

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA**



**Efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico y accesiones de *Malpighia emarginata* L. en el enraizamiento de estacas en cámaras de subirrigación en Yarinacocha, Ucayali**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROFORESTAL ACUÍCOLA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Gissela Saldaña Ríos**

**ASESORADA POR:**

**Ing. Ena Vilma Velazco Castro**

**YARINACOCHA –PERÚ**

**2022**




## ANEXO 16. ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la sala virtual destinada para la sustentación de la tesis, Campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, en el distrito de Yarínacocha Provincia de Coronel Portillo Ciudad de Pucallpa, a las 11:06 horas del día viernes 1 de abril del 2022, se reunió el Jurado de Tesis presidido por el M.Sc. José Sánchez Choy Sánchez, e integrado por: Mg. Nadia Panduro Tenazoa y Dr. Juan Perez Marin, en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de tesis titulada: **Efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico y accesiones de Malpighia emarginata L. en el enraizamiento de estacas en cámaras de subirrigación en Yarínacocha, Ucayali**, cuya responsabilidad corresponde al Bachiller: **GISSELA SALDAÑA RÍOS**; fin de optar el Título Profesional de **Ingeniero Agroforestal Acuícola**. Terminada la sustentación, el autor de la tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del jurado. Cuya evaluación se consolida según la tabla y parámetros cuantitativos que siguen:

<b>Presidente</b>	Ing. M.Sc. José Gerardo Sánchez Choy Sánchez	26
<b>Miembro</b>	Ing. Mg. Nadia Masaya Panduro Tenazoa	13
<b>Miembro</b>	Dr. Juan Luis Perez Marin	26
<b>Promedio</b>		22

El Jurado después de deliberar y calibrar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizo el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente, sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como **BUENO**, asignándole un calificativo de **22 puntos**, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

Siendo las 12:34 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.

 Ing. Msc. José Sánchez Choy Sánchez <b>Presidente</b>	 Ing. Mg. Nadia Masaya Panduro Tenazoa <b>Miembro</b>
 Dr. Juan Luis Pérez Marín <b>Miembro</b>	

Nombre Asesor: Ing. Mg. Ena Velazco Castro



Distribución: Integrantes del Jurado de Tesis, tesista y archivo FICA (Todas con firmas en original).



“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

## CONSTANCIA

N°0007

### ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

**EFFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO Y ACCESIONES DE MALPIGHIA EMARGINATA L. EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS EN CÁMARAS DE SUBIRRIGACIÓN EN YARINACOCHA, UCAYALI.**

Cuyo autor es : **SALDAÑA RIOS, GISSELA.**

Facultad : **FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
AGROFORESTAL ACUÍCOLA.**


Escuela Profesional : **INGENIERIA AGROFORESTAL ACUÍCOLA.**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 16%.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el artículo 9 de la **DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud y/o plagio, por lo que Si se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha:10/05/2021

  
*[Firma]*  
**Dr. Jc. de T. Dávila Francia**  
Jefe de la Biblioteca Central

*La primera universidad intercultural del Perú*

## DEDICATORIA

A Dios, nuestro creador por iluminarme y guiarme para seguir adelante y cumplir mis objetivos personales y profesionales.

A mi padre Wilson Saldaña Meléndez que partió de este mundo dejando un inmenso vacío en nuestros corazones.

A mi madre y hermanos por haberme brindado su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda durante el desarrollo de la presente investigación

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi sincero reconocimiento y agradecimiento:

- A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía y a los docentes de la Facultad de Ciencias y Ambientales por la invaluable contribución cultural, social y científica durante mi formación profesional.
- Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) sede Ucayali, por permitir el acceso a sus instalaciones para realizar el presente trabajo de investigación.
- A la Ing. Mg. Ena Vilma Velazco Castro, por el asesoramiento, amistad y consejos continuos en todas las etapas de ejecución y redacción del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. MSc. Wilson Guerra Arévalo, co-asesor del IIAP por sus contribuciones, durante el desarrollo del trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado evaluador: MSc José Sánchez Choy, Dr. Juan Pérez Marín, MSc. Nadia Masaya Panduro Tenazoa, por sus críticas, observaciones, sugerencias y contribuciones para mejorar la calidad de la versión final de la tesis.
- Al Dr. Carlos Abanto Rodríguez investigador del IIAP, por la amistad y apoyo desinteresado en los análisis estadísticos del presente trabajo de investigación.
- A todos mis amigos (as) de la universidad, que de una u otra forma me brindaron su colaboración con su compañía, amistad y comprensión en el transcurso de mi formación universitaria.

## ÍNDICE

	<b>Pg.</b>
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
2.1. Antecedentes de Investigación.....	13
2.2. Bases teóricas .....	15
2.2.1. Generalidades de la acerola.....	15
2.2.2. Fitohormonas .....	17
a. Funciones de las Auxinas.....	17
b. Tigmotropismo .....	18
c. Ácido indolbutírico (AIB).....	18
d. Función de los reguladores del crecimiento vegetal .....	18
e. Auxinas .....	19
2.2.3. Propagación vegetativa.....	19
a. Propagación vegetativa a través de estacas .....	20
b. Tipos de estacas .....	21
c. Estacas de tallo.....	21
d. Estacas de madera dura (siempre verdes de hoja angosta).....	21
f. Estacas de madera semidura.....	21
g. Estacas de madera suave .....	22
h. Estacas herbáceas.....	22
i. Estacas de hoja.....	22
j. Estacas de raíz.....	22
2.2.4. Principales factores que condicionan el enraizamiento de estacas .....	23
a. Luz.....	23
b. Edad de la planta madre (factor de juvenil).....	23
c. Épocas del año en que se colectan las estacas .....	23
d. Condición fisiológica de la planta madre.....	24
e. Presencia de hojas en la estaca .....	24
f. Sustratos para el enraizamiento de estacas .....	24
g. Ambientes y estructuras para la propagación.....	25
h. Cámaras de subirrigación.....	25
III. MÉTODOS .....	27
3.1. Ubicación y descripción del área del estudio.....	27
3.2. Identificación y descripción del material experimental .....	27
3.2.1. Obtención del material experimental.....	27
3.2.2. Construcción de la cámara de subirrigación.....	28

