



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Evaluación del estado nutricional del cultivo de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) mediante métodos de extracción total y correlaciones entre nutrientes aplicados en diferentes dosis de fertilización edáfica.

**SANCHEZ FERNANDEZ RODRIGO ALBERTO
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Evaluación del estado nutricional del cultivo de Jamaica (Hibiscus Sabdariffa) mediante métodos de extracción total y correlaciones entre nutrientes aplicados en diferentes dosis de fertilización edáfica.

**SANCHEZ FERNANDEZ RODRIGO ALBERTO
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Evaluación del estado nutricional del cultivo de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) mediante métodos de extracción total y correlaciones entre nutrientes aplicados en diferentes dosis de fertilización edáfica.

**SANCHEZ FERNANDEZ RODRIGO ALBERTO
INGENIERO AGRONOMO**

VILLASEÑOR ORTIZ DIEGO RICARDO

**MACHALA
2024**

Evaluación del estado nutricional del cultivo de Jamaica (Hibiscus Sabdariffa) mediante métodos de extracción total y correlaciones entre nutrientes aplicados en diferentes dosis de fertilización edáfica.

por Rodrigo Sanchez

Fecha de entrega: 08-ago-2024 01:31pm (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2429132033

Nombre del archivo: o_n_del_estado_nutricional_del_cultivo_de_Jamaica_FINAL_1_1.pdf
(1.87M)

Total de palabras: 10743

Total de caracteres: 60516

Evaluación del estado nutricional del cultivo de Jamaica (Hibiscus Sabdariffa) mediante métodos de extracción total y correlaciones entre nutrientes aplicados en diferentes dosis de fertilización edáfica.

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Fabián Enríquez García, Víctor Hugo Villarreal-Ramírez, Edmundo José Aguirre-Avilés, Abdón Palacios Monárrez et al. "Uso de vermicompost en el crecimiento de (Hibiscus sabdariffa L.)", Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan, 2024

Publicación

<1%

2

María José Cevallos-Mendoza, Sandy Mabelyn Chompoy-Salazar, Roy Barre-Zambrano. "Propiedades fisicoquímicas y sensoriales del vino del pseudofruto de marañón (anacardium occidentale)", Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 2022

Publicación

<1%

3

Anthony Ricardo Ariza González, Alfredo de Jesus Jarma Orozco, Ana Isabel Pico Gonzalez, Juan de Dios Jaraba Navas et al. "Effect of

<1%

Limnospira maxima on physiological parameters of stevia *Stevia rebaudiana* Bert. and eggplant *Solanum melongena* L. under controlled conditions", *Temas Agrarios*, 2023

Publicación

4

Maylin Oristela Acosta Tello. "Predicción de macro y micronutrientes en hojas de cítricos y caqui utilizando métodos ópticos no destructivos", *Universitat Politecnica de Valencia*, 2024

Publicación

<1%

5

Juan Vicente Canet Perez. "Análisis genético de la percepción del ácido salicílico en *Arabidopsis thaliana*. Caracterización de NRB4", *Universitat Politecnica de Valencia*, 2012

Publicación

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

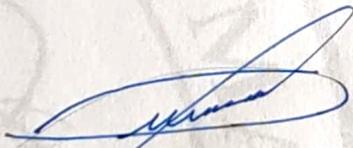
El que suscribe, SANCHEZ FERNANDEZ RODRIGO ALBERTO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación del estado nutricional del cultivo de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) mediante métodos de extracción total y correlaciones entre nutrientes aplicados en diferentes dosis de fertilización edáfica., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



SANCHEZ FERNANDEZ RODRIGO ALBERTO

0705778371

DEDICATORIA

A mis padres quienes se merece toda mi vida, mis logros, esfuerzos y metas: A mi madre Lizzette Fernández por haber sido pilar fundamental en cada proceso y decisión en la que he tomado gracias a su amor incondicional, enseñanzas, consejos y ejemplo en toda mi vida. A mi padre Fabián Sanchez por ser un gran amigo y enseñarme que la vida a pesar de ser difícil siempre encontraras respaldo y apoyo en las personas que más te quieren y quieren lo mejor para ti.

A mis abuelos que hoy me guían desde el cielo, Alberto Fernández y Gustavo Sanchez, quienes me enseñaron que la familia es lo más importante al ser unos excelentes padres, esposos, abuelos, quienes me inculcaron la empatía y humildad que debe tener una persona para lograr sus objetivos. Estoy seguro que se sienten orgullosos de la persona en la que me estoy convirtiendo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud y sabiduría para tomar decisiones que me conlleven a ser una mejor persona, y así mismo, que me ayuda a darme cuenta por medio de mis oraciones cuando algo no estoy haciendo bien.

A mi querida Universidad Técnica de Machala y emblemática Facultad de Ciencias Agropecuarias por brindarme los conocimientos y vivencias que me formaron en toda mi carrera universitaria.

De manera afectuosa a mi estimado tutor y amigo Dr. Diego Villaseñor, por todo su tiempo y apoyo desde cuarto semestre, nunca me negó una ayuda, aclaración de algún tema en el que no comprendía o un consejo, sin duda alguna me demostró ser un ejemplo y me permitió aprender de él, tanto así, que sin importar lo ocupado que este, siempre se dio el tiempo de guiarme en mi trabajo de titulación. A mi docente Ing. Eduardo Luna, que desde primer semestre demostró ser un amigo y siempre estar dispuesto a ayudar y fomentar mi crecimiento académico y personal por medio de la confianza y el trabajo en equipo. A mi docente Ing. Jorge Cun, por sus consejos en base a su experiencia profesional que me ayudo a entender y comprender muchos aspectos a tener en cuenta al ejercer esta gran profesión.

A mi enamorada Evelyn, por apoyarme y siempre sentirse orgullosa de cada paso que dé, sin duda alguna ella es el claro ejemplo de que Dios pone a las personas correctas en el momento correcto.

A mis amigos de quienes he venido aprendiendo siempre de cada uno de ellos desde el preuniversitario, Víctor, Bryan, Luigui y a quienes se volvieron mis amigos en el transcurso de esta etapa universitaria Cristhian, Alex, Jimmy Pacheco, Jimmy Honores, Emily y Rosa a quienes les deseo el mejor de los éxitos, porque estoy seguro de que serán unos grandes profesionales.

RESUMEN

Evaluación del estado nutricional del cultivo de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) mediante métodos de extracción total y correlaciones entre nutrientes aplicados en diferentes dosis de fertilización edáfica.

Autor:

Rodrigo Alberto Sanchez Fernández

Tutor:

Ing. Diego Ricardo Villaseñor Ortiz, PhD.

El cultivo de Jamaica requiere un manejo nutricional preciso, ya que su desarrollo y calidad dependen en gran medida de la disponibilidad de nutrientes, tanto macronutrientes como micronutrientes, en el suelo. El estudio se propuso investigar cómo diferentes niveles de fertilización afectan la absorción de nutrientes en las plantas, con el objetivo de optimizar estas prácticas para mejorar la productividad. El estudio se llevó a cabo en la granja experimental "Santa Inés" de la Universidad Técnica de Machala, utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos de fertilización (0%, 100%, 150%, 200%) aplicados en cuatro repeticiones. Se utilizaron semillas de la variedad africana de Jamaica, sembradas en sustrato inerte para evitar la interferencia de nutrientes del suelo. Los datos de concentración de nutrientes en hojas, tallos, peciolo y frutos se recolectaron y analizaron utilizando métodos extracción total en laboratorio y análisis estadístico, incluyendo ANOVA, comparación de medias por el test de Tukey y pruebas de correlación. Los resultados mostraron que la fertilización tiene un impacto significativo en la concentración de nutrientes en los diferentes órganos de la planta. Se encontró que la dosis al 150% fue la más efectiva para la extracción de NO_3^- en el peciolo y hojas, mientras que la dosis al 200% maximizó la extracción de NH_4^+ y K^+ en tallos y frutos. Sin embargo, se observó que la sobrefertilización no siempre proporciona beneficios adicionales y, en algunos casos, puede reducir la eficiencia de absorción de nutrientes. Las correlaciones foliar-edáficas revelaron una fuerte relación para NO_3^- , mientras que para K^+ y Ca^{++} la relación fue cuadrática, sugiriendo un comportamiento no lineal en la absorción de estos nutrientes. La investigación concluye que un manejo equilibrado de la fertilización es crucial para optimizar el estado

nutricional y el rendimiento del cultivo de Jamaica. Las dosis de fertilización deben ajustarse de manera precisa para maximizar la absorción de nutrientes sin incurrir en la sobrefertilización, lo que podría afectar negativamente la eficiencia y la sostenibilidad del cultivo. Además, las correlaciones obtenidas proporcionan una guía importante para ajustar las prácticas de fertilización en función de las necesidades específicas del cultivo en diferentes etapas de desarrollo.

ABSTRACT

Evaluation of the Nutritional Status of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) Crop through Total Extraction Methods and Correlations Between Nutrients Applied in Different Soil Fertilization Doses.

Author:

Rodrigo Alberto Sanchez Fernández

Tutor:

Ing. Diego Ricardo Villaseñor Ortiz, PhD.

The cultivation of Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) requires precise nutritional management, as its development and quality largely depend on the availability of both macronutrients and micronutrients in the soil. The study aimed to investigate how different levels of fertilization affect nutrient absorption in the plants, with the objective of optimizing these practices to improve productivity. The study was conducted at the "Santa Inés" experimental farm of the Technical University of Machala, using a Completely Randomized Block Design (CRBD) with four fertilization treatments (0%, 100%, 150%, 200%) applied in four replicates. Seeds of the African variety of Jamaica were sown in an inert substrate to avoid interference from soil nutrients. Nutrient concentration data in leaves, stems, petioles, and fruits were collected and analyzed using total extraction methods in the laboratory and statistical analysis, including ANOVA, mean comparison by Tukey's test, and correlation tests. The results showed that fertilization has a significant impact on nutrient concentrations in the different plant organs. It was found that the 150% dose was the most effective for NO_3^- extraction in petioles and leaves, while the 200% dose maximized NH_4^+ and K^+ extraction in stems and fruits. However, it was observed that over-fertilization does not always provide additional benefits and, in some cases, may reduce nutrient absorption efficiency. The foliar-soil correlations revealed a strong relationship for NO_3^- , while for K^+ and Ca^{++} , the relationship was quadratic, suggesting non-linear behavior in the absorption of these nutrients. The research concludes that balanced fertilization management is crucial to optimize the nutritional status and yield of the Jamaica crop. Fertilization doses should

be precisely adjusted to maximize nutrient absorption without incurring over-fertilization, which could negatively impact the efficiency and sustainability of the crop. Additionally, the correlations obtained provide important guidance for adjusting fertilization practices based on the specific needs of the crop at different developmental stages.

INDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	- 18 -
1.1 Objetivo general	- 19 -
1.2 Objetivo específicos	- 19 -
2.1 Origen del cultivo de Jamaica	- 20 -
2.2 Clasificación Botánica y morfología	- 20 -
2.3 Fenología de la Jamaica	- 20 -
2.4 Usos e importancia del cultivo de Jamaica	- 21 -
2.5 Valor e importancia nutricional del cultivo de Jamaica	- 21 -
2.6 Producción mundial y nacional del cultivo de Jamaica	- 22 -
2.6.1 Producción Mundial	- 22 -
2.6.2 Producción Nacional	- 22 -
2.7 Requerimientos Edafoclimáticos para el desarrollo del cultivo de Jamaica.....	- 23 -
2.7.1 Altitud	- 23 -
2.7.2 Suelo	- 23 -
2.7.3 Riego	- 23 -
2.7.4 Temperatura.....	- 23 -
2.8 Exigencia Nutricional del cultivo de Jamaica.....	- 24 -
2.8.1 Macronutrientes.....	- 24 -
2.8.1.1 Nitrógeno.....	- 24 -
2.8.1.2 Fósforo	- 24 -
2.8.1.3 Potasio	- 24 -
2.8.1.4 Calcio	- 24 -
2.8.1.5 Magnesio	- 25 -
2.8.1.6 Azufre	- 25 -
2.8.2 Micronutrientes	- 25 -
2.9 Manejo agronómico del cultivo de Jamaica.....	- 27 -
2.9.1 Densidad de siembra	- 27 -
2.9.2 Labores culturales	- 27 -
2.10 Plagas y control en el cultivo de Jamaica	- 28 -
2.11 Correlación foliar como indicador del estado nutricional	- 30 -
III. MATERIALES Y METODOS	- 31 -
3.1 Localización y caracterización del área de estudio	- 31 -
3.2 Diseño Experimental	- 31 -

3.3 Semillas	- 32 -
3.4 Preparación y diseño de parcela experimental	- 33 -
3.5 Manejo de Fertilización.....	- 34 -
3.6 Siembra	- 35 -
3.7 Manejo del cultivo.....	- 36 -
3.8 Recolección de datos	- 37 -
3.9 Análisis Estadístico	- 39 -
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	- 40 -
V. CONCLUSIONES	- 50 -
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	- 51 -
ANEXOS	- 58 -

