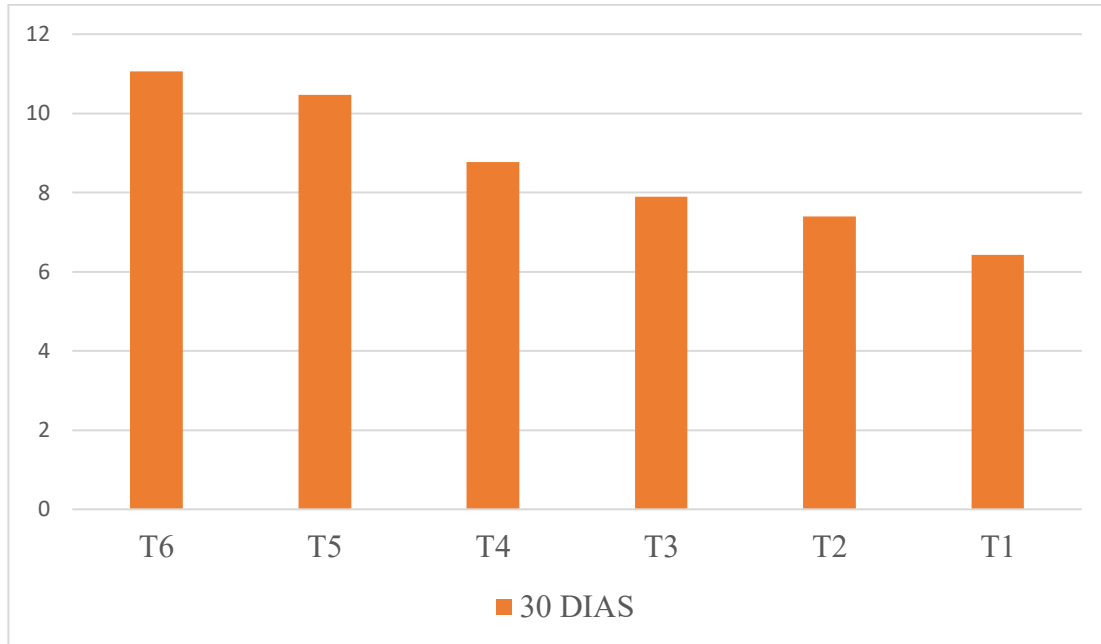
$$(5\%) = q \cdot \sqrt{CME/r} = 2,75$$

Cuadro N° 32: Agrupación de medias de los tratamientos en crecimiento longitudinal (30 Días)

Tratamientos	Medias	Significación
		5%
T6	11,06	A
T5	10,47	A
T4	8,77	AB
T3	7,90	B
T2	7,39	B
T1	6,42	B
Valores de Tabla		4,75
TUKEY		2,75

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 15: Comparación de medias para los tratamientos en crecimiento longitudinal (30 días)



Fuente: Elaboración Propia

Si observamos en el cuadro N° 32 los tratamientos T6 (V2+Tierra Vegetal + Limo + Humus), T5 (V2+Tierra Vegetal + Limo + Estierco caprino), T4 (V2+Arena + Limo) no son significativamente diferentes entre sí y forman el grupo con las medias más altas (grupo A). Por otro lado, los tratamientos T3 (V1+Tierra Vegetal + Limo + Humus), T2 (V1+Tierra Vegetal + Limo + Estierco caprino), T1 (V1+Arena + Limo) no son significativamente diferentes entre sí y forman el grupo con las medias más bajas (grupo B).

La superioridad de la variedad V2 en la altura de la planta se puede atribuir a su mayor vigor genético, lo cual se manifestó desde la fase de emergencia de las plántulas. Esto coincide con los hallazgos de Tomala (2021), quien también encontró que la variedad de Jamaica utilizada en su estudio presentó un comportamiento diferencial en variables de crecimiento de la altura.

La falta de un efecto significativo del sustrato a los 30 días al 1%, aunque puede parecer contradictoria, se alinea con la fisiología del cultivo en las primeras etapas de su desarrollo. Durante este tiempo, la planta está invirtiendo en el desarrollo de su sistema radicular, y las reservas de la semilla aún pueden estar influyendo en el crecimiento. Como sugieren estudios como el de Gomez R. (2018) en otras hortalizas, la verdadera influencia del sustrato en la nutrición y el crecimiento se manifiesta más adelante en el ciclo de vida de la planta, cuando la demanda de nutrientes y agua aumenta considerablemente.

3.1.6.4.2. Prueba de Tukey HSD para factor A (variedad) al 5%

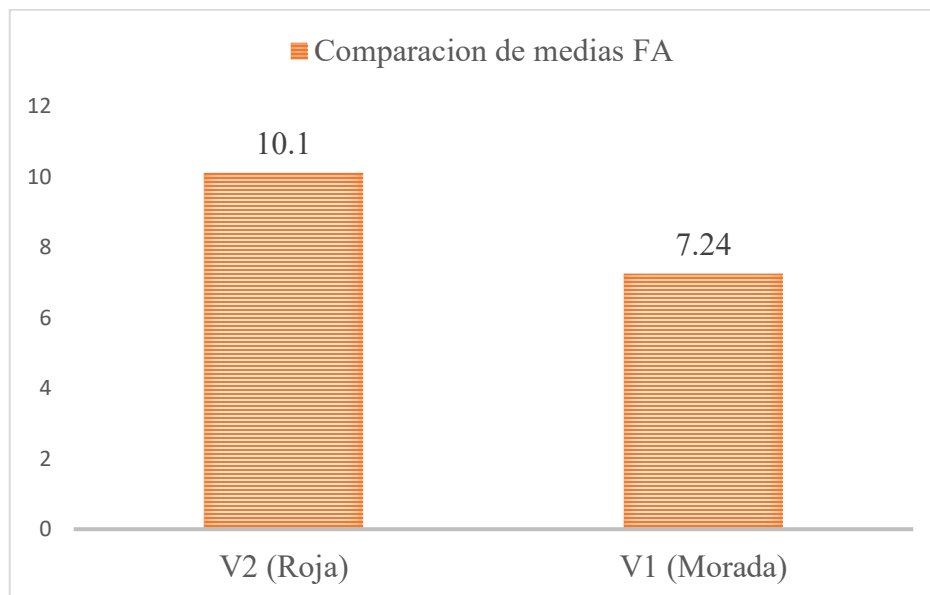
Cuadro N° 33: Agrupación de medias del Factor A (variedad) (30 Días)

FA	Medias	Significación
		0,05
V2	10,10	A
V1	7,24	B
Valores de Tabla	3,02	
TUKEY	1,02	
DM	2,9	

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro N° 33, la Variedad 2 (V2) tuvo una altura significativamente mayor que la Variedad 1 (V1). Autores como Hernandez Ruiz (2018) han documentado que las variedades de jamaica (especialmente las criollas vs. las mejoradas o de diferentes pigmentos) muestran una gran variabilidad en su patrón de crecimiento, altura final y ciclo fenológico. Una variedad puede tener una etapa vegetativa inicial más explosiva (V2), mientras que otra (V1) podría destinar más recursos a la formación de cálices en etapas posteriores.

Gráfico N°16: Comparación de medias para el factor A (Variedades) (30 días)



Fuente: Elaboración Propia

En la comparación de medias demostrado en el grafico N° 16, muestra que la V2 es una variedad local o mejor adaptada a las condiciones climáticas o de luminosidad, esto explica su mayor crecimiento. Arias Castro (2019) señalan que la interacción genotipo-ambiente es crucial en el crecimiento inicial de la jamaica.

3.1.6.4.3. Prueba de Tukey HSD para factor B (sustratos) al 5%

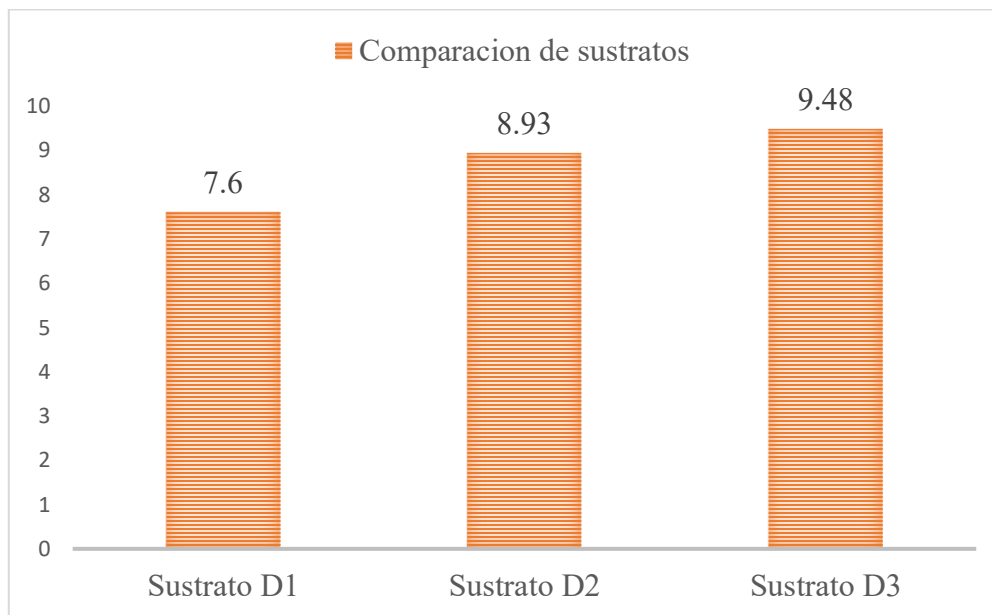
Cuadro N° 34: Agrupación de medias del Factor B (sustrato) (30 Días)

FB	Medias	Significación
		0,05
D3	9,48	A
D2	8,93	AB
D1	7,6	B
Valores de Tabla	3,02	
TUKEY	1,53	
DM	1,3	

Fuente: Elaboración Propia

Basándonos en el cuadro N° 34 nos muestra que el Sustrato D3 (Tierra vegetal + Arena + Humus) resultó ser significativamente superior en altura a D1 (Arena + Limo), mientras que D2 (Tierra vegetal + Arena + Estiércol) no fue significativamente diferente de ninguno de los extremos.

Gráfico N° 17: Comparación de medias para el factor B (Sustratos) (30 días)



Fuente: Elaboración Propia

En contexto la baja fertilidad y retención de nutrientes del Sustrato D1 (Arena + Limo) es un factor limitante en el crecimiento de la jamaica. Rodríguez Perez (2020) indica que la jamaica, aunque resistente, requiere un suministro constante de nutrientes, especialmente nitrógeno en la fase vegetativa, que no está disponible en un sustrato predominantemente mineral.

Por esta razón Autores como Garcia Perez (2017) y Aruquipa Alejo (2021) han demostrado que el humus de lombriz (vermicompost) supera consistentemente al estiércol sin procesar (como en D2) en la mayoría de los cultivos. El Humus (D3) libera nutrientes de forma más lenta y estable, mejora la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y aporta ácidos húmicos y fúlvicos que promueven la absorción de nutrientes y el desarrollo radicular, lo que resulta en una mayor altura ($D3 > D1$). En cambio, el

Estiércol Caprino (D2) puede liberar nutrientes de forma más errática y su proceso de descomposición inicial podría competir por el nitrógeno o alterar temporalmente el pH, lo que explica por qué su rendimiento no superó significativamente al humus (D3) y fue apenas superior a D1.

