



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO MONAGAS
ESCUELA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA
MATURÍN – MONAGAS – VENEZUELA

ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE
CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) EN EL LABORATORIO DE
BIOTECNOLOGÍA DEL NÚCLEO MONAGAS DE LA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Trabajo de grado presentado por:
PATRICIA DEL VALLE ORTEGA MENDOZA
C.I. 20.001.708

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Maturín, febrero2024



**ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE
CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) EN EL LABORATORIO DE
BIOTECNOLOGÍA DEL NÚCLEO MONAGAS DE LA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE**

PATRICIA DEL VALLE ORTEGA MENDOZA

C.I. 20.001.708

Trabajo de grado presentado en el Departamento de Ingeniería Agronómica,
Escuela de Ciencias del Agro y del Ambiente de la Universidad de Oriente, como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

MSc. Víctor A. Otahola Gómez
(Tutor)

MSc. Edgar Ortiz Fuentes
(Tutor)

MSc. María Claudia Sánchez Cuevas
(Jurado)

MSc. Hilmig del Valle Viloría
(Jurado)



ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

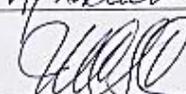
CTG-ECAA-DIA-2024

MODALIDAD: TESIS DE GRADO

ACTA N° 2016

En Maturin, siendo las 1:00 p.m. del día 06 de marzo de 2024, reunidos en el Aula 04 del Postgrado, Campus Juanico del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, los miembros del jurado profesores: María Claudia Sánchez (Jurado), Hilmig Viloria (Jurado) y Víctor Otahola (Tutor), a fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el Reglamento de Trabajo de Grado vigente para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo, se procedió a la presentación y defensa del Trabajo de Grado, titulado: "ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) EN EL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DEL NÚCLEO MONAGAS DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE", por la Bachiller: Patricia del Valle Ortega Mendoza, C.I. 20.001.708. El jurado, luego de la discusión del mismo acuerda calificarlo como:

Aprobado

 MSc. María Claudia Sánchez-Guevas C.I. 12.154.713 Jurado	 MSc. Hilmig del Valle Viloria C.I. 10.288.862 Jurado
 MSc. Víctor A. Otahola Gómez C.I. 4.713.955 Tutor	 Br. Patricia del Valle Ortega Mendoza C.I. 20.001.708 Estudiante
 MSc. Elizabeth Prada Andrade C.I. 10.116.469 Comisión de Trabajo de Grado	 MSc. Rosalva Carmona Bermúdez Yegues C.I. 9.934.923 Jefe Departamento Ing. Agronómica

Según establecido en resolución de Consejo Universitario N° 034/2009 de fecha 11/06/2009 y modificada por el Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente. Esta acta está asentada en la hoja N° 37 del Libro de Actas de Trabajos de Grado del año 2011 del Departamento de Ingeniería Agronómica de la Escuela de Ciencias del Agro y del Ambiente y está debidamente firmada por los miembros del jurado, el tutor y el (los) estudiantes.

DEL PUEBLO VENIMOS / HACIA EL PUEBLO VAMOS

RESOLUCIÓN

DE ACUERDO CON EL ARTÍCULO 41 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO “LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SOLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPA AL CONSEJO UNIVERSITARIO”

DEDICATORIA

A Dios, primeramente, quien ha sido mi guía durante este proceso; a mis hijas, mi apoyo emocional y a todos aquellos estudiantes e investigadores que continúan en el proceso por adquirir nuevos conocimientos y toman parte de su tiempo en leer no solo este, sino otros trabajos de investigación.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento va primeramente a Dios y a nuestra Virgen Del Valle, por ser mis guías espirituales, me han dado el amor hacia lo que hago en cada instante de mi vida, la paciencia, la inteligencia y la voluntad de ser mejor y superar cada etapa que se ha presentado a lo largo del camino.

A mis hijas Lucia Carlotta y Leticia Andreina, sin duda alguna fueron ellas quienes me han hecho un mejor ser humano, cada día me ayudan a salir adelante, dándome fuerzas para continuar con mis estudios, espero ser un buen ejemplo para ellas y demostrarles que nunca debemos desistir a nuestros sueños. Las amo incondicionalmente.

A mis padres, Patricio Ortega por enseñarme el amor por el campo desde que decidí iniciar mis estudios y en especial a mi madre Damelis Mendoza, quien ha estado siempre a mi lado con una sonrisa, la persona que me ha apoyado sin importar cuán difícil se torne una situación, le debo más que una vida y espero retribuirle de la manera en que ella se lo merece; los amo.

A mis asesores, Edgar Ortiz por ayudarme desde un principio en mis estudios y proponerme un proyecto con el cual podemos innovar y crear una nueva línea de investigación, además de aportar nuevas ideas dirigidas hacia el hermoso mundo de las especias; al Profesor Víctor Otahola quien ha sido un excelente guía durante todo este proceso, ha sido el ángel que no me ha permitido desistir y me ha impulsado para concluir este trabajo de investigación, gracias por inculcarme parte de su conocimiento y amor hacia el mundo del mejoramiento genético. A ambos les debo mucha más que un proyecto y un sueño.

A nuestra “Casa Más Alta”, la Universidad de Oriente por abrirme las puertas a esta gran institución durante muchos años y permitirme crecer como estudiante adquiriendo conocimientos y experiencias únicas.

A mis lectores y jurados, por dedicar parte de su valioso tiempo para leer y mejorar este trabajo de investigación.

A mis abuelos, Lidio Mendoza, por inculcarme amor a los estudios y María Elena de Mendoza, por estar siempre a mi lado abuelita de mi vida; mis hermanos Lisbeth, Ángel, Paola y Sthefanni, espero ser un buen ejemplo para ustedes, los amo.

A Carlos Rodríguez quien me ayudó en su momento tanto económica como emocionalmente para lograr concluir esta etapa, gracias por tu apoyo.

Y, por último, a todos mis familiares, amigos y compañeros que directa o indirectamente me ayudaron a cumplir esta meta profesional. A todos, GRACIAS.

Patricia Del Valle Ortega Mendoza

ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
MARCO TEÓRICO	5
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	5
BASES TEÓRICAS	8
Generalidades del cultivo.....	8
Importancia del cultivo de cúrcuma.....	9
Producción de cúrcuma en Venezuela.....	10
Taxonomía.....	11
Botánica del cultivo.....	11
Cultivares de cúrcuma.....	13
Requerimientos edafoclimáticos.....	14
Propagación.....	15
Ciclo fenológico.....	15
Cultivo de tejidos.....	16
Composición de los medios de cultivo.....	19
Propagación in vitro en cúrcuma.....	21
Hidroponía.....	21
Solución nutritiva.....	21
Relación de aniones y cationes.....	22
Potencial de Hidrógeno (pH) en la solución nutritiva.....	23
Sistemas de cultivo hidropónico.....	23
MARCO METODOLÓGICO	25
UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	25
MATERIAL VEGETAL	25
DESINFECCIÓN DE LOS RIZOMAS	26
ESTABLECIMIENTO DE MINIRIZOMAS EN CÁMARA HÚMEDA (CH)	27
ESTABLECIMIENTO EN SISTEMA HIDROPÓNICO DE LOS SEGMENTOS DE RIZOMAS GRELADOS	28

ESTABLECIMIENTO DE LOS SEGMENTOS DE RIZOMAS GRELADOS EN SUSTRATO MIXTO.....	30
ESTABLECIMIENTO <i>IN VITRO</i> DE LOS SEGMENTOS DE RIZOMAS GRELADOS.....	31
ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	35
Variables evaluadas	36
Porcentaje de sobrevivencia	36
Altura del brote	37
Número de hojas por brote	37
Enraizamiento	37
Diámetro del tallo	37
Peso fresco del brote.....	37
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	38
SOBREVIVENCIA DE LOS BROTES.....	39
ALTURA (cm) DE LOS BROTES	42
NÚMERO DE HOJAS/BROTE.....	44
DIÁMETRO (mm) DEL TALLO Y PESO (g) FRESCO DEL BROTE.....	45
PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO DE LAS PLANTAS.....	46
MÉTODOS DE DESINFECCIÓN USADOS PARA EL ESTABLECIMIENTO <i>IN VITRO</i> DE PLANTAS DE CÚRCUMA.....	49
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS	56
HOJA DE METADATOS	65

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Rangos aceptables en las relaciones entre iones en soluciones nutritiva Steiner, citado por Santos y Rios (2016).....	23
Cuadro 2. Promedio, varianza y desviación estándar de los valores de sobrevivencia de los brotes de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) bajo sistema hidropónico y en sustrato en diferentes épocas de evaluación.....	42
Cuadro 3. Promedio, varianza y desviación estándar de los valores de altura (cm) de los brotes de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) bajo sistema hidropónico y en sustrato en diferentes épocas de evaluación.	43
Cuadro 4. Promedio, varianza y desviación estándar de los valores de numero de hojas/brotes de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) bajo sistema hidropónico y en sustrato en diferentes épocas de evaluación.	45
Cuadro 5. Promedio, varianza y desviación estándar de los valores de diámetro (mm) del tallo y peso (g) fresco de las plantas de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) bajo sistema hidropónico y en sustrato a los 45 días después de la siembra.....	46
Cuadro 6. Promedio, varianza y desviación estándar de los valores de enraizamiento de plantas de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) bajo sistema hidropónico y en sustrato a los 45 días después de la siembra	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación en mapa del Centro de Investigación y Postgrado del Núcleo Monagas de la Universidad de Oriente, Urb. Juanico, en la ciudad de Maturín, estado Monagas, Venezuela.....	25
Figura 2. Rizomas de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) utilizados en el experimento para comparar diferentes estrategias para la producción de plantas.....	26
Figura 3. Desinfección de los rizomas (A) y de los minirizomas (B) de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) previo a la siembra en cámara húmeda.	27
Figura 4. Colocación de los mini rizomas de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) en las cápsulas de Petri (A) y estado de los brotes antes de sembrar en hidroponía, sustrato e <i>in vitro</i> (B).	28
Figura 5. Envases Phytatray Sigma producto P1552, utilizados para la siembra en sistema hidropónico de los segmentos de rizomas de cúrcuma.....	29
Figura 6. Estado de los brotes de Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) antes de la siembra en sistema hidropónico	30
Figura 7. Siembra de los brotes de Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) en tubetes con sustrato compuesto por mezcla de tierra negra, cáscara de arroz y humus sólido de lombriz.	31
Figura 8. Establecimiento de brotes de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) en condiciones <i>in vitro</i>	32
Figura 9. Número de minirizomas/cápsula de Petri, minirizomas gelados y brotes/minirizoma obtenidos en la siembra de minirizomas de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) en condiciones de cámara húmeda.	39
Figura 10. Sobrevivencia de los brotes de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) sembrados en condiciones hidropónicas y en sustrato en evaluaciones realizadas a los 8, 15, 30 y 45 días después de la siembra.	40
Figura 11. Altura (cm) de los brotes de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) sembrados en condiciones hidropónicas y en sustrato en evaluaciones realizadas a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.	43
Figura 12. Número de hojas/brotes de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) sembrados en condiciones hidropónicas y en sustrato en evaluaciones realizadas a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.	44
Figura 13. Diámetro del tallo (mm) y Peso fresco de las plantas de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.) sembrados en condiciones hidropónicas y en sustrato en evaluación realizada a los 45 días después de la siembra.	45
Figura 14. Porcentaje de enraizamiento de plantas de cúrcuma(<i>Curcuma longa</i> L.) sembrados en condiciones hidropónicas y en sustrato en evaluaciones realizadas a los 45 días después de la siembra.	47

Figura 15. Enraizamiento de las plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) sembradas en sustrato y en sistema hidropónico a los 45 dds.....47

Figura 16. Plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) sembradas en sustrato mixto con formación de nuevos rizomas a los 45 días después de la siembra.48



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

Estrategias para la producción de plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) en el Laboratorio de Biotecnología del Núcleo Monagas de la Universidad de Oriente

Autor: Patricia Del Valle Ortega Mendoza
Tutores: MSc. Víctor Alejandro Otahola Gómez
MSc. Edgar Ortiz Fuentes
Febrero, 2024

RESUMEN

La cúrcuma (*Curcuma longa* L.) es una especie que se ha abierto campo en nuestro país principalmente por su uso medicinal, como condimento y colorante natural. Con la idea de crear nuevas estrategias para aumentar la producción, disminuir la cantidad de material de siembra y obtener plantas sanas, se desarrollaron dentro del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, diferentes alternativas de propagación por minirizomas, implementando tres métodos de siembra: *in vitro*, hidropónico y en sustrato y compararlos utilizando los parámetros estadísticos, media aritmética, varianza y desviación estándar. Sin embargo, por el método *in vitro* no fue posible establecer comparación con los otros métodos debido al alto índice de contaminación por presencia de hongos y bacterias a pesar de que se aplicaron diferentes técnicas de desinfección. No obstante, con los resultados obtenidos en el sistema hidropónico y sustrato fue posible realizar evaluaciones de sobrevivencia, número de hojas y altura del brote a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, también se evaluó diámetro del tallo, enraizamiento y peso fresco a los 45 dds; los resultados demostraron similitud en cuanto al número de hojas y enraizamiento, mientras en la sobrevivencia hubo diferencia de casi 25 % a los 45dds favoreciendo al método por sustrato, las variables restantes resultaron superiores en la propagación por minirizomas en sustrato. Es importante mencionar que en este método también se observó la formación de nuevos rizomas, lo que lo hace la técnica ideal para la propagación de plantas utilizando minirizomas.

Palabras clave: Cúrcuma, minirizomas, *in vitro*, hidropónico, sustrato.



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**Strategies for the production of turmeric plants (*Curcuma longa* L.) in the
Biotechnology Laboratory of the Monagas Nucleo of the Universidad de Oriente**

Autor: Patricia Del Valle Ortega Mendoza
Tutores: MSc. Víctor Alejandro Otahola Gómez
MSc. Edgar Ortiz Fuentes
February, 2024

ABSTRACT

Turmeric (*Curcuma longa* L.) is a spice that has gained ground in our country mainly for its medicinal use, as a condiment and natural colorant. With the idea of creating new strategies to increase production, reduce the amount of planting material and obtain healthy plants, different alternatives for propagation by minirrhizomes were developed within the Biotechnology Laboratory of the Universidad de Oriente, Nucleo Monagas, implementing three methods. sowing: in vitro, hydroponic and in substrate and compare them using the statistical parameters, arithmetic mean, variance, and standard deviation. However, by the in vitro method it was not possible to establish a comparison with the other methods due to the high contamination rate due to the presence of fungi and bacteria even though different disinfection techniques were applied. However, with the results obtained in the hydroponic system and substrate it was possible to carry out evaluations of survival, number of leaves and shoot height at 15, 30 and 45 days after sowing, stem diameter, rooting and weight were also evaluated. fresh at 45 days; The results showed similarity in terms of the number of leaves and rooting, while in survival there was a difference of almost 25% at 45 days favoring the substrate method, the remaining variables were superior in the propagation by minirrhizomes in substrate. It is important to mention that in this method the formation of new rhizomes was also observed, which makes it the ideal technique for the propagation of plants using minirrhizomes.

Keywords: Turmeric, minirrhizomes, *in vitro*, hydroponic, substrate.