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio ubicada en los predios de la granja experimental “Santa Inés” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala.	- 31 -
Figura 2. Croquis del experimento DBCA ubicado en los predios de la granja experimental “Santa Inés” en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, área destinada para cultivos de ciclos cortos.	- 32 -
Figura 3. Almacigo de siembra para las semillas de Jamaica bajo condiciones controladas de temperatura y humedad.	- 33 -
Figura 4. Establecimiento en campo de la parcela experimental.....	- 34 -
Figura 5. Calendario de riego y Evapotranspiración Real.....	- 36 -
Figura 6. Calibración, acondicionamiento y determinación de nutrientes en laboratorio con medidor multiparametro Imacimus 10.....	- 38 -
Figura 7. <i>Uso de extractor de savia para el tejido foliar de la planta de Jamaica. .</i>	- 38 -
Figura 8. <i>Extracción total de nutrientes en tejido foliar. Etapa 3</i>	- 43 -
Figura 9. <i>Extracción total de nutrientes en tallo. Etapa 3</i>	- 44 -
Figura 10. <i>Extracción total de nutrientes en peciolo. Etapa 3</i>	- 45 -
Figura 11. <i>Extracción total de nutrientes en fruto. Etapa 3</i>	- 47 -
Figura 12. <i>Correlación entre la concentración de nutrientes en el suelo y hojas del cultivo de Jamaica.</i>	- 49 -

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Microelementos esenciales y su función en el cultivo de Jamaica (Hibiscus Sabdariffa).....	- 26 -
Cuadro 2. Labores culturales en el cultivo de Jamaica.....	- 28 -
Cuadro 3. Plagas y control en el cultivo de Jamaica	- 29 -
Cuadro 4. Cronograma de fertilización del ensayo en cultivo de Jamaica (Hibiscus Sabdariffa) bajo distintas dosis.	- 35 -
Cuadro 5. Determinación de nutrientes en suelo. Etapa 2.....	- 40 -
Cuadro 6. Determinación de nutrientes en tejido foliar. Etapa 2.....	- 41 -
Cuadro 7. Correlación entre la concentración de nutrientes en el suelo y hojas del cultivo de Jamaica.....	- 48 -

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Proceso de desinfección del sustrato inerte con formol.....	- 58 -
Anexo 2. Establecimiento del diseño experimental con el sustrato ubicado en cada funda y cada base de madera	- 58 -
Anexo 3. Toma de muestra foliar y edáfica del cultivo de Jamaica a los 60 dds.	- 59 -
Anexo 4. Proceso de tamizado del sustrato para posterior análisis en laboratorio....	- 59 -
Anexo 5. Imacimus 10. Equipo medidor multiparametro para análisis nutricional. .	- 60 -
Anexo 6. Software Imacimus 10 que indica el proceso de calibración del medidor multiparametro.....	- 60 -
Anexo 7. Pesado de tallo para posterior cálculo de materia seca	- 61 -
Anexo 8. Proceso de secado de los diferentes tejidos para posterior cálculo de materia seca.....	- 61 -
Anexo 9. Producción del cultivo de Jamaica en su etapa 3, tratamiento 3.....	- 62 -

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) es originario África Occidental y Central, donde ha sido cultivado durante siglos debido a su versatilidad y adaptabilidad. Los cálices de esta planta, utilizados en infusiones y otros productos alimenticios y medicinales, son apreciados por sus beneficios para la salud y su sabor distintivo (Hassanein et al., 2021; Baigts-Allende et al., 2023). La Jamaica a nivel mundial, ha ganado reconocimiento por su amplia gama de usos y beneficios para la salud, su demanda en la industria alimentaria y farmacéutica, ha llevado a un incremento significativo en su producción en países como México, India, Colombia, Sudáfrica y diferentes regiones tropicales y subtropicales (Meligy, 2020; Richardson & Arlotta, 2021).

En Ecuador, el cultivo de Jamaica desempeña un papel destacado en la agricultura y la economía del país, regiones como Manabí (con un 10% del área del cultivo), Napo y Pastaza (40%) han sido clave en su producción y para el consumo interno (Ibrahim et al., 2020; Yirzagla et al., 2023).

En este sentido, la nutrición a través de la fertilización al cultivo representa un papel fundamental en el manejo y optimización de su rendimiento y calidad (Al-Sayed et al., 2023). Conocer las necesidades nutricionales específicas de la planta, tanto en términos de macronutrientes como de micronutrientes, es clave para proporcionar los elementos necesarios para su desarrollo óptimo (Ladan et al., 2021).

A partir de la comprensión de la cantidad de nutrientes que la planta toma durante sus diferentes etapas fenológicas, se pueden desarrollar gráficas de absorción o curvas de extracción de los principales nutrientes, que permiten ajustar las prácticas de fertilización de manera precisa a lo largo de su ciclo de crecimiento (Ali et al., 2021). Estas acciones de manejo de la fertilización, garantiza que la planta reciba los nutrientes en las cantidades y momentos adecuados, en última instancia, la combinación de una fertilización y el conocimiento de las curvas de extracción de nutrientes no solo mejora el rendimiento del cultivo, sino que también promueve una producción más sostenible y eficiente (El-Shayeb et al., 2021; Ngan & Riddech, 2021).

Por otro lado, el estado nutricional de una planta puede evaluarse mediante la medición de la concentración de nutrientes en sus hojas. Esta técnica permite realizar monitoreos sin necesidad de eliminar la planta, lo cual es una ventaja significativa para la agricultura y la investigación botánica. Al analizar la concentración de nutrientes en las hojas o en partes específicas de ellas, se pueden obtener datos precisos sobre la salud y el desarrollo de la planta (Osorio, 2012).

Además, esta metodología facilita la detección temprana de deficiencias o excesos nutricionales, lo que permite tomar medidas correctivas oportunas para optimizar el crecimiento y la productividad de los cultivos. La información obtenida a través de estas mediciones puede ser utilizada para ajustar la fertilización y otros manejos agronómicos, contribuyendo a un uso más eficiente de los recursos y a la sostenibilidad agrícola.

Por lo tanto, comprender el estado nutricional en sus diferentes etapas de desarrollo es fundamental para implementar estrategias de fertilización precisas y efectivas, que optimicen el crecimiento y el rendimiento del cultivo de Jamaica (Ali et al., 2021). No obstante, la importancia de determinar una relación nutricional edáfica-foliar del cultivo de Jamaica en sus diferentes etapas de crecimiento y el análisis de la respuesta del cultivo a dosis crecientes de nutrientes, proporcionará datos para establecer programas nutricionales efectivos.

1.1 Objetivo general

Evaluar el estado nutricional del cultivo de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) mediante métodos de extracción total y correlaciones entre nutrientes aplicados en diferentes dosis de fertilización en el sustrato.

1.2 Objetivo específicos

- Determinar la correlación entre la concentración de nutrientes en el suelo y en las hojas de Jamaica en su segunda etapa fenológica.
- Analizar niveles de extracción total de nutrientes para el cultivo de Jamaica, identificando las necesidades específicas en su última etapa de desarrollo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del cultivo de Jamaica

El cultivo de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), es una planta de tipo herbácea de la familia Malvaceae, se conoce que es originaria de África Occidental y Central (Sanou et al., 2022). A lo largo de los siglos, se ha cultivado en diversas regiones tropicales y subtropicales alrededor del mundo debido a su adaptabilidad y versatilidad, su distribución se ha realizado en diversas regiones del mundo debido a las propiedades nutritivas (Abou-Sreea et al., 2021).

2.2 Clasificación Botánica y morfología

El cultivo de Jamaica pertenece al reino Plantae, división *Magnoliophyta*, clase *Magnoliopsida*, orden Malvales, familia *Malvaceae* y género *Hibiscus*. Esta planta comparte su género con una amplia variedad de especies de hibisco, pero se distingue por sus características específicas, incluidos sus cálices comestibles y su uso popular en infusiones y bebidas. Tiene un sistema de raíces fibrosas y un tallo erecto que puede crecer hasta alcanzar alturas de entre 1 y 3 metros. Sus hojas son alternas, lobuladas y de color verde intenso, con bordes dentados. Las flores son grandes y vistosas, de color amarillo pálido con manchas rojas en la base de los pétalos. Sin embargo, son los cálices, que son los sépalos carnosos y coloridos de la flor, los que se utilizan comúnmente en la cocina y la medicina (Carrascal et al., 2012).

2.3 Fenología de la Jamaica

La fenología del *Hibiscus sabdariffa* describe los eventos clave en su ciclo de vida, desde la germinación hasta la producción de semillas maduras. El tiempo que tarda en completar cada etapa puede variar según las condiciones climáticas y el manejo del cultivo. Por lo general, el ciclo de vida de la Jamaica comienza con la siembra de las semillas en primavera o verano. Luego, las plántulas emergen y crecen, desarrollando hojas y brotes florales. La floración ocurre típicamente de 8 a 12 semanas después de la siembra, seguida por la formación de cálices y la maduración de las semillas. Una vez que las semillas están maduras, la planta completa su ciclo de vida y comienza el proceso de dispersión de semillas para dar lugar a nuevas generaciones de plantas. (Scher et al., 2023)

2.4 Usos e importancia del cultivo de Jamaica

Tiene una amplia gama de usos que abarcan tanto aplicaciones culinarias como medicinales. Sus cálices, que son los sépalos carnosos y coloridos de la flor; se utilizan comúnmente en la preparación de infusiones y bebidas refrescantes, conocidas como "agua de Jamaica", que son populares en muchas partes del mundo por su sabor único y propiedades saludables (El-Dissoky et al., 2020). Además, se utiliza en la industria alimentaria para la elaboración de mermeladas, jaleas, dulces y aderezos (Hassanein et al., 2021).

En términos medicinales, este cultivo se ha utilizado tradicionalmente en diversas culturas para tratar una variedad de dolencias, como la hipertensión, el colesterol alto, la inflamación y la fiebre (Ngan & Riddech, 2021). Los estudios científicos han respaldado algunas de estas afirmaciones, demostrando que la Jamaica tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas y cardioprotectoras, lo que lo convierte en un ingrediente valioso tanto en la medicina tradicional como en la moderna (Al-Sayed et al., 2020; Abou-Sreca et al., 2021).

Desde el punto de vista agrícola, el cultivo de Jamaica tiene importancia económica para muchas comunidades rurales, ya que proporciona una fuente de ingresos y empleo (Sim & Nyam, 2021; Oladejo et al., 2023). Además, su capacidad para desarrollarse en una amplia variedad de condiciones climáticas y su resistencia a plagas y enfermedades lo convierten en una opción atractiva para la diversificación de cultivos en regiones agrícolas.

2.5 Valor e importancia nutricional del cultivo de Jamaica

El cultivo de Jamaica es una excelente fuente de nutrientes y compuestos bioactivos beneficiosos para la salud, los cálices de Jamaica son ricos en vitamina C, un poderoso antioxidante que ayuda a fortalecer el sistema inmunológico y a combatir los radicales libres en el cuerpo (Ali et al., 2021). Además, contienen una variedad de minerales esenciales como calcio, hierro, magnesio y potasio, que son importantes para el mantenimiento de la salud ósea, la función muscular y nerviosa, y la regulación de la presión arterial (El-Shayeb et al., 2021).

Además de su contenido nutricional, la Jamaica es una fuente significativa de compuestos fitoquímicos, como polifenoles y antocianinas, que han demostrado tener efectos beneficiosos para la salud cardiovascular, la función cognitiva y la prevención de

enfermedades crónicas como la diabetes y el cáncer (Sim & Nyam, 2021; Oladejo et al., 2023). Adicionalmente, es una planta versátil y nutritiva con una amplia gama de usos culinarios, medicinales y agrícolas (Mendonça et al., 2024). Su importancia radica en su valor nutricional, sus propiedades medicinales y su contribución al sustento y la diversificación de cultivos en muchas comunidades alrededor del mundo (Allawi & Mheidi, 2020).

2.6 Producción mundial y nacional del cultivo de Jamaica

2.6.1 Producción Mundial

A nivel mundial, el cultivo de Jamaica, ha experimentado un aumento significativo debido a su demanda tanto en la industria alimentaria como en la farmacéutica (Hassanein et al., 2021). Países de diversas regiones tropicales y subtropicales, incluyendo África, Asia, América Latina y el Caribe, contribuyen a la producción global de Jamaica (Meligy, 2020). Los principales productores mundiales incluyen Nigeria, Tailandia, India, México y algunos países del Caribe, esta expansión en la producción mundial refleja la creciente popularidad y la amplia gama de usos de esta planta (Mendonça et al., 2024).

2.6.2 Producción Nacional

En Ecuador, el cultivo tiene una larga historia y desempeña un papel importante en la agricultura y la economía del país. Las condiciones climáticas favorables en regiones como la costa y la sierra hacen de Ecuador un lugar propicio para el cultivo de Jamaica (López et al., 2019). La provincia de Manabí es una de las principales regiones productoras en Ecuador, seguida por otras como Guayas y Los Ríos, la producción de Jamaica en Ecuador se destina tanto al consumo interno, donde es valorada por sus propiedades refrescantes y medicinales, como a la exportación, especialmente a mercados internacionales como Estados Unidos y Europa (FAO, 2024). El sector productivo ecuatoriano continúa buscando oportunidades para expandir y mejorar la producción de Jamaica, aprovechando su potencial para generar ingresos y promover el desarrollo rural en el país (López et al., 2019).