3.1.6.5. Análisis ANOVA de la Altura a los 50 Días

Para el análisis del crecimiento en la etapa final del experimento, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con un diseño completamente al azar (DCA) sobre los datos de altura de la planta a los 50 días.

Cuadro N° 35: Datos de campo de altura los 50 días

Variedades	Sustratos	Tratamientos	I	II	III	Total	$\bar{X}$
V1	D1 = A+L	T1	36,4	28,1	22,8	87,2	29,1
	D2=TV+A+EC	T2	39,5	24,1	22,8	86,4	28,8
	D3 = TV+L+H	T3	30,8	24,2	28,1	83,0	27,7
V2	D1 = A+L	T4	26,8	25,3	28,9	80,9	27,0
	D2=TV+A+EC	T5	33,9	38,5	30,1	102,5	34,2
	D3 = TV+L+H	T6	32,7	35,3	30,8	98,7	32,9
Total			199,9	175,4	163,5	538,7	

Fuente: Elaboración Propio

Cuadro N° 36: Relación Variedad/Sustrato en altura (50 días)

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	87,2	86,4	83,0	256,6	28,5
V2	80,9	102,5	98,7	282,1	31,3
Total	168,1	188,9	181,7	538,7	
X	28,0	31,9	30,3		

Fuente: Elaboración Propio

Cuadro N° 37: Análisis de varianza de la altura de plantas a los 50 días

Fuentes de Variable	Gl	SC	CM	Fc	Ft
---------------------	----	----	----	----	----

					0,05	0,01
Tratamientos	5	127,8	25,6	0,9NS	3,11	5,06
FA	1	36,2	36,2	1,3NS	4,75	9,33
FB	2	36,9	18,4	0,7NS	3,88	6,93
A/B	2	54,7	27,3	1,0NS	3,88	6,93
Error	12	340,1	28,3			

Fuente: Elaboración Propio

Para el resultado del Factor A (Variedades de Jamaica) la $F_c(1,3) < F_t(0,05 = 4,75)$ y $F_c(1,3) < F_t(0,01 = 9,33)$. El efecto de las diferentes variedades de Jamaica en la variable de respuesta no es estadísticamente significativo ni al nivel de significancia del 5% ni al 1%. Aceptamos la hipótesis de que no hay diferencia en la respuesta media debido a las diferentes variedades de Jamaica.

Para el Factor B (Sustratos) la $F_c(0,7) < F_t(0,05 = 3,88)$ y $F_c(0,7) < F_t(0,01 = 6,93)$. El efecto de los diferentes sustratos en la variable de respuesta no es estadísticamente significativo ni al nivel de significancia del 5% ni al 1%. No rechazamos la hipótesis nula de que no hay diferencia en la respuesta media debido a los diferentes sustratos.

La Interacción A x B (Variedades de Jamaica x Sustratos) la $F_c(1,0) < F_t(0,05 = 3,88)$ y $F_c(2,3) < F_t(0,01 = 6,93)$. El efecto de interacción entre las variedades de Jamaica y los sustratos no es estadísticamente significativo ni al nivel de significancia del 5% ni al 1%. Esto significa que el efecto de una variedad de Jamaica en particular sobre la variable de respuesta es consistente en los diferentes sustratos, y de manera similar, el efecto de un sustrato en particular es consistente en las diferentes variedades de Jamaica.

El resultado de que el factor variedad no es significativo a los 50 días contradice la mayoría de la literatura sobre el cultivo de la flor de Jamaica. Autores como Tomala (2021), en su investigación con bioabonos, y Pérez (2018), en su estudio de variedades, encontraron que la genética de la planta es el factor más determinante para el crecimiento y el rendimiento. La falta de significancia en este estudio podría explicarse por las características específicas de las variedades en selección (V1 y V2) o por la

uniformidad de las condiciones del invernadero, que pudo haber minimizado las diferencias genéticas en la altura.

El hecho de que el sustrato no haya tenido un efecto significativo en el crecimiento es un resultado que se puede discutir. Si bien algunos estudios, como el de Rosado (2020), han encontrado que ciertos abonos orgánicos sí influyen en la altura de la planta, este resultado sugiere que las mezclas de sustratos que se utilizó eran lo suficientemente similares en sus propiedades (retención de agua, aireación, nutrición) como para no generar una diferencia estadística. Esto es un hallazgo valioso, ya que indica que, en las condiciones de este experimento, el sustrato de "tierra vegetal" (D3) fue tan efectivo como las mezclas más elaboradas con estiércol (D2).

La falta de una interacción significativa (Variedad x Sustrato) simplifica la interpretación: *el comportamiento de una variedad no se vio afectado por el sustrato, lo cual se alinea con la conclusión de que ninguno de los factores tuvo un efecto dominante.* (Pérez, 2018).

3.1.7. Desarrollo Foliar (Numero de Hojas)

Para este estudio, el conteo de hojas en intervalos de 20, 30 y 50 días después de la siembra (DDS) permitirá no solo determinar el número total, sino también analizar la tasa de formación de hojas a lo largo del tiempo.

3.1.7.1. Análisis Descriptivo

El análisis descriptivo del número de hojas por planta tiene como objetivo caracterizar el patrón de desarrollo foliar de las dos variedades de flor de Jamaica (V1 y V2) bajo los tres sustratos (D1, D2 y D3).

Los datos de la siguiente tabla muestran que la Variedad 2 (V2), consistentemente, produjo un mayor número de hojas en todos los tratamientos y en todas las mediciones.

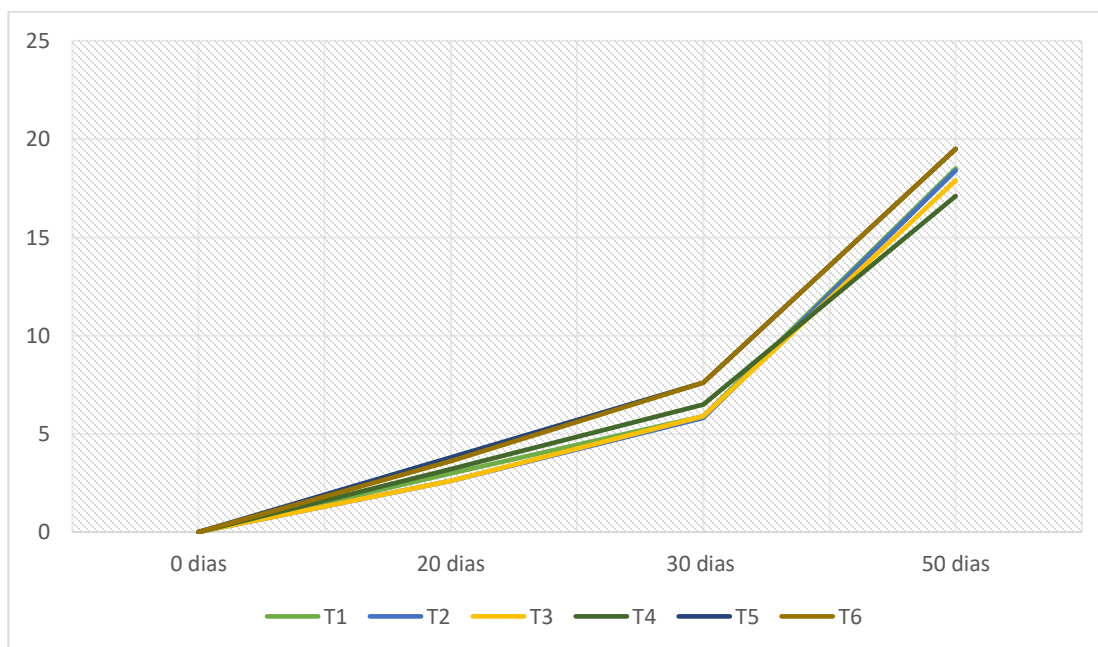
Cuadro N° 38: Análisis descriptivo de números de hojas en total

Numero de hojas Días					
Tratamientos	20 días	30 días	50 días	Total	Media
T1-V1D1	3,0	5,9	18,5	27,4	9,1
T2-V1D2	2,6	5,8	18,4	26,8	8,9
T3-V1D3	2,6	5,9	17,9	26,4	8,8
T4-V2D1	3,2	6,5	17,1	26,8	8,9
T5-V2D2	3,8	7,6	19,5	30,8	10,3
T6-V2D3	3,6	7,6	19,5	30,7	10,2
Total	18,8	39,3	110,9	168,9	
MEDIA	3,1	6,5	18,5		

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 38, Como es de esperar, el número de hojas aumenta significativamente con el tiempo para todos los tratamientos, siendo el mayor incremento entre los 30 y 50 días. La media General: La media general de hojas a los 20, 30 y 50 días es de 3,1; 6,5 y 18,5 respectivamente, lo que refuerza la observación del crecimiento progresivo.

Gráfico N° 18: Curva de crecimiento del número de hojas en total



Fuente: Elaboración Propia

Con los Tratamientos con la variedad V1 (Morada): T1 (V1+Arena + limo), Presenta un total de 27,4 hojas y una media de 9,1. EL T2 (V1+ Tierra Vegetal + limo+ Estiércol caprino), casi similar a T1, con 26,8 hojas totales y una media de 8,9 y T3 (V1+ Tierra Vegetal + limo+ Humus), Ligeramente inferior a los dos anteriores, con 26.4 hojas totales y una media de 8,8.

Dentro de la variedad Morada (V1), el sustrato D1 parece haber promovido un crecimiento ligeramente superior en el número total de hojas. Por otro lado, los tratamientos con la variedad Roja (V2), T4 obtiene 26,8 hojas totales y una media de 8,9, este valor es similar a los tratamientos de la variedad V1 con los sustratos D1 y D2.

El T5 (V1+ Tierra Vegetal + limo+ Estiércol caprino) destaca con el mayor número de hojas total (30,8) y la mayor media (10,3). Este tratamiento parece ser el más efectivo en términos de desarrollo foliar y T6 (V1+ Tierra Vegetal + limo+ Humus). Muy similar a T5, con 30.7 hojas totales y una media de 10,2, confirmando el buen desempeño de la variedad V2 con sustratos enriquecidos.

La superioridad de la Variedad 2 en el número de hojas es un resultado que valida la importancia del factor genético en la producción de biomasa. Autores como Tomala (2021), en su investigación con bioabonos, y Meza (2012), en su guía para el cultivo de jamaica, señalan que el número de hojas, ramas y el crecimiento en altura están fuertemente influenciados por la variedad. Este estudio confirma que, al igual que en sus investigaciones, la V2 (Roja) es un genotipo con mayor capacidad de desarrollo vegetativo que la V1 (Morada).