3.2.3. Preparación del Sustrato para el enraizamiento.....	29
3.2.4. Preparación de las estacas .....	29
3.2.5. Preparación y aplicación de la hormona AIB.....	30
3.2.6. Instalación de las estacas en la cámara de subirrigación .....	30
3.2.7. Monitoreo y control del proceso de enraizamiento.....	30
3.3. Variables .....	30
3.3.1. Operacionalización de las variables.....	32
3.4. Población y muestra .....	32
3.5. Tratamiento estadístico .....	32
3.5.1. Tratamientos utilizados en el estudio.....	33
3.6. Análisis estadístico.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
4.1. Porcentaje de enraizamiento (%) .....	35
4.2. Número de raíces.....	37
4.3. Longitud de raíces.....	39
4.4. Número de brotes .....	41
4.5. Longitud de brotes .....	42
4.6. Número de folíolos .....	43
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. RECOMENDACIONES.....	46
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	47
VIII. ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>En el Texto</b>	<b>Pg.</b>
1. Composición química de los frutos de acerola.....	16
2. Accesiones de acerola utilizadas en el estudio.....	28
3. Variables estudiadas en el proceso de enraizamiento de estacas de acerola.....	31
4. Análisis de varianza para un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial.....	33
5. Tratamientos utilizados en el estudio.....	34
<b>En el Anexo</b>	
6. Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento en estacas, por efecto de la interacción entre accesiones de <i>Malpighia emarginata</i> L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.....	51
7. Análisis de varianza para el número de raíces en estacas por efecto de la interacción entre accesiones de <i>Malpighia emarginata</i> L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.....	52
8. Análisis de varianza para longitud de raíces en estacas por efecto de la interacción entre accesiones de <i>Malpighia emarginata</i> L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.....	52
9. Análisis de varianza para número de brotes en estacas por efecto de la interacción entre accesiones de <i>Malpighia emarginata</i> L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.....	53
10. Análisis de varianza para longitud de brote en estacas por efecto de la interacción entre accesiones de <i>Malpighia emarginata</i> L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.....	53
11. Análisis de varianza para número de folíolos en estacas por efecto de la interacción entre accesiones de <i>Malpighia emarginata</i> L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.....	54
12. Base de datos del experimento de acuerdo con el diseño experimental utilizado. ...	55



## ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto	Pg.
1. Diseño del propagador (cámaras de subirrigación).....	26
2. Efecto de la interacción entre los tratamientos de concentraciones de AIB y las accesiones sobre el porcentaje de enraizamiento de estacas de <i>Malpighia emarginata</i> L. en cámaras de subirrigación.....	36
3. Efecto de la interacción de concentraciones de AIB y las accesiones sobre el número de raíces de estacas de <i>Malpighia emarginata</i> L. en cámaras de subirrigación. ....	38
4. Efecto de las diferentes accesiones sobre la longitud de raíces de estacas de <i>Malpighia emarginata</i> L. en cámaras de subirrigación.....	39
5. Efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico sobre la longitudde raíces de estacas de <i>Malpighia emarginata</i> L. en cámaras de subirrigación.....	40
6. Efecto de la interacción entre las concentraciones de AIB y las accesiones sobre el número de brotes en estacas de <i>Malpighia emarginata</i> L. en cámaras de subirrigación... ..	41
7. Efecto de las diferentes accesiones sobre la longitud de brotes de estacas de <i>Malpighia emarginata</i> L. en cámaras de subirrigación.....	42
8. Efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico sobre la longitudde brotes de estacas de <i>Malpighia emarginata</i> L. en cámaras de subirrigación.....	43
9. Efecto de la interacción entre los tratamientos de concentraciones de AIB y las accesiones sobre el número de foliolos de estacas de <i>Malpighia emarginata</i> L. en cámaras de subirrigación.....	44
<b>En el Anexo</b>	
10. Prueba de normalidad de Lilliefors para cada una de las variables en estudio. ....	51
11. Constancia de determinación de muestras botánicas.....	56
12. Desinfección de estacas de acerola en solución fungicida (Cupravit®) .....	57
13. Inmersión de las estacas de acerola en las diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.....	57
14. Instalación de las estacas de acerola en la cama de subirrigación.....	57
15. Evaluación de las variables de enraizamiento en las estacas de acerola. ....	58

## RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto de diferentes accesiones y concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de estacas de *Malpighia emarginata*. Los tratamientos fueron dispuestos en diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 3 x 4, siendo 3 accesiones de *Malpighia emarginata* (A1-IIAP; A2-Caserío 2 de Mayo y A3-Coronel Portillo) y 4 concentraciones de AIB (0; 400; 800 y 1200 mg L<sup>-1</sup>), con tres repeticiones y 10 estacas por parcela experimental. Las accesiones (A1) IIAP y (A3) Coronel Portillo presentaron 85% de enraizamiento en la concentración de 400 mg. L<sup>-1</sup> de AIB. La accesión (A1) IIAP combinada con la concentración de 1 200 mg. L<sup>-1</sup> de AIB provocaron emisión de 4 raíces en media. La longitud máxima de raíces fue de 4,4 cm en todas las accesiones y concentraciones de AIB. Las accesiones A2 y A3 sin AIB presentaron los mejores resultados con 3 brotes en media. La longitud máxima de brotes fue de 1,9 cm en todas las accesiones y concentraciones de AIB. El mayor número de 4 folíolos fue obtenido en la concentración de 0 mg. L<sup>-1</sup> de AIB y en la accesión A1 (IIAP), seguido de las accesiones A2 (2 de Mayo) y A3 (Coronel Portillo) que presentaron 3 folíolos en media en todas las concentraciones de AIB. La concentración de 400 mg. L<sup>-1</sup> de AIB proporcionó los mejores resultados de enraizamiento en las estacas de *Malpighia emarginata* de las accesiones del IIAP (A1) y Coronel Portillo (A3) con 85%. Así mismo, el porcentaje de enraizamiento, número de raíces, de brotes y de folíolos fue influenciado por las diferentes concentraciones de AIB y accesiones de *Malpighia emarginata*.

Palabras clave: acerola, semeruco, cereza de Barbados, estacas, cámara de subirrigación, planta matriz, Ácido indolbutírico.

## ABSTRACT

The objective was to determine the effect of different accessions and concentrations of indole butyric acid (IBA) on the rooting of *Malpighia emarginata* cuttings. The treatments were arranged in a completely randomized design (CRD), according to factorial 3 x 4, being 3 accessions of *Malpighia emarginata* (A1-IIAP; A2-Caserío 2 de Mayo and A3-Coronel Portillo) and 4 concentrations of IBA (0; 400; 800 and 1200 mg L<sup>-1</sup>), with three repetitions and 10 stakes per experimental plot. The accessions (A1) IIAP and (A3) Coronel Portillo showed 85% rooting at the 400 mg concentration. AIB's L<sup>-1</sup>. The accession (A1) IIAP combined with the concentration of 1 200 mg. AIB L<sup>-1</sup> caused emission of 4 roots in average. The maximum root length was 4.4 cm in all accessions and IBA concentrations. Accessions A2 and A3 without IBA presented the best results with 3 shoots on average. The maximum shoot length was 1.9 cm in all accessions and IBA concentrations. The highest number of 4 leaflets was obtained in the concentration of 0 mg. AIB L<sup>-1</sup> and in accession A1 (IIAP), followed by accessions A2 (2 de Mayo) and A3 (Coronel Portillo) that presented 3 leaflets on average in all concentrations of AIB. The concentration of 400 mg. AIB L<sup>-1</sup> provided the best rooting results in the *Malpighia emarginata* cuttings of the IIAP (A1) and Coronel Portillo (A3) accessions with 85%. Likewise, the rooting percentage, number of roots, shoots and leaflets were influenced by the different concentrations of IBA and accessions of *Malpighia emarginata*.

Key words: acerola, semeruco, cereza de Barbados, stakes, sub-irrigation chamber, parent plant, indolbutiric acid.

## I. INTRODUCCIÓN

La acerola es un frutal tropical originario del mar de las Antillas (Câmara *et al.*, 2016). Pertenece a la familia Malpighiaceae y comprende 60 géneros y 1100 especies. Fue descubierta en Puerto Rico en el año 1930, pero es a partir de 1946 que se cultiva a nivel comercial en Brasil, Cuba y Estados Unidos (estados de Florida y Hawái). Últimamente países como México, Colombia, Haití, Ecuador, Venezuela y algunos países de África también han comenzado a producir (Hurrell, 2010; Costa *et al.*, 2013). Su fruto maduro de color rojo, muy similar al color de una cereza, de ahí que también se conozca como “cereza de Barbados”.

Su importancia está relacionada con sus propiedades nutricionales y terapéuticas (antimutagénicas y anticancerígenas) debido a su elevado contenido en vitamina C, la cual puede variar entre 1,000 a 1,800 mg / 100 g de pulpa y otros compuestos como carotenoides, tiamina, riboflavina, niacina y sales minerales, principalmente hierro, calcio y fósforo (Cunha Neto *et al.*, 2012; Pereira *et al.*, 2013).

Los frutos de acerola son utilizados básicamente en la industria para refrescos, mermeladas y licores, puede ser utilizada para conservar y enriquecer jugos mixtos de otras frutas. Los comerciantes japoneses consiguieron colocar en el mercado local, un jugo claro de acerola que contiene “vitaminas naturales”. En Alemania, principal consumidor europeo, compra acerola como ingrediente para mermeladas y gelatinas, que comercializan en tiendas de productos dietéticos. En Brasil, principal productor de acerola en el mundo es comercializada en jugos combinados con vitamina E (Caetano *et al.*, 2012).