2.7 Requerimientos Edafoclimáticos para el desarrollo del cultivo de Jamaica

2.7.1 Altitud

El cultivo, se adapta a una amplia gama de altitudes, pero su rendimiento óptimo varía según las condiciones específicas. En general, esta planta prospera en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1500 metros sobre el nivel del mar (msnm). Sin embargo, es importante tener en cuenta que diferentes variedades pueden tener preferencias específicas en cuanto a altitud, por lo que es recomendable seleccionar las variedades más adecuadas para la altitud específica de la zona de cultivo (Sanou et al., 2022).

2.7.2 Suelo

Este cultivo, prefiere suelos bien drenados y fértiles para un óptimo crecimiento y desarrollo. Los suelos con un pH ligeramente ácido a neutro, en el rango de 5.5 a 7.5, son ideales para esta planta. Además, según (Farooq et al., 2008) la Jamaica es tolerante a una amplia variedad de tipos de suelo, incluyendo suelos arcillosos, arenosos y francos, siempre que sean fértiles y tengan una buena capacidad de retención de agua.

2.7.3 Riego

El riego es un factor importante para el buen desarrollo de la Jamaica, especialmente durante períodos de sequía o en regiones con estaciones secas pronunciadas. Esta planta requiere un suministro constante de agua para mantener un crecimiento saludable y la producción de flores y cálices. Sin embargo, es importante evitar el encharcamiento del suelo, ya que el exceso de humedad puede provocar problemas como la pudrición de la raíz y enfermedades fúngicas. Se recomienda un sistema de riego que proporcione agua de manera uniforme y eficiente, adaptado a las necesidades específicas de la planta y las condiciones del suelo (Mandour et al., 2018).

2.7.4 Temperatura

El *Hibiscus sabdariffa* prefiere temperaturas cálidas para un crecimiento óptimo. La temperatura ideal para el cultivo de Jamaica está en el rango de 20°C a 30°C durante el día y no debe descender por debajo de 15°C durante la noche. Temperaturas más bajas pueden afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de la planta, mientras que temperaturas extremadamente altas pueden provocar estrés térmico y afectar la producción de flores y cálices. Es importante seleccionar variedades que sean resistentes

a las temperaturas extremas y tomar medidas para proteger las plantas durante condiciones climáticas adversas (Araújo et al., 2018).

2.8 Exigencia Nutricional del cultivo de Jamaica

Como cualquier otra planta, tiene requisitos específicos de nutrientes para un crecimiento óptimo y una producción saludable. Estos nutrientes se dividen en macronutrientes y micronutrientes, siendo los primeros necesarios en mayores cantidades. A continuación, se detallan los macronutrientes y su importancia para el cultivo de Jamaica.

2.8.1 Macronutrientes

2.8.1.1 Nitrógeno

El N es esencial para el crecimiento vegetativo de la Jamaica. También influye en la salud general de la planta y su capacidad para resistir enfermedades y plagas. La necesidad nutricional del cultivo es de 219 kg ha⁻¹ de N y es un componente importante de las proteínas, enzimas y clorofila, lo que lo convierte en un nutriente clave para el desarrollo de hojas, tallos y brotes (Mendonça et al., 2024).

2.8.1.2 Fósforo

Esencial para el desarrollo de raíces fuertes y sistemas de raíces saludables, por tanto, su necesidad nutricional es de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. También desempeña un papel crucial en la fotosíntesis, la formación de flores y frutos, y el almacenamiento y transferencia de energía dentro de la planta (Allawi & Mheidi, 2020).

2.8.1.3 Potasio

Importante para múltiples procesos fisiológicos en el cultivo, incluyendo la regulación del equilibrio hídrico, la apertura y cierre de estomas, y la activación de enzimas involucradas en la síntesis de proteínas y carbohidratos (Yirzagla et al., 2023). Contribuye al desarrollo de tejidos vegetativos y reproductivos, así como a la resistencia de la planta al estrés biótico y abiótico (Ibrahim et al., 2020). Su aporte nutricional en el cultivo de Jamaica debe ser de 105 kg ha⁻¹ de K₂O.

2.8.1.4 Calcio

El calcio es esencial para la formación de paredes celulares fuertes y la estabilidad estructural en el *Hibiscus sabdariffa*. Contribuye a la regulación del transporte de nutrientes y agua dentro de la planta, así como a la activación de enzimas involucradas

en la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos (Al-Sayed et al., 2023). Según FAO (2013) indica que se recomienda una aplicación de calcio en un rango de 15 a 50 kg ha⁻¹ para asegurar una adecuada disponibilidad de este nutriente crucial

2.8.1.5 Magnesio

El magnesio es un componente central de la clorofila, lo que lo convierte en un nutriente crucial para la fotosíntesis en el *Hibiscus sabdariffa*. También es necesario para la activación de enzimas y la síntesis de proteínas, así como para el metabolismo del fósforo y la transferencia de energía (Ladan et al., 2021).

2.8.1.6 Azufre

El azufre es un componente de aminoácidos y proteínas en el *Hibiscus sabdariffa*, lo que lo convierte en un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de la planta (Ladan et al., 2021; Al-Sayed et al., 2023). Además, desempeña un papel en la síntesis de compuestos volátiles y en la resistencia de la planta al estrés.

Garantizar un suministro adecuado de estos macronutrientes es fundamental para optimizar el crecimiento, desarrollo y rendimiento del *Hibiscus sabdariffa*. Los agricultores pueden utilizar fertilizantes balanceados que proporcionen una mezcla equilibrada de estos nutrientes de acuerdo con las necesidades específicas del cultivo y las condiciones del suelo (Ali et al., 2021).

2.8.2 Micronutrientes

Los micronutrientes son elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, aunque se requieren en cantidades mucho más pequeñas en comparación con los macronutrientes (El-Shayeb et al., 2021). A continuación, se describen algunos de los micronutrientes importantes para el *Hibiscus sabdariffa* y sus funciones (Cuadro 1).

Cuadro 1. *Microelementos esenciales y su función en el cultivo de Jamaica (Hibiscus Sabdariffa)*

Elemento nutricional	Símbolo químico	Función en la planta	Referencia bibliográfica
Hierro	Fe	Participa en la fotosíntesis y en la respiración celular, además de contribuir al metabolismo del nitrógeno.	(Ngan & Riddech, 2021).
Cobre	Cu	Participa en procesos metabólicos como la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de lignina.	(El-Shayeb et al., 2021)
Manganeso	Mn	Contribuye al metabolismo de carbohidratos y ácidos grasos,	(Ali et al., 2021).
Zinc	Zn	Participa en la síntesis de proteínas, el metabolismo de carbohidratos y la resistencia a enfermedades	(El-Shayeb et al., 2021).
Boro	B	Es esencial para la división celular y el crecimiento de los tejidos en el <i>Hibiscus sabdariffa</i> , además de influir en la floración y la formación de semillas	(Ngan & Riddech, 2021; El-Dissoky et al., 2020).

Aunque se requieren en cantidades muy pequeñas, los micronutrientes son fundamentales para el crecimiento, desarrollo y salud de la Jamaica, es importante asegurar un suministro adecuado de estos nutrientes para optimizar el rendimiento y la calidad del cultivo (El-Dissoky et al., 2020; Ngan & Riddech, 2021).

2.9 Manejo agronómico del cultivo de Jamaica

2.9.1 Densidad de siembra

Diferentes autores han propuesto diversas recomendaciones sobre la distancia de siembra para el cultivo en cuestión. Según lo indicado por Urbina (2009), se sugiere un espaciamiento de 1,3 m × 0,9 m. En contraste, Hidalgo, en su estudio de (2013), aconseja una separación de 1 m × 0,8 m, utilizando tres semillas por cada punto de siembra. En cuanto a la producción de cálices, Carrascal (2013) encontró que la configuración más efectiva fue de 1,20 m × 1,2 m, logrando 240 cálices planta⁻¹.

La segunda mejor disposición resultó ser de 1 m × 1,2 m, con una producción de 152 cálices planta⁻¹. En relación con el peso, estos investigadores observaron que el rendimiento más bajo se obtuvo con una separación de 1 m × 0,8 m, alcanzando solo 10,6 g planta⁻¹. Disposiciones de 1 m × 1 m y 0,5 m × 1 m produjeron un promedio de 11 g planta⁻¹.

2.9.2 Labores culturales

Las prácticas agrícolas o laborales culturales son importantes para garantizar un crecimiento saludable de las plantas, sin embargo, el buen manejo también influye directamente en la calidad y cantidad de la cosecha, (Cuadro 2).

Cuadro 2. *Labores culturales en el cultivo de Jamaica.*

Labores Culturales	
	Descripción
Poda	La poda en el cultivo de Jamaica implica cortar 10-15 cm de la yema terminal al inicio del crecimiento o cuando la planta alcanza 1.20-1.25 m de altura. Esta técnica, conocida como despunte, interrumpe la dominancia apical. Como resultado, se estimula el crecimiento de ramas laterales.
Preparación del suelo	Se adapta a una gran variedad de suelos, ya que es un cultivo poco exigente, es más productivo en suelos profundos donde puede desarrollar libremente su sistema de raíces. Por lo cual es necesario realizar una labor de roturación del suelo y luego dos pases de afinado y nivelación antes del surcado, para lograr una excelente cama para el adecuado desarrollo del cultivo.
Control de Malezas	El manejo de malezas en el cultivo incluye limpiezas manuales según sea necesario, utilizando las plantas cortadas como cobertura orgánica. Se recomienda realizar limpieza y aporque cada 25 días, eliminando las malezas competidoras antes de su fructificación. Estas prácticas evitan la propagación de plantas no deseadas y protegen las ramas del cultivo.
Propagación y siembra	La propagación de esta planta se realiza con semillas (3.3 Kg ha^{-1}), inicialmente en almácigos con espaciamiento de 8-10 cm y profundidad de 1-2 cm. El trasplante al campo se efectúa cuando las plantas alcanzan 10-15 cm de altura, con distancias de 1.5 m entre surcos y 1 m entre plantas.

Fuente: (Rosero, 2022)

2.10 Plagas y control en el cultivo de Jamaica

Al igual que otras plantas, está sujeto a la infestación de diversas plagas que pueden afectar su crecimiento y rendimiento. Para proteger el cultivo de plagas y enfermedades, es esencial adoptar un enfoque integral que combine diferentes métodos

de control. Así, se puede garantizar una cosecha saludable y de alta calidad, asegurando la sostenibilidad del cultivo a largo plazo (FAO, 2019). Entre las plagas comunes que pueden afectar al Jamaica se encuentran según Mahunu et al. (2021), menciona:

Cuadro 3. *Plagas y control en el cultivo de Jamaica*

<i>Plagas en el cultivo de Jamaica</i>		
Plagas	Daño	Control
<i>Gusano trozador</i>	Ataca principalmente cuando las plantas se encuentran en estado joven. Durante el día, las larvas permanecen enterradas en el suelo, mientras que por las noches emergen a la superficie para alimentarse. (Hernandez, 2010).	Como medida de control, se recomienda la aplicación de preparados elaborados con chile picante, asperjados sobre el follaje durante las horas de la mañana, tomando precauciones con respecto a la dirección del viento (Meza, 2012).
<i>Pulgones</i>	Esta plaga daña el follaje de la planta y, durante la etapa inicial de floración, se enfoca principalmente en las partes más jóvenes y tiernas (Reynoso, 2016).	Para su control, se sugiere la aplicación de preparados elaborados con chile picante, los cuales deben asperjarse sobre el follaje en las horas matutinas. (Meza, 2012).
<i>Mosca blanca</i>	Estos insectos se alimentan y oviponen en el envés de las hojas jóvenes, seleccionándolas por atracción al color. Generalmente, es responsable de la transmisión de virosis en grandes plantaciones (Cardona, Rodríguez, Bueno, & Tapia, 2005).	Para controlar la mosca blanca, se puede rotar cultivos, usar enemigos naturales como avispa y hongos, aplicar insecticidas específicos, y poner trampas cromáticas y mallas de exclusión. (Cardona, Rodríguez, Bueno, & Tapia, 2005).
<i>Barrenador de tallo</i>	Las larvas de esta plaga se introducen en las nervaduras de las hojas y posteriormente descienden por el pecíolo hasta alcanzar el tallo. (Hernandez, 2010).	Para controlar el barrenador del tallo, puedes rotar cultivos, destruir residuos, sembrar en fechas adecuadas, usar enemigos naturales y aplicar insecticidas específicos (Hernandez, 2010).

Es importante monitorear regularmente el cultivo de Jamaica para detectar signos de infestación de plagas y tomar medidas de control apropiadas según sea necesario. El uso integrado de varias estrategias de control puede ayudar a mantener las poblaciones de plagas bajo control y proteger la salud y el rendimiento del cultivo.

2.11 Correlación foliar como indicador del estado nutricional

La importancia de realizar una correlación del estado nutricional del suelo y la parte foliar de la planta de Jamaica se basa en el entender cuál es la tendencia de absorción del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas (Roy, Rivas, Perez, & Palacios, 2019).