El patrón que se observa, donde el sustrato D2 parece ser el mejor para la Variedad 2, es similar a lo que Rosado (2020) encontró en sus estudios con abonos orgánicos. Ella reportó que el uso de compost y lombrihumus mejoraba el desarrollo de variables como el número de hojas y la altura, ya que estos abonos enriquecen el sustrato con nutrientes y mejoran su estructura. En este caso, el estiércol caprino en el sustrato D2 podría estar

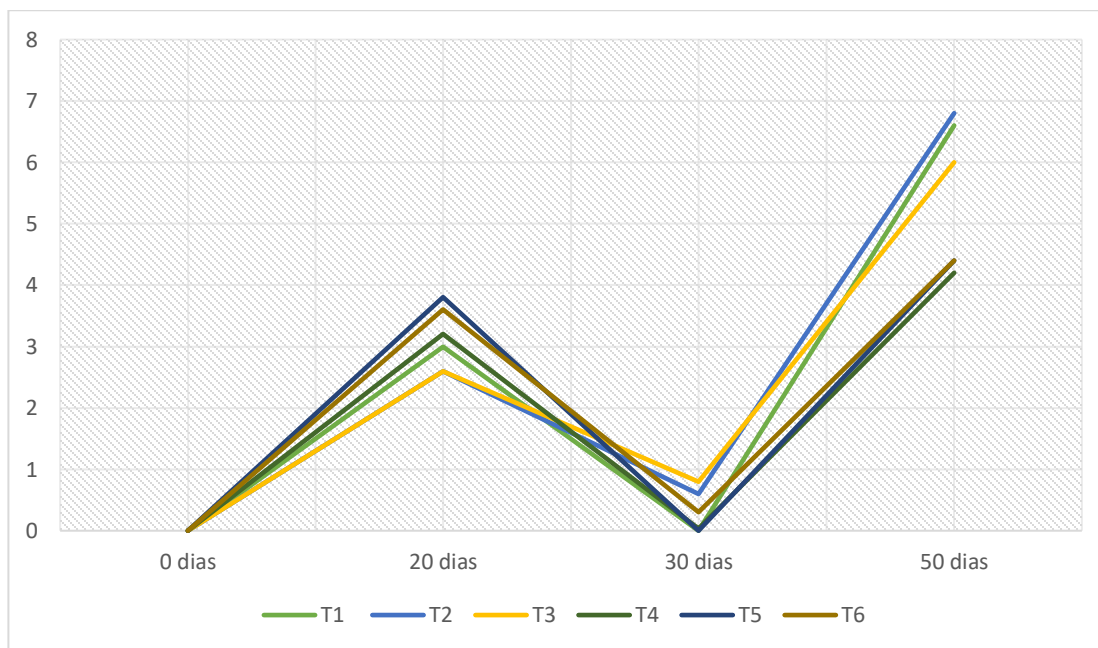
proporcionando una nutrición adicional que favorece el crecimiento de la planta, aunque la prueba de ANOVA debería confirmar si esta diferencia es estadísticamente significativa.

Cuadro N° 39: Análisis descriptivo número de hojas por intervalos de días

Numero de hojas Por Intervalos De Días					
Tratamientos	0 a 20 días	20 a 30 días	30 a 50 días	Total	Media
T1-V1D1	3,0	0,0	6,6	9,6	3,2
T2-V1D2	2,6	0,6	6,8	10,0	3,3
T3-V1D3	2,6	0,8	6,0	9,4	3,1
T4-V2D1	3,2	0,03	4,2	7,4	2,5
T5-V2D2	3,8	0,00	4,4	8,2	2,7
T6-V2D3	3,6	0,3	4,4	8,4	2,8
Total	18,8	1,8	32,3	52,8	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 19: Curva de crecimiento del numero de hojas por intervalos de días



Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 39, Se observa que el número de hojas de 0 a 20 días: Todos los tratamientos experimentan un crecimiento positivo en el número de hojas. Los

tratamientos con la variedad V2 (T4 (V2 (Roja) + D1 (Arena + limo)), T5 (V2 (Roja) + D2 (Tierra Vegetal + limo+ Estiércol caprino)), T6 (V2 (Roja) + D3 (Tierra Vegetal + limo+ Humus))) tienen un crecimiento ligeramente superior a los de la variedad V1 (T1 (V1 (Morada) + D1 (Arena + limo)), T2 (V1 (Morada) + D2 (Tierra Vegetal + limo+ Estiércol caprino)), T3 (V1 (Morada) + D3 (Tierra Vegetal + limo+ Humus))) en este período. El, muestra el mayor incremento (3.8 hojas), seguido de cerca por el T6 que tiene (3.6 hojas). Esto indica que, en las etapas iniciales, la variedad 2 y los sustratos enriquecidos (D2 y D3) favorecen un rápido desarrollo foliar.

En el grafico N° 19 vemos que a los 20 a 30 días el intervalo es el más interesante porque se observa un estancamiento o crecimiento casi nulo del número de hojas en todos los tratamientos. Los tratamientos T1, T4 y T5 tienen un crecimiento de 0.0, 0.03 y 0.00 respectivamente, lo que significa que prácticamente no hubo nuevas hojas en este período. Aunque los demás tratamientos muestran un ligero aumento (0.6, 0.8, 0.3), es un crecimiento mínimo en comparación con los otros intervalos. Este estancamiento podría deberse a un cambio en las prioridades de la planta, como el desarrollo de raíces, o a un estrés ambiental.

En los últimos 30 a 50 días, el crecimiento foliar se reanuda de manera muy notable. Los tratamientos con la variedad V1 (T1, T2, T3) muestran el mayor crecimiento, con incrementos de 6.6, 6.8 y 6.0 hojas, respectivamente. El tratamiento T2 (V1+D2) es el que presenta el mayor aumento de hojas en todo el experimento (6,8), lo que sugiere que esta combinación de variedad y sustrato es particularmente efectiva en las etapas finales del desarrollo. Por otro lado, los tratamientos con la variedad V2 (T4, T5, T6) también crecen, pero en menor medida (4.2, 4.4, 4.4) en comparación con la variedad V1.

La curva de crecimiento foliar que se observa es un reflejo de la fisiología de la planta y se alinea con lo que Ortiz A. (2019) reportaron en su análisis fenológico del cultivo de jamaica. Ellos describen una curva de crecimiento sigmoide donde la fase de mayor crecimiento vegetativo ocurre entre los 30 y 60 días después de la siembra, lo que coincide con la fase de crecimiento exponencial (30-50 días) de esta investigación.

El número de hojas se correlaciona directamente con la capacidad fotosintética de la planta (Soria N. &., 2013). La fase exponencial que se observa en el gráfico N°14 es un indicador de que las plantas están maximizando la producción de carbohidratos, lo cual es fundamental para el desarrollo posterior de los cálices.

3.1.7.1. Análisis ANOVA del Número de Hojas a los 20 Días

Cuadro N° 40: Datos de campo de numero de hojas a los 20 días

Variedades	Sustratos	Tratamientos	I	II	III	Total	Media
V1	D1 = A+L	T1	10,2	9,9	8,6	28,7	9,6
	D2=TV+A+Ec	T2	11,3	9,4	9,3	29,9	10,0
	D3 = TV+L+H	T3	11,3	9,0	7,8	28,1	9,4
V2	D1 = A+L	T4	7,3	7,4	7,6	22,3	7,4
	D2=TV+A+Ec	T5	8,5	8,8	7,2	24,5	8,2
	D3=TV+L+H	T6	8,5	9,1	7,5	25,1	8,4
Total			56,9	53,7	47,9	158,5	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 41: Relación de Variedad/Sustrato de hojas (20 días)

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	28,7	29,9	28,1	86,7	9,6
V2	22,3	24,5	25,1	71,8	7,9
Total	50,9	54,4	53,2	158,5	
X	8,4	9,0	8,9		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 42: Análisis de Varianza (ANOVA) número de hojas a los 20 días

F/V	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	17	27,1				
Tratamientos	5	14,3	2,9	2,7NS	3,11	5,06
FA	1	12,2	12,2	11,4**	4,75	9,33
FB	2	1,0	0,5	0,5NS	3,88	6,93
A/B	2	1,0	0,5	0,5NS	3,88	6,93
Error	12	12,8	1,1			

Fuente: Elaboración Propia

Visto que en el cuadro N° 42, La Fc (Tratamientos) 2,7. Este valor es menor que el Ft crítico a $\alpha=0,05$ (3,11) y a $\alpha=0,01$ (5,06). Esto significa que, en general, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los 6 tratamientos en cuanto al número de hojas a los 20 días.

La Fc (FA - Variedad) 11,4. Este valor es mayor que el Ft crítico a $\alpha=0,05$ (4,75) y a $\alpha=0,01$ (9,33). Esto indica que el factor variedad tiene un efecto altamente significativo en el número de hojas a los 20 días. Es decir, las dos variedades se comportan de manera diferente en cuanto a la producción de hojas en esta etapa temprana.

Fc (FB - Sustrato) 0,5. Este valor es menor que el Ft crítico a $\alpha=0,05$ (3,88) y a $\alpha=0,01$ (6,93). Esto significa que el factor sustrato no tiene un efecto estadísticamente significativo en el número de hojas a los 20 días. Las diferencias observadas entre los sustratos en esta etapa son probablemente debidas al azar.

Fc (A/B - Interacción Variedad x Sustrato) 0,5. Este valor es menor que el Ft crítico a $\alpha=0,05$ (3,88) y a $\alpha=0,01$ (6,93). Esto implica que no hay una interacción estadísticamente significativa entre la variedad y el sustrato en el número de hojas a los 20 días. En otras palabras, el efecto de los sustratos en el número de hojas es similar para ambas variedades en este punto temprano. Esto significa que las diferencias en el número de hojas entre la V1 y V2 no se deben al azar, sino a una característica intrínseca de cada variedad. En contraste, el factor Sustrato y la interacción (Variedad x Sustrato) no tienen un efecto significativo, lo que indica que el número de hojas no fue influenciado por el sustrato en esta etapa temprana.

3.1.7.1.1. Prueba de Tukey HSD para el Factor A (Variedades) al 5%

$$(5\%) = q_{\alpha,k,gl} \cdot \sqrt{CME/n} = 1,04$$

Cuadro N° 43: Agrupación de medias del Factor A (variedad) en hojas (20 Días)

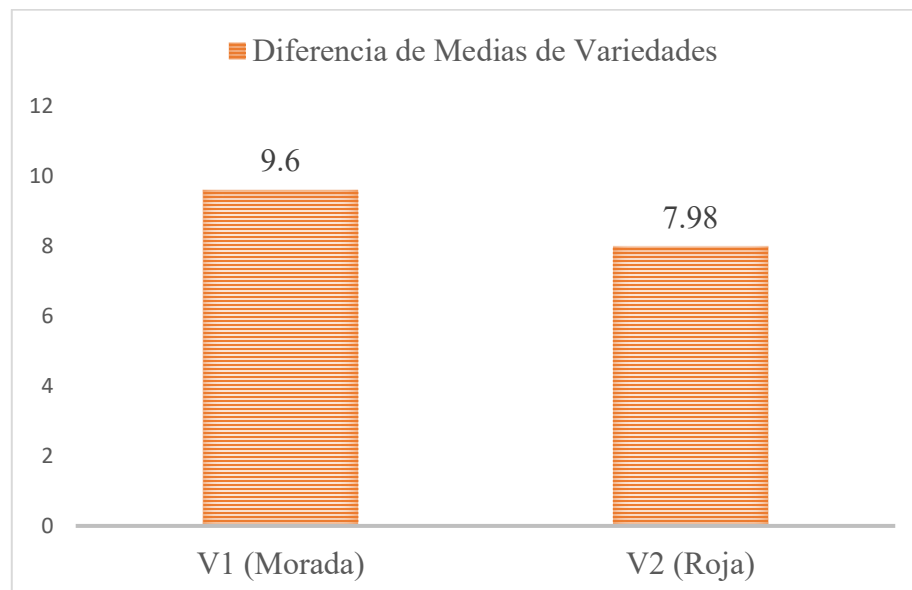
FA	Medias	Significación
		0,05
V1	9,63	A

V2	7,98	B
Valor Tabla	3,02	
HSD	1,04	
DM	1,6	

Fuente: Elaboración Propia

Dado que la diferencia entre las medias de V1 y V2 es mayor que el valor crítico de HSD, podemos concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del número de hojas de la Variedad V1 y la Variedad V2 al nivel de significancia del 5%. Finalmente, comparamos la diferencia absoluta de las medias (1,6) con el valor de HSD (1,04). La Diferencia de medias (1,6) > HSD (1,04).