En relación con la producción de plantas, la literatura menciona que se puede realizar de forma sexual y asexual (Hoyos *et al.*, 2011). Sin embargo, la primera técnica no es muy utilizada porque las semillas poseen baja viabilidad de germinación (25 a 30%), además tardan mucho tiempo para germinar y dependen del estado de maduración del fruto. Así mismo, algunos frutos presentan semillas inviables debido a que, los óvulos, no se desenvuelven por causa de factores como: mal formación del óvulo y degeneración del saco embrionario (Costa *et al.*, 2013). Debido a estos problemas fisiológicos, países como Brasil han desarrollado diversas técnicas de propagación vegetativa por medio de estacas que les ha permitido producir plantas de acerola a partir de material genético seleccionado.

La propagación asexual por medio de estacas es una técnica eficiente, que permite las características genéticas de las plantas de acerola, induce la precocidad de producción, evita la dependencia de semillas sexuales y propicia uniformización de las plantaciones (Nasser,

2013). Según, Câmara *et al.* (2016) la acerola presenta difícil enraizamiento, por lo que, la aplicación de hormonas sintéticas es indispensable para mejorar el proceso. El grupo de reguladores de crecimiento usado con mayor frecuencia son las auxinas, las cuales son esenciales en el proceso de enraizamiento, dado que estimulan la síntesis de etileno, favoreciendo así la emisión de raíces (Norberto *et al.*, 2001).

De acuerdo con Pasqual *et al.* (2001), es necesario un balance hormonal endógeno adecuado, para las auxinas, giberelinas y citoquininas, es decir un equilibrio entre promotores e inhibidores del proceso de iniciación radicular. Las auxinas influyen fundamentalmente en la extensión de la pared celular y en la entrada de agua a la célula, por lo que inducen un alargamiento celular (Alcántara *et al.*, 2019). Así mismo, ejercen cierta actividad sobre la división celular (QueupumiL, 2004). Por ello, intervienen tanto en la iniciación de las raíces como en el control de su crecimiento y la formación de las raíces adventicias (Alcántara *et al.*, 2019).

En ese sentido, el AIB (ácido indolbutírico), por ser estable a la fotodegradación, por poseer menor movilidad y mayor estabilidad química ha demostrado tener excelente capacidad para promover el enraizamiento, de esta manera ha sido empleado en varias especies, especialmente en aquellas que presentan dificultad para emitir raíces (Bastos *et al.*, 2006).

Otro factor en el enraizamiento de estacas es el potencial genético de cada especie o cultivar. Por esta razón, existe especies de fácil, medio y difícil enraizamiento debido a la variabilidad genética inherentes al genotipo propagado. Al respecto, Alfenas *et al.* (2009) sostienen que el proceso de formación radicular puede estar influenciado por la constitución genética de la planta matriz. En *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, fue constatado que algunos clones pueden llegar a obtener más de 80 % de enraizamiento, mientras que con otros no se consigue la inducción de raíces (Rojas *et al.*, 1997).

En relación con las estructuras para el enraizamiento, los avances de las investigaciones han permitido el desarrollo de tecnologías para la propagación de plantas, una de las más usadas son las cámaras de subirrigación, estas se caracterizan por permitir un mejor control de factores ambientales y porqué facilita la formación de raíces en especies de difícil enraizamiento (Leahey *et al.*, 1990; Abanto *et al.*, 2014).

Por otra parte, el cultivo de acerola en Ucayali aún no está siendo difundido, sin embargo, es una alternativa para los agricultores para diversificar los productos en la propiedad y con ello contribuir con el éxito de la agricultura familiar. Además, una de las fortalezas de Ucayali es

que presenta en su territorio 1,35% (141,734 ha) de tierras aptas para la producción de cultivos permanentes de calidad agroecológica, con condiciones edafoclimáticas adecuadas para el desarrollo del cultivo.

En ese contexto, debido al potencial del cultivo de la acerola, al bajo porcentaje de germinación de las semillas y a las escasas tecnologías de producción de plantas en la región, es necesario investigar otras técnicas como la propagación vegetativa, dado que son informaciones necesarias para producir plantas de calidad y con ello asegurar el éxito de las plantaciones futuras.

### **Objetivo general**

Determinar el efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) y accesiones en el proceso de enraizamiento de estacas de *Malpighia emarginata* en cámaras de subirrigación.

### **Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico sobre el enraizamiento de estacas de *Malpighia emarginata L.* en cámaras de subirrigación.

Evaluar el efecto de las diferentes accesiones sobre el enraizamiento de estacas de *Malpighia emarginata L.* en cámaras de subirrigación.

Evaluar el efecto de la interacción de las diferentes concentraciones de ácido indolbutírico y accesiones sobre el enraizamiento de estacas de *Malpighia emarginata L.* en cámaras de subirrigación.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes de Investigación

Câmara *et al.* (2016) estudiaron la sobrevivencia, enraizamiento y biomasa de miniestacas de acerola utilizando extracto de *Cyperus rotundus* (especie que posee sustancias análogas al AIA y otros compuestos fenólicos), con el objetivo de evaluar los efectos del extracto de *Cyperus rotundus* sobre el enraizamiento de miniestacas de acerola. Los resultados mostraron que el extracto fue eficiente en el porcentaje de sobrevivencia y porcentaje de brotación de miniestacas acerola, entretanto, no influyó en la biomasa de las miniestacas. Y las concentraciones mayores de 75% y 100% promovieron mayor enraizamiento de miniestacas, pues hubo mayor contenido de sustancias que actuaron en el desarrollo de las raíces.