INTRODUCCIÓN

La cúrcuma (*Curcuma longa* L.) es una planta monocotiledónea, perenne, perteneciente a la familia de las Zingiberaceae, apreciada principalmente por sus rizomas los cuales tienen una tonalidad que va desde amarillo hasta naranja muy intenso. Tiene propiedades innovadoras para la industria de alimentos, cosmética y farmacéutica. Sus variadas aplicaciones permiten dar color y sabor a los alimentos, sin mencionar que es el principal ingrediente del curry y la mostaza; además, está comprobado que posee propiedades medicinales de efectos terapéuticos, siendo un poderoso antioxidante y antiinflamatorio. Sus diversas aplicaciones, incluso para la industria manufacturera, han llegado a cobrar importancia en la elaboración de productos de panadería, cereales, galletería, heladería, yogures, mantequillas, quesos, incluso bebidas gaseosas en la sustitución del controvertido colorante sintético “Tartrazina” identificado como uno de los promotores de la enfermedad del cáncer (Rubino, citado por Espinosa, 2020).

La cúrcuma según indican Benavides *et al.* (2010), ha sido comercializada desde tiempos muy antiguos, por lo que es difícil conocer su origen con precisión. Probablemente el centro de origen sea el sudeste asiático concretamente la zona meridional de Vietnam y las Indias orientales. Los países productores de cúrcuma en el mundo son pocos y no satisfacen la necesidad del mercado. El principal productor y consumidor en el mundo es la India con un 90%; también consumen Francia, Estados Unidos y Alemania (Ishuiza, 2011).

Existe muy poca información documentada sobre la producción y consumo de cúrcuma en Venezuela; sin embargo, en los años 2019 y 2020 los diarios Visión Agropecuaria y Minuta Agropecuaria respectivamente, señalaron que este cultivo no alcanza las 50 hectáreas sembradas a nivel nacional y revelan que el estado

Portuguesa es el mayor productor, llegando a obtener rendimientos de 22.000 kg /ha. Según E. Ortiz (comunicación personal, 2021), en el estado Monagas son pocos los productores que se dedican a este cultivo y los rendimientos en la zona están por debajo de 10.000 kg/ha.

El material de propagación de este cultivo está constituido por los rizomas; en algunos casos los productores usan secciones del rizoma principal (madre) o el rizoma secundario, los cuales tienen un peso entre 20 y 50 g, y la densidad de siembra aproximada es de 66.667 plantas/ha (Saiz de Cos, 2014). Estos datos indican que deben destinarse entre 1.333 y 3.333 kg/ha de rizoma “semilla” para la reproducción, siendo minuciosamente seleccionados; tomando en cuenta características como sanidad vegetal y criterios de calidad.

Urrea *et al.* (2017) reseñan que, por ser una planta triploide, básicamente estéril y con un periodo de dormancia de la semilla superior a 12 meses, la propagación en cúrcuma se da casi exclusivamente por vía vegetativa, usando los rizomas como propágulos. Aun así, su tasa de propagación es muy baja ya que los rizomas son susceptibles al ataque de insectos y patógenos, los cuales representan un gran problema no solo en la propagación, conservación y almacenamiento, sino también aumenta el riesgo de dispersión de estos. Actualmente hay posibilidades amplias para mejorar y desarrollar los cultivos que se reproducen vegetativamente, gracias a la disponibilidad y difusión de tecnologías avanzadas, en particular la micropropagación de plantas y la producción de materiales libres de enfermedades.

Por tanto, es preciso buscar otras alternativas de propagación, tales como la producción de plantas mediante “semilleros” que permitan que una vez las plantas tengan cierto nivel de desarrollo puedan ser llevadas al campo con menor riesgo de pérdidas. La utilización de cultivo de tejidos es otra opción para la propagación

masiva de vitroplantas de genotipos de buen nivel de adaptación y libres de insectos plagas y/o enfermedades, bajo condiciones controladas y en cualquier época del año.

El Laboratorio de Biotecnología del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, así como las instalaciones de los invernaderos y la Microestación del Instituto de Investigaciones Agropecuaria de la Universidad de Oriente (IIAPUDO), todos ubicados en el Campus Juanico, presentan condiciones adecuadas para establecer este tipo de investigaciones y abrir nuevas líneas de investigación en el campo de las especias y además determinar la factibilidad económica de desarrollar vitroplantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) en el Laboratorio de Biotecnología del Núcleo Monagas de la Universidad de Oriente y también la producción de plántulas “semillas” a través de minirizomas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar estrategias que permitan la multiplicación de plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) en el Laboratorio de Biotecnología del Núcleo Monagas de la Universidad de Oriente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el crecimiento y desarrollo de plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) producidas a partir de brotes de rizomas gelados en cámara húmeda y luego sembradas bajo sistema hidropónico.
- Evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) producidas a partir de brotes de rizomas gelados en cámara húmeda y luego sembrados directamente en sustrato compuesto por la mezcla de tierra negra, cáscara de arroz y humus sólido de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).
- Evaluar el crecimiento y desarrollo de vitroplantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) producidas a partir de la regeneración de brotes de los rizomas bajo cámara húmeda y luego establecidos en medio de cultivo básico MS.
- Comparar el crecimiento y desarrollo de las plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) generada por los tres métodos especificados en los objetivos anteriores, con base a la sobrevivencia, altura de las plantas, número hojas, diámetro del tallo en el cuello, enraizamiento y peso húmedo.

MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Ventura *et al.* (2003) desarrollaron una metodología para la propagación *in vitro* de *C. longa* vía organogénesis indirecta. Para la obtención de plántulas, utilizaron las yemas vegetativas de los rizomas crecidos asépticamente propuesta por el medio Murashige y Skoog (MS). La desdiferenciación del tejido e inducción a callo se obtuvo con explantes de la parte basal de plántulas *in vitro* en un medio de cultivo MS suplementado con ácido 2,4-diclorofenoxiacético (1,5 mg/l) y Bencil aminopurina (0,2 mg/l). La combinación de ácido indolacético y cinetina promovió la inducción de brotes y raíces y la formación de nuevas plantas, lo que hizo innecesaria la transferencia de los cultivos a otro medio para inducir la organogénesis. Para la aclimatación *ex vitro* de las plantas utilizó un sistema hidropónico, el cual permitió la disminución gradual de la humedad relativa ambiental. Las plantas aclimatadas presentaron un alto porcentaje de sobrevivencia, así como un crecimiento continuo durante seis semanas, en las cuales se desarrollaron completamente.

Espinosa *et al.* (2009) determinaron el efecto de la longitud de la yema, el estado físico del medio de cultivo y la concentración de sales inorgánicas y reguladores del crecimiento en el establecimiento y multiplicación *in vitro* de Cúrcuma. En el establecimiento utilizaron yemas extraídas de rizomas principales, las cuales desinfectaron, eliminaron varias capas de primordios foliares y cortaron yemas de 0,5 a 0,7 cm, 0,8 a 1,0 cm y de 1,1 a 1,3 cm de longitud. Para la multiplicación usaron plantas *in vitro* con 30 días de establecidas y al medio de cultivo basal adicionaron diferentes concentraciones de 6-BAP (0,0, 2,0, 4,0, 6,0 mg.l⁻¹). Además, determinaron el efecto de adicionar las sales MS al 25, 50, 75 y 100% (control), así como emplear el medio de cultivo en estado líquido o semisólido. Lograron aumentar

los valores de desinfección y establecimiento *in vitro* para el cultivo, al utilizar yemas terminales con una longitud de 0,8-1,0 cm e hipoclorito de sodio al 2% durante 25 minutos.

Urrea *et al.* (2011), argumentan que otro factor limitante en el uso sostenible de la cúrcuma es su tiempo de “maduración”, el cual fluctúa entre siete y nueve meses, esto hace que la recolección de rizomas no pueda ser efectuada sino a partir de los 10 meses posteriores a la siembra, alcanzando un porcentaje favorable solo a los 24 meses después de la siembra. Esto sin mencionar el efecto que la explotación continuada ha generado en las poblaciones de cúrcuma y que a la fecha no ha sido debidamente evaluado.

Los mismos autores lograron introducir y multiplicar *in vitro* plantas de *C. longa* e inducir la formación de minirizomas. Efectuaron tres protocolos de desinfección, en el primer protocolo los explantes fueron sumergidos durante 15 minutos en hipoclorito de sodio al 2% adicionado con *Tween* 20, seguido por dos enjuagues con agua destilada estéril y la remoción de bordes y capas externas de tejido hasta un tamaño de yema de 2,5 cm aproximadamente. Estas yemas se sumergieron nuevamente en hipoclorito de sodio al 3% durante 10 minutos y finalmente se enjuagaron con agua destilada estéril hasta eliminar los restos de hipoclorito. Durante el segundo protocolo los explantes fueron tratados con fungicida Manzate® (Mancozeb) a 100 mg/l durante 10 min, posteriormente se procedió con los pasos descritos en el protocolo anterior. Para el último protocolo los explantes fueron tratados como se describió en el protocolo uno, pero al final se realizaron cortes eliminando nuevamente el tejido externo hasta un tamaño aproximado de la yema de 1,5 cm. Estas yemas fueron sumergidas durante 10 a 15 segundos en una mezcla de hipoclorito al 3% y ácido acético al 5% en proporción 70:30 y finalmente, se enjuagaron con agua destilada estéril hasta eliminar los restos de la mezcla biocida. En todos los casos, los explantes fueron cultivados después en el medio basal MS a

pH 5,7 y gelificado usando Gelrite a 1,8 g/l, a una temperatura de 24 ± 2 °C con un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad. Para los ápices establecidos evaluaron la altura y el coeficiente de multiplicación como índice de respuesta a diferentes concentraciones de bencilaminopurina (0,0, 2,0, 3,0 y 4,0 mg/l). Para la inducción de minirizomas usaron vitroplantas de 10 cm, evaluando la formación de éstos, el número promedio y características morfológicas. Los resultados obtenidos sugieren que el medio MS con 2 mg/l de bencilaminopurina (BAP) es adecuado para producir buena cantidad y calidad de nuevas plantas. Condiciones de oscuridad y la concentración de sacarosa por encima de 60 g/l fueron factores determinantes en la inducción de los minirizomas.

Espinosa *et al.* (2012) aseguran que el establecimiento de áreas de producción de semilla sana por el productor es una alternativa para seleccionar semilla y reducir la diseminación de plagas, principalmente la enfermedad pudrición suave del rizoma. Recomiendan el uso de plantas limpias, provenientes de cultivo de tejidos, las cuales serían las plantas madre o productoras de rizomas “semilla”. El uso de plantas *in vitro* para la producción de semilla libre de plagas es una alternativa para mejorar la calidad fitosanitaria de la semilla.

Los mismos autores evaluaron la respuesta morfoagronómica de plantas de cúrcuma obtenidas por cultivo de tejido y por rizomas en condiciones organopónicas. Emplearon plantas de cúrcuma multiplicadas *in vitro* durante el desarrollo de cuatro subcultivos consecutivos con una frecuencia de 30 días. El medio de cultivo usado fue MS básico, suplementado con 0,1 g/l de Mio-inositol, 4,0 mg/L de 6-bencilaminopurina y 30,0 g/L de sacarosa, solidificado con agar 6,0 g/l. Las plantas *in vitro* fueron aclimatadas durante 30 días en condiciones semicontroladas de casa de adaptación, sobre un sustrato compuesto por una mezcla (1:2) de suelo-estiércol vacuno totalmente descompuesto. Para el método de propagación tradicional, usaron rizomas provenientes de la cosecha anterior, almacenados durante cuatro meses en

condiciones semicontroladas de laboratorio, seleccionados por su sanidad, libres de daños físicos y de tamaño homogéneo (longitud de 6-7 cm y masa de 10-12 g). Los resultados mostraron una alta supervivencia (100%), para las plantas provenientes del cultivo *in vitro*, así como para las obtenidas a partir de los rizomas, lograron un mayor crecimiento de las plantas propagadas por el cultivo de tejidos durante todo el ciclo de cultivo, sin cambios en las características morfológicas evaluadas. Los rendimientos en las plantas provenientes del cultivo de tejidos fueron superiores en comparación con las plantas propagadas por el método tradicional.

Urrea *et al.* (2014), señalan que a pesar de que se han demostrado múltiples propiedades farmacológicas, alimenticias e industriales en *C.longa*, su gran potencial de mercado no ha sido comercializado en la medida en que se esperaría. La dificultad de propagación de la especie, que se da exclusivamente por vía vegetativa al ser un triploide estéril, aunada a las exigencias ambientales de su cultivo y su alta susceptibilidad al ataque de distintos patógenos, han sido las causas por las cuales no se ha dado un aprovechamiento acorde a las propiedades y potencialidades de la planta. Para ello, como estrategia para la obtención de gran cantidad de germoplasma con características fitosanitarias óptimas, se han implementado diferentes técnicas de cultivo *in vitro*, incluyendo la formación de minirizomas y la micropropagación de plantas.

BASES TEÓRICAS

Generalidades del cultivo

La cúrcuma (*Curcuma longa* L. sinónimo de *Curcuma domestica* Val.) es una planta milenaria, originaria del continente asiático, específicamente de la India Oriental. Ha sido cultivada desde hace más de cinco mil años en ese país por sus múltiples usos y beneficios. Es una planta muy apreciada como condimento y

colorante, de uso imprescindible en la preparación de algunos productos alimenticios y platos tradicionales en los países asiáticos (Hossain e Ishimine, 2005).

El nombre de cúrcuma deriva del arábico antiguo de la planta Kurkum, más conocida como azafrán, de hecho, a la cúrcuma se la conoce como el azafrán asiático. En español se le conoce como cúrcuma, kunyit en Indonesia, turmeric en inglés, cúrcuma en italiano y francés, gelbwutz en alemán, ukon ウコン en japonés, zerdeçal en turco, jiānghuáng. 姜黄 en chino y kurkuma en holandés (Saiz de Cos, 2014).

Importancia del cultivo de cúrcuma

La cúrcuma posee diversos compuestos con actividad biológica, tales como, curcumina (principal curcuminoide), Ar-turmerona y furanodieno. Estos compuestos le otorgan diversas propiedades funcionales, destacando la capacidad anticancerígena y actividad antiinflamatoria, por lo que el consumo de este alimento otorga potenciales beneficios a la salud humana. Los compuestos con actividad biológica no solo le confieren propiedades funcionales (beneficios para la salud humana), sino que también le otorgan capacidad antimicrobiana, la cual permite extender la vida útil de productos alimenticios desde el punto de vista microbiológico (Esparza, 2021).

Han sido comprobadas las propiedades medicinales, destacándose las antioxidantes y hepatoprotectoras, mediadas por su alta capacidad de protección del ADN contra el daño peroxidativo. Posee reconocidas propiedades antiinflamatorias y antiescleróticas, lo que justifica su uso en el tratamiento de inflamaciones y artritis, así como en la prevención de arteriosclerosis y tromboembolismos. Se ha comprobado su eficacia en el control de desórdenes respiratorios, gastrointestinales y en afecciones de la piel como psoriasis o eczemas, es preventiva del cáncer y de los desórdenes cardiovasculares (Mesa *et al.*, 2000). En la industria alimentaria, su resina

se utiliza como agente saborizante y colorante alimenticio de color anaranjado, siendo éste la curcumina, que sirve para aromatizar y dar color a mantequillas, quesos, diversas conservas, mostaza, palomitas de maíz de colores, cereales, sopas, caldos, productos cárnicos y lácteos (Benavides *et al.*, 2010).

El color amarillo-naranja presente en los rizomas de la cúrcuma se debe a los derivados diarilmetálicos, esto según lo indicado por Montaña y Montes (2004) quienes explican que la curcumina es el derivado más importante. La curcumina es un polvo cristalino insoluble en agua y éter, pero soluble en etanol y ácido acético glacial. El rizoma presenta también aceites volátiles en un máximo de 5%. Son estos compuestos terpenoides los que le dan el aroma característico a este rizoma (Hilario *et al.*, 2018).