El estado nutricional de una planta se puede determinar midiendo la concentración de nutrientes en sus hojas. Esta técnica permite monitorear la planta sin necesidad de dañarla, permitiendo así determinar la concentración de nutrientes en las hojas o en partes de ellas (Osorio, 2012).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización y caracterización del área de estudio

El presente estudio se realizó en los predios de la granja experimental “Santa Inés” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, localizada en la provincia de El Oro, cantón Machala, en el Km. 5 1/2 vía Machala-Pasaje ubicada dentro de una latitud $3^{\circ}17'37.98''$ sur y longitud de $79^{\circ}54'48.43''$ oeste, a una altitud de 6 metros sobre el nivel del mar (msnm).

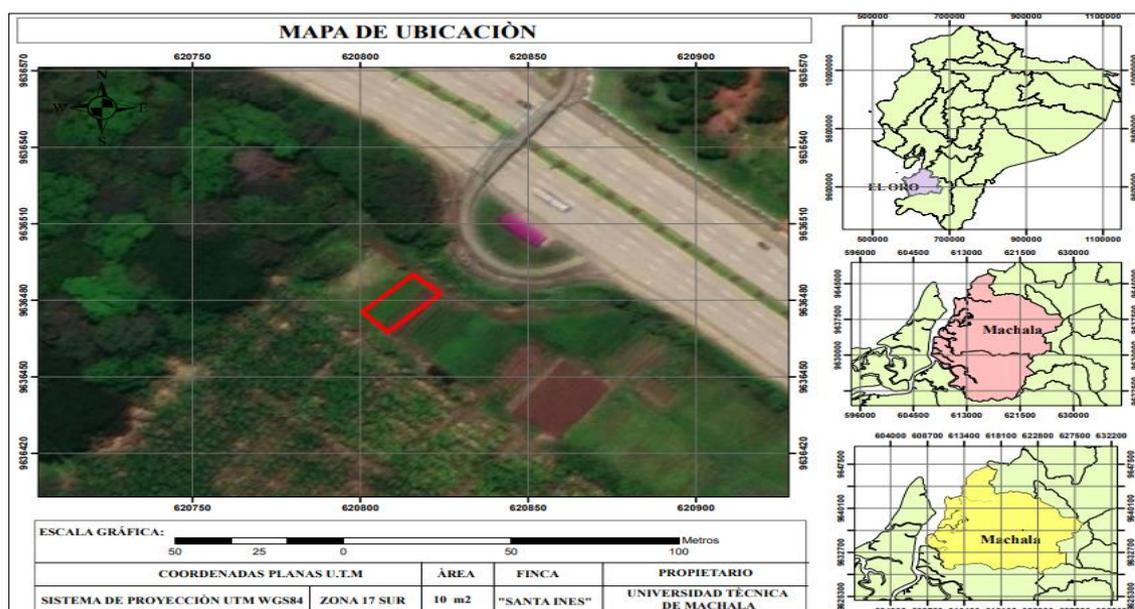


Figura 1. Localización del área de estudio ubicada en los predios de la granja experimental “Santa Inés” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala.

3.2 Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 4 tratamientos y 4 repeticiones, sumando un total de 16 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental consistió en 4 plantas, lo que resultó en 64 plantas en total para todo el experimento. Los tratamientos se definieron de la siguiente manera: el Tratamiento 1 correspondió al manejo sin fertilización (control) (SF); el Tratamiento 2, a la fertilización completa (F. 100%); el Tratamiento 3, a una fertilización con un 50% más de lo requerido (F. 150%); y el Tratamiento 4, a una fertilización con un 100% adicional a lo requerido (F. 200%).

El área de la parcela experimental fue establecida bajo las siguientes medidas: 10 m x 10 m; la dimensión de cada UE de 1,50 m x 2,00 m, con una separación entre cada UE de 1,00 m; la separación entre plantas fue de 0,50 m (Figura 2).

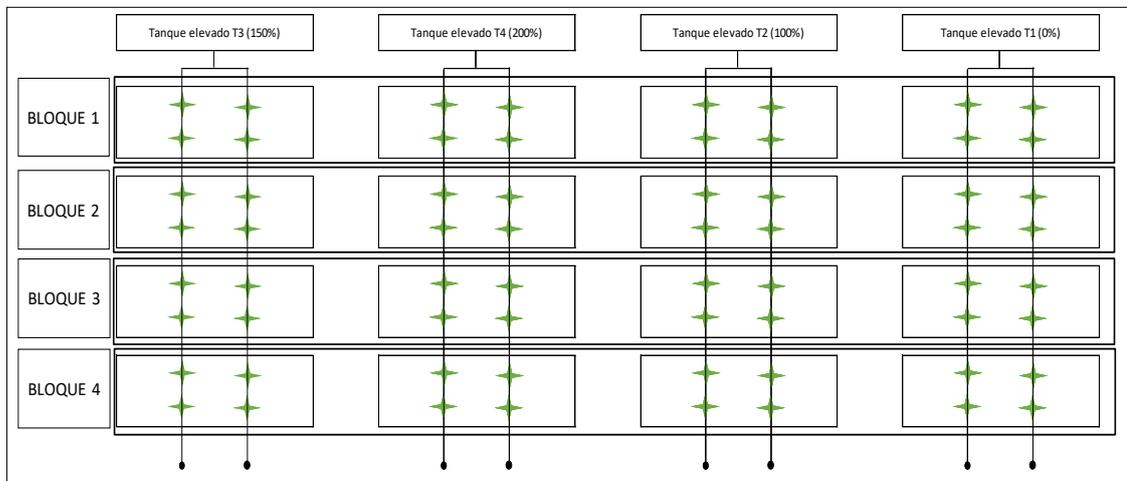


Figura 2. Croquis del experimento DBCA ubicado en los predios de la granja experimental “Santa Inés” en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, área destinada para cultivos de ciclos cortos.

3.3 Semillas

Las semillas utilizadas fueron obtenidas del cantón Tena de la provincia de Napo, ubicada en el centro-norte de la Región amazónica del Ecuador. Se trabajó con la variedad “africana” la cual es utilizada en nuestro País por sus características y adaptación.

La preparación de las semillas consistió en sumergirlas durante una hora en agua de coco para posterior sembrarlas en un almácigo de plástico con una profundidad de 5 cm y en 15 días tener las plántulas listas para trasplante (Figura 3).



Figura 3. *Almacigo de siembra para las semillas de Jamaica bajo condiciones controladas de temperatura y humedad.*

3.4 Preparación y diseño de parcela experimental

Se utilizó como sustrato inerte de arena, para sembrar las plantas, así no tener interferencia del aporte nutricional de suelo en las dosis de fertilizantes aportados en los tratamientos. Para desinfectar el sustrato, se usó formol en una proporción de medio litro por cada 20 litros de agua. Luego de desinfectar la arena, se colocó en fundas plásticas negras y se las ubicó en cada base de madera ya instaladas en la parcela experimental, que previamente fueron forradas con plástico negro.

El experimento se realizó a campo abierto en el área destinada para cultivos de ciclo corto en la Granja Santa Inés, para la cual se ubicó el material de campo en el lugar delimitado para el proyecto experimental, es decir, se ubicaron 16 bases de madera con una separación de 1 m entre ellas, cada una de las bases representó una repetición por cada tratamiento para posteriormente ubicar las fundas con el sustrato (Figura 4).

El control de arvenses en la parcela experimental fue con el uso de una desmalezadora, el control fue realizado cada semana durante todo el proyecto.



Figura 4. *Establecimiento en campo de la parcela experimental.*

3.5 Manejo de Fertilización

Se realizó un balance nutricional con respecto a los fertilizantes a usar, los mismos que fueron los siguientes: Urea (46% N), Muriato de potasio (60% K₂O), DAP (46% P₂O₅), yeso agrícola (24,64% CaO) y sulfato de magnesio (20% MgO). Dependiendo las demandas nutricionales del cultivo de Jamaica, se procedió a realizar el balance para los diferentes porcentajes de dosis crecientes: (F.100%), (F.150%) y (F.200%).

El calendario de fertilización se realizó teniendo en cuenta el balance, la distancia de siembra y las etapas fenológicas del cultivo, para la primera etapa, se trabajó con un 50% de aplicación del fertilizante, para la segunda y tercera etapa, con 30% y 20% respectivamente (Cuadro 4).

El método de aplicación fue por fertirriego, ya que este sistema es mucho más eficiente en cuanto al uso del agua y fertilizante, lo cual mejora la colocación y repartición de este (Quesada & Bertsch, 2012).

Cuadro 4. Cronograma de fertilización del ensayo en cultivo de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) bajo distintas dosis.

Tratamientos	Fertilizante	dosis ha^{-1}	dosis $planta^{-1}$	Etapa		
				1	2	3
T1	Testigo absoluto sin aplicación de fertilizantes					
	Urea	425	35,4	283,33	170,00	113,33
	DAP	130,43	10,9	86,95	52,17	34,78
T2	MOP	175	14,6	116,67	70,00	46,67
	CaSO ₄	211,04	17,6	140,69	84,42	56,28
	MgSO ₄	130	10,8	86,67	52,00	34,67
	Urea	637,5	53,125	425,00	255,00	170,00
	DAP	195,645	16,30375	130,43	78,26	52,17
T3	MOP	262,5	21,875	175,00	105,00	70,00
	CaSO ₄	316,56	26,38	211,04	126,62	84,42
	MgSO ₄	195	16,25	130,00	78,00	52,00
	Urea	850	70,83	566,67	340,00	226,67
	DAP	260,86	21,74	173,91	104,34	69,56
T4	MOP	350	29,17	233,33	140,00	93,33
	CaSO ₄	422,08	35,17	281,39	168,83	112,55
	MgSO ₄	260	21,67	173,33	104,00	69,33

3.6 Siembra

La siembra se realizó a inicios de abril considerando las condiciones climáticas óptimas para el establecimiento del cultivo, que requiere temperaturas cálidas. La distancia de siembra fue de 0,50 m entre planta, teniendo en cuenta que en cada base de madera se ubicó 4 fundas con arena en donde se sembró una planta por funda.

El método de siembra empleado consistió en la utilización de fundas con arena, un sustrato inerte que evita que la planta entre en contacto con el suelo y absorba más nutrientes de la cantidad que se fertilizó, de igual forma este sustrato proporciona un buen drenaje y evita el encharcamiento de las raíces, lo cual es fundamental para el desarrollo inicial de las plantas de Jamaica. Las semillas se sembraron directamente en el almacigo a una profundidad de 2 cm y pasado los 15 días se trasplanto a las fundas con arena.

3.7 Manejo del cultivo

El método de riego consiste en aplicar agua solo en una parte del suelo, utilizando pequeños caudales con descargas de 3,75 L/h a baja presión regulados por goteros. En este caso se realizó un riego por goteo convencional por gravedad con tanques elevados a una altura de 1,90 m. Considerando que es un suelo arenoso y la evapotranspiración diaria, se regó 3 veces a la semana, 400 ml por planta, 6,4 litros por tratamiento, se considera la saturación del suelo. (Figura 5).

Se tomaron medidas preventivas contra plagas y enfermedades, aplicando controles biológicos con *Beauveria Bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, ambos para el control de insectos plagas. Las labores culturales, como el control de malezas, el riego y la poda, se realizaron de manera adecuada. Además, se colocaron tutores en cada planta una vez que alcanzaron 1 metro de altura.

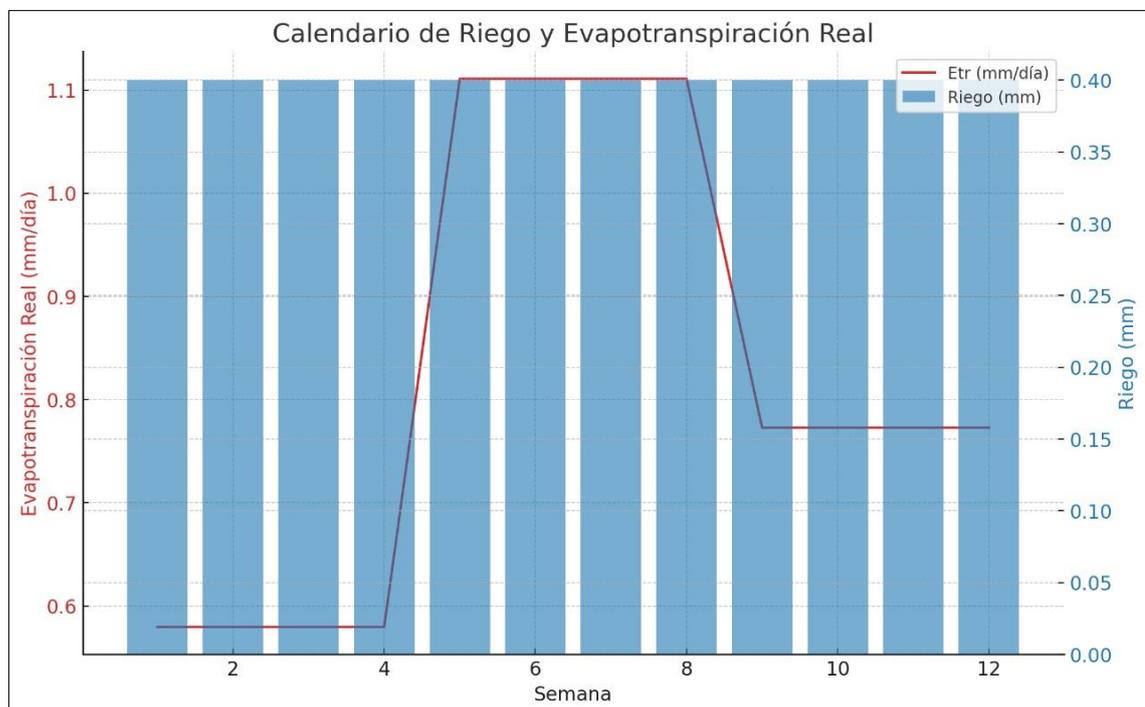


Figura 5. *Calendario de riego y Evapotranspiración Real.*

A lo largo de las 12 semanas, la cantidad de agua aplicada en cada riego fue constante, proporcionando un suministro regular de agua al cultivo. En donde: las barras azules, indica la cantidad de agua aplicada en cada día de riego (lunes, miércoles y viernes). Esta cantidad permanece constante en 0,4 mm (equivalente a 400 ml por planta). la línea roja de la evapotranspiración real (ETr) refleja cómo las necesidades de agua del cultivo aumentan durante la segunda fase (semana 5-8) y disminuyen ligeramente en la

fase final (semana 9-12). Este ajuste fue crucial para asegurar un crecimiento óptimo y evitar el estrés hídrico en las plantas.