Gontijo *et al.* (2003) realizaron un trabajo en la cual estudiaron enraizamiento de diferentes tipos de estacas de acerola utilizando ácido indolbutírico con el objetivo de evaluar la influencia del número de pares de hojas y probar el efecto de diferentes concentraciones de AIB (ácido indolbutírico) en el enraizamiento de estacas semileñosas de acerola. Los autores determinaron que la presencia de hojas es importante para el enraizamiento de estacas de acerola y que en estacas sin hojas no hubo formación de raíces. Además, las estacas con dos pares de hojas tratadas con 2800 mg. L<sup>-1</sup> presentaron mayores porcentajes de enraizamiento (50%) y longitud de raíces de 9 cm, y la concentración de 2800 mg. L<sup>-1</sup> de AIB proporcionó mayor número y masa seca de raíces.

López *et al.* (2003) estudiaron la influencia del ácido indolbutírico y del sustrato en el enraizamiento de estacas de acerola, con el objetivo de evaluar los efectos del AIB y del sustrato en el enraizamiento de *Malpighia emarginata* L. Los autores determinaron que la utilización de AIB en las concentraciones de 1500 y 2000 mg. L<sup>-1</sup> después de 60 días proporcionaron mayor porcentaje de enraizamiento (93%) en las estacas y el mejor sustrato más eficiente fue arena y vermiculita.

Moratinos *et al.* (2008) estudiaron el enraizamiento de las estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L. y *Malpighia emarginata*) con el objetivo de evaluar la concentración de ácido indolbutírico en el proceso de enraizamiento de estacas de las especies de *Malpighia glabra* y *Malpighia emarginata*. De este modo, el porcentaje de enraizamiento en *Malpighia glabra* y *Malpighia emarginata* fue de 45,05% y 52,27%, respectivamente. También reportaron, 51,33% y 74% de estacas vivas, 48% y 59,32% de estacas brotadas; 2,02 y 2,96 brotes por estaca; 1 y 1,94 cm de longitud de raíces; 2,67 y 2,02 raíces por estaca en *Malpighia glabra* y *Malpighia emarginata*, respectivamente.

Fernández y Rivero (2004) estudiando el efecto del ácido indolbutírico (AIB) sobre el enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L.) con el objetivo de evaluar las concentraciones de 4000, 5000 y 6000 mg.kg<sup>-1</sup> de ácido indolbutírico (AIB) y un testigo sin aplicación sobre el enraizamiento de estacas de semeruco, en ese sentido, reportaron que la concentración de 4000 mg.kg<sup>-1</sup> de AIB contribuyó con el mayor porcentaje de estacas vivas (100%), porcentaje de estacas enraizadas (96%), número de Raíces por estaca (7,88) y longitud de raíz (12,8 cm), mejorando el enraizamiento de estacas de semeruco.

Ribero *et al.* (2005) estudiaron el enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia emarginata*) con el objetivo de evaluar el efecto del tipo de sustrato: cachaza de caña de azúcar + abono de río (S1); humus de lombriz + abono de río (S2); concha de coco + abono de río (S3) y capa vegetal + abono de río (S4), y ácido indolbutírico (AIB). Los resultados mostraron que la aplicación de AIB en 5000 mg.kg<sup>-1</sup>, mejoró el proceso de enraizamiento, considerando que presentó un mayor porcentaje de estacas enraizadas (37,5%), mayor número de raíces por estaca (1,91) y mayor longitud de raíz (4,22 cm).

Abanto *et al.* (2014) realizaron un estudio en la cual estudiaron la capacidad de enraizamiento de plantas matrices promisorias de *Myrciaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh en cámaras de subirrigación, cuyo objetivo fue determinar la capacidad rizogénica sin auxinas sintéticas de plantas matrices promisorias de camu camu, con diferente número de hojas, mediante propagación vegetativa de estacas herbáceas en cámaras de subirrigación. los resultados reportaron la variabilidad genotípica y el área foliar influyeron de manera significativa en el proceso de rizogénesis de estacas herbáceas de camu camu.



## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Generalidades de la acerola

#### a. Clasificación botánica

Orden: Polygalales

Familia: *Malpighiaceae*

Nombre científico: *Malpighia emarginata* L.

Sinonimia: *M. puniceifolia* L.

Nombre común: Cerezal, semeruco, acerola, barbados cherry, cereza depará, cereza de las Antillas (Hurrell, 2010).

#### b. Descripción botánica

Son árboles pequeños o arbustos con corteza oscura y con numerosas ramas frágiles y cortas dirigidas hacia arriba, las hojas son simples y opuestas cuneiformes de color verde oscuro con ápice agudo o acuminado. Su origen es de zonas del sur de México pasando por América central en lugares más septentrionales de América del Sur. En Puerto Rico fue descubierta en el año 1930, pero es a partir de 1946 comienza su cultivo en Brasil, Cuba y Estados Unidos (Hurrell *et al.*, 2010).

La acerola es un fruto globuloso de tipo drupa con tres semillas en su interior, que representan entre el 19% y el 25% del peso total, que se separan con la facilidad de la pulpa. El diámetro de la fruta varía de 1 a 4 centímetros y su peso oscila de 2 a 15 gramos. La acerola es un fruto de color verde cuando está en desarrollo y torna hacia tonos amarillos, rojizos o incluso morados cuando está madura y en su mejor momento para el consumo. Una planta produce cada año, de 20 a 30 kilos de fruto. Su parecido en cuanto a tamaño y aspecto con las cerezas es quizá el motivo por el cual también se conoce a esta fruta como cereza antillana, cereza de Barbados o cereza colorada (Silvia, 200).