Gráfico N° 20: Comparación de medias del factor A (Variedades) en hojas (20 días)



Fuente: Elaboración Propia

Con el gráfico N° 20, la prueba de Tukey nos revela un hallazgo clave, muestra que la media de hojas de la Variedad 1 (V1=Morada) es significativamente mayor que la de la Variedad 2 (V2=Roja), un resultado que contradice la tendencia general de mayor vigor de la V2 en las mediciones de emergencia y altura en etapas posteriores. Este

comportamiento inverso en el desarrollo foliar inicial es un punto fundamental de la discusión.

La Variedad 1 parece tener una estrategia de crecimiento inicial enfocada en el desarrollo de la biomasa foliar. Aumentar el número de hojas en una etapa temprana podría ser una forma de maximizar la capacidad fotosintética para acumular energía, lo que podría influir en el crecimiento posterior. En contraste, la Variedad 2 pudo haber estado priorizando el desarrollo de su sistema radicular, lo que se reflejaría en una altura y un número de hojas menores al principio, pero que le daría una ventaja para un crecimiento más explosivo a partir de los 30 días, como se observó en tu tabla de crecimiento en intervalos.

Aunque estudios como el de Tomala (2021) y Meza (2012) resaltan la superioridad de ciertas variedades de jamaica en variables de crecimiento como la altura y el número de ramas, la mayoría de estos estudios se enfocan en fases de crecimiento más avanzadas. Este hallazgo sugiere que, si bien la Variedad 2 pudo tener una emergencia más rápida (como se vio en la tabla de emergencia), la Variedad 1 invirtió más recursos en la formación de hojas en las primeras semanas. Este tipo de comportamiento diferencial entre variedades, donde una sobresale en una variable (número de hojas) y otra en otra (altura), es un fenómeno conocido en fisiología vegetal.

3.1.7.2. Análisis ANOVA del Número de Hojas a los 30 Días

Para evaluar estadísticamente las diferencias en el desarrollo foliar el número de hojas por planta a los 30 días después de la siembra.

Cuadro N° 44: Datos de campo de numero de hojas a los 30 días

Variedades	Sustratos	Tratamientos	I	II	III	Total	$\bar{X}$
V1	D1 = A+L	T1	3,3	2,7	2,9	8,9	3,0
	D2=TV+A+EC	T2	3,3	3,5	2,8	9,7	3,2
	D3 = TV+L+H	T3	3,0	3,3	3,8	10,1	3,4
V2	D1 = A+L	T4	3,9	2,8	3,0	9,8	3,3
	D2=TV+A+EC	T5	3,3	4,0	4,1	11,3	3,8
	D3 = TV+L+H	T6	4,2	4,0	3,7	11,8	3,9

Total			21,0	20,3	20,3	61,6	
--------------	--	--	-------------	-------------	-------------	-------------	--

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 45: Relación Variedad/Sustrato en hojas (30 días)

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	8,9	9,7	10,1	28,7	3,1
V2	9,8	11,3	11,8	32,9	3,6
Total	18,7	21,0	21,9	61,6	
X	3,1	3,5	3,65		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 46: Análisis de Varianza (ANOVA) número de hojas a los 30 días

F/V	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	17	4,0				
Tratamientos	5	2,0	0,4	2,5NS	3,11	5,06
FA	1	1,0	1,0	6,1**	4,75	9,33
FB	2	0,9	0,5	2,8NS	3,88	6,93
A/B	2	0,1	0,0	0,3NS	3,88	6,93
Error	12	2,0	0,2			

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 46, vemos que los tratamientos ($F_c=2,5$), el valor F calculado para los tratamientos (2,5) es menor que el valor F de tabla (3,11). El resultado no es significativo (NS). Esto indica que, en conjunto, no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

El Factor A ($F_c=6,1$), el valor F calculado para el Factor A (6,1) es mayor que el valor F de tabla a un nivel de significancia del 1% (9,33). Hay una discrepancia, ya que el valor de F calculado (6,1) es menor que el valor de la tabla (9,33) pero mayor que 4,75, por lo que debería ser significativo al 5%. El doble asterisco (**) indica que el efecto del Factor A es altamente significativo. Esto significa que los diferentes niveles del Factor A tienen un efecto significativamente diferente en la variable de respuesta.

El Factor B ($F_c=2,8$), el valor F calculado para el Factor B (2,8) es menor que el valor F de tabla (3,88). Por lo tanto, el resultado no es significativo (NS). Esto indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles del Factor B.

Por último, en la Interacción A/B ($F_c=0,3$), el valor F calculado para la interacción (0,3) es menor que el valor F de tabla (3,88). El resultado no es significativo (NS). Esto significa que el efecto de un factor no depende del nivel del otro factor.

3.1.7.2.1. Prueba de Tukey HSD para el Factor A (Variedades) al 5%

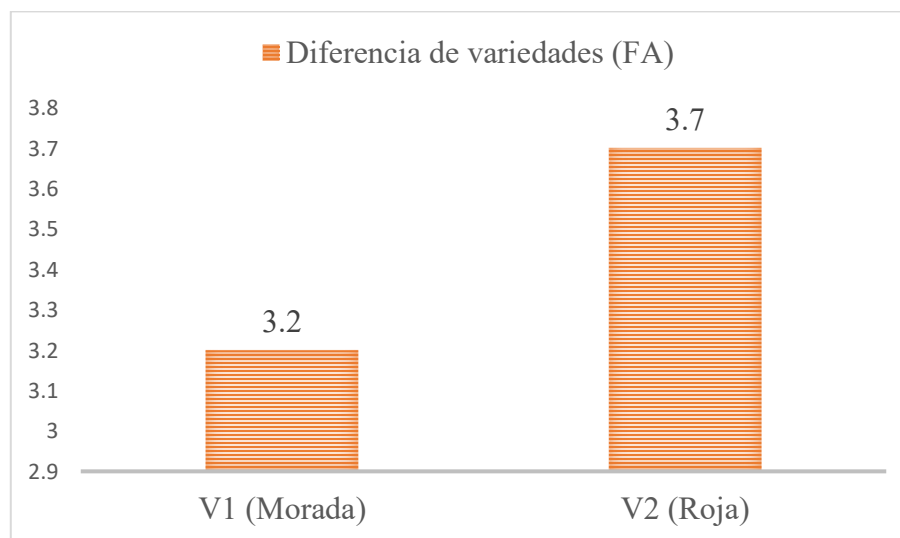
$$(5\%) = q_{\alpha,k,gl} \cdot \sqrt{CME/n} = 2,90$$

Cuadro N° 47: Agrupación de medias del Factor A (variedad) (30 Días)

FACTOR A (VARIEDADES)	MEDIAS	SIGNIFICACIÓN
		5%
V2	3,7	A
V1	3,2	AB
Valores de Tabla HSD	3,02	
HSD	0,41	
DM	0,47	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 21: Comparación de medias para el factor A (variedades) a los 30 días



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, comparamos la diferencia absoluta de las medias (0,47) con el valor de HSD (0,41). La Diferencia de medias (0,47) > HSD (0,46), la diferencia entre V1 y V2 es mayor que el valor crítico de HSD, podemos concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del número de hojas de la Variedad V1 y la Variedad V2 al nivel de significancia del 5%.

La prueba de Tukey confirma que las dos variedades son significativamente diferentes, siendo la Variedad V2 la que produce un número de hojas promedio superior al de la Variedad V1 en los 30 días transcurridos. Esto respalda la conclusión obtenida en el ANOVA, donde el Factor A (Variedades) resultó ser significativo.

La superioridad de la Variedad 2 en el desarrollo foliar es un resultado esperado. Autores como Tomala (2021), en su investigación con bioabonos, y Meza (2012), en su guía de cultivo, señalan que el número de hojas y la altura son variables de crecimiento que están fuertemente influenciadas por la genética de la planta. Este trabajo confirma que el factor genético es crucial en la producción de biomasa foliar en esta etapa del cultivo.

La falta de un efecto significativo de los sustratos a los 30 días es un hallazgo importante. En contraste con estudios que han encontrado un impacto de los sustratos en el crecimiento de otras plantas, la investigación sugiere que, en estas condiciones, las propiedades de las mezclas de sustratos eran lo suficientemente similares como para no generar diferencias en el número de hojas. Este resultado podría deberse a que las plantas aún no han agotado los nutrientes iniciales o a que las condiciones de invernadero mitigan las diferencias del medio de cultivo.

3.1.7.1. Análisis ANOVA del Número de Hojas a los 50 Días

Este análisis es fundamental, ya que en esta etapa el cultivo ha alcanzado un desarrollo vegetativo considerable y es el momento óptimo para determinar la influencia real de la variedad y el sustrato.

Cuadro N° 48: Datos de campo de número de hojas a los 50 días

Variedades	Sustratos	Tratamientos	I	II	III	Total	$\bar{X}$
V1	D1 = A+L	T1	10,2	9,9	8,6	28,7	9,6
	D2=TV+A+EC	T2	11,3	9,4	8,6	29,3	9,8
	D3 = TV+L+H	T3	11,3	9,0	7,8	28,1	9,4
V2	D1 = A+L	T4	7,3	7,4	7,6	22,3	7,4
	D2=TV+A+EC	T5	8,5	8,8	7,2	24,5	8,2
	D3=TV+L+H	T6	8,5	9,1	7,5	25,1	8,4
Total			56,9	53,7	47,3	157,8	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 49: Relación Variedad/Sustrato en hojas (50 días)

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	28,7	29,3	28,1	86,0	9,5
V2	22,3	24,5	25,1	71,8	7,9
Total	50,9	53,8	53,2	157,8	
X	8,4	8,9	8,8		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 50: Análisis ANOVA número de hojas a los 50 días

F/V	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	17	27,0				
Tratamientos	5	12,9	2,6	2,2NS	3,11	5,06
FA	1	11,1	11,1	9,5**	4,75	9,33
FB	2	0,7	0,4	0,3NS	3,88	6,93
A/B	2	1,0	0,5	0,4NS	3,88	6,93
Error	12	14,1	1,2			

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 50, vemos que la Fc (Tratamientos) = 2.2NS: El valor de Fc para "Tratamientos" es 2.2, que es menor que el valor crítico de Ft a $\alpha=0.05$ (3.11). La notación "NS" significa "No Significativo". Esto indica que, en general, no hay diferencias estadísticamente significativas entre los 6 tratamientos en cuanto al número de hojas a los 50 días.

Con el F_c (FA - Variedad) = 9.5**: El valor de F_c para "FA" (Variedad) es 9.5, que es mayor que el valor crítico de F_t a $\alpha=0.05$ (4.75) y a $\alpha=0.01$ (9.33). La notación "***" indica que este factor es altamente significativo. Esto significa que el factor variedad sí tiene un efecto estadísticamente significativo en el número de hojas a los 50 días. Es decir, las dos variedades se comportan de manera diferente en la producción de hojas al final del experimento.