Se reporta un punto de fusión 180-183°C. Las características de aroma y sabor son determinadas por los constituyentes de los aceites volátiles. En los tipos de cúrcuma comerciales, el contenido de pigmentos (expresados en curcumina) está entre 0,5 a 6 % y de aceites volátiles entre 1,3 a 6% (Montaña y Montes, 2004).

Producción de cúrcuma en Venezuela

En Venezuela, la cúrcuma tiene apenas una pequeña expresión económica, destinándose casi en su totalidad a las industrias nacionales de colorantes alimenticios.

Según lo indicado por Barreto y Carreño (1999), la producción de cúrcuma a nivel nacional para el año en 1993 era aproximadamente 100 toneladas de rizoma por año; sin embargo, se desconocía la calidad del producto nacional para evaluar su potencial como colorante y saborizante en comparación al producto importado, del

cual se importaban aproximadamente 25.916 kg de rizomas secos pulverizados, equivalente a 94.688 kg de producto fresco.

Actualmente se desconoce el área total de siembra a nivel nacional. El diario Minuta Agropecuaria en el año 2020 reportó que en el estado Portuguesa se encontraba la mayor producción de esta especia; al menos 30 hectáreas sembradas, con un rendimiento entre 12.000 y 15.000 kg/ha, inclusive uno de los mayores productores afirma que logró alcanzar un rendimiento superior a 20.000 kg/ha.

Taxonomía

De acuerdo con la base de datos Tropicos.org (2024), la cúrcuma se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden: Liliales Takht.

Orden: Zingiberales Griseb.

Familia: Zingiberaceae Martinov

Género: *Curcuma* L.

Especie: *Curcuma longa* L.

Botánica del cultivo

La cúrcuma es una especie herbácea, rizomatosa, que puede alcanzar la altura de un metro (Ishuiza, 2011). En la planta hay órganos subterráneos constituidos por raíces y rizomas. Algunos autores, como Juanazo (2020), consideran las plantas de cúrcuma como acaules y establecen que no tienen tallo, cuando en realidad el tallo no

es visible porque es subterráneo y modificado de donde nacen directamente las hojas al exterior.

El rizoma es un tallo que se desarrolla bajo tierra, normalmente en sentido horizontal. Presentan varias yemas que pueden ser seccionadas para la reproducción (Ishuiza, 2011). Los rizomas están cubiertos por hojas escamosas y por raíces adventicias cilíndricas, son alargados, carnosos, con muchas ramificaciones horizontales, con formaciones palmeadas que contienen a los denominados “dedos” o rizomas individuales. En la parte inferior se halla el sistema radicular adventicio, encargado de la función nutritiva de la planta. A veces, las raíces laterales se separan de la principal y se convierten en plantas independientes (Salazar y Flores, 2015).

Díaz y Ávila, citados por Espinosa (2020), detallan que los rizomas se agrupan en dedos en forma de galería bajo tierra, alcanzando dimensiones de 8 a 10 cm de largo y con un ancho entre 5 a 10 cm; su rizoma principal o rizoma madre es de forma aovada, carnoso, piriforme de donde se desprenden los rizomas secundarios con menor tamaño y forma cilíndrica alargada, con apariencia arrugada y en el interior de la corteza se logra ver anillos de color naranja intenso, siendo ricos en aceites esenciales, ácidos orgánicos, un principio amargo, pigmentos, resinas y almidones.

Las hojas son descritas por Sopher, citado por León (1987), de color verde claro, grandes y suaves, con la base ancha y envolvente. La lámina elíptica mide de 20 a 90 cm de largo y de 5 a 12 cm de ancho; como es característico de la familia, tiene un nervio central del que parten oblicuamente los nervios laterales. El tallo floral mide de 5 a 20 cm de largo y está en gran parte cubierto por hojas, y por entre los peciolos aparece la inflorescencia, cuya parte más visible son las brácteas grandes y verdosas que salen de la base de las flores y miden hasta 5 cm de largo. Con frecuencia estas brácteas adquieren un tinte rojizo. No se le conocen frutos (Ocampo y Valverde

2000). Las flores pueden tener distintos colores según las variedades, amarillento, purpurino, entre otros, y se disponen en espigas cilíndricas, cóncavas, por lo general de color verde y de cuyas axilas nacen las flores (Ishuiza, 2011).

Cultivares de cúrcuma

Aguirre (1986) describió cuatro cultivares de *C. longa*, según su origen geográfico, hoy día reconocidas como cultivares.

- *Cultivar* ‘Madras’: rizomas alargados, en forma de "dedos enteros" que están pulidos y tienen color amarillo-naranja. Su contenido de curcumina varía de 3,0 a 3,5 %. Es la variedad más apreciada en el mercado internacional. Se produce en la India.
- *Cultivar* ‘Allepey’: rizomas alargados en forma de "dedos enteros sin pulir", de color marrón-rojizo. Su contenido de curcumina varía de 5,0 a 6,5 %.
- *Cultivar* ‘Haití’: rizomas de color marrón-rojizo a café oscuro. Contiene de 5,8 a 6,0% de curcumina.
- *Cultivar* ‘Perú’: sus características son diferentes a las presentes en los cultivares ‘Madras’ y ‘Allepey’, especialmente las referidas a su color marrón-rojizo, que han dado lugar a su poca aceptación en el mercado europeo.

Además de los cultivares arriba mencionados, Center e. Learning KAU, citado en PROCOMER (2020), el cual es el ente promotor del comercio exterior en Costa Rica, indican que, únicamente en la India existe una gran cantidad de cultivares de cúrcuma, los cuales tienen características diferentes. Por ejemplo, el ciclo de cultivo de los diferentes cultivares puede variar de 188 a 285 días y la concentración de curcumina y de la oleorresina también varía. Los cultivares con las mayores concentraciones de curcumina (> 9%) son ‘Roma’ y ‘Suroma’ con 9,3%, mientras que los cultivares con mayor concentración de oleorresinas son la ‘Sudarsana’,

'IISRPrabha', 'IISR Prathibha', 'IISR Alleppey Supreme', con 15%, 15%, 16,2% y 16% respectivamente.

Requerimientos edafoclimáticos

Este cultivo no tiene una gran exigencia con respecto a temperatura. La cúrcuma requiere temperaturas entre 20°C a 30°C. Montañó y Montes (2004) reportan que la temperatura óptima es entre 24°C y 28°C. No se recomienda sembrar en zonas con temperaturas inferiores a 18°C debido al lento crecimiento de la planta y a la poca formación del rizoma. Altitudes por encima de 1500 metros afectan su desarrollo.

En cuanto a la precipitación, este cultivo requiere entre 1500 a 2000 mm por ciclo. Lo importante en cuanto a esta variable climática es su distribución durante el ciclo de cultivo. De acuerdo con lo reportado por Soto *et al.* (2004), la planta probablemente requiere una mayor cantidad de precipitación durante los primeros 120 días después de la siembra para sostener su crecimiento vegetativo y posteriormente ésta debería disminuir para el engrosamiento del rizoma y la acumulación de curcumina. Por lo que, problemas hídricos durante el crecimiento producen rizomas pequeños.

Los suelos óptimos para la producción de este cultivo son los de textura franca, profundos y bien drenados, que permitan un adecuado desarrollo de los rizomas y con altos contenido de materia orgánica. Suelos arcillosos o arenosos no son muy recomendados para este cultivo, ya que afecta el crecimiento de los rizomas. La cúrcuma requiere de suelos con una profundidad efectiva superior a los 50 cm, sueltos para su adecuado crecimiento, fértiles y a la vez con un buen drenaje natural. Además, los suelos deben estar libres de piedras, raíces de árboles o cualquier otro obstáculo que pueda afectar el crecimiento de los rizomas. Los suelos para la producción eficiente de la cúrcuma deberían tener una topografía plana o ligeramente

inclinados, que permitan el uso intensivo de maquinaria agrícola y riego. El pH óptimo oscila entre 5 y 6 (Montaño y Montes 2004; Saiz de Cos, 2014).

Propagación

Ocampo y Valverde (2000) señalan que la cúrcuma se multiplica vegetativamente por medio de los rizomas. Cualquiera sea el peso de éstos, deberán tener dos yemas capaces de producir brotes viables; por esta razón se seleccionan rizomas grandes, bien desarrollados y libres de enfermedades. Existe una relación directa entre la germinación y el tamaño del rizoma; esto se debe a que mientras mayor sea el tamaño del rizoma, habrá mayor cantidad de puntos de desarrollo de meristemas. Se recomienda utilizar 1700 kg de semilla por hectárea y tomar en cuenta que cuanto más grande sea la semilla, mayor será el rendimiento.

En la literatura se registran diferentes distancias y densidades de siembra para el establecimiento del cultivo de *C. longa*, Montaño y Montes (2004) recomiendan distancias de siembra de 0,5 metros en surco y 0,3 metros entre planta, obteniendo una densidad por hectárea de 66.667 plantas. Soto *et al.* (2004) reportan sistemas de siembra con distancias entre plantas de 0,3 metros y 0,7 metros entre surcos logrando obtener una densidad por hectárea de 47.619 plantas.

Ciclo fenológico

Soto *et al.* (2004) afirman que en el ciclo fenológico de la cúrcuma se distinguen las siguientes etapas.

- **Brotación:** luego de la siembra en campo, empiezan a aparecer los primeros brotes alrededor de las primeras cuatro semanas.

- **Desarrollo vegetativo:** está representada por la formación de los dedos e incremento de crecimiento de brotes (hasta tres tallos por planta); esta fase se da durante los primeros cuatro meses de la siembra.
- **Floración:** el tiempo de floración de la planta se estima en unos 150 días, en donde la planta desacelera su crecimiento de follaje y se incrementa el tamaño de los rizomas, acumulando gran cantidad de curcumina.
- **Maduración y cosecha:** se tiene como aviso que la Cúrcuma esta lista para su cosecha cuando sus hojas se han tornado a un color amarillo intenso, en un tiempo aproximado de seis a siete meses después de realizada la siembra.

Cultivo de tejidos

El cultivo de tejidos, como técnica, consiste esencialmente en aislar una porción de la planta (explante) y proporcionarle artificialmente las condiciones físicas y químicas apropiadas para que las células expresen su potencial intrínseco o inducido. Es necesario, además, adoptar procedimientos de asepsia para mantener los cultivos libres de contaminación microbiana (Roca y Mroginski, 1991). Las células vegetales son biosintéticamente totipotenciales, lo que significa que cada célula en cultivo retiene la información genética completa, por lo tanto, es capaz de producir todo el rango de compuestos químicos producidos por la planta madre (Morales *et al.*, 2016).

La micropropagación es una técnica que ha mostrado importantes ventajas en comparación con los métodos convencionales de propagación en algunas especies (Roca *et al.*, citados por Dubos, 2006), estas se pueden resumir como un incremento acelerado del número de plantas derivadas por genotipo, reducción del tiempo de multiplicación, posibilidad de multiplicar grandes cantidades de plantas en una superficie reducida, a bajos costos y en tiempos económicamente rentables, mayor control sobre la sanidad del material que se propaga, facilidad para transportar el

material *in vitro* de un país a otro con menos restricciones aduaneras y la posibilidad de multiplicar rápidamente una variedad de la cual sólo existan pocos individuos.

Las técnicas de cultivos asépticos han contribuido no solo a un mejor entendimiento de los eventos de la diferenciación celular, sino a un aprovechamiento más eficiente de las plantas. En este último aspecto, vale la pena mencionar los siguientes usos de las técnicas de cultivo *in vitro*: mejoramiento genético, obtención de plantas libres de virus y otros patógenos, conservación de germoplasma y micropropagación (Villalobos y Thorpe, 1991).

Una comparación realizada por Castillo (2004) entre las características de una planta en condiciones de laboratorio (*in vitro*), respecto a una planta en condiciones naturales (*in vivo*). Las plantas sometidas a condiciones *in vitro*, no realizan fotosíntesis, su crecimiento se da bajo condiciones controladas y de asepsia, los estomas no son funcionales, no presentan pelos radiculares, ni cera en la cutícula; mientras que, aquellas bajo condiciones naturales (*in vivo*), si realizan fotosíntesis, su crecimiento se da en ambientes no controlados, con exposición a patógenos y gérmenes presentes en el ambiente, humedad relativa variable, sus estomas son funcionales, tienen presencia de pelos radiculares y presentan cera en la cutícula.

Krikorian (1991) menciona varias vías generales para realizar la multiplicación clonal; entre ellas: la multiplicación de brotes de yemas terminales, axilares o laterales. El punto de inicio en este caso puede estar en los meristemas, las puntas de los brotes, las yemas, los nudos o los brotes de las yemas en raíces; la organogénesis directa, en este caso la formación del brote adventicio o de la raíz ocurre en el explante de un órgano, o en alguna parte escindida de la planta; la organogénesis indirecta, la formación del brote adventicio o de la raíz ocurre en este caso en el callo, es obvio que el callo se deriva inicialmente de un órgano, tejido u otra parte escindida de la planta; la embriogénesis somática, los embriones pueden formarse directamente

en el explante primario, o indirectamente de las células cultivadas en suspensión o en un medio semisólido; los órganos de perennidad, formados en cultivos asépticos; el microinjerto y el cultivo de embriones y esporas.

Cisne (1988) define las diferentes etapas en el proceso de propagación *in vitro* y las clasifica en grupos o estados. Desde la selección de la planta donadora del explante hasta la transferencia de la planta a las condiciones naturales ambientales:

- **Selección y preparación de la planta madre:** éstas deben ser plantas sanas y libres de virus. Es importante aplicar tratamiento preventivo a la planta para disminuir los niveles de contaminación, dado que la contaminación del propágulo por microorganismos patogénicos y no patogénicos es uno de los factores más críticos en el cultivo de tejidos.
- **Establecimiento del cultivo aséptico:** es el paso inicial para el proceso de la micropropagación, en el cual el explante se inocula en un medio nutritivo adecuado, previa desinfección en las soluciones desinfectantes que hoy en día son utilizadas. El medio nutritivo inicial se caracteriza por poseer todos los macro micro elementos, vitaminas, carbohidratos, más la adición de reguladores de crecimiento que son agregados para estimular el crecimiento y desarrollo del explante.
- **Propagación de propágulos deseables:** el objetivo es inducir la proliferación de órganos y estructuras que sean capaces de dar origen a plantas enteras. Conforme el procedimiento *in vitro* que se esté desarrollando, se puede dar origen a la formación de yemas axilares o adventicias, formación de embriones o la formación de órganos propagativos (cormos, bulbos, entre otros). En este se elabora un medio nutritivo nuevo, al cual se transfieren los órganos o plantas obtenidas en el estado anterior.
- **Preparación para el crecimiento en el medio ambiente:** las yemas o plantas extraídas en el estado anterior son muy pequeñas, por lo general, no son

capaces de sobrevivir por si solas en el suelo o composta. Este paso es realizado para que la planta pueda fotosintetizar y sobrevivir sin la suplementación de carbohidratos artificiales. Por otra parte, aunque algunas plantas son capaces de generar raíces adventicias durante esta etapa, existen otras que necesitan de un tratamiento especial para la formación de raíces, como el caso de aquellas que requieren una elongación en su tallo y la posterior transferencia a un medio nutritivo nuevo en el que se estimulará el enraizamiento. Para reducir los costos de la micropropagación, algunos laboratorios comerciales trasladan las plantas de las condiciones *in vitro* a las condiciones de invernaderos y bajo estas condiciones inducen la formación de raíces.