#### c. Requerimientos edafoclimáticos

##### a. Clima

La acerola, es una especie de clima tropical cálido que se puede cultivar desde el nivel del mar, hasta los 800 m.s.n.m. Prefiere precipitaciones pluviales entre 1,200 mm y 1,600 mm, bien distribuidas a lo largo del año para proporcionar alta producción y de calidad. La acerola es una planta típica de

regiones de clima tropical y subtropical, necesitando para su desarrollo y producción temperaturas entre 15 °C y 32 °C con medias anuales próximas a 27 °C.

#### **b. Suelo**

El cultivo de acerola no es muy exigente, debido principalmente a que es una especie que presenta una amplia adaptación a texturas y contenido de nutrientes; con una profundidad de 1,0 a 1,5 m, bien drenados y sin riesgo de encharcamiento superficial. En términos generales, para cultivos comerciales se recomiendan suelos con fertilidad media, los cuales pueden ser franco-arcillosos o franco-arenosos, pH de entre 5,5 y 6,5 y saturación de bases de alrededor de 70% (EMBRAPA, 2012).

#### **d. Composición química de la acerola**

La acerola presenta la siguiente composición química (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Composición química de los frutos de acerola.

Composición	Acerola
Humedad	92,71%
Cenizas	6,18%
Grasa	0,52%
Proteína	0,17%
Fibra	0,16%
Carbohidratos	0,43%
Vitamina C	1371 mm/100 g de pulpa
Fierro	0,01 mg
Calcio	1 mg
Magnesio	1 mg
Fósforo	1 mg
Potasio	7 mg

Fuente: Arrázola *et al.* (2014)

La fruta puede consumirse fresca, por la acidez de la pulpa no resulta la forma más frecuente de consumo. Generalmente se elaboran zumos, mermeladas, helados, compotas, gelatinas, confituras, dulces y licores. En Sudamérica es comúnmente empleada como saborizante en helados, bebidas y cócteles. En la industria, se puede utilizar para vitaminas,

para la elaboración de concentrados, en nutracéuticos, principalmente por su contenido en vitamina C y como fortificador del ácido ascórbico en otros zumos de frutas pobres en esta vitamina. La pulpa de la acerola es usada principalmente para la elaboración de medicinas contra los problemas respiratorios, la anemia, problemas hepáticos, colesterol elevado, reumatismo, tuberculosis. Los frutos se pueden consumir de manera natural o deshidratados (Arrazola *et al.*, 2014).

### **2.2.2. Fitohormonas**

Las hormonas son compuestos orgánicos sintetizados por las plantas superiores, influyen sobre el crecimiento y desarrollo; actúan generalmente en un lugar diferente al que fueron producidas y que se encuentran presentes y activas en pequeñas cantidades. A parte de este producto natural, se han desarrollado también otros de tipo sintético, junto con las hormonas, se les denomina “reguladores”, y son los responsables, en primer lugar, de la distribución de los compuestos que la planta sintetiza. También determinan el crecimiento relativo de todos los órganos de la planta (Ariza *et al.*, 2015).

Actualmente se reconoce cinco tipos de sistemas químicos de reguladores del crecimiento vegetal dividido en tres grupos principales

- Promotores del crecimiento: auxinas, citocianinas y giberelinas
- Inhibidores del crecimiento: ácido abscísico
- Acelerador de la maduración: Etileno.

#### **a. Funciones de las Auxinas**

Las funciones de las auxinas en las plantas según, Alcántara *et al.* (2019) son:

- Inician el crecimiento de raíces en estacas.
- Estimulan la separación de las hojas viejas de los tallos (abscisión).
- La planta mantiene la dominancia apical.
- Promueven el alargamiento del tallo e inhiben al alargamiento de la raíz.
- La auxina promueve la expansión celular aumentando la plasticidad de las paredes celulares.
- Crecimiento de los tallos en relación con la luz, lo que asegura que las hojas reciban una cantidad de luz óptima para la fotosíntesis (Fototropismo).
- Crecimiento de las raíces hacia el suelo (gravitropismo positivo) y de los

tallos hacia arriba (gravitropismo negativo) (Ariza *et al.*, 2015).

## **b. Tigmotropismo**

Crecimiento en respuesta al contacto con un cuerpo duro, lo que produce el movimiento de las raíces alrededor de una roca o de los tallos de las plantas trepadoras alrededor de otras estructuras que le sirven de soporte (Sisaro y Hagiwara, 2016).

## **c. Ácido indolbutírico (AIB)**

El AIB fue clasificado inicialmente como auxina sintética, pero es un compuesto endógeno de la planta. Estimula la formación de raíces laterales y es usado comercialmente. El AIB es más estable a la fotodegradación, además posee menor movilidad y mayor estabilidad química, ha demostrado tener excelente capacidad para promover el enraizamiento, ha sido empleada en estacas de varias especies, especialmente en aquellas que presentan dificultad para emitir raíces (Bastos *et al.*, 2006). Además, contribuye en la formación y elongación de tallos, producción de diferentes raíces adventicias y aumento de la dominancia apical (Alcántara *et al.*, 2019).

## **d. Función de los reguladores del crecimiento vegetal**

Existen diferentes compuestos sintéticos que son introducidos en la planta con frecuencia producen resultados similares a aquellos causados por las hormonas que ocurren naturalmente. Estos compuestos han sido denominados “reguladores del crecimiento vegetal” o fitoreguladores (Alcántara *et al.*, 2019).