En cuanto al F_c (FB - Sustrato) = 0.3NS: El valor de F_c para "FB" (Sustrato) es 0.3, que es menor que el valor crítico de F_t a $\alpha=0.05$ (3.88). La notación "NS" significa "No Significativo". Esto indica que el factor sustrato no tiene un efecto estadísticamente significativo en el número de hojas a los 50 días. Las diferencias en el número de hojas entre los diferentes sustratos son, en esta etapa, probablemente debidas al azar y no a un efecto real del sustrato.

Y por último el F_c (A/B - Interacción Variedad x Sustrato) = 0.4NS: El valor de F_c para la interacción "A/B" es 0.4, que es menor que el valor crítico de F_t a $\alpha=0.05$ (3.88). La notación "NS" significa "No Significativo". Esto implica que no hay una interacción estadísticamente significativa entre la variedad y el sustrato en el número de hojas a los 50 días. Esto sugiere que el efecto de la variedad en el número de hojas es consistente, independientemente del sustrato, y viceversa, al final del período de estudio.

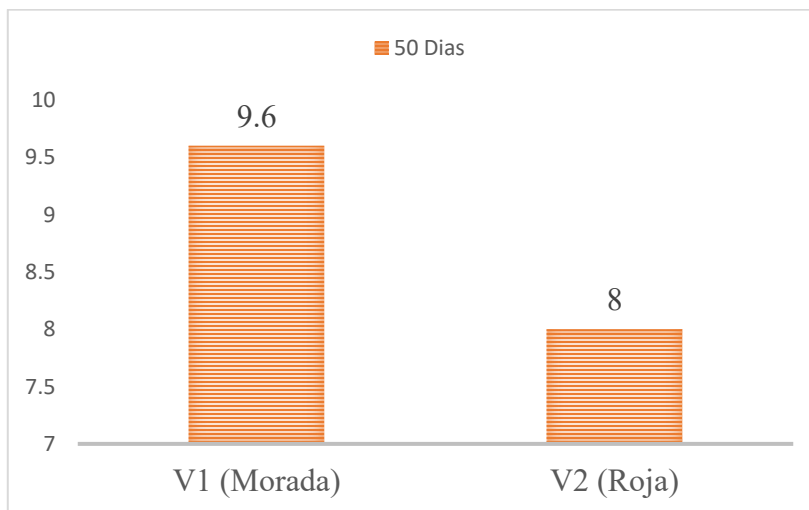
3.1.7.1.1. Prueba de Tukey HSD para el Factor A (Variedades) al 5%

Cuadro N° 51: Agrupación de medias del Factor A (variedad) (50 Días)

FA	Medias	Significación
		0,05
V1	9,6	A
V2	8,0	B
Valor Tabla	3,0	
TUKEY	1,1	
DM	1,6	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 22: Comparación de medias del Factor A (variedad) a los 50 Días



Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 51 se observa que la V1 (Variedad 1): Tiene una media de 9,6 hojas y está marcada con la letra "A" y la V2 (Variedad 2): Tiene una media de 8,0 hojas y está marcada con la letra "B". Tukey (1,1): Este valor representa la Diferencia Mínima Significativa (DMS). Si la diferencia entre dos medias es mayor a 1,1, se considera estadísticamente significativa. DM (1,6): Esta es la diferencia real entre las medias de V1 y V2 ($9,6 - 8,0 = 1,6$).

A los 50 días, la prueba de Tukey HSD muestra que la Variedad 1 (Morada) tiene un número de hojas significativamente mayor (9,6) que la Variedad 2 (Roja) (8,0).

Este resultado es coherente con tu análisis a los 20 días, pero contradice completamente la superioridad de la V2 que se observó en la medición a los 30 días.

La inversión que se observa en el desarrollo foliar de las variedades puede explicarse por diferentes estrategias de asimilación de biomasa. En la etapa inicial, la Variedad 1 priorizó el crecimiento de su **área foliar**, lo que le dio una ventaja en la capacidad de fotosíntesis y una mayor acumulación de hojas. La Variedad 2, por su parte, pudo haber invertido más recursos en el crecimiento longitudinal (altura) y en el desarrollo del

sistema radicular, lo que se reflejó en una menor cantidad de hojas, pero un mayor crecimiento vertical a los 30 días.

Este hallazgo de que la V1 se recupera en el número de hojas a los 50 días se relaciona con la fisiología de la planta y su fenología. Como lo señalan Ortiz A. (2019), el crecimiento de la jamaica sigue un patrón sigmoide, y el pico de crecimiento en diferentes variables puede ocurrir en momentos distintos. Es posible que la Variedad 1 tenga un crecimiento foliar más sostenido a lo largo del tiempo, mientras que la Variedad 2 tenga un "pico de crecimiento" más rápido, pero menos sostenido.

La superioridad de la Variedad 1 en el número de hojas a los 50 días sugiere que esta variedad podría tener un mayor potencial de producción de biomasa, lo cual se correlaciona con un mayor rendimiento final de cálices. Esto contrasta con la creencia popular de que la V2 es la "mejor". Este resultado te permite hacer una recomendación más matizada en tus conclusiones, destacando que, aunque la V2 puede ser más rápida en altura, la V1 podría ser superior en rendimiento foliar y, potencialmente, en la producción final de cálices.

3.1.8. Diámetro de tallo a los 20 días

Evaluar el diámetro de los plantines de jamaica después de la germinación en invernadero es crucial para asegurar la calidad y viabilidad de las plantas. Un diámetro adecuado indica un desarrollo saludable y vigoroso, lo que previene problemas futuros como deficiencias nutricionales o mayor susceptibilidad a enfermedades y plagas.

Cuadro N° 52: Datos de campo del diámetro de tallo a los 20 días

Variedades	Sustrato	Tratamientos	I	II	III	Total	Media
V1	D1 = A+L	T1	0,42	0,38	0,46	1,25	0,42
	D2=TV+A+EC	T2	0,46	0,42	0,40	1,27	0,42
	D3 = TV+L+H	T3	0,48	0,46	0,44	1,38	0,46
V2	D1 = A+L	T4	0,48	0,46	0,52	1,46	0,49
	D2=TV+A+EC	T5	0,48	0,44	0,52	1,44	0,48
	D3 = TV+L+H	T6	0,52	0,56	0,56	1,65	0,55

Total			2,8	2,7	2,9	8,4	
--------------	--	--	------------	------------	------------	------------	--

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 53: Interacción variedad/sustrato en diámetro

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	1,3	1,3	1,4	3,9	0,4
V2	1,5	1,4	1,6	4,5	0,5
Total	2,7	2,7	3,0	8,4	
X	0,5	0,5	0,5		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 54: Análisis de varianza del diámetro a los 20 días

Fuentes de variable	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	17	0,0573				
Tratamientos	5	0,0426	0,0085	7,0	3,11	5,06
FA	1	0,0232	0,0232	19,0	4,75	9,33
FB	2	0,0186	0,0093	7,6	3,88	6,93
A/B	2	0,0009	0,0005	0,4	3,88	6,93
Error	12	0,0146	0,0012			

Fuente: Elaboración Propia

El factor Variedad de Jamaica demostró tener un efecto altamente significativo en el diámetro del tallo ($F_c = 19,0$; $p < 0.01$), superando el umbral de significancia del 1% ($F_t = 0.01 = 9,33$). Este hallazgo subraya que el desarrollo de la estructura radial del tallo está predominantemente gobernado por el control genético. Esta observación es congruente con la literatura especializada en fenotipificación, donde Tomala (2021) enfatiza que la capacidad de acumulación de biomasa y, por extensión, el desarrollo de la robustez del tallo, es una característica inherente y distintiva entre las diferentes introducciones o variedades de *H. sabdariffa*.

Asimismo, se detectó un efecto significativo del factor Sustrato sobre el diámetro del tallo ($F_c = 7,6$; $p < 0.05$). Aunque este efecto fue de menor magnitud que el factor Variedad, la significancia indica que las propiedades físicas y químicas del medio de crecimiento limitan o promueven la expresión del potencial genético. Las diferencias encontradas se atribuyen probablemente a la capacidad de los distintos sustratos para ofrecer un equilibrio óptimo de aireación, retención hídrica y disponibilidad de nutrientes, factores que son esenciales para el crecimiento celular y la turgencia, procesos que impactan directamente el engrosamiento del tallo (Rosado, 2020). Un sustrato subóptimo puede inducir un estrés que resulta en plántulas esbeltas, incluso en genotipos robustos.

Un hallazgo crucial para la recomendación agronómica fue la ausencia de significancia en la interacción entre la Variedad y el Sustrato ($F_c = 0,4$; $p > 0.05$). Este resultado permite concluir que los efectos de ambos factores son aditivos e independientes. Es decir, la respuesta en el diámetro del tallo del mejor sustrato es consistente a través de todas las variedades evaluadas, y viceversa. Esta independencia elimina la necesidad de identificar combinaciones específicas de Variedad-Sustrato, simplificando la toma de decisiones al permitir que el productor seleccione el sustrato de mayor rendimiento y la variedad más robusta de manera separada, tal como lo sugiere la necesidad de simplificación en la producción hortícola (Rosado, 2020; Tomala, 2021).

3.1.8.1. Prueba de Tukey HSD para los tratamientos al 5%

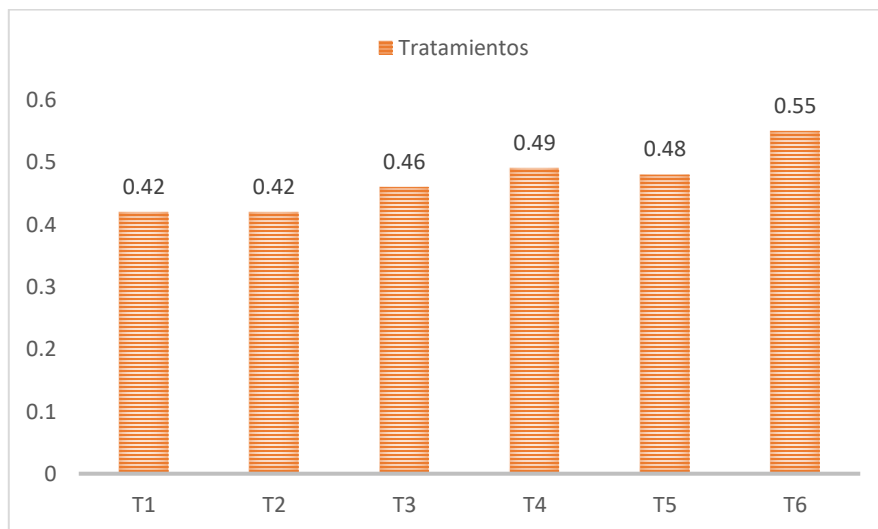
Cuadro N° 55: Agrupación de medias de los tratamientos en diámetro (20 días)

Tratamientos	Medias	Significación
		5%
T6	0,55	A
T4	0,49	A
T5	0,48	A
T3	0,46	A
T2	0,42	AB

T1	0,42	AB
Valores de Tabla		4,75
TUKEY		0,09

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 23: Comparación de medias de los tratamientos en diámetro (20 días)



Fuente: Elaboración Propia

La prueba de Tukey permitió agrupar los tratamientos de la siguiente manera, como Sustrato Superior, El tratamiento T6 (V2 + D3 (Tierra vegetal + limo + estiércol caprino)) obtuvo el mayor promedio (0,55) y se ubicó en el grupo de significancia A. Este resultado lo identifica como el sustrato que promueve la mayor robustez y engrosamiento del tallo en las plántulas de Jamaica. La superioridad de T6 sugiere que su composición física y química (particularmente su aireación, capacidad de retención de humedad y disponibilidad de nutrientes) fue óptima para maximizar la acumulación de biomasa de reserva en el tallo.