- **Establecimiento definitivo en el campo:** esta etapa se refiere al traslado de las plantas en condiciones *in vitro* a las condiciones ambientales naturales. Si no es realizado con cuidado al transferir las plantas a las condiciones externas, puede ocasionar pérdidas considerables de las plantas. Hay dos razones principales por las cuales debe existir este proceso; las yemas desarrolladas *in vitro* deben ser expuestas a condiciones de alta humedad relativa y baja intensidad lumínica, esto se debe a que las plantas *in vitro* pierden rápidamente agua al ser expuestas a condiciones naturales por presentar una membrana epicuticular menos desarrollada en comparación a las plantas que han crecido en condiciones de vivero o invernadero.

Composición de los medios de cultivo

Las plantas *in vitro* son suplidas con carbohidratos y mantenidas bajo luz, en estas condiciones son incapaces de autoalimentarse a través de la actividad fotosintética. Para crecer, las células requieren una variedad de nutrimentos orgánicos e inorgánicos; estos requerimientos se demuestran fácilmente en órganos y tejidos extirpados de plantas superiores e inferiores. Los nutrimentos orgánicos, al igual que los inorgánicos, se requieren en dos niveles: uno macro y otro micro; existe además

una cantidad de sustancias orgánicas adicionales que se requieren en cantidades mínimas y que son muy activas en el crecimiento (Krikorian, 1991).

Los medios de cultivo vegetales contienen todos los nutrientes requeridos para el crecimiento normal y el desarrollo de las plantas. Éstos están compuestos principalmente de macronutrientes, micronutrientes, vitaminas, otros compuestos orgánicos, reguladores del crecimiento, fuente de carbono y algunos agentes solidificantes, en el caso de los medios de cultivo sólidos. El medio MS es el medio más extensamente usado para la propagación vegetativa *in vitro* de muchas especies de plantas, mientras que el medio B5 es empleado para el crecimiento de células diferenciadas de plantas (callo), por lo que se utiliza en los cultivos de suspensión celular y la producción de protoplastos (Morales *et al.*, 2016).

Según Muñoz (2012), los medios de cultivo para células vegetales están compuestos por: agua destilada, que representa el 95% del medio nutriente, una fuente de carbono la cual generalmente se usa sacarosa. La fuente de carbono se necesita porque los explantes no son completamente autótrofos y no pueden cubrir sus necesidades con la fotosíntesis que pueden realizar *in vitro*. Lleva además sustancias inorgánicas, los elementos mayores o macroelementos (N, P, K, Ca, Mg, S) y microelementos (Fe, Co, Zn, Ni, B, Al, Mn, Mo, Cu, I), en una proporción adecuada según la planta requerida. Además, contiene vitaminas B1, B2, B6, vitamina H, vitamina E, ácido fólico, ácido nicotínico, entre otros. Pueden emplearse hormonas y reguladores del crecimiento las cuales son las encargadas de promover la elongación celular, la formación de callos y raíces adventicias, inhibir la formación de brotes axilares adventicios y, a veces, inhiben la embriogénesis, promueven la división celular, regulan el crecimiento y el desarrollo de los tejidos vegetales.

Propagación in vitro en cúrcuma

Los estudios en el área de cultivo de tejidos en *C longa*. han sido escasos y con pocos resultados viables. Espinosa (2009), menciona algunos investigadores que realizaron protocolos de micropropagación en cúrcuma, sin embargo, el índice de establecimiento y multiplicación fueron bajos. Entre ellos mencionan a los investigadores Nadgauda, Mascarenhas, Hendre y Jagannathan (1978), quienes fueron los primeros en publicar un trabajo de investigación *in vitro* en cúrcuma. En otros estudios, Balachandran *et al.* (1999), informaron resultados en la propagación y conservación *in vitro* por crecimiento mínimo de tres especies de cúrcuma (*Curcuma aeruginosa*, *Curcuma caesia* y *Curcuma longa*). Posteriormente, Salvi *et al.* (2002) emplearon un medio de cultivo con 6-bencilaminopurina (6-BAP) y ácido nalftalenacético (ANA) para la multiplicación *in vitro*, logrando elevar el número de brotes por explante y con ello el índice de multiplicación. Sin embargo, los índices de establecimiento y multiplicación *in vitro* en este cultivo aún son bajos.

Hidroponía

Hidroponía es una técnica de producción o cultivo sin suelo, en la cual se abastece de agua y nutrientes a través de una solución nutritiva completa, aportando así condiciones necesarias para un mejor crecimiento y desarrollo de la planta.

Solución nutritiva

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de hierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, citado por Favela *et al.*, 2006). La selección de elementos nutritivos de una SN universal al momento de la absorción por la planta se puede

explicar desde un punto de vista fisiológico, al no variar el equilibrio iónico de la solución nutritiva durante el ciclo de cultivo; sin embargo, en una producción comercial, la nutrición de los cultivos debe tomar en cuenta aspectos técnicos y económicos. Desde un punto de vista técnico, para que las plantas puedan obtener los máximos rendimientos, la solución nutritiva debe cubrir sus requerimientos nutrimentales, de tal manera que se eviten deficiencias o el consumo en exceso.

Lara (1999) indica que los aspectos de la SN que en mayor medida influyen en la producción son: la relación mutua entre los cationes, la relación mutua entre los aniones, la concentración de los nutrimentos, debido a que éstos se encuentran en forma iónica, la concentración se expresa mediante la conductividad eléctrica (CE), el pH, y la temperatura.

Relación de aniones y cationes

Según Juárez *et al.* (2006), la regulación nutritiva consiste no solo en la cantidad absoluta de cada elemento aportado sino, además, en la relación cuantitativa que se establece entre los aniones por una parte y los cationes por la otra.

Unificando estos dos criterios, Steiner citado por Santos y Ríos (2016) definió unas zonas de concentraciones relativas o relaciones entre iones, donde las plantas eran capaces de tomar los nutrientes sin problemas. Para ello, trabajó con los porcentajes de la concentración de cada catión o anión (meq/L) con respecto a la total de cationes o aniones, respectivamente, proponiendo los rangos “universales” expresados en el cuadro 1.

Cuadro 1. Rangos aceptables en las relaciones entre iones en soluciones nutritiva Steiner, citado por Santos y Rios (2016).

Aniones y cationes									
Rango aceptable	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
	% sobre total cationes				% sobre total aniones				
	25-45	35-55	17-23	0-15	35-65	3-12	25-45	0-20	

Potencial de Hidrógeno (pH) en la solución nutritiva

El pH de la solución nutritiva se controla con el fin de neutralizar la presencia de los bicarbonatos en el agua de riego, ya que estos iones producen un elevado pH y un alto contenido de ellos en la zona radical provoca la inmovilización del P, Mn y Fe (Rincón, citado por Favela *et al.* 2006).

Sistemas de cultivo hidropónico

Según Bezerra y Paes (2012), los sistemas hidropónicos son clasificados en abiertos y cerrados. En el primer caso, la solución nutritiva es aplicada una única vez a las plantas y posteriormente descartada, asemejando a la fertiirrigación. En el sistema cerrado, la solución nutritiva aplicada es recuperada y reutilizada, siendo periódicamente corregida la composición de la solución nutritiva, ya sea a través de adición de agua o nutrientes minerales.

- **Hidroponía de aeración estática (flotante):** en este sistema las plantas son mantenidas en recipientes sin sustrato, con las raíces completamente sumergidas en la solución nutritiva y un sistema de bombeo de aire para proporcionar la respiración de las raíces. Como no se usa sustrato, es necesario adaptar un sistema de sustentación para mantener las plantas en posición vertical. Usualmente se emplean placas de polietileno con agujeros. Este

método exige un volumen alto de solución nutritiva o ajustes frecuentes de la misma para impedir que la absorción de nutrientes por las raíces produzca cambios radicales en las concentraciones de los nutrientes y en el pH del medio.

- **Técnica de flujo laminar:** en este sistema las plantas son cultivadas en canales de cultivo por donde la solución nutritiva circula intermitentemente en intervalos definidos y controlados por un temporizador. Las raíces de las plantas quedan parcialmente sumergidas en la lámina de solución nutritiva que circula de forma que permite la respiración normal de las raíces.
- **Aeroponía:** las raíces quedan suspendidas en el aire por el caule en un soporte y reciben nebulizaciones intermitentes de solución nutritiva. Las raíces son mantenidas dentro de cámaras oscuras protegidas de la luz para evitar el crecimiento o formación de algas.
- **Cultivo con sustrato:** en este sistema, las plantas son cultivadas en recipientes y se utiliza un sustrato inerte o poco activo químicamente como arena lavada, cáscara y arcilla expandida para dar sustentación a las plantas. El suministro de la solución nutritiva puede ser dado de diversas formas como capilaridad, goteamiento, inundación y circulación.

MARCO METODOLÓGICO

UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se ejecutó entre los meses de junio y diciembre del año 2021 en el Laboratorio de Biotecnología y en la Microestación del Instituto de Investigaciones Agropecuarias IIAPUDO, ubicados en el Centro de Investigación y Postgrado del Núcleo Monagas de la Universidad de Oriente, Urb. Juanico, en la ciudad de Maturín, estado Monagas, Venezuela (Figura 1).



**Figura 1. Ubicación en mapa del Centro de Investigación y Postgrado del Núcleo Monagas de la Universidad de Oriente, Urb. Juanico, en la ciudad de Maturín, estado Monagas, Venezuela
Fuente: GoogleMap (2024).**

MATERIAL VEGETAL

El material genético que se utilizó fueron rizomas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) provenientes de una plantación semicomercial ubicada en el sector La Pica,

parroquia La Pica, municipio Maturín, estado Monagas. Los rizomas seleccionados presentaban características de firmeza, color naranja intenso, con un peso entre 150 y 260 g por rizoma completo, siendo éstos los mejores dispuestos por el productor para su comercialización. Se utilizaron aproximadamente 5 kg de material vegetal, el cual fue llevado al laboratorio, lavado con agua de chorro para eliminar restos de material vegetal no deseado y se realizó su posterior desinfección (Figura 2).



Figura 2. Rizomas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) utilizados en el experimento para comparar diferentes estrategias para la producción de plantas.

DESINFECCIÓN DE LOS RIZOMAS

Se utilizaron dos métodos de desinfección. El primer método se preparó una solución con cloro comercial a una concentración de 3,75% de hipoclorito de sodio más agua destilada estéril (ADE) en relación 1:3. Los rizomas permanecieron dentro de esta solución durante 20 minutos en agitación constante. En el segundo método se usó cloro comercial más ADE en relación 1:3 y se adicionó el fungicida Benomil (Benlate®) a razón de 1g/L del producto comercial; los rizomas permanecieron sumergidos en la solución durante 25 minutos (Figura 3).



Figura 3. Desinfección de los rizomas (A) y de los minirizomas (B) de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) previo a la siembra en cámara húmeda.

ESTABLECIMIENTO DE MINIRIZOMAS EN CÁMARA HÚMEDA (CH)

Para la germinación en cámara húmeda se utilizó cápsulas de Petri y papel absorbente esterilizados en el autoclave a una temperatura de 121 °C y 1 atm de presión durante 20 minutos.

Se trabajó dentro de la cámara de flujo laminar a fin de evitar posible contaminación por microorganismos. Se enjuagaron los rizomas con agua destilada estéril, posteriormente fueron seccionados transversalmente en segmentos de 1 cm aproximadamente, con dos yemas visibles. Los segmentos de rizomas fueron colocados en las capsulas de Petri con el papel absorbente estériles, dispuestos con una de las caras cortadas hacia el papel absorbente y en un número de diez segmentos por cápsula (Figura 4A). Posterior a la siembra se agregó ADE (2 ml/cápsula aproximadamente).

Las cápsulas de Petri se colocaron en la cámara de crecimiento, a una temperatura promedio de 25°C +/-; un fotoperiodo de 15 horas de luz y 9 horas de oscuridad. En total se sembraron 15 cápsulas de Petri los cuales permanecieron en la cámara de crecimiento hasta que comenzaron a observarse los brotes y tuviesen una altura aproximada de dos cm de alto. Este periodo fue entre 21 y 30 días (Figura 4B).

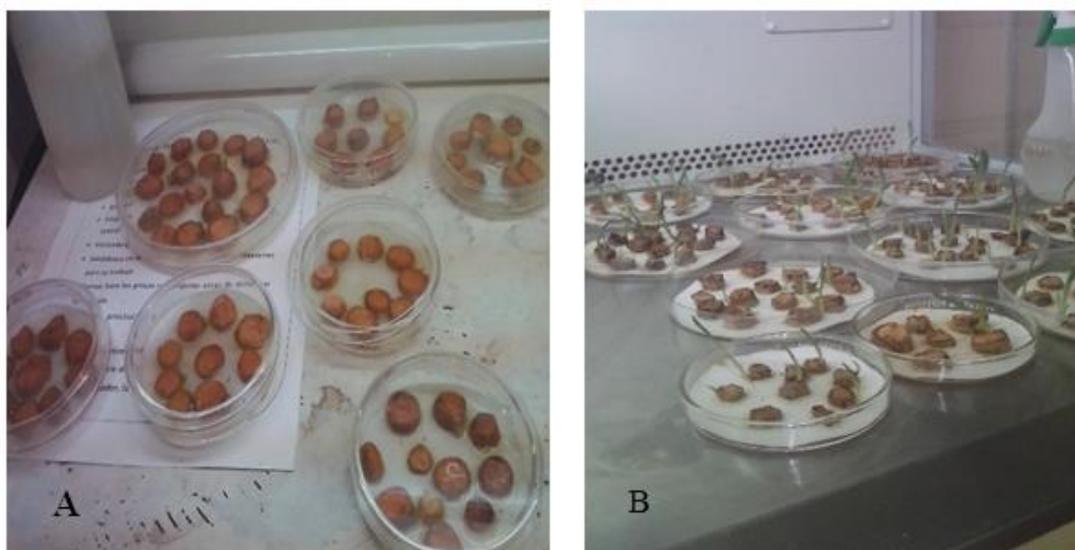


Figura 4. Colocación de los mini rizomas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) en las cápsulas de Petri (A) y estado de los brotes antes de sembrar en hidroponía, sustrato e *in vitro* (B).

ESTABLECIMIENTO EN SISTEMA HIDROPÓNICO DE LOS SEGMENTOS DE RIZOMAS GRELADOS

Luego de obtener brotes de los segmentos de rizomas en cámara húmeda se procedió a establecer los mismos bajo un sistema hidropónico. Para ello se utilizaron envases Phytatray Marca Sigma P1552, los cuales tienen una dimensión de 11,4 * 8,6 * 6,4 cm (Figura 5); los mismos se esterilizaron en una solución de cloro comercial (hipoclorito de sodio al 3,5%) y agua destilada en una relación 1:2. El sustrato utilizado fue cáscara de arroz previamente esterilizada humedeciéndola con una

solución de Benomil a razón de 1g/L del producto comercial y luego fue llevada a la autoclave por dos oportunidades de 25 minutos cada una. Esto se realizó un día antes de la siembra. Se sembraron cinco segmentos de rizoma por cada envase, fueron 20 envases usados para este tratamiento para un total de 100 brotes.



Figura 5. Envases Phytatray Sigma producto P1552, utilizados para la siembra en sistema hidropónico de los segmentos de rizomas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.).

La solución nutritiva utilizada para aplicar a los segmentos de rizoma se preparó utilizando las soluciones stock del medio de cultivo MS, utilizando 100 ml de la solución de macroelementos, 10 ml de la solución de microelementos, 10 ml de la solución de hierro y se completó con agua destilada estéril hasta un litro de solución, luego fue llevada al agitador y se le ajustó el pH a 5,8. Es importante mencionar que esta misma solución fue agregada al tratamiento cada 2 días aproximadamente según su requerimiento.