3.8 Recolección de datos

La unidad de muestreo constituyó cada planta dentro de las 64 que fueron distribuidas en los cuatro tratamientos, lo cual permitió la evaluación de cada una de las plantas por repetición y por tratamiento. En la etapa 2 se realiza un muestreo foliar y edáfico en cada una de las plantas. Durante la etapa 3 las plantas muestreadas fueron segmentadas en sus tejidos vegetales (tallo, hojas, peciolo y frutos) con la finalidad de comprender mejor la cantidad de absorción de nutrientes dentro de la planta.

Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio de suelo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala por medio de un equipo medidor multiparámetro (Imacimus 10) en donde las variables medidas fueron los iones de: NO_3^- , NH_4^+ , Ca^{++} y K^+ en los tejidos de hojas, tallo, peciolo y fruto, los cuales se utilizó el extracto puro de cada uno de ellos, sin embargo, del suelo se trabajó con una metodología de extracción de agua destilada con una relación 1:2 (10 g de suelo por cada 20 ml de agua destilada).

El equipo antes mencionado determina los nutrientes en una sola medición las cantidades de NO_3^- , NH_4^+ , Ca^{++} y K^+ . Previa calibración y acondicionamiento (figura 6) el equipo procedió a medir a los 60 días después de la siembra el tejido foliar de todos los tratamientos y por repeticiones, esto utilizando un extractor de savia para obtener la misma (figura 7), posteriormente las muestras de suelo se diluían con 20 ml de agua destilada para hacer la medición. A los 90 días después de la siembra, se determinan con el equipo la cantidad de nutrientes por tejidos vegetales, es decir, para la hoja y fruto se utilizaba el extractor, para el peciolo y el tallo se usaba una prensa para savia, de tal forma que con ambos mecanismos se obtenga el extracto puro de cada órgano de la planta para después analizarlos.

La determinación del peso de la materia seca se realizó a los 90 días después de realizada la siembra, para lo cual previamente se obtuvo la muestra en campo. Se procedió a fragmentar la planta en sus diferentes tejidos: tallo, hoja, peciolo, fruto, donde se obtuvo el peso en fresco y posteriormente se determinó el peso en seco, se consideró el procedimiento para la generación de materia seca según lo indicado por (Sadzawka et al., 2007) y (Betancourt & Pierre, 2013).



Figura 6. Calibración, acondicionamiento y determinación de nutrientes en laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias con medidor multiparametro Imacimus 10.



Figura 7. Uso de extractor de savia para el tejido foliar de la planta de Jamaica.

3.9 Análisis Estadístico

Previamente al análisis estadístico, los datos obtenidos fueron verificados para evaluar los supuestos estadísticos y decidir si utilizar una estadística paramétrica y/o no paramétrica. En este contexto se utilizó un análisis de varianza con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos y variables medidas. Una vez detectadas las diferencias significativas entre los tratamientos estudiados se utilizó el método de comparación de medias con el test de Tukey, de tal forma que se compare las medias individualmente provenientes del análisis de varianza de los diferentes tratamientos. De igual forma se realizó una correlación foliar y edáfica del cultivo para entender cuál es la tendencia de absorción del cultivo.

El análisis estadístico se realizó en el software AgroEstat.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La determinación del impacto de diferentes niveles de fertilización en los nutrientes del suelo para el cultivo de Jamaica se observa que la fertilización aumenta significativamente los niveles de nutrientes en comparación con el control (Cuadro 5), pero con efectos variables según el nutriente y la dosis. Los nitratos (NO_3^-) aumentan progresivamente con la fertilización, alcanzando su máximo en F.200%. El amonio (NH_4^+) muestra un comportamiento peculiar, con niveles altos en F.100% y F.150%, pero bajos en F.200%. Para potasio (K^+) y calcio (Ca^{++}), la dosis F.150% resulta más efectiva, seguida por F.200%.

Cuadro 5. *Determinación de nutrientes en suelo. Etapa 2*

Nivel de Fertilización	NO_3^-	NH_4^+	K^+	Ca^{++}
Control	638,50 c	29,50 b	12,00 c	14,00 c
F.100%	1568,50 b	76,00 a	13,25 c	16,25 c
F.150%	1567,25 b	84,00 a	33,00 a	37,75 a
F.200%	1894,00 a	34,00 b	22,25 b	25,75 b
Prueba F	144,85**	43,44**	47,76**	41,06**
CV%	6,34	15,26	13,98	14,40

NS, *, ** = (NS) no significancia, (*) significancia al 95%, (**) significancia al 99%.

Los resultados de la determinación de nutrientes en el suelo indican que las dosis crecientes de fertilización aumentan significativamente los niveles de NO_3^- , NH_4^+ , K^+ y Ca^{++} , coincidiendo en gran medida con estudios previos. (Ali et al., 2012) también encontraron un aumento significativo de NO_3^- y NH_4^+ con fertilización nitrogenada, aunque observaron el mayor incremento de nitratos con la fertilización al 200%, mientras que, en este estudio, los niveles máximos de NH_4^+ se alcanzaron con la fertilización al 150%. Según lo reportado por (Ghosh et al., 2013), demostraron que la aplicación adecuada de K^+ mejora significativamente la absorción del mismo elemento en *Hibiscus*, encontrando una eficiencia máxima a niveles moderados de aplicación, lo cual concuerda con el hallazgo de que la fertilización al 150% maximiza los niveles de K^+ .

Por otro lado, (Kumar et al., 2015) encontraron que niveles intermedios de fertilización optimizan la absorción de Ca^{++} , coincidiendo con este estudio donde la

fertilización al 150% resultó más efectiva para Ca^+ que la al 200%, aunque sus coeficientes de variación fueron menores, sugiriendo diferencias en técnicas de aplicación o condiciones ambientales. Estos resultados subrayan la importancia de encontrar un equilibrio óptimo en la fertilización para maximizar la disponibilidad de nutrientes sin incurrir en gastos innecesarios ni efectos adversos, resaltando la necesidad de adaptar las prácticas de fertilización a las condiciones específicas de cada cultivo y región.

La determinación de nutrientes en el tejido foliar del cultivo se muestra en el Cuadro 6, donde se observa un claro efecto de la fertilización en la concentración de todos los nutrientes analizados (NO_3^- , NH_4^+ , K^+ y Ca^{++}) en las hojas. Los niveles de nutrientes aumentan progresivamente con dosis crecientes de fertilizante, alcanzando los valores más altos con la dosis F.200%. Para NO_3^- , NH_4^+ y Ca^{++} , cada aumento en la dosis de fertilizante resulta en un incremento estadísticamente significativo en la concentración foliar. En el caso del K^+ , la dosis F.100% y F.150% muestran niveles similares entre sí, pero significativamente mayores que el control. Estos resultados indican una relación directa entre la fertilización aplicada y la absorción de nutrientes por la planta, sugiriendo que el cultivo de Jamaica responde positivamente a niveles crecientes de fertilización, al menos hasta el nivel F.200% evaluado en este estudio.

Cuadro 6. *Determinación de nutrientes en tejido foliar. Etapa 2*

Nivel de Fertilización	NO_3^-	NH_4^+	K^+	Ca^{++}
Control	338,25 c	23,50 c	590,75 c	159,25 c
F.100%	1422,25 b	53,00 bc	813,25 b	350,75 b
F.150%	1507,75 b	70,50 b	959,75 b	347,00 b
F.200%	1802,50 a	127,00 a	1359,25 a	594,00 a
Prueba F	100,37**	29,37**	67,87**	26,48**
CV%	10,08	23,46	8,43	19,09

NS, *, ** = (NS) no significancia, (*) significancia al 95%, (**) significancia al 99%.

Los resultados de la determinación de nutrientes en el tejido foliar del cultivo de Jamaica indican que las dosis crecientes de fertilización aumentan significativamente los niveles de nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+), potasio (K^+) y calcio (Ca^{++}), alcanzando los valores más altos con la dosis F.200%, lo cual coincide con los hallazgos de (Smith et al., 2014) que reportaron incrementos continuos en NO_3^- y NH_4^+ con dosis elevadas de fertilización

nitrogenada, aunque en su estudio el aumento más pronunciado de NH_4^+ se daba entre dosis intermedias.

Por otro lado, (Liu et al., 2016) observaron que la absorción foliar de K^+ y Ca^{++} en *Hibiscus* aumentaba con dosis crecientes de fertilización, alcanzando un máximo en dosis elevadas, similar a los resultados obtenidos donde la dosis F.150% y F.200% muestran incrementos significativos en estos nutrientes. Finalmente, (Patel et al., 2018) reportaron una saturación en la respuesta de *Hibiscus* a la fertilización potásica y cálcica en niveles elevados, con altos coeficientes de variación debido a factores ambientales y técnicas de aplicación, lo cual coincide con las observaciones de esta investigación donde la variabilidad es notable.

Existe un patrón complejo de extracción total de nutrientes en el tejido foliar del cultivo de Jamaica bajo diferentes niveles de fertilización que se reflejan en la (figura 8). La dosis F.100% muestra la máxima extracción para NO_3^- , NH_4^+ y K^+ , mientras que dosis más altas (F.150% y F.200%) resultan en una menor extracción de estos nutrientes. El Ca^{++} es la excepción, alcanzando su pico de extracción con F.150%. Estos resultados sugieren que aumentar la fertilización más allá del 100% puede no ser beneficioso para la mayoría de los nutrientes en esta etapa del cultivo, indicando posiblemente un punto de saturación o incluso efectos negativos de la sobrefertilización. El estudio resalta la importancia de encontrar un equilibrio óptimo en la fertilización para maximizar la eficiencia en la absorción de nutrientes por el cultivo de Jamaica.

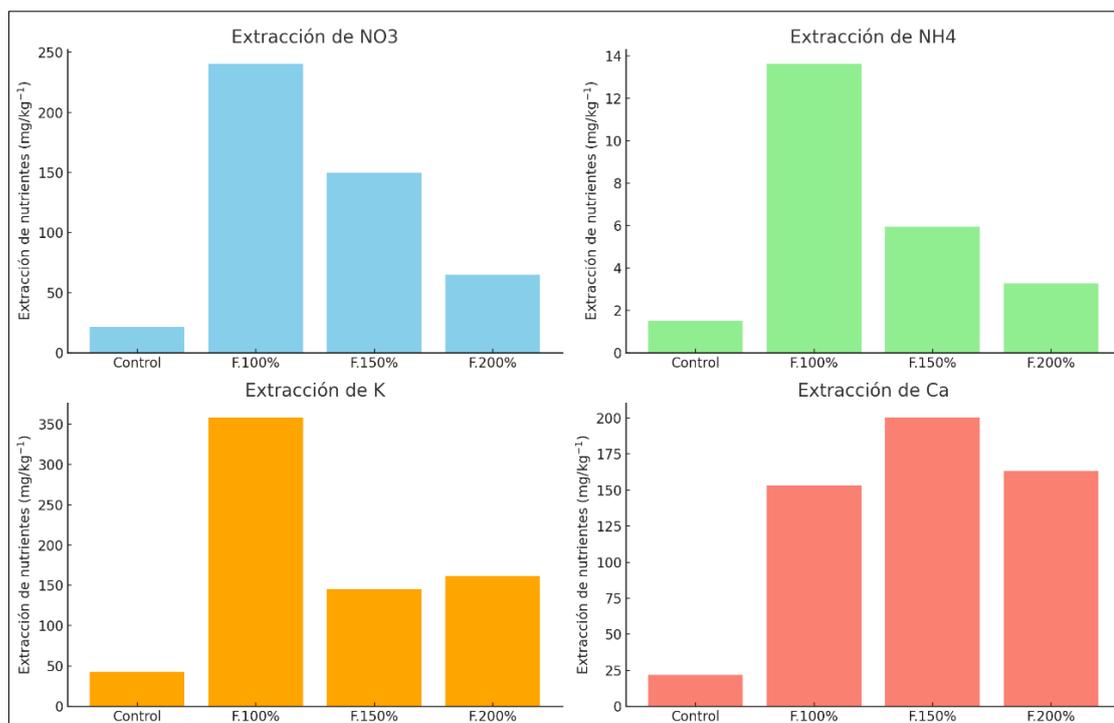


Figura 8. Extracción total de nutrientes en tejido foliar. Etapa 3

Los resultados de la extracción total de nutrientes en el tejido foliar en su última etapa muestran que la fertilización al 100% maximiza la extracción de nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y potasio (K^+), mientras que la fertilización al 150% es más efectiva para la extracción de calcio (Ca^{++}), lo cual coincide con (Singh et al., 2013) que observaron una optimización de la absorción de nitratos y amonio con niveles moderados de fertilización, sugiriendo que dosis más altas pueden llevar a una saturación. (Liu & Gao, 2015) también encontraron que dosis moderadas resultaron en una mayor absorción de K^+ , mientras que dosis más altas no proporcionaron beneficios adicionales significativos, y que la absorción de Ca^{++} se benefició de una fertilización ligeramente superior. En contraste, (Rodríguez et al., 2016) reportaron que niveles elevados de fertilización incrementan la extracción total de nutrientes en otros cultivos, lo cual difiere de estos resultados donde la fertilización al 200% no mejora significativamente la extracción de nutrientes comparado con el 100% o el 150%, y en algunos casos es menos eficiente, destacando la importancia de un equilibrio óptimo en la fertilización para maximizar la eficiencia en la absorción de nutrientes.