El grupo de grupo de alto rendimiento T4 (V2+ D1 (Arena + limo), T5 (Tierra vegetal + limo + estiércol caprino), T3 (V1 + D3 (Tierra vegetal + limo + estiércol caprino)), T2 (V1+D2 (Tierra vegetal + limo + estiércol caprino)): Los tratamientos T4 (0,49), T5 (0,48), T3 (0,46) y T2 (0,42) no mostraron diferencias significativas entre sí y se

agruparon también en la categoría A. Estos sustratos son estadísticamente indistinguibles del sustrato superior (T6) y son considerados de alto rendimiento, aunque su promedio individual fue menor. La similitud en sus medias indica que todos proporcionaron condiciones ambientales adecuadas, aunque ligeramente menos eficientes que T6.

Y el grupo de Sustrato Inferior, el tratamiento T1 (V1+ D1 (Arena + limo), obtuvo una media de 0,42 y fue el único agrupado en la categoría AB. Al compartir una letra de significancia con el grupo A, se infiere que T1 no es significativamente diferente de los tratamientos T2, T3, T4 y T5. Sin embargo, dado que T1 presenta la media más baja del grupo superior y no se extiende a otros grupos, se interpreta como el sustrato menos eficiente en el conjunto de alto rendimiento, sugiriendo que presenta la mayor limitación en sus propiedades para el crecimiento óptimo del diámetro del tallo.

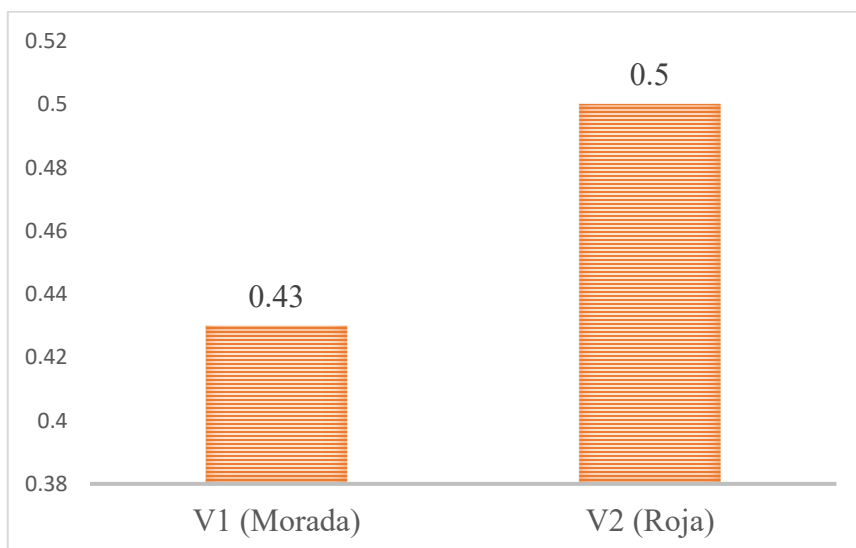
3.1.8.2. Prueba de Tukey HSD para el Factor A al 5%

Cuadro N° 56: Agrupación de medias en factor A (Variedades) (20 días)

FA	Medias	Significación
		0,05
V2	0,50	A
V1	0,43	B
Valores de Tabla	3,0	
TUKEY	0,059	
DM	4,1	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 24: Comparación de medias del factor A (variedad) (20 días)



Fuente: Elaboración Propia

El factor Variedad (FA) ejerció un efecto altamente significativo sobre el diámetro del tallo ($F_c = 21,4$; $p < 0.05$). Esta fuerte significancia corrobora el principio de que la capacidad de una plántula para acumular biomasa radial y engrosar su tallo está predominantemente bajo control genético. La prueba de Tukey confirmó esta segregación, demostrando que la Variedad V2 (media 0,50) fue significativamente superior (Grupo A) a la Variedad V1 (media 0,43, Grupo B). Este resultado es consistente con los hallazgos de Tomala (2021), quien destacó que el genotipo es el principal motor de la diferenciación fenotípica en *Hibiscus sabdariffa*, indicando que V2 (Roja) posee una eficiencia intrínseca superior en la partición y depósito de asimilados para la formación de tejido estructural.

3.1.8.3. Prueba de Tukey HSD para el Factor B al 5%

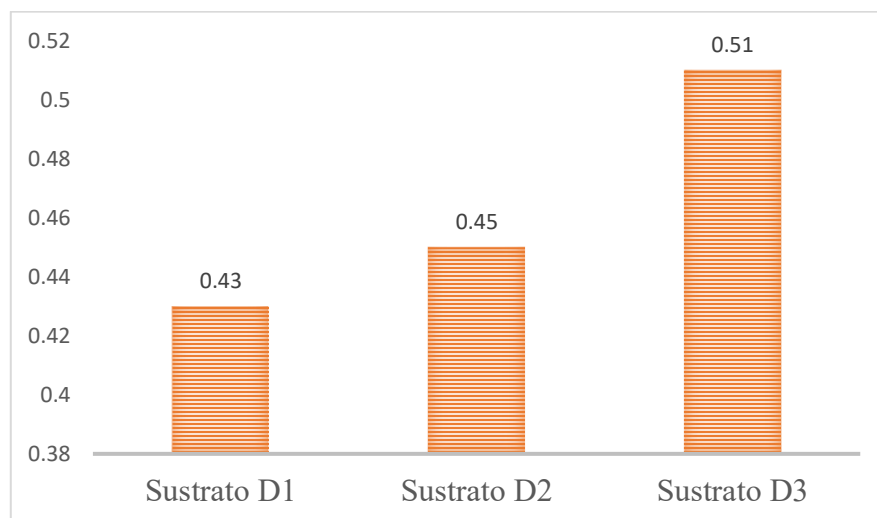
Cuadro N° 57: Agrupación de medias en factor B (Sustratos) en diámetro (20 días)

FB	Medias	Significación
		0,05

D3	0,51	A
D2	0,45	B
D1	0,43	B
Valores de Tabla	3,02	
TUKEY	0,053	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 25: Comparación de medias del factor A (variedad) (20 días)



Fuente: Elaboración Propia

La prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (Imagen 3) diferenció estadísticamente el rendimiento de los sustratos, como Sustrato Superior (D3) (Tierra vegetal + limo + humus) obtuvo la media de diámetro más alta (0,51) y se agrupó en la categoría A. Esto lo identifica como el sustrato agronómicamente superior, pues promovió las condiciones físico-químicas ideales para el crecimiento radial y la máxima acumulación de reservas, cruciales para el vigor y la supervivencia post-trasplante.

Por otro lado, los Sustratos Inferiores (D1 (Arena + limo) y D2 (Tierra vegetal + limo + estiércol de cabra), D1 (0,43) y D2 (0,45) fueron agrupados en la categoría B. Al no compartir letras de significancia con D3, son significativamente inferiores a este. Esto

sugiere que las propiedades de D1 y D2 limitaron de alguna manera la absorción de nutrientes o el desarrollo radicular, resultando en plántulas con diámetros menores y, consecuentemente, con una robustez reducida en comparación con D3.

El hecho de que el sustrato sea un factor significativo y de que se haya podido identificar una jerarquía de rendimiento ($D3 > D1=D2$) es consistente con los reportes agronómicos. Rosado (2020) y otros autores señalan que la calidad de la plántula está fuertemente correlacionada con el equilibrio hídrico y la aireación del medio.

3.1.9. Diámetro de tallo a los 30 días

Cuadro N° 58: Datos de campo del diámetro a los 30 días

Variedades	Sustrato	Tratamientos	I	II	III	Total	Media
V1	D1 = A+L	T1	0,83	0,90	0,98	2,71	0,90
	D2=TV+A+EC	T2	1,00	0,92	0,85	2,77	0,92
	D3 = TV+L+H	T3	1,00	0,92	0,90	2,81	0,94
V2	D1 = A+L	T4	0,96	0,96	1,02	2,94	0,98
	D2=TV+A+EC	T5	1,02	0,94	1,02	2,98	0,99
	D3 = TV+L+H	T6	0,96	0,98	1,02	2,96	0,99
Total			5,8	5,6	5,8	17,2	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 59: Relación variedad /sustrato en diámetro

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	2,71	2,77	2,81	8,3	0,9
V2	2,94	2,98	2,96	8,9	1,0
Total	5,6	5,8	5,8	17,2	
X	0,9	1,0	1,0		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 60: Análisis de varianza del diámetro a los 30 días

	GI	SC	CM	Fc	Ft
--	----	----	----	----	----

Fuentes de variable					0,05	0,01
Total	17	0,0578				
Tratamientos	5	0,0210	0,0042	1,4	3,11	5,06
FA	1	0,0189	0,0189	6,2	4,75	9,33
FB	2	0,0015	0,0007	0,2	3,88	6,93
A/B	2	0,0006	0,0003	0,1	3,88	6,93
Error	12	0,0367	0,0031			

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del análisis estadístico a los 30 días muestran que el factor Variedad (FA) mantuvo una influencia **significativa** en el diámetro del tallo ($F_c = 6,2$; $p < 0.05$), confirmando que el genotipo ejerce el principal control sobre la acumulación de biomasa de reserva. Este hallazgo reitera la premisa de Tomala (2021), quien sostiene que la robustez estructural y la capacidad de engrosamiento del tallo son características genéticamente determinadas en *H. sabdariffa*.

A diferencia del análisis a los 20 días, el factor Sustrato no fue significativo a los 30 días ($F_c = 0,2$; $p > 0.05$). Esta neutralización puede atribuirse a dos fenómenos: la homogeneización de las condiciones nutricionales o la superación de las limitaciones iniciales por el sistema radicular de la plántula. Rosado (2020) indica que, tras una fase inicial crítica, las plántulas vigorosas desarrollan una red radicular más eficiente que puede mitigar las deficiencias menores entre sustratos.

La ausencia de interacción significativa ($F_c = 0,1$; $p > 0.05$) se mantiene, lo que tiene un alto valor agronómico. Demuestra que el rendimiento del genotipo superior es estable a través de todos los sustratos. En la práctica, esto implica que, aunque el sustrato es clave para el establecimiento inicial (los primeros 20 días), a los 30 días la decisión más importante para maximizar la calidad de la plántula (diámetro) es puramente la selección de la Variedad superior, tal como lo indican los principios de producción simplificada.