La siembra se realizó dentro de la cámara de flujo laminar. Se seleccionaron los segmentos de los rizomas ya gelados con brotes de aproximadamente 2 cm de altura y se sembraron dentro de los envases de Phytatray con cáscara de arroz (Figura 6); se

le adicionó 20 ml de la solución nutritiva con macro y micronutrientes del medio MS básico y finalmente fueron llevados a la cámara de crecimiento bajo condiciones controladas a una temperatura de 25°C, fotoperiodo de 15 horas de luz y 9 horas de oscuridad.



Figura 6. Estado de los brotes de Cúrcuma (*Curcuma longa* L.) antes de la siembra en sistema hidropónico

ESTABLECIMIENTO DE LOS SEGMENTOS DE RIZOMAS GRELADOS EN SUSTRATO MIXTO

Este objetivo se cumplió al sembrar los minirizomas obtenidos en cámara húmeda en sustrato compuesto por una mezcla física de tierra negra, cáscara de arroz y humus sólido de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en relación 1:1:1 en base a volumen. Se utilizaron tubetes plásticos con las siguientes dimensiones: largo 152 mm, diámetro superior 43 mm, diámetro inferior 31 mm, capacidad 142 cm³, peso 21 g. Los mismos fueron colocados en una bandeja portatubetes con capacidad para 80 tubetes (Figura 7).

Se colocó un segmento de rizoma con brotes de aproximadamente dos cm de alto a una profundidad de un centímetro; fueron colocados a temperatura ambiente dentro del Laboratorio de Biotecnología, aplicando riego interdiario.



Figura 7. Siembra de los brotes de Cúrcuma (*Curcuma longa* L.) en tubetes con sustrato compuesto por mezcla de tierra negra, cáscara de arroz y humus sólido de lombriz.

ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE LOS SEGMENTOS DE RIZOMAS GRELADOS

El último tratamiento realizado fue el establecimiento de brotes de rizomas en medio de cultivo básico MS (Figura 8). Se preparó el medio MS con 100 ml de macronutrientes, 10 ml de micronutrientes, 10 ml de vitaminas, 10 ml de hierro ml y se complementó con agua destilada estéril hasta llevar a 1 litro de solución, fue llevada a plancha agitadora, se le adicionó 0,1 g de mioinositol, 0,5 g de carbón activado, 30 g de azúcar, se ajustó el pH a 5,8 y finalmente se adicionó 3 g de Gelrite. Esta solución se dejó en el agitador durante 30 minutos aproximadamente. Luego de transcurrido el tiempo se vertió 10 ml de la solución a cada tubo de ensayo y fue llevado a la autoclave a una temperatura de 121 °C y 1 atm de presión durante 25 minutos.



Figura 8. Establecimiento de brotes de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) en condiciones *in vitro*.

La primera experiencia se realizó utilizando los brotes de una altura de 2 cm aproximadamente obtenidos en la siembra de cámara húmeda. Dentro de la cámara de flujo laminar se realizó el proceso de corte y limpieza de los brotes, luego se colocaron en una solución alcohol al 70% durante un minuto, seguido a este proceso se colocó en agua oxigenada por tres minutos, posteriormente se hizo un enjuague con agua destilada estéril por un minuto, rápidamente fueron llevados a una solución de cloro comercial (hipoclorito de sodio a concentración 3,75%) con agua destilada estéril en relación 1:2, más dos gotas de Tween 80, por espacio de 20 minutos, inmediatamente se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril por espacio de un minuto por enjuague, se colocaron los brotes sobre papel absorbente esterilizado para realizar un último corte y limpieza, finalmente fueron colocados en cisterna a razón de 10 g/L por cinco minutos. Inmediatamente se procedió a introducirlos de forma vertical en los tubos de ensayo con medio de cultivo previamente preparado. Se sembró un explante por cada tubo de ensayo y fueron colocados en completa oscuridad por un tiempo de 5 días. Posteriormente se llevaron a la luz en fotoperiodo 9 horas de oscuridad y 15 horas de luz, de aproximadamente 1000 Lumens y una temperatura promedio de 23°C.

En vista que se presentó contaminación total de los explantes por hongos y/o bacterias, además de un oscurecimiento de todos los brotes por un proceso de oxidación, se decidió realizar una segunda experiencia utilizando brotes de una altura de dos cm aproximadamente obtenidos en la siembra de cámara húmeda. Dentro de la cámara de flujo laminar, se realizó el proceso de limpieza de los brotes, colocándolos en una solución alcohol al 70% por un minuto, luego en agua oxigenada por cinco minutos, a continuación fueron llevados a una solución de cloro comercial con agua destilada estéril en relación 1:2, con dos gotas de Tween 80, bactericida (amoxicilina) de 500 mg y fungicida (Benomil) por espacio de 20 minutos, inmediatamente se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril por espacio de dos minutos por enjuague; fueron llevados nuevamente a una solución de cloro comercial con agua destilada estéril en relación 1:3, dos gotas de Tween 80 y bactericida (amoxicilina) de 500 mg, en este caso permanecieron por espacio de 10 minutos; se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril durante dos minutos por enjuague, finalmente se realizó un último corte y limpieza de los brotes sobre papel absorbente esterilizado y fueron colocados en cisteína a razón de 10 g/L por cinco minutos e inmediatamente se procedió a introducirlos de forma vertical en los tubos de ensayo con el medio de cultivo previamente preparado. Se sembró un explante por cada tubo y fueron llevados a completa oscuridad por un periodo de 5 días. Posteriormente se llevaron a la luz en fotoperiodo 9 horas de oscuridad y 15 horas de luz, de aproximadamente 1000 Lumens y una temperatura promedio de 23°C. En este método se evaluaron 100 brotes a los cuales se hicieron dos evaluaciones (8 dds y 15 dds).

Se realizó un tercer método de desinfección debido a que los dos anteriores no arrojaban resultados positivos. Este se realizó, dentro de la cámara de flujo laminar, primero se hizo el proceso de corte y limpieza de los brotes obtenidos en la siembra de cámara húmeda, colocando los mismos en una solución alcohol al 70% por un minuto, luego en agua oxigenada por cinco minutos, rápidamente fueron llevados a una solución de cloro comercial con agua destilada estéril en relación 1:1 más cinco

gotas de Tween 20 por 20 minutos, inmediatamente se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril por espacio de dos minutos por enjuague, se colocaron los brotes sobre papel absorbente esterilizado para realizar corte y limpieza de los mismos, nuevamente fueron llevados a una solución de cloro comercial con agua destilada estéril en relación 1:2 y cinco gotas de Tween 20 en este caso permanecieron por espacio de 10 minutos; se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril durante dos minutos por enjuague, se realizó un último proceso de corte y limpieza de los brotes sobre papel absorbente esterilizado, finalmente fueron colocados en cisteína a razón de 10 g/L por cinco minutos e inmediatamente se procedió a introducirlos de forma vertical en los tubos de ensayo con el medio de cultivo previamente preparado. Se sembró un explante por cada tubo y fueron llevados a completa oscuridad por un tiempo de 5 días. Posteriormente se llevaron a la luz en fotoperiodo 9 horas de oscuridad y 15 horas de luz, de aproximadamente 1000 Lumens y una temperatura promedio de 23°C. El medio de cultivo en este caso fue modificado al agregar una cápsula de amoxicilina (500 mg /L) y Benomil (1 g/L). En este método se evaluaron 70 brotes del cual se pudo realizar la evaluación únicamente ocho días después de la siembra.

Se realizó un último intento para obtener explantes, para ello se utilizaron minirizomas que fueron sembrados en canteros en la Microestacion del IIAPUDO. Cuando los brotes alcanzaron los dos cm de altura, un día antes de la siembra *in vitro*, se llevaron al laboratorio donde se lavaron con agua más jabón común y luego introducidos en una solución de Cobrethane® a razón de 4g/L, Bitter® a razón de 5 ml/L y 20 gotas de Tween 80. Los brotes se mantuvieron en esta solución hasta el día siguiente cuando se realizó la desinfección en la cámara de flujo laminar para su posterior siembra en tubos de ensayo.

El día de la siembra los brotes fueron lavados con jabón yodado por 20 minutos, luego se realizó dos enjuagues con agua destilada estéril durante dos

minutos por enjuague, inmediatamente se colocó en una solución de Benomil a razón de 4g/L y 30 gotas de Tween 80 por 10 minutos, se realizaron dos enjuagues con agua destilada estéril por espacio de dos minutos por enjuague, luego fueron llevados a una solución con Cobrethane® a razón de 40 g/L, 250 mg de Cefalexina y 500 mg de Metronidazol, los brotes se dejaron en esta solución durante 15 minutos. Posteriormente dentro de la cámara de flujo laminar se realizaron dos enjuagues con agua destilada estéril por dos minutos por enjuague, luego se colocaron en cloro comercial (concentración de 3,75% de hipoclorito de sodio) con agua destilada estéril en relación 1:3y tres gotas de Tween 80 durante 20 minutos, posterior a este proceso se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril durante 2 minutos por cada enjuague, se colocaron los brotes sobre papel absorbente esterilizado para realizar un último corte y limpieza de los mismos e inmediatamente fueron colocados en cisteína a razón de 10 g/L por cinco minutos, finalmente se procedió a introducirlos de forma vertical en los tubos de ensayo contentivos del medio de cultivo previamente preparado. Se sembró un explante por cada tubo y fueron llevados a completa oscuridad por un tiempo de 5 días. Posteriormente se llevaron a la luz en fotoperiodo 9 horas de oscuridad y 15 horas de luz, de aproximadamente 1000 Lumens y una temperatura promedio de 23°C. En este método se evaluaron 90 brotes del cual se pudo realizar únicamente una evaluación ocho días después de la siembra.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Inicialmente el experimento fue establecido bajo un diseño completamente aleatorizado, donde cada alternativa de producción de las plantas (sistema hidropónico, sustrato mixto y sistema *in vitro*), constituían los tres tratamientos con 10 repeticiones. Sin embargo, considerando que no fue posible el establecimiento *in vitro*, por las dificultades de contaminación y oxidación de los explantes, en vista de la similitud entre los valores de las siembras en hidroponía y en sustrato, se tomó la decisión de hacer una comparación entre los dos últimos métodos antes mencionados

utilizando los parámetros estadísticos: media aritmética, varianza y desviación estándar.

Cada unidad experimental estuvo compuesta por 10 plántulas. En el tratamiento desarrollado por sustrato se dispuso una plántula por tubete, mientras que para el sistema hidropónico fueron dispuestas cinco plantas por envase de Phytatray (dos envases por UE). Al momento del levantamiento del ensayo fueron evaluadas todas las plántulas.

Variables evaluadas

Para el análisis de las variables, fueron evaluadas todas las plántulas dentro de cada tratamiento.

Porcentaje de sobrevivencia

A partir de los ocho (8) dds, empezó el conteo del número de plántulas vivas en cada tratamiento, posteriormente se realizó nuevamente esta evaluación a los 15 dds, 30 dds y 45 dds. Luego de estas evaluaciones, se procedió a calcular el porcentaje de sobrevivencia con la siguiente fórmula

$$PS = \frac{PV * 100}{M}$$

Dónde: **PS** = porcentaje de sobrevivencia,

PV = plantas vivas

M = tamaño de muestra.

Altura del brote

Esta variable fue evaluada directamente desde la base hasta el ápice terminal de la plántula con la ayuda de una regla graduada pequeña. Las evaluaciones se realizaron a partir de los 15dds, posteriormente a los 30 y 45 dds.

Número de hojas por brote

Se realizó haciendo un conteo manual de las hojas verdaderas de cada plántula. Las evaluaciones se realizaron a partir de los 15dds, posteriormente 30 dds y 45 dds.

Enraizamiento

A los 45 dds se evaluaron todas las plantas observando cuántas habían enraizado y se determinó el porcentaje de plantas enraizadas por tratamiento.

Diámetro del tallo

Para esta evaluación se utilizó un vernier analógico marca Mitutoyo. Esta evaluación se realizó a los 45 dds, se midió a la altura del cuello de la planta en todas las plantas presentes en los tratamientos.

Peso fresco del brote

Para esta evaluación se usó una balanza analítica marca Ohaus modelo Adventure. Se tomaron en cuenta todas las plantas presentes por tratamiento. Dicha evaluación se realizó a los 45 dds.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El primer paso para el desarrollo de plantas de cúrcuma en el laboratorio inició con el establecimiento de un experimento donde se evaluó la capacidad generativa de brotes de los segmentos de rizoma. Estos segmentos de rizoma o minirizomas fueron obtenidos de los cortes transversales realizados en los rizomas, de un cm de grosor y que tuvieran al menos dos yemas visibles. Tal como se explicó en la metodología, los segmentos fueron colocados en las capsulas de Petri con el papel absorbente previamente esterilizadas en la autoclave. Se colocaron los segmentos de rizomas cortados con una de las caras cortadas hacia el papel absorbente y en un número de diez segmentos por cada cápsula de Petri. Se utilizaron dos métodos de desinfección, el primero con una desinfección básica de los minirizomas utilizando una solución de cloro comercial (concentración de 3,75% de hipoclorito de sodio) más agua destilada estéril en relación 1:3 (siembra 1), mientras que otra porción de los minirizomas se colocaron en una solución, que además cloro comercial más agua destilada estéril en relación 1:3, tenía adicionalmente el producto fungicida Benomil a razón de 1 g/L (siembra 2), en ambas siembras se utilizaron cápsulas de Petri de 11 cm de diámetro. En vista que no se presentaron diferencias en cuanto a la contaminación de los minirizomas se procedió a establecer una tercera siembra de minirizomas en cámara húmeda, solo que en esta oportunidad se utilizaron cápsulas de Petri de 22 cm de diámetro donde se colocaron mayor número de segmentos/cápsula.

Los datos obtenidos para la germinación en las tres siembras realizadas se muestran en la Figura 9, observándose mucha similitud entre los registros obtenidos para la segunda y tercera siembra, con promedios de 0,58 y 0,63 brotes/minirizoma y con índices de germinación de 58,39 % y 63,46 % respectivamente; mientras que en la primera siembra, donde no se utilizó fungicida, el promedio de brotes/minirizoma fue

de 0,78 y el índice de gelación fue 78,17 %., valores que se pueden considerar aceptables si consideramos que los segmentos utilizados fueron bastante pequeños.

Otro aspecto importante que considerar con el uso de los minirizomas es la eliminación de la dominancia apical presente en los rizomas de cúrcuma. Es común observar que los brotes de los extremos son de mayor tamaño e inhiben el crecimiento de otros brotes en el rizoma, mientras que en los minirizomas cada segmento tiene la tendencia a producir dos brotes.