La acción de las auxinas según (Kramm, 1987), se ejerce en dos etapas: en la primera, el efecto es de estimular el crecimiento. La duración de este efecto se acorta progresivamente con el aumento de la concentración, terminando por producir una inhibición, que es la característica de la segunda etapa. El agente causal sería el etileno, cuya síntesis es estimulada cuando la concentración de la auxina aumenta.

Las hormonas son más utilizadas con el propósito que sean derivadas de tejidos o producidas sintéticamente, son el ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (AIB), el ácido naftalenacético (ANA) y derivados de estos. La hormona más eficaz ha resultado ser el AIB; para la formulación de los

compuestos comerciales rizógenos debido a su bajo costo (Queupumil, 2004).

Por otro lado, Mesen (1998), explica que existen muchas especies que no necesitan concentraciones de hormonas o tratamientos extras para tener eficacia en el enraizamiento, debido a que las estacas tienen cantidades de auxinas necesarias para promover la emisión de raíces de manera eficiente. La auxina naturalmente es sintetizada en las yemas apicales y en las hojas jóvenes, se mueve a través de la planta del ápice a la base. El transporte de las auxinas se realiza de forma polar, quiere decir que en el tallo se dará en dirección basípeta y en la raíz en dirección acrópeta (Sisaro y Hagiwara, 2016).

La aplicación de auxinas en plantas causa gran variedad de efectos, que difieren según la edad, en la especie particularmente el tejido donde actúa. Al igual que ocurre con compuestos químicos fisiológicamente activos, la auxina es tóxica y altas en concentraciones. Los efectos estimulantes en las auxinas sobre el crecimiento de los tallos y raíces es la consecuencia del alargamiento celular. Bajo este efecto, la plasticidad de la pared celular aumenta y la célula se ensancha en respuesta a la turgencia que provoca la entrada de agua en la vacuola (Sisaro y Hagiwara, 2016).

#### **e. Auxinas**

Las auxinas son sustancias naturales que se producen en las partes de las plantas en fase de crecimiento activo y regulan muchos aspectos del desarrollo vegetal. Afectan al crecimiento del tallo, las hojas, las raíces y al desarrollo de ramas laterales y frutos. La manera en que las auxinas hacen crecer a la planta es por medio del aumento del volumen celular provocado por absorción de agua. Las Auxinas son un grupo de reguladores para el crecimiento y desarrollo vegetal relacionado con la elongación celular, dominancia apical, iniciación de raíces, etc. Algunas de las auxinas usadas frecuentemente son: ácido Indolacético (AIA), ácido naftalenacético (ANA), ácido indolbutírico (IBA) y ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4- D) (Alcántara *et al.*, 2019)

### **2.2.3. Propagación vegetativa**

Según, Fachinello *et al.* (2013), la propagación vegetativa consiste en multiplicar asexualmente diferentes partes de las plantas (células, tejidos y órganos), originando individuos generalmente idénticos a la planta madre. Es una técnica que está siendo cada vez más adoptada a nivel mundial, principalmente por su mayor

efectividad en heredar las características genéticas de la especie de interés.

De modo general, las principales ventajas de la propagación vegetativa son: evita la absoluta dependencia de la semilla botánica, permite la formación de plantaciones clonales de alta productividad y uniformidad, permite multiplicar individuos resistentes a plagas y enfermedades, además permite transferir los componentes genéticos aditivos y no-aditivos de generación en generación (Nasser, 2013).

Entre las principales desventajas de la propagación vegetativa, pueden ser citadas: en porcentajes de enraizamiento y en algunas especies y variedades, existe riesgo de estrechamiento de la base genética de las plantaciones clonales cuando es utilizada un pequeño número de clones, en algunos casos las plantas no se adaptan a condiciones desfavorables de suelo por no poseer raíz principal (Fachinello *et al.*, 2013).

#### **a. Propagación vegetativa a través de estacas**

De los métodos de propagación vegetativa, la estaca es aún la técnica de mayor viabilidad económica para el establecimiento de plantaciones clonales, dado que, permite realizar a costos menores y en corto periodo de tiempo, además la estaca no presenta el problema de incompatibilidad observado en la técnica del injerto (González *et al.*, 2019).

La técnica consiste en retirar u obtener de la planta original una rama, una hoja o raíz y posteriormente colocarlas en un medio adecuado, para que se forme un sistema radicular y también la parte aérea. Las estacas pueden ser retiradas tanto de la parte aérea como de la parte subterránea de la planta original. Cuando es retirada de la parte aérea se le denomina estacas caulinares y pueden ser herbáceas o leñosas (Paiva y Gomes, 2012).

De todos los tipos de estacas, las herbáceas son las que poseen mayor capacidad para la producción de raíces. Cuanto más herbácea es más nueva, por tanto, mayor será su capacidad de regeneración, además, el proceso de desarrollo de raíces adventicias en las estacas caulinares puede ser dividido en tres etapas: a) formación de células meristemáticas (callos), b) diferenciación de esos grupos de células en primordios de raíz reconocibles y c) desarrollo y emergencia de las nuevas raíces (Paiva y Gomes, 2012).

Además, para la formación de raíces es necesario ciertos niveles de sustancias de crecimiento natural en la planta, hay varios grupos de esas sustancias entre ellas las auxinas, las citoquininas y las giberelinas; de este grupo

las auxinas las de mayor interés, para el éxito de enraizamiento, estas sustancias son sintetizadas principalmente en las yemas apicales y en las hojas jóvenes; de manera general se mueven a través de la planta del ápice para la base (Sisaro y Hagiwara, 2016).