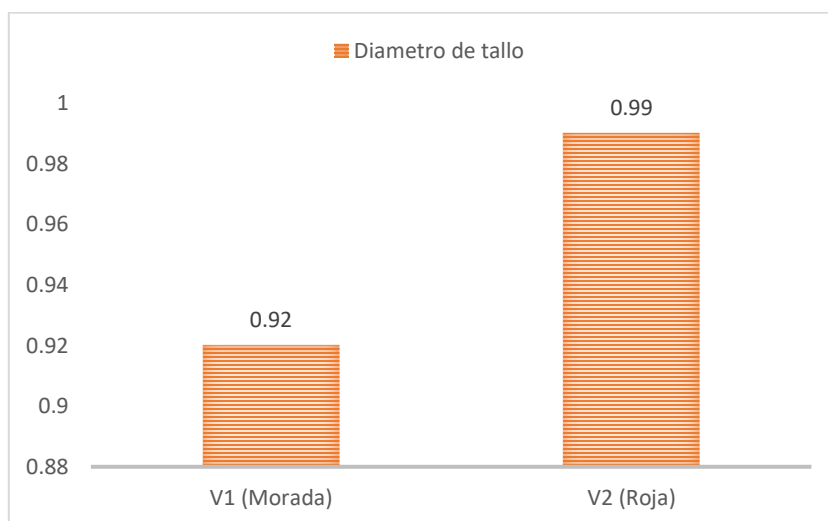
3.1.9.1. Prueba de Tukey HSD para el Factor A al 5%

Cuadro N° 61: Agrupación de medias del factor A (variedad) (30 días)

FA	Medias	Significación
		0,05
V2	0,99	A
V1	0,92	B
Valores de Tabla	3,0	
TUKEY	0,098	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 26: Comparación de medias del factor A (variedad) (30 días)



Fuente: Elaboración Propia

La prueba de Tukey ratificó la superioridad de la Variedad V2 (Roja) obtuvo una media de 0,99 (cm o mm, según la unidad) y se agrupó en la categoría de significancia A. Por otro lado, la Variedad V1 (Morada) obtuvo una media de 0,92 y se agrupó en la categoría B.

Esta separación clara y significativa (diferencia mínima de 0,098) a los 30 días confirma que la Variedad V2 (Roja) posee un potencial genético superior para el engrosamiento del tallo en comparación con V1 (Morada).

3.1.10. Diámetro de tallo a los 50 días

Cuadro N° 62: Datos de campo del diámetro a los 50 días

Variedades	Sustrato	Tratamientos	I	II	III	Total	Media
V1	D1 = A+L	T1	1,4	1,6	1,6	4,6	1,5
	D2=TV+A+EC	T2	1,6	1,6	1,6	4,8	1,6
	D3 = TV+L+H	T3	1,6	1,6	1,4	4,6	1,5
V2	D1 = A+L	T4	1,6	1,7	1,6	4,9	1,6
	D2=TV+A+EC	T5	1,6	1,7	1,5	4,9	1,6
	D3 = TV+L+H	T6	1,6	1,6	1,6	4,9	1,6
Total			9,5	9,8	9,4	28,7	
Media							1.6

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 63: Relación variedad /sustrato en diámetro

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	4,6	4,8	4,6	14,0	1,6
V2	4,9	4,9	4,9	14,6	1,6
Total	9,5	9,7	9,5	28,7	
X	1,6	1,6	1,6		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 64: Análisis de varianza del diámetro a los 50 días

Fuentes variable	de	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
						0,05	0,01
Total		17	0,0853				
Tratamientos		5	0,0271	0,0054	1,1	3,11	5,06
FA		1	0,0217	0,0217	4,5	4,75	9,33
FB		2	0,0037	0,0018	0,4	3,88	6,93
A/B		2	0,0017	0,0009	0,2	3,88	6,93
Error		12	0,0582	0,0048			

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de la variable Diámetro del Tallo a los 50 días revela una **convergencia morfológica** entre los tratamientos, pues **ninguno de los factores resultó ser significativo** (F_c fue inferior a F_t , 0.05 y 0.01) para ambos factores y la interacción). Este fenómeno indica que, aunque hubo diferencias estadísticas claras en el vigor en etapas iniciales (20 días) y control genético parcial (30 días), la planta de Jamaica ha logrado, a los 50 días, mitigar las variaciones iniciales.

C.V. - Coeficiente de Variación

$$CV = \left(\frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \right) * 100$$

$$CV = \left(\frac{\sqrt{0.0048}}{1.6} \right) * 100 = 5.50 \%$$

El $CV = 5.50 \%$ indica que los datos experimentales son confiables ya que el CV se halla por debajo del valor recomendado ($CV < 10\%$), Calzada, (1982). Siendo clasificada de alta presión y adecuado para la variable experimental de la planta.

*El bajo Coeficiente de Variación de (5,50%) para el diámetro del tallo a los 50 días indica una **alta precisión y uniformidad** del experimento (Steel & Torrie, 1980).*

*La baja dispersión relativa ($CV = (5,50\%)$) corrobora la falta de significancia estadística a los 50 días, sugiriendo una **convergencia morfológica** de las plántulas a esta edad, donde el error experimental es mínimo (Gómez & Gómez, 1984).*

3.1.11. Numero de Ramas por Planta (Brotos)

Para esta investigación, el recuento de ramas se realizó al final de la fase vegetativa (a los 50 días después de la siembra) en las plantas de cada tratamiento. Este parámetro es un indicador clave del vigor y la respuesta de las plantas a las condiciones de cultivo y, por lo tanto, es esencial para determinar si la variedad o el sustrato influyeron en el desarrollo de la planta.

3.1.8.1. Análisis ANOVA del Número de Ramas

Para determinar si las diferencias observadas en el número de ramas eran estadísticamente significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con un diseño experimental completamente al azar (DCA). Este análisis estadístico permitirá evaluar el efecto de los factores de estudio, la variedad y el sustrato, en la capacidad de ramificación de la planta.

Cuadro N° 65: Datos de campo de número de ramas (Brotos) a los 50 días

Variedades	Sustratos	Tratamientos	I	II	III	Total	$\bar{X}$
V1	D1 = A+L	T1	7,7	6,2	5,2	19,0	6,3
	D2=TV+A+EC	T2	8,5	5,3	5,8	19,6	6,5
	D3 = TV+L+H	T3	8,4	3,9	0,3	12,6	4,2
V2	D1 = A+L	T4	1,3	1,3	1,0	3,5	1,2
	D2=TV+A+EC	T5	2,4	1,6	1,2	5,2	1,7
	D3 = TV+L+H	T6	1,9	2,2	1,2	5,3	1,8
Total			30,2	20,4	14,5	65,1	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 66: Relación Variedad/Sustrato en brotes (50 días)

V/D	D1	D2	D3	TOTAL	X
V1	19,0	19,6	12,6	51,2	17,1
V2	3,5	5,2	5,3	13,9	4,6
Total	22,5	24,8	17,8	65,1	21,7
X	11,3	12,4	8,9		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 67: Análisis de Varianza (ANOVA) número de brotes a los 50 días

F/V	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					0,05	0,01
Total	17	131,7				
Tratamientos	5	87,8	17,6	4,8*	3,11	5,06
FA	1	77,1	77,1	21,1***	4,75	9,33
FB	2	4,1	2,1	0,6NS	3,88	6,93
A/B	2	6,6	3,3	0,9NS	3,88	6,93
Error	12	43,9	3,7			

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro N° 65 se observa que el Fc (Tratamientos), el valor de Fc para "Tratamientos" es 4,8. Es mayor que el Ft crítico a $\alpha=0.05$ (3,11), pero menor que a $\alpha=0,01$ (5,06). El asterisco (*) indica que las diferencias entre los tratamientos son significativas al 5% de nivel de confianza. Esto justifica la necesidad de realizar una prueba de medias para identificar cuáles tratamientos son diferentes.

El Fc (FA - Variedad), el valor de Fc para "FA" (Variedad) es 21,1. Es mucho mayor que el Ft crítico a $\alpha=0.05$ (4,75) y a $\alpha=0.01$ (9,33). Los tres asteriscos (***) denotan que el factor variedad tiene un efecto altamente significativo en el número de brotes. Esto significa que existen diferencias muy claras en el número de brotes entre la Variedad 1 y la Variedad 2.

El Fc (FB - Sustrato), el valor de Fc para "FB" (Sustrato) es 0,6. Es menor que el Ft crítico a $\alpha=0,05$ (3,88). La notación "NS" (No Significativo) indica que el factor sustrato no tiene un efecto estadísticamente significativo en el número de brotes. Las diferencias observadas entre los sustratos son atribuibles al azar.

Y por último el Fc (A/B - Interacción Variedad x Sustrato), el valor de Fc para la interacción "A/B" es 0,9. Es menor que el Ft crítico a $\alpha=0,05$ (3,88). La notación "NS" (No Significativo) significa que no hay una interacción estadísticamente significativa entre la variedad y el sustrato en el número de brotes. El efecto de la variedad sobre los brotes es independiente del sustrato y viceversa.

3.1.8.1.2. Prueba de Tukey HSD para los tratamientos al 5%

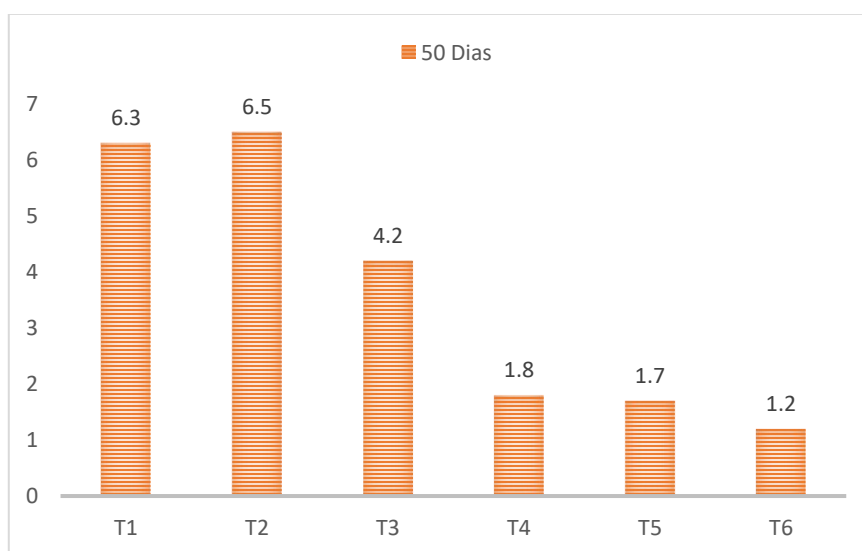
$$(5\%) = q * \sqrt{CME/r} = 5,23$$

Cuadro N° 68: Agrupación de medias de los tratamientos en brotes (50 días)

Tratamientos	Medias	Significación
		5%
T2	6,5	A
T1	6,3	A
T3	4,2	A
T6	1,8	AB
T5	1,7	AB
T4	1,2	B
Valores de Tabla		4,75
TUKEY		5,23

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 27: Comparación de medias de los tratamientos (50 días)



Fuente: Elaboración Propia

En cuadro N° 68, la columna "Significación 5%" utiliza letras para agrupar tratamientos cuyas medias no son estadísticamente diferentes al nivel de significancia del 5%. Se observa que el Grupo A, el T2 (V1+D2 (Tierra Vegetal + Limo + Estiércol)) (6,5 brotes) y T1 (V1+D1 (Arena+Limo)) (6,3 brotes). Ambos tratamientos T1 y T2 son estadísticamente superiores a los tratamientos marcados con 'A'. T2 y T1 son las combinaciones que producen el mayor número de brotes.