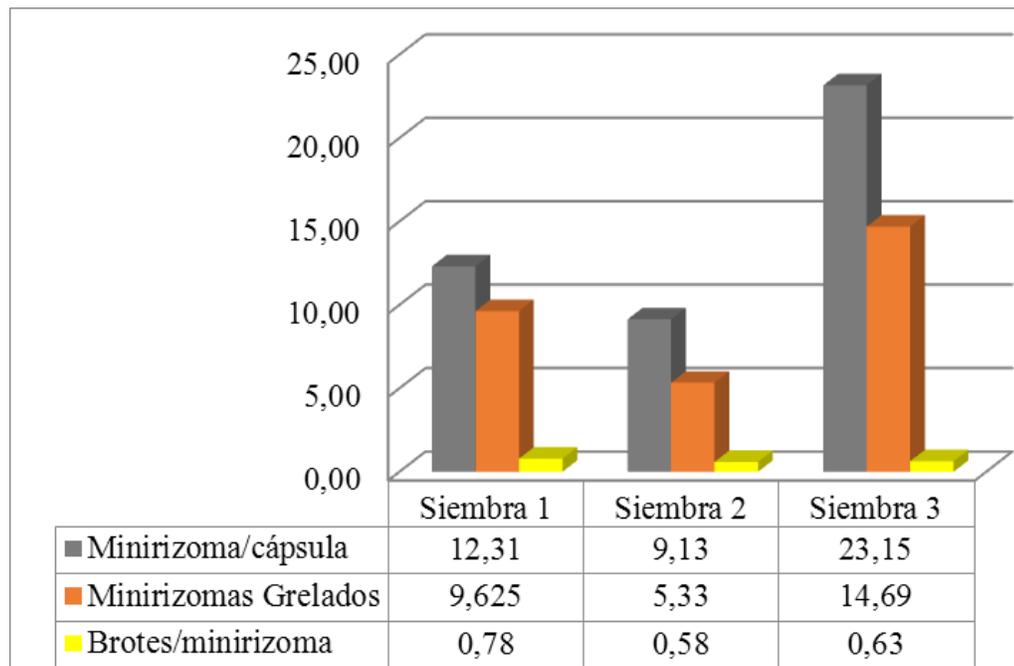


Figura 9. Número de minirizomas/cápsula de Petri, minirizomas gelados y brotes/minirizoma obtenidos en la siembra de minirizomas de cúrcuma (*Curcuma longa* L) en condiciones de cámara húmeda.

SOBREVIVENCIA DE LOS BROTOS

La Figura 10 muestra los valores obtenidos para la sobrevivencia de los brotes en las evaluaciones realizadas a los 8, 15, 30 y 45 días después de la siembra,

observándose mucha similitud para los valores entre los dos sistemas de siembra en las dos primeras fechas de evaluación, pero en el sistema hidropónico se observó una disminución de los brotes en más del 15% a los 30 días y hasta 25% en la evaluación realizada a los 45 días después de la siembra. En el caso de la siembra en sustrato se mantuvo la sobrevivencia de los brotes por encima del 95%. Esto quizás se debió a que la cantidad de solución nutritiva aplicada en el sistema hidropónico fue la misma durante todo el proceso y probablemente al gelar y desarrollarse los minirizomas esa cantidad era insuficiente para satisfacer su demanda nutricional. En cambio, es de suponer que en el sistema de sustrato había mayor cantidad de nutrientes para satisfacer la demanda de los brotes por lo que permitió mayor crecimiento y desarrollo de los mismos.

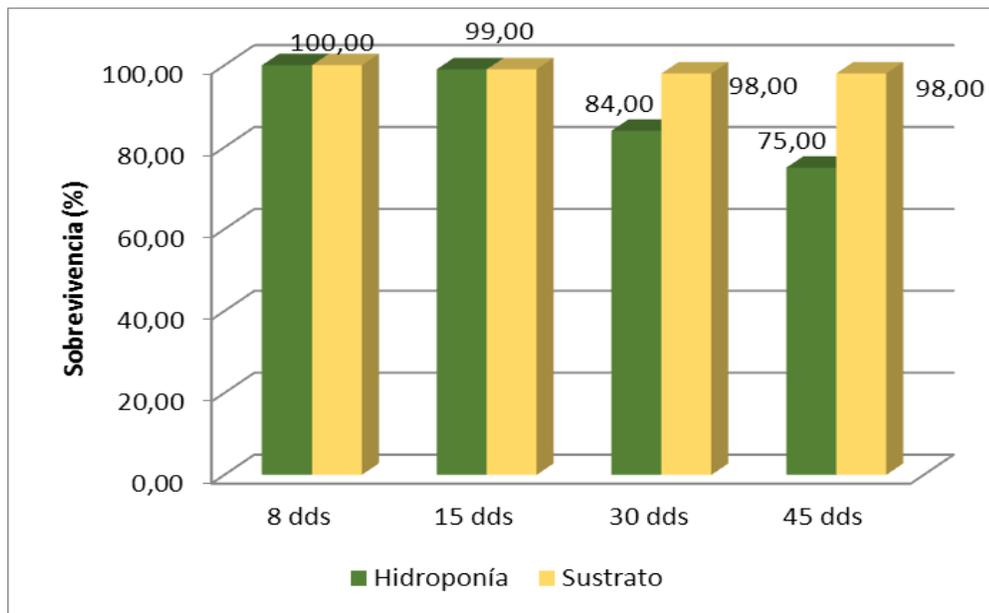


Figura 10. Sobrevivencia de los brotes de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) sembrados en condiciones hidropónicas y en sustrato en evaluaciones realizadas a los 8, 15, 30 y 45 días después de la siembra.

El Cuadro 2 muestra la comparación de los valores obtenidos para la siembra en sistema hidropónico y los obtenidos para la siembra en sustrato, donde es posible observar que la siembra realizada en hidropónico presenta una alta variabilidad de los datos con respecto a la media, observando una varianza muy alta en las evaluaciones realizadas a los 30 y 45 días después de la siembra. Por su parte, la siembra realizada en sustrato presenta valores más estables y por su puesto menor variabilidad de los datos. La variabilidad de los datos está representada por los valores de la varianza y la desviación estándar de los datos. Estos dos valores son medidas de dispersión de los datos con respecto a la media.

En el caso de la alta variabilidad de los datos en el sistema hidropónico se pueden explicar por las características de la concha de arroz, que muestra menor capacidad de retención de agua y por ende de los nutrientes aplicados, por otro lado, puede haber sido influenciado por el envase que se utilizó ya que el Phytatray tiene mayor superficie de exposición lo cual puede aumentar la evaporación de agua y algunos nutrimentos. En el caso del sustrato tierra se utilizaron los tubetes con mayor capacidad y lo cual permite mayor crecimiento de las raíces y al tener menor área de exposición disminuye la evapotranspiración.

La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media, mientras que la desviación estándar es igual a la raíz cuadrada de la varianza. La varianza y la desviación estándar son herramientas esenciales para comprender y analizar datos. Al calcular estas medidas, puede obtener información sobre cómo se extienden los datos, ya sea consistente o volátil y cómo se compara con otros conjuntos de datos.

Cuadro 2. Promedio, varianza y desviación estándar de los valores de sobrevivencia de los brotes de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) bajo sistema hidropónico y en sustrato en diferentes épocas de evaluación.

Sistema de		Evaluación			
siembra	Estadístico	8 dds	15 dds	30 dds	45 dds
Hidropónico	Promedio	100,00	99,00	84,00	75,00
	Varianza	0,00	10,00	337,78	427,78
	Desv stand	0,00	3,16	18,38	20,68
Sustrato	Promedio	100,00	99,00	98,00	98,00
	Varianza	0,00	10,00	17,78	17,78
	Desv stand	0,00	3,16	4,22	4,22

ALTURA (cm) DE LOS BROTES

Los valores obtenidos para la altura de los brotes fueron muy diferentes entre los dos sistemas de siembra evaluados. La Figura 11 muestra que en el sistema hidropónico los brotes alcanzaron menor altura, siendo en promedio hasta cinco cm de diferencia con el tamaño de los brotes obtenidos en la siembra en sustrato. En la evaluación realizada a los 45 días después de la siembra, se observa que los brotes en sustrato presentaban una altura promedio de más de 17 cm, mientras que los obtenidos en la siembra en hidropónico apenas alcanzaron 12,40 cm. La causa de esta diferencia podría ser atribuida a la disponibilidad de nutrientes del sustrato, aunque es de hacer notar que a los brotes en medio hidropónico se les aplicó solución nutritiva para tratar de satisfacer las necesidades nutrimentales de los brotes recién formados.

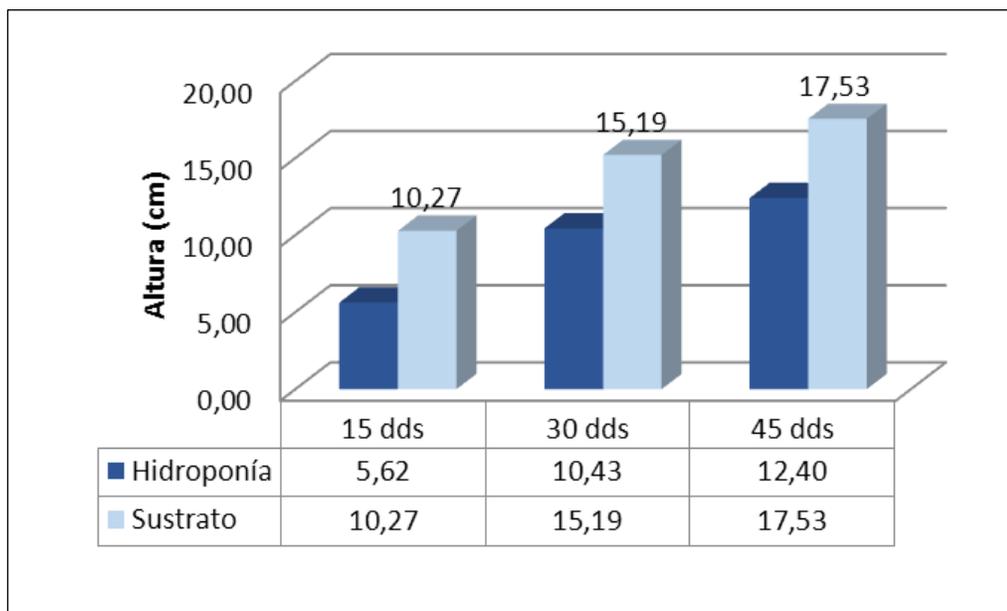


Figura 11. Altura (cm) de los brotes de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) sembrados en condiciones hidropónicas y en sustrato en evaluaciones realizadas a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.

El Cuadro 3 muestra los valores promedios, varianza y desviación estándar de la altura de los brotes en las tres evaluaciones realizadas observándose poca variación en los datos, lo cual muestra que este carácter o variable es bastante estable y que, a pesar de las diferencias entre los promedios de cada sistema de siembra no existe mucha variación de los datos con respecto a la media.

Cuadro 3. Promedio, varianza y desviación estándar de los valores de altura (cm) de los brotes de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) bajo sistema hidropónico y en sustrato en diferentes épocas de evaluación.

Sistema de siembra	Estadístico	Evaluación		
		15 dds	30 dds	45 dds
Hidropónico	Promedio	10,27	15,19	17,53
	Varianza	1,44	4,66	4,75
	Desv stand	1,20	2,16	2,18
Sustrato	Promedio	5,62	10,43	12,40
	Varianza	2,07	6,13	9,76
	Desv stand	1,44	2,48	3,12

NÚMERO DE HOJAS/BROTE

Los datos obtenidos para la variable número de hojas/brote bajo hidroponía y en sustrato se muestran en la Figura 12, observándose mayor número de hojas en los brotes sembrados en sustrato en todas las fechas de evaluación. Sin embargo, a pesar de las diferencias obtenidas en ambos sistemas de siembra hubo una tendencia similar en el crecimiento mostrado entre ambos sistemas de siembra. En cuanto a la variabilidad de los datos obtenidos, se encontró una alta estabilidad de los registros en las tres evaluaciones realizadas (Cuadro 4), indicativo de la estabilidad de esta variable que, aparentemente es poca influenciada por factores ambientales y depende más de factores genéticos.

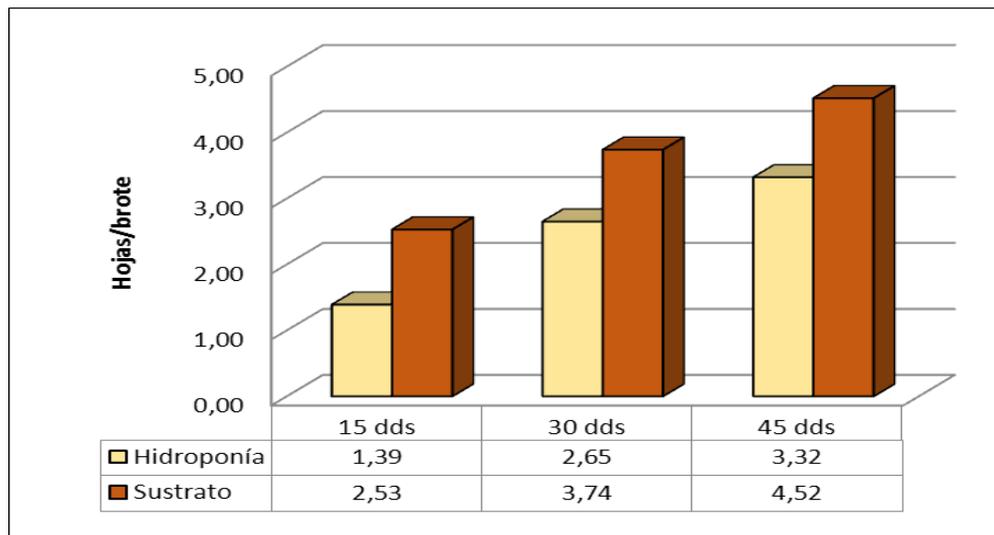


Figura 12. Número de hojas/brotes de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) sembrados en condiciones hidropónicas y en sustrato en evaluaciones realizadas a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.

Cuadro 4. Promedio, varianza y desviación estándar de los valores de número de hojas/brotos de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) bajo sistema hidropónico y en sustrato en diferentes épocas de evaluación.

Sistema de siembra	Estadístico	Evaluación		
		15 dds	30 dds	45 dds
Sustrato	Promedio	2,53	3,74	4,52
	Varianza	0,06	0,03	0,02
	Desvstand	0,25	0,17	0,14
Hidropónico	Promedio	1,39	2,65	3,32
	Varianza	0,35	0,40	0,50
	Desvstand	0,59	0,63	0,71

DIÁMETRO (mm) DEL TALLO Y PESO (g) FRESCO DEL BROTE

La Figura 13 muestra los valores obtenidos para las variables diámetro del tallo y peso fresco de las plantas de cúrcuma bajo los dos sistemas de siembra a los 45 días después de realizada la siembra. Para ambas variables los mayores valores se obtuvieron en las plantas establecidas en sustrato mixto, mientras que las que se desarrollaron de brotes colocados en hidroponía mostraron menor desarrollo y valores inferiores en ambas variables.

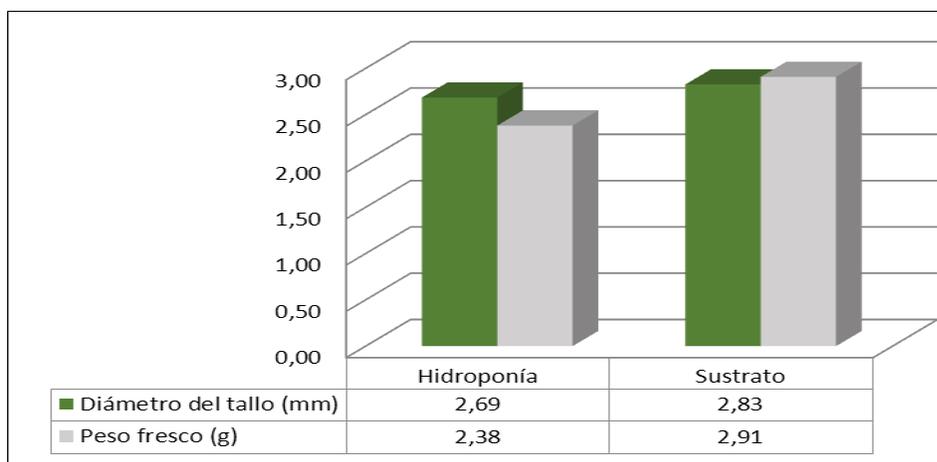


Figura 13. Diámetro del tallo (mm) y Peso fresco de las plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) sembrados en condiciones hidropónicas y en sustrato en evaluación realizada a los 45 días después de la siembra.