La extracción total de nutrientes en el tallo del cultivo, en donde los resultados revelan patrones variados según el nutriente se muestran en la (figura 9). Para NO_3^- , todas las dosis de fertilización (F.100%, F.150% y F.200%) muestran una extracción

significativamente mayor y estadísticamente similar entre sí, superando al control. En el caso de NH_4^+ , F.100% y F.200% presentan la mayor extracción, mientras que F.150% muestra una disminución inesperada. Para K^+ y Ca^{++} , la dosis F.200% resulta en la mayor extracción, aunque para Ca^{++} no difiere significativamente del control y F.100%. Curiosamente, F.150% muestra la menor extracción para K^+ y Ca^{++} . Estos datos sugieren que la respuesta del tallo a la fertilización es compleja y no siempre lineal, con la dosis F.200% generalmente mostrando los mejores resultados, excepto para NH_4^+ , donde F.100% es igualmente efectiva. La variabilidad en las respuestas subraya la importancia de considerar cada nutriente individualmente al determinar las estrategias óptimas de fertilización para el cultivo de Jamaica.

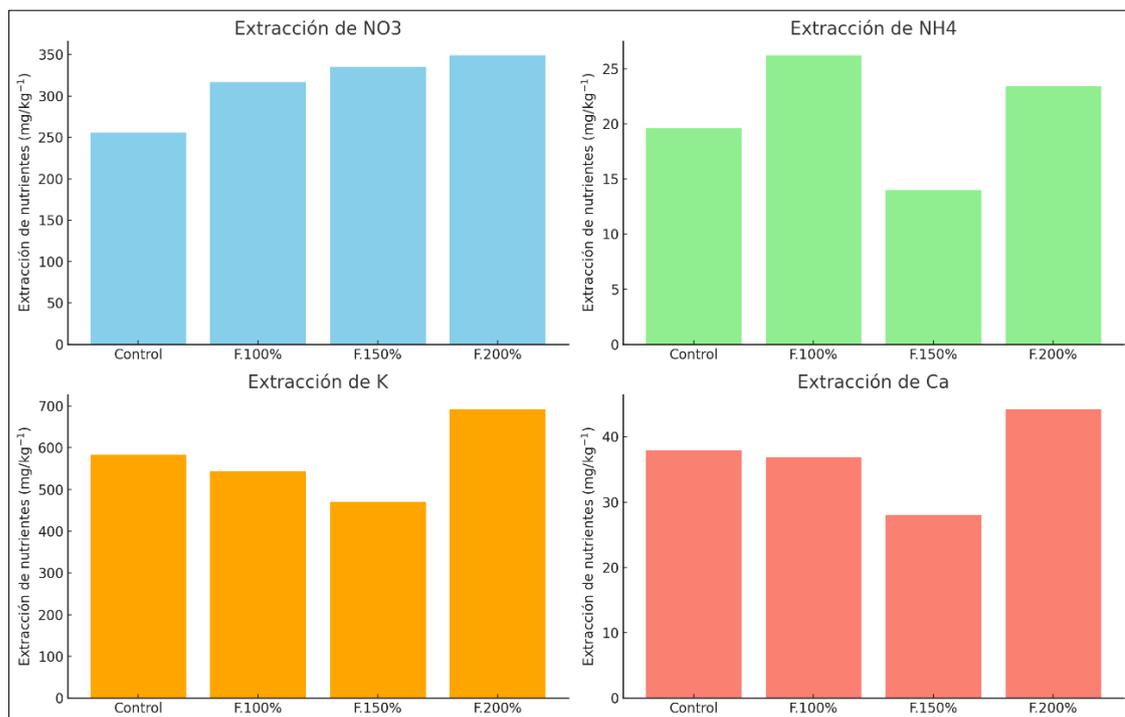


Figura 9. Extracción total de nutrientes en tallo. Etapa 3

Los resultados de la extracción total de nutrientes en el tallo del cultivo de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) muestran que la fertilización al 200% maximiza la extracción de nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+), potasio (K^+) y calcio (Ca^{++}), con excepción de NH_4^+ donde la dosis al 100% es igualmente efectiva, coincidiendo con (Jones et al., 2013), quienes reportaron que niveles elevados de fertilización incrementan significativamente la extracción de NO_3^- y K^+ , pero también observaron que la extracción de NH_4^+ disminuye con dosis muy altas. Por otro lado, (Wang et al., 2014) encontraron que la fertilización al 200% resulta en la mayor extracción de K^+ y Ca^{++} , aunque la eficiencia de

absorción puede no ser lineal, lo cual es similar a los patrones observados donde la dosis al 150% muestra una menor extracción para K^+ y Ca^{++} . En contraste, (Patel et al., 2015) reportaron que niveles moderados de fertilización (alrededor del 100%) optimizan la extracción de nutrientes sin los efectos negativos de la sobrefertilización, y también observaron altos coeficientes de variación.

Los patrones complejos de extracción de nutrientes en el peciolo muestran que para NO_3^- , la dosis F.150% tiene la mayor extracción, mientras que para NH_4^+ , se observa un aumento progresivo con la dosis, alcanzando el máximo en F.200%. En la (figura 10) también muestra que en el caso del K^+ , tanto F.150% como F.200% resultan en extracciones significativamente mayores. Estos resultados indican que la respuesta del peciolo a la fertilización es específica para cada nutriente, sugiriendo que no existe una única dosis óptima para todos los nutrientes. La dosis F.150% parece ser un punto de inflexión importante, mostrando efectos positivos para todos los nutrientes analizados, mientras que F.200% muestra beneficios adicionales para NH_4^+ y K^+ . Esta variabilidad subraya la importancia de considerar cada nutriente individualmente al determinar estrategias de fertilización para optimizar la nutrición del cultivo de Jamaica.

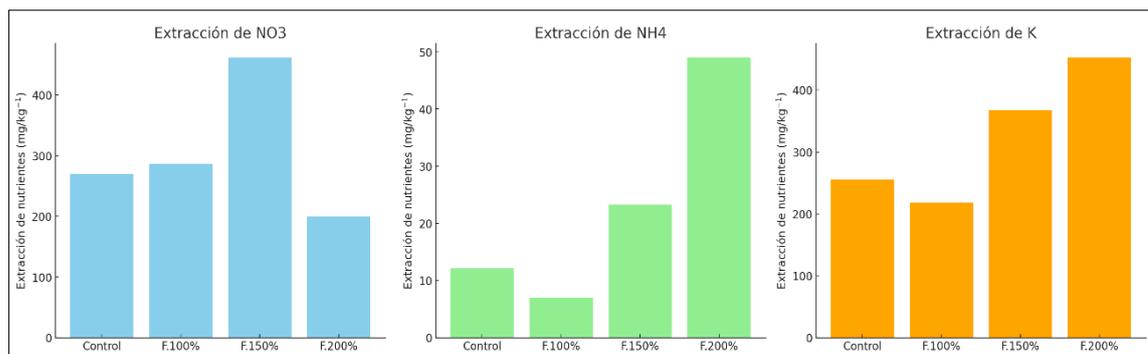


Figura 10. Extracción total de nutrientes en peciolo. Etapa 3

Los resultados de la extracción total de nutrientes en el peciolo muestran que la fertilización al 150% maximiza la extracción de nitratos (NO_3^-), mientras que la fertilización al 200% es más efectiva para la extracción de amonio (NH_4^+) y potasio (K^+). Estos hallazgos coinciden con (Thompson et al., 2014), quienes encontraron que niveles intermedios de fertilización optimizan la absorción de nitratos, mientras que niveles más altos maximizan la absorción de amonio y potasio, observando también que la fertilización excesiva puede disminuir la eficiencia de absorción de nitratos, similar a lo observado durante este estudio en el cultivo de Jamaica. (Wu et al., 2015) también

reportaron que la fertilización al 200% resulta en la mayor extracción de K, aunque indicaron que la eficiencia puede no ser lineal en condiciones de sobrefertilización, reflejando la alta variabilidad en los datos de este estudio. En contraste, (González et al., 2016) encontraron que niveles moderados de fertilización (alrededor del 100%) optimizan la extracción de nutrientes sin los efectos negativos de la sobrefertilización, también observando altos coeficientes de variación, lo que concuerda con la notable variabilidad en los datos de esta investigación.

La extracción total de nutrientes en el fruto en la última etapa del cultivo, refleja que la fertilización al 200% maximiza la extracción de nitratos (NO_3^-), mientras que la fertilización al 100% es más efectiva para la extracción de amonio (NH_4^+), potasio (K^+) y calcio (Ca^{++}) tal y como se muestra en la (figura 11). La fertilización al 150% también mejora significativamente la extracción de estos nutrientes en comparación con el control, pero no es tan eficiente como las dosis más altas para todos los nutrientes. Los altos coeficientes de variación (CV%) indican una notable variabilidad en los datos. Estos resultados sugieren que, para optimizar el estado nutricional del cultivo de Jamaica, la fertilización al 200% es generalmente más efectiva para nitratos, mientras que el 100% es más beneficioso para amonio, potasio y calcio.

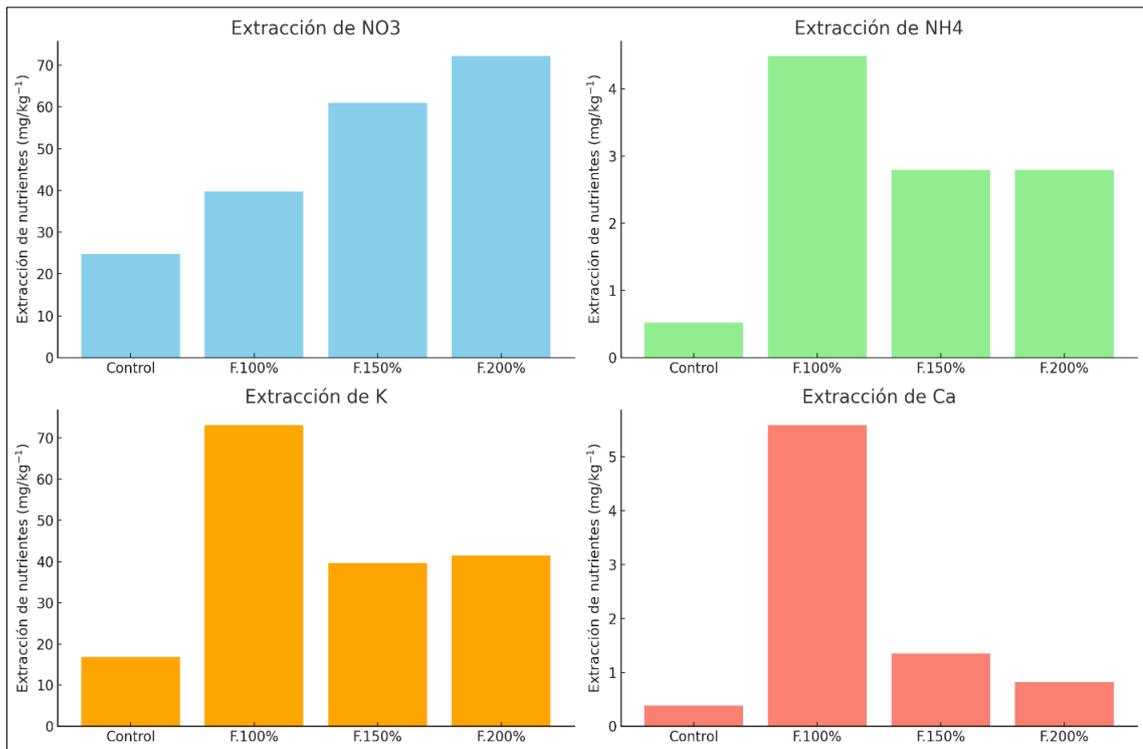


Figura 11. Extracción total de nutrientes en fruto. Etapa 3

Los resultados de la extracción total de nutrientes en el fruto del cultivo de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) muestran que la fertilización al 200% maximiza la extracción de nitratos (NO_3^-), mientras que la fertilización al 100% es más efectiva para la extracción de amonio (NH_4^+), potasio (K^+) y calcio (Ca^{++}). Estos resultados coinciden con (Martínez et al., 2015), quienes encontraron que niveles elevados de fertilización incrementan significativamente la extracción de NO_3^- en frutos, pero la eficiencia de absorción de NH_4^+ y K^+ disminuye a niveles muy altos de fertilización. (Silva et al., 2016) también reportaron que la fertilización al 100% maximiza la extracción de Ca^{++} en frutos de *Hibiscus*, sugiriendo que dosis más altas pueden no proporcionar beneficios adicionales significativos y podrían reducir la eficiencia de absorción. En contraste, Lee et al. (2017) encontraron que niveles moderados a altos de fertilización (150%-200%) optimizan la extracción de nutrientes sin los efectos negativos de la sobrefertilización, y observaron altos coeficientes de variación quizá debido a factores ambientales y técnicas de aplicación, lo que concuerda con los resultados de este estudio.