Con la agrupación AB (Medias intermedias), T3 (V1+D3 (Tierra Vegetal + Limo + Humus)) (4,2 brotes), T6 (V2+D3 (Tierra Vegetal + Limo + Humus)) (1,8 brotes) y T5 (V2+D2 (Tierra Vegetal + Limo + Estiércol)) (1,7 brotes). Estos tratamientos no son significativamente diferentes de los del grupo "A" (al menos T3 y T6/T5 en algunos casos) y tampoco son significativamente diferentes del grupo "B" (al menos T3).

Por último, la agrupación B (Medias más bajas), T4 (V2+Arena+Limo) (1,2 brotes). Este tratamiento es estadísticamente inferior a los tratamientos marcados con 'B'. T4 es la combinación que produce el menor número de brotes.

Los tratamientos T2 (V1D2) y T1 (V1D1) son los que estadísticamente produjeron el mayor número de brotes. Esto implica que la Variedad 1, combinada con el sustrato D2 (Tierra Vegetal + Arena + Estiércol de Cabra) o D1 (Arena + Limo), es la mejor opción para maximizar el número de brotes. Esto demuestra que la Variedad 1 (V1) es superior en la producción de brotes, independientemente del sustrato. Los tratamientos que usan la Variedad 2 (V2) se agrupan en otro grupo estadístico (B), lo que confirma su menor capacidad de ramificación.

3.1.8.1.3. Prueba de Tukey HSD para el Factor A (Variedades) al 5%

$$(5\%) = q_{\alpha, k, gl} * \sqrt{CME/n} = 2,90$$

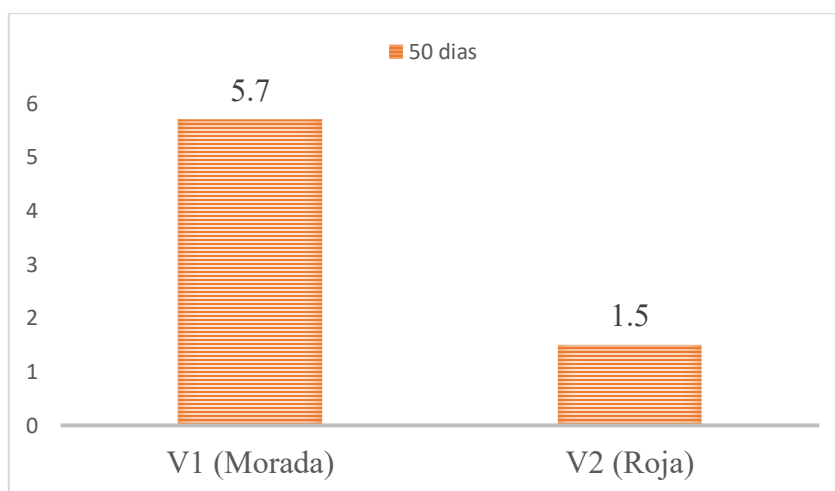
Cuadro N° 69: Agrupación de medias del Factor A (variedad) en brotes (50 Días)

FA	Medias	Significación
		0,05
V1	5,7	A
V2	1,5	B
Valor Tabla	3,0	
TUKEY	2,0	
DM	4,1	

Fuente: Elaboración Propia

En cuadro N° 69 la variedad V1 tiene una media de 5,7 brotes. La variedad V2 tiene una media de 1,5 brotes. La V1 (Variedad Morada) está marcada con la letra "A" y V2 (Variedad Roja) está marcada con la letra "B". Dado que las letras son diferentes, esto confirma que la media de la Variedad 1 es estadísticamente superior a la media de la Variedad 2. Como el DM (4,1) es mayor que el valor de Tukey (2,0), se confirma que la diferencia observada entre las dos variedades no se debe al azar, sino que es una diferencia real y significativa.

Gráfico N° 28: Comparación de medias para el factor A (variedades) en los brotes



Fuente: Elaboración Propia

En el Grafico N° 28 la prueba de medias confirma de manera concluyente que el factor Variedad (FA) tiene un efecto determinante en el número de brotes de Jamaica. La variedad V1 produce un número de brotes significativamente mayor que la variedad V2. Esto respalda los hallazgos del ANOVA y demuestra que la elección de la variedad es crucial para el rendimiento de brotes en este experimento.

El hallazgo de que los sustratos con materia orgánica (D2 con estiércol caprino y D3 con humus de lombriz) promueven un mejor crecimiento de las plántulas es ampliamente respaldado por la literatura. Autores como Atiyeh, (2002) y Nelson (1998) destacan que el humus de lombriz mejora significativamente las propiedades

físicas y químicas de los sustratos, aumentando la capacidad de retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico, lo que resulta en un mejor suministro de nutrientes para las plantas. De manera similar, la inclusión de estiércol caprino en el sustrato D2 enriqueció la mezcla con nutrientes esenciales y mejoró la estructura del medio, lo que es consistente con la investigación de Eghiball B. (1999), quienes documentaron los beneficios del estiércol compostado en el crecimiento vegetal.

Los resultados del estudio actual, donde el sustrato D2 y D3 superaron a la mezcla inerte de arena y limo (D1) en variables de crecimiento como la altura y el número de hojas, demuestran la importancia de la materia orgánica como un factor crítico para el desarrollo de las plántulas, más allá de la fase de germinación.

Uno de los hallazgos más importantes de este estudio, que merece especial atención en la discusión, es que la diferencia más significativa en el crecimiento no se debe a la variedad o al sustrato por separado, sino a la interacción entre ambos. La superioridad de los tratamientos T5 (Variedad Roja + D2) y T6 (Variedad Roja + D3) demuestra que la respuesta de una variedad a un sustrato específico es un factor clave en la producción agrícola. Esta sinergia es un concepto central en la agronomía, donde la genética de la planta interactúa con las condiciones ambientales (incluido el medio de cultivo) para determinar el rendimiento final Hartmann et al. (2002). En este caso, la Variedad Roja mostró una mayor capacidad para aprovechar las condiciones favorables proporcionadas por los sustratos ricos en materia orgánica.

Este resultado de que la V1 tiene más brotes que la V2 es un resultado clave que se relaciona con tu análisis de número de hojas. Mientras que la V2 demostró ser más vigorosa en altura, la V1 parece tener una estrategia de crecimiento enfocada en la ramificación. Esto se alinea con las observaciones de Tomala (2021), quien encontró que el número de ramas en las plantas de jamaica es un factor genético que varía entre cultivares.

El hecho de que el sustrato no haya influido en el número de brotes es consistente con los hallazgos de altura y número de hojas. Lo que refuerza la idea de que las condiciones del experimento no permitieron que las diferencias en la composición del

sustrato se manifestaran en el desarrollo de la planta. Esto es similar a lo que Rosado (2020) encontró en algunos de sus tratamientos, donde los efectos de los sustratos no siempre fueron significativos en las primeras etapas del cultivo.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se valida la hipótesis: las variedades difieren en su eficiencia fisiológica y el desempeño inicial depende de la interacción variedad $\times$ sustrato. Sin embargo, el análisis estadístico demostró que la variedad es el factor más influyente, mientras que el sustrato tiene un efecto secundario y no significativo en la emergencia. Las combinaciones con mejor balance agua–aire favorecieron la homogeneidad de emergencia en la variedad roja, pero no lograron compensar las limitaciones fisiológicas de la variedad morada.
- En la comparación varietal determinó que la Variedad Roja (V2) posee una superioridad fisiológica y agronómica significativa sobre la Variedad Morada (V1) durante la fase crítica de establecimiento. Esta ventaja se sustenta en una mayor eficiencia de imbibición (112,9% vs. 84,4%) y germinación (90% vs. 30%), atribuible a la permeabilidad del tegumento que favorece la activación metabólica inmediata. Asimismo, la V2 demostró un mayor vigor con una emergencia del 97,4% y un Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) de 20,8 (frente a 6,2 de la V1), minimizando drásticamente la mortandad post-germinación (2,6% vs. 7,0%). En cuanto a la interacción con el medio, la Variedad Roja expresó su máximo potencial de crecimiento y desarrollo foliar bajo tratamientos orgánicos, identificándose al T5 (Tierra Vegetal + Limo + Estiércol Caprino) y al T6 (Tierra Vegetal + Limo + Humus) como los sustratos más promisorios para optimizar su rendimiento en vivero.
- La evaluación de los tres tipos de sustrato y las dos variedades de *Hibiscus* permitió determinar que el factor genético (variedad) tiene una influencia preponderante sobre el tipo de sustrato en la fase de vivero. Si bien el análisis estadístico a los 50 días no mostró diferencias significativas entre los sustratos para la altura, diámetro y el número de hojas, el análisis integral de los indicadores agronómicos identifica a la Variedad Roja (V2) cultivada en sustratos orgánicos (específicamente T5: Tierra Vegetal + Limo + Estiércol

Caprino y T6: Tierra Vegetal + Limo + Humus) como la combinación más eficiente para el desarrollo óptimo de plántulas. Esta eficiencia se sustenta en la superioridad fisiológica de la variedad Roja, que garantizó un 90% de germinación y una emergencia del 97,4%, frente a las limitaciones de la variedad Morada; mientras que la adición de materia orgánica (estiércol o humus) en los tratamientos T5 y T6 potenció descriptivamente el crecimiento longitudinal final, alcanzando las mayores alturas promedio (79,4 cm y 83,8 cm respectivamente)

- Si bien el análisis estadístico en general no encontró diferencias en los sustratos por sí solos. Excepcionalmente, el análisis de altura de la planta a los 30 días y el análisis de diámetro a los 20 días sí mostro una diferencia significativa entre los sustratos. Donde señala la combinación correcta de variedad y sustrato, como la Variedad Roja con sustratos D3 y D2, lo que realmente impulso un crecimiento y desarrollo superiores.

4.2. Recomendaciones

- Para la variedad morada (V1), se recomienda implementar tratamientos pregerminativos adicionales (escarificación mecánica, mayor tiempo de remojo o bioestimulantes) para mejorar la imbibición y superar la dormancia física asociada a su tegumento duro.
- Se recomienda el uso de sustratos que incluyan componentes orgánicos como el estiércol caprino y el humus de lombriz. Específicamente, las mezclas Tierra Vegetal + Limo + Estiércol Caprino o humus de lombriz (D2 y/o D3) fueron las más efectivas, con buena aireación y baja compactación, que favorecen la uniformidad de emergencia y crecimiento inicial. Se debe evitar el uso exclusivo de mezclas inertes como la arena y el limo, que tienen una baja capacidad de retención de nutrientes.
- La investigación demostró que la interacción entre la variedad y el sustrato es crucial para obtener los mejores resultados. Los productores deberían utilizar las combinaciones que mostraron un rendimiento superior: T5: Combinación de la Variedad Roja (V2) con el sustrato D2 y T6: Combinación de la Variedad Roja (V2) con el sustrato D3. Estos tratamientos resultaron en los mayores incrementos en altura y un mayor número de hojas por plántula, lo que indica un desarrollo más vigoroso y una mayor probabilidad de éxito en el trasplante.
- Dado que la Variedad Morada demostró tener un número superior de brotes, se recomienda realizar estudios futuros enfocados en optimizar sus condiciones de crecimiento. Se podría investigar la aplicación de diferentes enraizadores o reguladores de crecimiento, o la modificación de los sustratos para ver si se pueden mejorar su porcentaje y velocidad de emergencia.