Los valores obtenidos para la varianza y la desviación estándar en las dos variables indican que para el diámetro del tallo mostró mayor variación de los datos al utilizar el sistema de sustrato mixto, con una varianza de 2,06 y 1,43 respectivamente, relativamente más altos que los obtenidos en hidroponía donde se presentó una varianza de 0,05 y una desviación estándar de 0,22 (Cuadro 5). La variable peso fresco presentó mayor variación en hidroponía, con varianza de 8,19 y desviación estándar de 2,86, superiores a los valores obtenidos en sustrato mixto, donde se obtuvo una varianza de 1,19 y una desviación estándar de 1,09.

Cuadro 5. Promedio, varianza y desviación estándar de los valores de diámetro (mm) del tallo y peso (g) fresco de las plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) bajo sistema hidropónico y en sustrato a los 45 días después de la siembra

Sistema de siembra	Estadístico	Variable	
		Diámetro del tallo (mm)	Peso Fresco (g)
Hidropónico	Promedio	2,69	2,38
	Varianza	0,05	8,19
	Desv stand	0,22	2,86
Sustrato	Promedio	2,83	2,91
	Varianza	2,06	1,19
	Desv stand	1,43	1,09

PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO DE LAS PLANTAS

El enraizamiento de las nuevas plantas es una condición indispensable para su establecimiento en el campo, por tal razón se le presta mucha importancia a la evaluación de dicha variable. La Figura 14 muestra los valores para el enraizamiento, expresado en porcentaje, de las plantas de cúrcuma sembradas en medio hidropónico y en sustrato mixto, evaluadas 45 días después de la siembra. Todas las plantas cultivadas en sustrato mixto produjeron raíces, mientras que en el sistema hidropónico el 97,14% produjo raíces (Figura 15).

En cuanto a la variación de los datos, se observó poca variabilidad en ambos sistemas de siembra, de acuerdo con los valores obtenidos para medir la dispersión de los datos con respecto a la media aritmética (Cuadro 6). Hay que señalar que la evaluación de enraizamiento permitió identificar que en el sustrato mixto el 37,11% de las plantas habían iniciado el proceso de formación de nuevos rizomas (Figura 16).

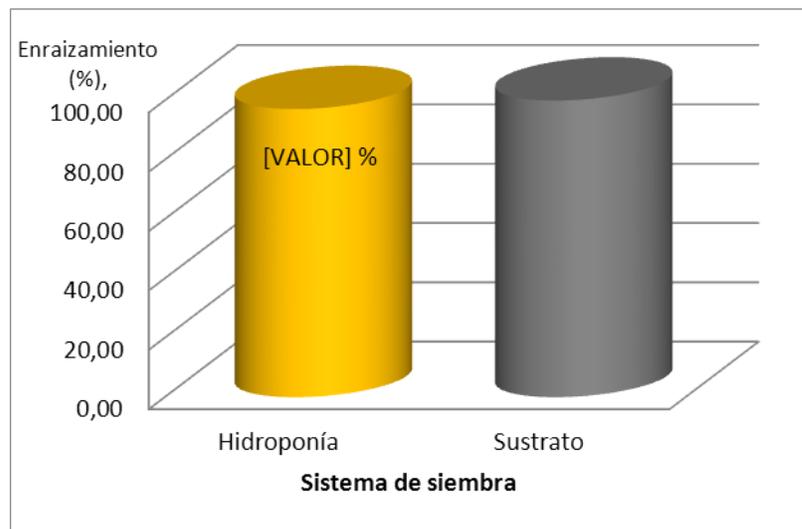


Figura 14. Porcentaje de enraizamiento de plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) sembrados en condiciones hidropónicas y en sustrato en evaluaciones realizadas a los 45 días después de la siembra.



Figura 15. Enraizamiento de las plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) sembradas en sustrato y en sistema hidropónico a los 45 dds.



Figura 16. Plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) sembradas en sustrato mixto con formación de nuevos rizomas a los 45 días después de la siembra.

Cuadro 6. Promedio, varianza y desviación estándar de los valores de enraizamiento de plantas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) bajo sistema hidropónico y en sustrato a los 45 días después de la siembra

Sistema de siembra		
	Estadístico	Enraizamiento
Hidropónico	Promedio	97,14
	Varianza	0,24
	Desvstand	0,49
Sustrato	Promedio	100,00
	Varianza	0,23
	Desvstand	0,48

Los resultados obtenidos en la utilización de minirizomas de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) en la siembra bajo sistema hidropónico y bajo sustrato mixto indican que es una estrategia interesante en la producción de brotes que se pueden utilizar en las siembras comerciales de esta importante especie, especialmente cuando se indica que los productores utilizan más de 2000 kg de rizomas para la siembra de una hectárea y que con la utilización de brotes provenientes de minirizomas es posible disminuir la cantidad de rizomas semillas hasta en un 80%. Por supuesto, se requiere utilización de mano de obra para el corte de los minirizomas y el proceso de

establecimiento de los semilleros antes de que los brotes sean llevados definitivamente al campo. Esto abre nuevas líneas de investigación para evaluar el comportamiento en campo de los brotes desarrollados en los minirizomas, pero todo indica que puede ser una alternativa en las siembras comerciales de cúrcuma.

MÉTODOS DE DESINFECCIÓN USADOS PARA EL ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE PLANTAS DE CÚRCUMA

Método 1

Se sembró un total de 40 tubos de ensayo a fin de determinar la eficiencia del método de desinfección. Se mantuvieron los explantes en completa oscuridad por 5 días para realizar la primera evaluación que arrojó contaminación de la totalidad de los explantes. En vista de este resultado se diseñó una nueva estrategia de desinfección.

Método 2

En este método se evaluaron 100 brotes de las cuales se hicieron dos evaluaciones (8 dds y 15 dds). En la evaluación realizada a los 8 días después de la siembra se obtuvo una sobrevivencia de 82%, con un porcentaje de contaminación por hongos de 40% y contaminación por bacterias de 55%. Es de hacer notar que se contabilizaron explantes vivos a pesar de mostrar indicios de contaminación.

A los 15 días después de la siembra se realizó la segunda evaluación arrojando una sobrevivencia de 23%, 42% de contaminación por hongos y 72% de contaminación por bacterias. Estos resultados muestran que el método de desinfección no fue efectivo, especialmente para controlar bacterias, a pesar de que se utilizó un producto específico para el control de este contaminante.

Método 3

El medio de cultivo en este caso fue modificado al agregar una cápsula de amoxicilina de 500 mg /L y Benomil (1 g/L). En esta oportunidad se evaluaron 70 brotes y se realizó la evaluación de estos a los ocho días después de la siembra. Los resultados obtenidos no fueron muy diferentes de los obtenidos anteriormente, aunque se observó mayor sobrevivencia de los explantes (55,71%), 32,85% de contaminación por hongos y 50% de contaminación por bacterias. Es importante mencionar que no se realizó la segunda evaluación correspondiente (15dds) debido que para ese entonces todos los brotes se habían contaminado.

Método 4

En esta oportunidad se evaluaron 90 brotes, en los cuales a los ocho días después de la siembra la contaminación fue de 67,77% a causa de hongos y 66 % a causa de bacterias. Solo se observó sobrevivencia del 24,40% de los explantes. Es importante mencionar que no se realizó la segunda evaluación correspondiente (15dds) debido que para ese entonces todos los brotes se habían contaminado.

Queda la interrogante de la contaminación que se presentó en las siembras *in vitro*, las cuales fueron muy altas, llegando al 100% de explantes contaminados a los 15 días de sembrados. Si bien es cierto que los minirizomas colocados en cámara húmeda (cápsulas de Petri con papel absorbente esterilizadas) no mostraban el crecimiento de micelio o exudados que diera indicios de la presencia de hongos y bacterias respectivamente, al ser colocados en los medios de cultivo (MS básico + 0,5 g/L de carbón activado) aparecieron los factores contaminantes. También hay que hacer notar que las condiciones ambientales del Laboratorio de Biotecnología en la época cuando se establecieron los experimentos fueron propicias para la aparición de hongos y bacterias. Alta humedad relativa causada por los problemas estructurales

(falta de impermeabilización del techo), deficiencias en los acondicionadores de aire, limitaciones en la limpieza por falta de personal causado por la pandemia de COVID 19 crearon un ambiente que en mucho puede ser el responsable de la alta contaminación observada.

Por todo lo antes explicado es evidente que los procesos utilizados para la desinfección de los explantes no rindieron los frutos esperados. La utilización de productos fungicidas y/o bactericidas no disminuyeron de manera efectiva, la contaminación de los explantes y ello, por supuesto, impidió que se pudieran establecer vitroplantas para su posterior multiplicación.

Espinosa *et al.* (2009) determinaron el efecto de la longitud de la yema, el estado físico del medio de cultivo y la concentración de sales inorgánicas y reguladores del crecimiento en el establecimiento y multiplicación *in vitro* de cúrcuma. Lograron aumentar los valores de desinfección y establecimiento *in vitro* para el cultivo, al utilizar yemas terminales con una longitud de 0,8-1,0 cm e hipoclorito de sodio al 2% durante 25 minutos. Estos autores, aunque no indican el porcentaje de contaminación que presentaron, indican que utilizaron brotes de tamaño similar a los utilizados en este experimento.

Por su parte Urrea *et al.* (2011) mencionan que lograron introducir y multiplicar *in vitro* plantas de *C. longa*, e inducir la formación de minirizomas. Efectuaron tres protocolos de desinfección, en el primer protocolo los explantes fueron sumergidos durante 15 minutos en hipoclorito de sodio al 2% adicionado con *Tween* 20, seguido por dos enjuagues con agua destilada estéril y la remoción de bordes y capas externas de tejido hasta un tamaño de yema de 2,5 cm aproximadamente. Estas yemas se sumergieron nuevamente en hipoclorito de sodio al 3% durante 10 minutos y finalmente se enjuagaron con agua destilada estéril hasta eliminar los restos de hipoclorito; durante el segundo protocolo los explantes fueron tratados con fungicida

Manzate® a 100 mg/l durante 10 min, posteriormente se procedió con los pasos descritos en el protocolo anterior; para el último protocolo los explantes fueron tratados como se describió en el protocolo 1, pero al final se realizaron cortes eliminando nuevamente el tejido externo hasta un tamaño aproximado de la yema de 1,5 cm. Estas yemas fueron sumergidas durante 10 a 15 segundos en una mezcla de hipoclorito al 3% y ácido acético al 5% en proporción 70:30, y finalmente se enjuagaron con agua destilada estéril hasta eliminar los restos de la mezcla biocida. En todos los casos, los explantes fueron cultivados después en el medio basal MS a pH 5,7 y gelificado usando Gelrite a 1,8 g/l, a una temperatura de 24 ± 2 °C con un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad. Para los ápices establecidos evaluaron la altura y el coeficiente de multiplicación como índice de respuesta a diferentes concentraciones de bencilaminopurina (0,0, 2,0, 3,0 y 4,0 mg/l). Para la inducción de minirizomas usaron vitroplantas de 10 cm, evaluando la formación de éstos, el número promedio y características morfológicas. Los resultados obtenidos sugieren que el medio MS con 2 mg/l de bencilaminopurina (BAP) es adecuado para producir buena cantidad y calidad de nuevas plantas. Condiciones de oscuridad y la concentración de sacarosa por encima de 60 g/l fueron factores determinantes en la inducción de los minirizomas. Tal como se puede observar, los métodos de desinfección utilizados no difieren mucho de los utilizados en este grupo de experimentos, aunque los autores no indican los porcentajes de contaminación y las causas de la contaminación.

Espinosa *et al.* (2012) recomienda el uso de plantas limpias, provenientes de cultivo de tejidos, las cuales serían las plantas madre o productoras de semilla. El uso de plantas *in vitro* para la producción de semilla libre de plagas es una alternativa para mejorar la calidad fitosanitaria de la semilla. Estos autores evaluaron la respuesta morfoagronómica de plantas de cúrcuma obtenidas por cultivo de tejido y por rizomas en condiciones organopónicas.

Urrea *et al.* (2014) señalan como estrategia para la obtención de gran cantidad de germoplasma con características fitosanitarias óptimas, se han implementado diferentes técnicas de cultivo *in vitro*, incluyendo la formación de minirizomas y la micropropagación de plantas.

En todos los trabajos antes explicados no se muestran valores relacionados con la contaminación de los explantes, identificación de las fuentes de contaminación y tampoco sobre la producción de fenoles y la oxidación de los explantes.

CONCLUSIONES

Una vez analizados los datos obtenidos durante el experimento se llega a las siguientes conclusiones:

Los métodos tanto hidropónico como sustrato mixto arrojaron resultados similares en cuanto al número de hojas y enraizamiento, sin embargo, el tratamiento por sustrato mixto fue superior en todas las demás variables evaluadas.

El método por sustrato mixto fue más eficiente y los brotes obtenidos fueron de mejor calidad agronómica (desarrollo radical, formación de nuevos rizomas) lo cual hace presumir que tengan un mejor comportamiento en campo.

Tanto la siembra en sustrato como hidropónico arrojaron resultados aceptables.

Aun con la utilización de productos específicos para desinfección de los explantes, en el tratamiento *in vitro* hubo contaminación total del material vegetal.

RECOMENDACIONES

El uso de minirizomas en cúrcuma podría ser una buena estrategia al reducir significativamente la cantidad de material de siembra.

Es necesario evaluar el comportamiento de los brotes obtenidos de minirizomas y compararlo con el desarrollo de plantas obtenidas por rizomas completos.

Es necesario realizar otros trabajos de investigación en cúrcuma para aplicar nuevos métodos de desinfección que sean efectivos para la producción masiva de brotes sanos mediante técnicas de cultivo de tejidos.

Es necesario controlar las condiciones ambientales del laboratorio a fin de disminuir la fuente de contaminación.