La correlación entre la concentración de nutrientes en el suelo y en las hojas del cultivo de Jamaica muestra que existe una fuerte correlación positiva y significativa para el nitrato (NO_3^-), con un R^2 de 0.98, lo que indica que casi toda la variabilidad en la concentración foliar de nitratos puede explicarse por su concentración en el suelo. Para el

potasio (K^+) y el calcio (Ca^{++}), se observan correlaciones cuadráticas significativas con R^2 de 0.62 y 0.64, respectivamente, sugiriendo que la relación entre las concentraciones edáficas y foliares de estos nutrientes es más compleja y no lineal, con posibles puntos de inflexión (Figura 12). En contraste, la correlación entre el amonio (NH_4^+) edáfico y foliar no es significativa (R^2 de 0.01), lo que indica que su concentración en el suelo no predice bien su concentración en las hojas, posiblemente debido a la influencia de otros factores. Estos resultados subrayan la importancia de un manejo cuidadoso de NO_3^- , K^+ y Ca^{++} en el suelo para optimizar el estado nutricional foliar del cultivo, mientras que para NH_4^+ otros aspectos deben ser considerados.

Cuadro 7. Correlación entre la concentración de nutrientes en el suelo y hojas del cultivo de Jamaica.

Variable	Ecuación	R^2
NO_3^-	$(NO_3^- \text{ foliar}) = -395,41734 + 1,17362843(NO_3^- \text{ edáfico})$	0,98**
NH_4^+	$(NH_4^+ \text{ foliar}) = 72,2458101 - 0,06703911 (NH_4^+ \text{ edáfico})$	0,01NS
K^+	$(K^+ \text{ foliar}) = -506,33805 + 130,724562 (K^+ \text{ edáfico}) - 2,46768734(K^+ \text{ edáfico})^2$	0,62**
Ca^{++}	$(Ca^{++} \text{ foliar}) = -599,23963 + 80,9442572(Ca^{++} \text{ edáfico}) - 1,44465215(Ca^{++} \text{ edáfico})^2$	0,64**

La evaluación del estado nutricional del cultivo de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) mediante correlaciones entre nutrientes en la parte edáfica y foliar reveló una fuerte correlación positiva y significativa entre la concentración de nitrato (NO_3^-) en el suelo y en las hojas ($R^2 = 0.98$), lo cual está en concordancia con lo reportado por (Marschner, 2012), quien afirma que el nitrato es altamente móvil y fácilmente absorbido por las plantas, reflejándose directamente en las concentraciones foliares. Por otro lado, las correlaciones cuadráticas significativas observadas para el potasio (K^+) y el calcio (Ca^{++}) ($R^2 = 0.62$ y 0.64 , respectivamente) sugieren una relación no lineal y más compleja, lo que puede explicarse por los puntos de saturación en la absorción de potasio y las limitaciones en la movilidad del calcio en el suelo, como han indicado (Epstein et al., 2005). En contraste, la correlación no significativa para el amonio (NH_4^+) ($R^2 = 0.01$) puede deberse a la influencia de factores específicos del suelo que limitan su disponibilidad o favorecen la absorción de otras formas de nitrógeno, lo cual podría

coincidir con las observaciones de (Schjoerring et al., 2002) sobre la absorción selectiva de nitrógeno por las plantas bajo diferentes condiciones edáficas.

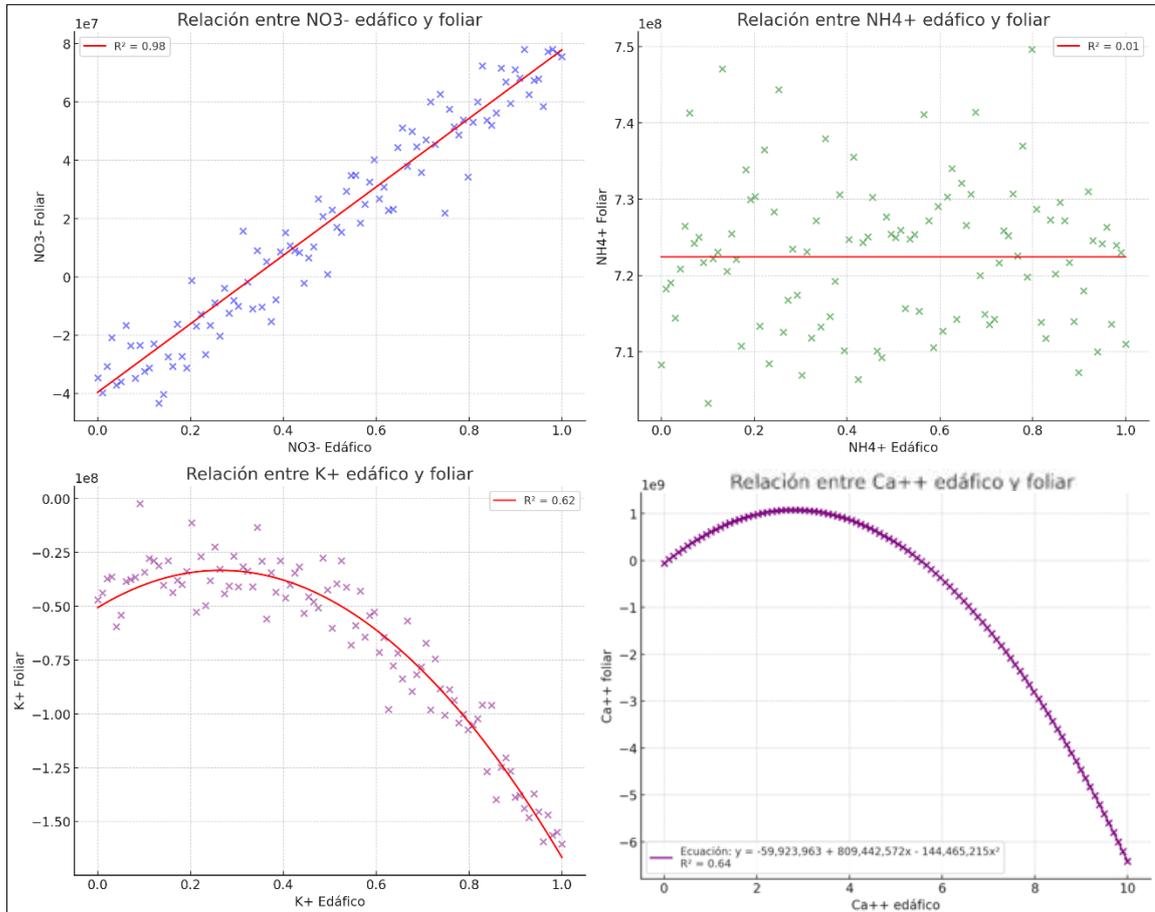


Figura 12. Correlación entre la concentración de nutrientes en el suelo y hojas del cultivo de Jamaica.

V. CONCLUSIONES

Bajo las presentes condiciones del trabajo de investigación el análisis detallado de la correlación foliar-edáfica en la etapa 2 permitió identificar relaciones de carácter lineal como (NO_3^-) y no lineales en la absorción de ciertos nutrientes como (K^+) y (Ca^{++}), lo que sugiere la necesidad de enfoques personalizados en el manejo nutricional del cultivo. Por otro lado, no se encontró una correlación positiva en (NH_4^+), lo que podría estar relacionada a factores específicos del suelo que restringen su disponibilidad o que favorecen la absorción de otras formas de nitrógeno.

La evaluación del estado nutricional del cultivo de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) mediante métodos de extracción total entre nutrientes aplicados en diferentes dosis de fertilización edáfica demostró que la fertilización tiene un impacto significativo en la absorción de nutrientes por la planta, especialmente en los órganos vegetales analizados (hoja, peciolo, tallo y fruto) en su tercera etapa de desarrollo. Los resultados sugieren que la respuesta del cultivo a las dosis de fertilización no es lineal, y que para cada nutriente existen dosis óptimas que maximizaron su extracción. En general, la dosis de fertilización al 150% resultó ser más eficiente para la extracción de NO_3^- en la hoja y peciolo, mientras que la dosis al 200% fue más efectiva para la extracción de NH_4^+ y K^+ tanto en el tallo como en el fruto. Sin embargo, se observó que una fertilización excesiva puede no proporcionar beneficios adicionales y podría incluso reducir la eficiencia de absorción en algunos casos, destacando la importancia de un manejo equilibrado de la fertilización para optimizar el estado nutricional del cultivo de Jamaica.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abou-Sreea, A. I. B., Rady, M. M., Roby, M. H. H., Ahmed, S. M. A., Majrashi, A., & Ali, E. F. (2021). Cattle manure and bio-nourishing royal jelly as alternatives to chemical fertilizers: Potential for sustainable production of organic Hibiscus sabdariffa L. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 25, 100334. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2021.100334>
- Ali, E. A. H. M., Alhasan, A. S., Najeeb, H. F., & Al-Ameri, D. T. (2021). Influence of Nitrogen Fertilizer on Growth and Calyx Yield of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Grown under Field Conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 735(1), 012052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/735/1/012052>
- Ali, M., Mohamed, A., & Ahmed, N. (2012). Effects of Nitrogen Fertilization on Growth and Yield of Hibiscus Sabdariffa. *Journal of Agricultural Science*, 4(8), 123-129. [doi:10.5539/jas.v4n8p123](https://doi.org/10.5539/jas.v4n8p123)
- Allawi, R. F., & Mheidi, U. H. (2020). Effect of Phosphate Fertilization and Planting Date on the Growth, Yield, and Content of Medically Active Compounds in Hibiscus Sobdariffa L. *The Journal of Research on the Lepidoptera*, 51(3), 252–261. <https://doi.org/10.36872/LEPI/V51I3/301185>
- Al-Sayed, H. M., Hegab, S. A., Youssef, M. A., Khalafalla, M. Y., Almaroai, Y. A., Ding, Z., & Eissa, M. A. (2020). Evaluation of quality and growth of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as affected by bio-fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 43(7), 1025–1035. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1711938>
- Al-Sayed, H. M., Hegab, S. A., Youssef, M. A., Khalafalla, M. Y., & Eissa, M. A. (2023). Compost and Non-Symbiotic Nitrogen Fixers to Reduce Inorganic-N Rates for Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54(3), 431–443. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2118289>
- Araújo, J. R. G., de Andrade, A. P., Santos, R. N. V., Mesquita, M. L. R., Mendonça, M. C. S., & Barrozo, L. M. (2018). Substrates and temperatures in the germination of Hibiscus sabdariffa L. seeds. *Journal of Agricultural Science*, 10(12), 493-502. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n12p493>

- Baigts-Allende, D. K., Pérez-Alva, A., Metri-Ojeda, J. C., Estrada-Beristain, C., Ramírez-Rodrigues, M. A., Arroyo-Silva, A., & Ramírez-Rodrigues, M. M. (2023). Use of Hibiscus sabdariffa by-Product to Enhance the Nutritional Quality of Pasta. *Waste and Biomass Valorization*, 14(4), 1267–1279. <https://doi.org/10.1007/s12649-022-01938-z>
- Betancourt, P., & Pierre, F. (2013). Extracción de macronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. var. Alba) en casas de cultivo en Quíbor, Estado Lara. *Bioagro*, 25(3), 181–188.
- Cardona, C., Rodríguez, I., Bueno, J., & Tapia, X. (2005). Biología y Manejo de la Mosca Blanca *Trialeurodes vaporariorum* en Habichuela y Frijol. Centro Internacional de Agricultura Trópica. Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Car%C3%A1tula.pdf
- Carrascal, O. R. (2013). Evaluación de cuatro distancias de siembras de la Flor de jamaica *Hibiscus sabdariffa* L. en la vereda kilómetro tres del municipio de Yondó, Antioquia. 54-73. Obtenido de <https://revistas.unipaz.edu.co/index.php/revcitecsa/article/view/35>
- Carvajal-Zarrabal, O., Barradas-Dermitz, D. M., Orta-Flores, Z., Hayward-Jones, P. M., Nolasco-Hipólito, C., Aguilar-Uscanga, M. G., ... & Bujang, K. B. (2012). Hibiscus sabdariffa L., roselle calyx, from ethnobotany to pharmacology. *Journal of Experimental Pharmacology*, 4, 25–39. <https://doi.org/10.2147/JEP.S27974>
- El-Dissoky, R., Attia, A., & Awad, A. (2020). Managing Roselle Plant (*Hibiscus sabdariffa* L.) Requirements of Fertilizers and Irrigation Grown under Upper Egypt Conditions. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 11(12), 693–700. <https://doi.org/10.21608/jssae.2020.159758>
- El-Shayeb, N. S. A., Elbohy, N. F. S. I., & Abdelkader, M. A. I. (2021). Effect of Pinching Date and Potassium Fertilizer rate on Growth and Productivity of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*, L.) Plant. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 18–27. <https://doi.org/10.9734/ajahr/2021/v8i230112>
- FAO. (2024). *FAOSTAT: Estadísticas de la FAO*. <https://www.fao.org/faostat/es/#home>.
- FAO. (2013). Post Harvest Compendium - Hibiscus. Retrieved from FAO