REFERENCIAS

- Aguirre, M. R. 1986. Características físicas y químicas de los rizomas de *Curcuma longa* variedad Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. [Documento en línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/323342522.pdf> [Consultado: agosto, 2023]
- Balachandran, S., Bhat, S. y Chandel K. 1999. *In vitro* clonal multiplication of turmeric (*Curcuma* spp.) and ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) Plant Cell Report 8: 521- 524. [Documento en línea]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24226277/> [Consultado: agosto, 2023]
- Barreto, M. y Carreño, R. 1999. Evaluación de los pigmentos de cúrcuma cultivada en Venezuela. Agronomía tropical. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. [Documento en línea]. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at4904/arti/barrero_m.htm [Consultado: julio, 2023]
- Benavides, A., Hernández, R., Ramírez, H. y Sandoval, A. 2010. Tratado de botánica económica moderna. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah, México. [Documento en línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Adalberto-Benavides-Mendoza/publication/303989976_Tratado_de_Botanica_Economica_Moderna/inks/576200d208ae5c6f86da8316/Tratado-de-Botanica-Economica-Moderna.pdf [Consultado: noviembre, 2023]
- Bezerra, E., Paes, L. 2012. As técnicas de hidroponia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, Brasil. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/download/152/141/600> [Consultado: noviembre, 2023]
- Castillo, A. 2004. Propagación de plantas por cultivo “*in vitro*”: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Unidad de Biotecnología, INIA, Las Brujas. Departamento de Canelones, Uruguay. [Documento en línea]. Disponible en:

- <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807102417.pdf> [Consultado: octubre, 2023]
- Cisne, C. J. 1988. Introducción a la técnica de cultivo de tejidos vegetales. Escuela de Producción Vegetal. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Nicaragua. [Documento en línea]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2546/1/tnf02c579.pdf> [Consultado: septiembre, 2023]
- Dubos, C. R. 2006. Establecimiento *in vitro* de diferentes especies y genotipos del género *Rhododendron* mediante el uso de técnicas de micropropagación. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. Valdivia, Chile. [Documento en línea]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fad817e/doc/fad817e.pdf> [Consultado: septiembre, 2023]
- Esparza, I. 2021. Cúrcuma (*Curcuma longa*): una revisión bibliográfica de procesamiento, propiedades funcionales y capacidad antimicrobiana. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago de Chile, Chile. [Documento en línea]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/181556/Curcuma-curcuma-longa-una-revision-bibliografica-del-procesamiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consultado: octubre, 2023]
- Espinosa, A., Silva, J., Borges, M., Fajardo, L., Pérez, J., González, O., Sariego, S. 2009. Establecimiento y multiplicación *in vitro* de *Curcuma longa* L. Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Granma. Granma, Cuba. [Documento en línea]. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/Biotecnologiavegetal/2009/vol9/no1/7.pdf> [Consultado: agosto, 2023]
- Espinosa, A., Silva, J., Borges, M., Fajardo, L., Pérez, J., González, O. 2012. Evaluación de plantas de *Curcuma longa* L. obtenidas por cultivo de tejidos en condiciones de organopónico. Revista Colombiana de Biotecnología, vol. XIV, núm. 2, julio-diciembre, 2012, pp. 196-202. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/776/77625517019.pdf> [Consultado: agosto, 2023]

- Espinosa, C. J. 2020. Implementación de un sistema agrosilvícola y tecnología de aprovechamiento con las especies de *Curcuma longa* L y *Moringa oleifera* Lam, en la hacienda La Cascada, vereda Palermo del municipio de Quimbaya (Quindío), Colombia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medio Ambiente ECAPMA. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Armenia. [Documento en línea]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36868/Jcespinosac%2cpdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y> [Consultado: agosto, 2023]
- FAO. 2007. Material de propagación de calidad declarada. Protocolos y normas para cultivos propagados vegetativamente. Estudio FAO producción y protección vegetal. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i1195s/i1195s.pdf> [Consultado: septiembre, 2023]
- Favela, e., Preciado, P., Benavides, A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de horticultura. Torreón, Coahuila, México. [Documento en línea]. Disponible en: https://www.nutricaoemplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Manual_Soln_Nutritivas.pdf [Consultado: octubre, 2023]
- Freitez, Y. y Páez, J. 2004. Anatomía foliar comparada de plantas de jengibre (*Zingiberofficinale*Roscoe) cultivadas en tres ambientes de crecimiento. Bioagro, vol. 16, núm. 1. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela. [Documento en línea]. Disponible en: <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/bioag/v16n1/articulo4.pdf> [Consultado: septiembre, 2023]
- Hilario, N., Sotomayor, I., Huanes, L., Rodríguez, C., Ibañez, J., León, C. 2018. Caracterización morfológica del palillo (*Curcuma longa* L.) en Selva Central. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. La Merced, Perú. [Documento en línea]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1409/1/Dra.%20Nilda%20HILARIO%20ROMAN.pdf> [Consultado: septiembre, 2023]

- Hossain, M. e Ishimine, Y. 2005. Growth, yield and quality of turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in dark-red soil, gray soil and red soil in Okinawa Japan. Plant Production Science. Okinawa, Japan. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1626/pps.8.482> [Consultado: octubre, 2023]
- Ishuiza, R. G. 2011. Pregerminación inducida con enraizador (ácido giberélico) y el comportamiento en campo, de bulbos, rizomas principales y rizomas secundarios de *Curcuma longa*, en el distrito de San José de Sisa, región San Martín. (Tesis de grado) Universidad Nacional De San Martín. Tarapoto, Perú. [Documento en línea]. Disponible en: http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/579/TFCA_119.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Consultado: agosto, 2023]
- Juanazo, L. E. 2020. Evaluación del efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento del cultivo de cúrcuma (*Curcuma longa* L.). Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil, Ecuador. [Documento en línea]. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JUANAZO%20LUNA%20ERIKA%20LUSANA.pdf> [Consultado: octubre, 2023]
- Juárez, M., Baca, G., Aceves L., Sánchez, P., Tirado, J., Sahagún Castellanos, J., Colinas, M. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. INCI v.31 n.4. Caracas, Venezuela. [Documento en línea]. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000400003 [Consultado: noviembre, 2023]
- Krikorian, A. 1991. Capítulo 3: medios de cultivo: generalidades, composición y preparación. En Roca, w. m. y Mroginsk, l. a. (eds.), cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones (pp. 1-17). Cali, Colombia. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). [Documento en línea]. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Cultivo_de_tejidos_en_la_agricultura.pdf [Consultado: septiembre, 2023]

- Lara, A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra Latinoamericana, vol. 17, núm. 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317306.pdf> [Consultado: noviembre, 2023]
- León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Segunda edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. [Documento en línea]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=bOMNAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=Bot%C3%A1nica+de+los+cultivos+tropicales+J+Le%C3%B3n+-+1987+-+books.google.com&ots=_lPJGCOvNL&sig=FWbIAkTvcfjSh4q0rDP2jIgj0J4#v=onepage&q=Bot%C3%A1nica%20de%20los%20cultivos%20tropicales%20J%20Le%C3%B3n%20-%201987%20-%20books.google.com&f=false [Consultado: agosto, 2023]
- Mesa, M., Ramírez-Tortosa, M., Aguilera, C., Ramírez-Boscá, A. y Gil, A. 2000. Efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de *Curcuma longa* L. y de los curcuminoides. Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Granada, España. [Documento en línea]. Disponible en: https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/35289/Ars%20Pharm%2041%281%29_307-321.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Consultado: septiembre, 2023]
- Minutaagropecuaria.com. 2020. Productores impulsan siembra de cúrcuma en Portuguesa. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.minutaagropecuaria.com/noticias/productores-impulsan-siembra-curcuma-portuguesa/> [Consultado: agosto, 2023]
- Minutaagropecuaria.com. 2020. Siembra de cúrcuma en Portuguesa refleja crecimiento del 25% en comparación al 2019. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.minutaagropecuaria.com/nacionales/siembra-curcuma-portuguesa-refleja-crecimiento-del-25-comparacion-al-2019/> [Consultado: agosto, 2023]

- Montaño, C. y Montes, L. 2004. Evaluación sistémica de las potencialidades empresariales a partir de la *Curcuma longa* en el departamento de caldas. Facultad De Ciencias y Administración. Universidad Nacional De Colombia. Manizales, Colombia. [Documento en línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2722/clauidiamarcelamontanocuartas.2004.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consultado: agosto, 2023]
- Morales M., Espinosa C., y Garza R. 2016. Cultivo de tejidos vegetales y su aplicación en productos naturales. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/download/97/410/824-1?inline=1> [Consultado: septiembre, 2023]
- Muñoz, M. 2012. Biotecnología. Segunda edición actualizada. Universidad Nacional de Quilmes. Bernal, Argentina. [Documento en línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/34332831/209343561_Biotecnologia_2ed_pdf [Consultado: septiembre, 2023]
- Nadganda, R., Mascarenhas, F., Hendre R y Jagannathan, V. 1978. Rapid clonal multiplication of turmeric (*Curcuma longa* L.) plants by tissue culture. Indian Journal Exp. Biol. 16: 120-122 [Consultado: agosto,2023]
- Ocampo, R. y Valverde, R. 2000. Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales. Botánica médica. Plantas útiles-cultivo. Tramil. Centroamérica. San José, Costa Rica. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.manioc.org/gsd/collect/recherch/import/tramil/manualdecul.pdf> [Consultado: julio,2023]
- Procomer, 2020. Manual técnico. Siembra de Cúrcuma. Costa Rica. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.procomer.com/wp-content/uploads/Manual-de-siembra-curcuma.pdf> [Consultado: julio, 2023]

- Roca, W y Mroginski, L. 1991. Capítulo 1: Establecimiento de un laboratorio para el cultivo de tejidos vegetales. En Roca, W. M. y Mroginski, L. A. (eds.), Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones (pp. 1-17). Cali, Colombia. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). [Documento en línea]. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Cultivo_de_tejidos_en_la_agricultura.pdf [Consultado: agosto, 2023]
- Saiz de Cos, P. 2014. Cúrcuma I (*Curcuma longa* L.). Reduca (Biología). Serie Botánica 7 (2): 84-99. Facultad de Biología, Universidad Complutense. Madrid, España. [Documento en línea]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27836/1/C%C3%9ARCUMA%20%20Paula%20Saiz.pdf> [Consultado: julio, 2023]
- Salazar, C y Flores, C. 2015. Evaluación de los parámetros de crecimiento de alevines de Tilapia roja (*Oreochromi ssp.*), con dietas enriquecidas con dos aceites esenciales: Cúrcuma (*Curcuma longa*) y hierva luisa (*Cymbopogon citratus*). Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. [Documento en línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8736/1/UPS-QT06658.pdf> [Consultado: septiembre, 2023]
- Salvi, N, George, L y Eapen S. 2002. Micropropagation and field evaluation of micropropagated plants of turmeric. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 68: 143-151. [Documento en línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/227095100_Micropropagation_and_field_evaluation_of_micropropagated_plants_of_turmeric [Consultado: julio, 2023]
- Santos, B., y B., y Rios, D. 2016. Cálculos de soluciones nutritivas, en suelos y sin suelos. Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife, España. [Documento en línea]. Disponible en: https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro_622_soluciones_nutritivas.pdf [Consultado: septiembre, 2023]

- Soto, G., Cover, P., Quintanilla, E. y Pazos, L. 2004. Efecto de la fertilización fraccionada sobre el rendimiento de *Curcuma longa* (Zingiberaceae) en Guatuso, Alajuela. Nota técnica. Agronomía Costarricense. Alajuela, Costa Rica. [Documento en línea]. Disponible en: https://www.mag.go.cr/rev_agr/v28n02_107.pdf [Consultado: agosto, 2023]
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.tropicos.org/name/40018450> [Consultado: agosto, 2023]
- Urrea, A., Monsalve, Z., y Canal, A. 2011. Micropropagación e inducción de órganos de almacenamiento en *Curcuma longa* L. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v33n94/v33n94a1.pdf> [Consultado: septiembre, 2023]
- Urrea, A., Monsalve, Z., y Canal, A. 2014. Organogénesis y embriogénesis en *Curcuma longa* L. a partir de capas delgadas de células, segmentos y bases de hoja. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XVI No. 2. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. [Documento en línea]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/4013> [Consultado: septiembre, 2023]
- Urrea, A., Monsalve, Z., y Canal, A. 2017. Cúrcuma, una alternativa para explorar. Agrobiotecnología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. [Documento en línea]. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/experimenta/article/download/329366/20785840/> [Consultado: septiembre, 2023]
- Ventura, E., Salcedo, G., Hernández, A., Martínez, B., Trejo, G., Sánchez, A., Velázquez, M. y Jiménez, A. 2003. In vitro regeneration and acclimatization of plants of Turmeric (*Curcuma longa* L.) in a hydroponic system. Departamento de Biotecnología. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Morelos, México. [Documento en línea]. Disponible en: <https://elfoscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2003/20/1/BA002001025-031.pdf> [Consultado: septiembre, 2023]

Villalobos, V. y Thorpe, T. 1991. Micropropagación: conceptos, metodologías y resultados. En Roca, W. M. y Mroginski, L. A. (eds.), Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones. Cali, Colombia. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). [Documento en línea]. Disponible en: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Cultivo%20de%20Tejidos%20en%20la%20Agricultura/capitulo6.pdf> [Consultado: agosto, 2023]

Visionagropecuaria.com.ve. 2019. Conoce cuál es el patrón agronómico ideal para cultivar cúrcuma en Portuguesa. [Documento en línea]. Disponible en: <https://visionagropecuaria.com.ve/conoce-patron-agronomico-ideal-cultivar-curcuma-portuguesa/> [Consultado: agosto, 2023]

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE CÚRCUMA (<i>Curcuma longa</i> L.) EN EL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DEL NÚCLEO MONAGAS DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE
Subtítulo	

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor (es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Ortega Mendoza, Patricia Del Valle	CVLAC	C.I: 20.001.708
	e-mail	Pattyortegamendoza@gmail.com

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

Palabras o frases claves:

Cúrcuma, minirizoma,
in vitro,
hidropónico,
sustrato

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-Área
Tecnología Ciencias Aplicadas	Ingeniería Agronómica

RESUMEN

La cúrcuma (*Curcuma longa* L.) es una especia que se ha abierto campo en nuestro país principalmente por su uso medicinal, como condimento y colorante natural. Con la idea de crear nuevas estrategias para aumentar la producción, disminuir la cantidad de material de siembra y obtener plantas sanas, se desarrollaron dentro del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, diferentes alternativas de propagación por minirizomas implementando tres métodos de siembra, *in vitro*, hidropónico y por sustrato y compararlos utilizando los parámetros estadísticos, media aritmética, varianza y desviación estándar. Sin embargo, por el método *in vitro* no fue posible establecer comparación con los otros métodos debido al alto índice de contaminación por presencia de hongos y bacterias a pesar de que se aplicaron diferentes técnicas de desinfección. No obstante, con los resultados obtenidos en el sistema hidropónico y sustrato fue posible realizar evaluaciones de sobrevivencia, número de hojas y altura del brote a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, también se evaluó diámetro del tallo, enraizamiento y peso fresco a los 45 dds; los resultados demostraron similitud en cuanto al número de hojas y enraizamiento, mientras en la sobrevivencia hubo diferencia de casi 25 % a los 45 dds favoreciendo al método por sustrato, las variables restantes resultaron superiores en la propagación por minirizomas en sustrato. Es importante mencionar que en este método también se observó la formación de nuevos rizomas lo que lo hace la técnica ideal para la propagación de plantas utilizando minirizomas.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Prof. Otahola G. Victor A	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 4713955
	e-mail	votahola@gmail.com
Prof. Ortiz F. Edgar	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 5859466
	e-mail	Ortizfuene.udomonagas@gmail.com
Prof. Sánchez C. María C.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 12154713
	e-mail	sanchezcuevasmc@gmail.com
Prof. Viloría Hilmig Del V	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 10288862
	e-mail	hviloriaudo@hotmail.com

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2024	03	06

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa

Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para inglés en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
Patricia.Ortega.docx

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M
N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2
3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)

Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Agrónomo

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarum en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

Nivel Asociado con el trabajo: Ingeniería

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

Tecnología y Ciencias aplicadas

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009".

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNVELA
Secretario

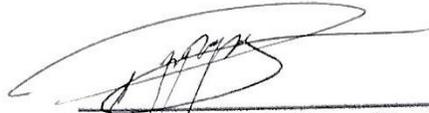


C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manuja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

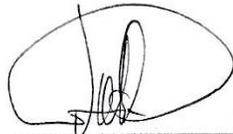
Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”



Br. Patricia Del Valle Ortega Mendoza

C.I. V- 20.001.708

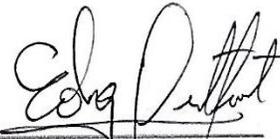
Autor



MSc. Víctor A. Otahola Gómez

C.I. V- 4.713.955

(Tutor)



MSc. Edgar Ortiz Fuentes

C.I. V- 5.859.466

(Tutor)