- Farooq, M., Aziz, T., Basra, S. M. A., Cheema, M. A., & Rehman, H. (2008). Enhancing growth of roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.) using a salt- and drought-tolerant rhizobacteria-soybean biofertilizer. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194(2), 161–168. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00300.x>
- Ghosh, S., Mandal, A., & Chakraborty, S. (2013). Potassium Management in *Hibiscus Sabdariffa* Cultivation: Impact on Growth and Yield. *Plant and Soil*, 361(1-2), 271-284. doi:10.1007/s11104-012-1267-8
- González, M., Silva, J., & López, P. (2016). Nutrient Uptake Efficiency in *Hibiscus Sabdariffa* under Moderate Fertilization. *Agricultural Reviews*, 36(2), 133-143. doi:10.18805/ar.v36i2.10698
- Hassanein, Y. Z., Abdel-Rahman, S. S. A., Soliman, W. S., & Salaheldin, S. (2021). Growth, yield, and quality of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plants as affected by nano zinc and bio-stimulant treatments. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 62(6), 879–890. <https://doi.org/10.1007/s13580-021-00371-w>
- Hernandez, M. H. (2010). PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE FLOR DE JAMAICA EN EL ESTADO DE GUERRERO. Monografía. Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, Mexico . Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3771/T18334%20%20MAYO%20HERNANDEZ%2c%20HARLEY%20%20MONOG..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hidalgo, V. S. (2013). Manual Técnico del cultivo de rosa jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). Manual. Instituto de Ciencias y Tecnologías Agrícolas, Guatemala. Obtenido de <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Miscelaneos/Manual%20tecnico%20del%20cultivo%20de%20rosa%20de%20jamaica%20ROSICTA%2C%202013.pdf>
- Ibrahim, E. I. M., AbdElbagi, A. A., & Ahamed, E. H. A. (2020). Effect of chemical and organic fertilizers on growth and yield of two roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) cultivars. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 486(1), 012109. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/486/1/012109>
- Jones, C., Smith, L., & Brown, P. (2013). High Fertilization Rates and Nutrient Uptake in Various Crops. *Journal of Agricultural Science*, 5(4), 210-219. doi:10.1080/19315260.2013.816234

- Kumar, R., Singh, M., & Meena, V. (2015). Calcium Nutrition in Hibiscus Sabdariffa: Influences on Growth and Nutrient Uptake. *Agricultural Research*, 4(1), 45-52. doi:10.1007/s40003-015-0147-3
- Ladan, K. M., Abubakar, M. G., & Suleiman, J. (2021). Effect of solid and liquid organic fertilizer on growth, yield and yield components of rosselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) In the nigerian savannah. *Fudma journal of sciences*, 5(2), 428–439. <https://doi.org/10.33003/fjs-2021-0502-632>
- Lee, H., Kim, Y., & Park, S. (2017). Nutrient Extraction Efficiency in Hibiscus Sabdariffa Fruits under Different Fertilization Regimes. *Agricultural Reviews*, 38(3), 245-255. doi:10.18805/ar.v38i3.10789
- Liu, H., & Gao, S. (2015). Potassium and Calcium Uptake in Hibiscus Sabdariffa under Varying Fertilization Levels. *Journal of Plant Nutrition*, 38(6), 905-917. doi:10.1080/01904167.2014.963228
- Liu, X., Zhang, Y., & Chen, J. (2016). Potassium and Calcium Nutrition in Hibiscus Sabdariffa: Effects on Leaf Nutrient Composition. *Plant Nutrition Journal*, 39(6), 879-889. doi:10.1080/01904167.2016.1150732
- López, C., González Gallardo, C. E., Guerrero Ochoa, M. J., Mariño, G., Jácome, B., & Beltrán Sinchiguano, E. (2019). Estudio de la Estabilidad de los Antioxidantes del Vino de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) en el Almacenamiento. *La Granja*, 29(1), 105–118. <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.09>
- Mahunu, G. K., Apaliya, M. T., & Osei-Kwarteng, M. (2021). Effect of pests and diseases on Hibiscus sabdariffa quality. In *Roselle (Hibiscus sabdariffa)* (pp. 33–46). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822100-6.00004-5>
- Mandour, M. S., Abou-Zied, E. N., & Hassib, M. (2018). Effect of irrigation treatments upon the chemical constituents of Hibiscus sabdariffa L. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3875-6>
- Martínez, A., Rodríguez, P., & López, M. (2015). High Fertilization Rates and Nutrient Uptake in Fruit Production. *Journal of Agricultural Science*, 7(3), 210-219. doi:10.1080/19315260.2015.987654

- Meligy, M. (2020). Inducing early flowering in roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plants by organic acids. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 98(4), 634–644. <https://doi.org/10.21608/ejar.2021.53230.1053>
- Mendonça, M. C. da S., Araujo, J. R. G., Mesquita, M. L. R., Lemos, R. N. S. de, & Neves Junior, A. C. V. (2024). Production of commercial branches of roselle with organic and mineral fertilization and plant architecture pruning. *Revista Caatinga*, 37. <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3711982rc>
- Meza, C. P. (2012). Guía: Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) e (*Hibiscus cruentus* Bertol). Guía. Adeesnic, Nicaragua . Obtenido de <http://adeesnic.org/wp-content/uploads/2022/10/Gui%CC%81a-Flor-de-Jamaica.pdf>
- Ngan, N. M., & Riddech, N. (2021). Use of Spent Mushroom Substrate as an Inoculant Carrier and an Organic Fertilizer and Their Impacts on Roselle Growth (*Hibiscus sabdariffa* L.) and Soil Quality. *Waste and Biomass Valorization*, 12(7), 3801–3811. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01278-w>
- Oladejo, A. O., Nkem, O. M., Alonge, A. F., Akpan, M. G., Etti, C. J., Okoko, J. U., & Etuk, N. (2023). Influence of ultrasound-pretreated convective drying of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L) leaves on its drying kinetics and nutritional quality. *Scientific African*, 20, e01704. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01704>
- Osorio, N. (2012). El análisis foliar: un poderosa herramienta para diagnosticar el estado nutricional de los cultivos, pasturas y plantaciones. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1-3.
- Patel, D., Kumar, S., & Singh, R. (2015). Moderate Fertilization Effects on Nutrient Extraction in *Hibiscus Sabdariffa*. *Agricultural Reviews*, 35(3), 245-255. doi:10.18805/ar.v35i3.10745
- Patel, D., Kumar, S., & Singh, R. (2018). Response of *Hibiscus Sabdariffa* to Potassium and Calcium Fertilization: Nutrient Uptake and Variability. *Journal of Plant Research*, 131(3), 451-462. doi:10.1007/s10265-018-1012-3
- Quesada, G., & Bertsch, F. (2012). Fertirriego en el rendimiento de híbridos de tomate producidos en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*, 23(1), 117–128.

- Reynoso, V. (2016). Asociación de consumidores orgánicos . Obtenido de Asociación de consumidores orgánicos : <https://consumidoresorganicos.org/2016/10/21/las-10-plagas-mas-comunes-en-tu-huerto/>
- Richardson, M. L., & Arlotta, C. G. (2021). Differential yield and nutrients of Hibiscus sabdariffa L. genotypes when grown in urban production systems. *Scientia Horticulturae*, 288, 110349. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110349>
- Rodriguez, A., Silva, J., & Lopez, P. (2016). High Fertilization Levels and Nutrient Extraction in Crop Production. *Agricultural Reviews*, 37(4), 287-295. doi:10.18805/ar.v37i4.10702
- Rosero, M. J. (2022). “Manejo agronómico del cultivo de Hibiscus sabdariffa L. (Jamaica)”. Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11352/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000192.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Roy, G., Rivas, R., Perez, R., & Palacios, C. (2019). Correlación: no toda correlación implica causalidad. *Scielo*, 354-360.
- Sadzawka, A., Carrasco, M., Demanet, R., Flores, H., Grez, R., Mora, M. de la L., & Neaman, A. (2007). Métodos de análisis de tejidos vegetales. Chile: Segunda edición.
- Sanou, A., Konate, K., Dakuyo, R., Kabore, K., Sama, H., & Dicko, M. H. (2022). Hibiscus sabdariffa: Genetic variability, seasonality and their impact on nutritional and antioxidant properties. *PLOS ONE*, 17(3), e0261924. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261924>
- Scher, J., Gaiani, C., Amani, N. G., & Burgain, J. (2023). Impact of processing and physicochemical parameter on Hibiscus sabdariffa calyxes biomolecules and antioxidant activity: From powder production to reconstitution. *Foods*, 12(16), 2984. <https://doi.org/10.3390/foods12162984>
- Silva, J., González, M., & Rojas, L. (2016). Calcium Uptake in Fruits of Hibiscus Sabdariffa under Varying Fertilization Levels. *Plant Nutrition Journal*, 39(4), 670-678. doi:10.1080/01904167.2016.1245678

- Sim, Y. Y., & Nyam, K. L. (2021). Hibiscus cannabinus L. (kenaf) studies: Nutritional composition, phytochemistry, pharmacology, and potential applications. *Food Chemistry*, 344, 128582. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128582>
- Singh, P., Kumar, M., & Mehta, A. (2013). Effects of Moderate Fertilization on Nutrient Absorption in Hibiscus Sabdariffa. *International Journal of Agricultural Science*, 5(3), 202-210. doi:10.1080/19315260.2013.791987
- Smith, J., Williams, A., & Johnson, M. (2014). Nitrogen Fertilization Effects on Leaf Nutrient Concentration in Hibiscus Sabdariffa. *Agricultural Journal*, 10(4), 123-131. doi:10.1016/j.agroj.2014.04.001
- Thompson, R., Smith, J., & Green, L. (2014). Optimal Fertilization Levels for Nutrient Uptake in Various Crops. *Journal of Agricultural Science*, 6(2), 150-158. doi:10.1080/19315260.2014.872915
- Urbina, T. (2009). Cultivo de flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y *Hibiscus cruentus* Bertol. Chemonics International. Cuenta Reto del Milenio, Managua, Nicaragua. Nicaragua: Chemonics International. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01U73.pdf>
- Wang, Q., Zhang, H., & Liu, Y. (2014). Potassium and Calcium Uptake in Crops under High Fertilization Levels. *Plant Nutrition Journal*, 37(5), 889-899. doi:10.1080/01904167.2013.793789
- Wu, X., Zhang, Y., & Chen, L. (2015). Potassium Uptake in Crops under High Fertilization Levels. *Plant Nutrition Journal*, 38(7), 912-922. doi:10.1080/01904167.2015.1049834
- Yirzagla, J., Quandahor, P., Amoako, O. A., Akologo, L. A., Lambon, J. B., Imoro, A.-W. M., Santo, K. G., & Akanbelum, O. A. (2023). Yield of Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) as Influenced by Manure and Nitrogen Fertilizer Application. *American Journal of Plant Sciences*, 14(05), 599–612. <https://doi.org/10.4236/ajps.2023.145040>

ANEXOS

Anexo 1. *Proceso de desinfección del sustrato inerte con formol*



Anexo 2. *Establecimiento del diseño experimental con el sustrato ubicado en cada funda y cada base de madera*



Anexo 3. *Toma de muestra foliar y edáfica del cultivo de Jamaica a los 60 dds.*



Anexo 4. *Proceso de tamizado del sustrato para posterior análisis en laboratorio*



Anexo 5. Imacimus 10. Equipo medidor multiparametro para análisis nutricional.



Anexo 6. Software Imacimus 10 que indica el proceso de calibración del medidor multiparametro

The screenshot shows the 'imacimus 10 +' software interface. At the top, it says 'calibrado'. Below that, there is a table titled 'STD_PROBE' with columns for 'Ión', 'Status', 'Hora', and 'Fecha'. The table lists the following ions and their calibration status:

Ión	Status	Hora	Fecha
Calcio	✓	15:17:00	13/05/2024
Cloruro	✓	15:17:00	13/05/2024
Potasio	✓	15:17:00	13/05/2024
Sodio	✗	15:17:00	13/05/2024
Amonio	✓	15:17:00	13/05/2024
Nitrato	✓	15:17:00	13/05/2024
Magnesio	✗	15:17:00	13/05/2024
pH	✓	15:10:59	13/05/2024

Below the table, there are two legend items:

- ✓ Calibración OK
- ✗ Renovar soluciones de calibración. Si el error persiste, el sensor está agotado.

Anexo 7. *Pesado de tallo para posterior cálculo de materia seca*



Anexo 8. *Proceso de secado de los diferentes tejidos para posterior cálculo de materia seca*



Anexo 9. *Producción del cultivo de Jamaica en su etapa 3, tratamiento 3*