#### **b. Tipos de estacas**

Existen diversos tipos de material a usar abarcando desde las ramas muy suculentas del crecimiento en curso hasta grandes estacas de madera dura de varios años de edad por lo cual hace imposible establecer algún tipo de material que sea mejor para todas las especies, ya que lo que puede ser ideal para una planta puede resultar contraria para otra (Fachinello *et al.*, 2013). Según el autor, las estacas pueden clasificarse en varias categorías:

Según la naturaleza del órgano separado (tallo, raíz y hoja).

Según su estado de maduración (herbáceo o lignificado).

Según la época o estación en que se realice la operación.

Según los tratamientos que puedan darse a la estaca.

#### **c. Estacas de tallo**

Las estacas de tallo, son el tipo más importantes, se puede dividir en cuatro grupos de acuerdo con la naturaleza de la madera que se utilice: madera dura (especies deciduas y siempre verdes de hoja angosta), madera semidura, madera suave y herbácea (Sisaro y Hagiwara, 2016).

#### **d. Estacas de madera dura (siempre verdes de hoja angosta)**

Las estacas se deben enraizar en condiciones que no causen secamiento excesivo, ya que son lentas de enraizar, tardando a veces desde varios meses a un año. Debido al factor de juvenilidad las estacas tomadas de plantas madre jóvenes procedentes de semilla enraízan más fácilmente que aquellas tomadas de árboles viejos (Hartmann *et al.*, 2011; Zobel y Talbert, 1988).

#### **f. Estacas de madera semidura**

Generalmente, las estacas son obtenidas de especies leñosas,

siempre verdes y de hoja ancha, enraízan más fácilmente que las anteriores, pero demoran más que las herbáceas; es conveniente cosecharlas justo después de que ha habido un período de crecimiento y la madera es prácticamente madura. Muchos arbustos ornamentales y algunas especies de frutales como los cítricos y el olivo pueden propagarse de esta forma (Hartmann *et al.*, 2011).

**g. Estacas de madera suave**

Las estacas de madera suave por lo general enraízan con mayor facilidad y rapidez que las de otros tipos, pero requiere más atención y equipamiento; además, estos requieren de un mínimo de área foliar; en la mayoría de las especies se debe mantener temperaturas de 23 a 27°C en la base de las estacas y de 21 °C en las hojas durante todo el proceso de enraizamiento; en la mayoría de los casos las estacas de madera suave producen raíces en un lapso de 2 a 5 semanas (Hartmann *et al.*, 2011).

**h. Estacas herbáceas**

Este tipo de estacas son usadas en floricultura, la mayoría de las plantas ornamentales presentan condiciones aparentes para propagarlas de este modo. Las estacas herbáceas tienen una longitud de 7 a 12 cm de longitud, pudiendo requerir de hojas en la parte superior o no necesariamente, sin embargo, se recomienda 15 a 17 cm de longitud; además, indica como condicionante retener las hojas, manteniendo en las estacas una tercera parte, siendo recomendable de la parte media superior. En condiciones apropiadas el porcentaje de enraizamiento es elevado y rápido (González *et al.*, 2019).

**i. Estacas de hoja**

Hartmann *et al.* (2011) mencionan que, se debe dar esa denominación a las estacas constituidas exclusivamente por una hoja completa o partes de esta. La emisión de raíces tiene lugar en la cara inferior del limbo, base del limbo y en la base del pecíolo.

**j. Estacas de raíz**

En las estacas de raíz es importante que al plantarlas se mantenga



la polaridad correcta. Para evitar plantarlas invertidas se puede hacer un corte recto en el extremo proximal (el más cercano a la corona de la planta) y un corte inclinado en el extremo distal (el más alejado de la corona). Las estacas de raíz siempre se deben plantar con el extremo proximal hacia arriba (González *et al.*, 2019). Se trasplantan verticalmente cuando su diámetro lo permite o se colocan horizontalmente en un surco cuando su diámetro es más pequeño.

#### **2.2.4. Principales factores que condicionan el enraizamiento de estacas**

##### **a. Luz**

La luminosidad durante el periodo de enraizamiento es de fundamental importancia en la emisión de raíces. En todos los tipos de crecimiento de las plantas, la luz es de suma importancia, que constituye la fuente de energía para el proceso de fotosíntesis. Dependiendo de las condiciones de intensidad luminosa, en algunas ocasiones es necesario reducirla al 50 % afín de evitar la insolación excesiva en las estacas (Paiva y Gomes, 2012; Hartman *et al.*, 2008).

##### **b. Edad de la planta madre (factor de juvenil)**

En plantas que se propagan fácilmente por estacas. La edad de la planta madre tiene poca importancia, pero en plantas de difícil enraizamiento ese factor es muy importante. En general, estacas tomadas de plantas jóvenes (crecimiento juvenil) enraízan con mayor facilidad que las que son tomadas de ramas más viejas (Paiva y Gomes, 2012; Hartmann *et al.*, 2011). Los autores señalan que, en especies de difícil enraizamiento, es útil inducir las plantas adultas a un estado juvenil, por medio de podas, para el aprovechamiento de la brotación.

Hartmann *et al.* (2011) indican que estacas de tallo o raíz tomadas en fase juvenil, enraízan con mayor facilidad, que, aquellas tomadas de plantas en fase adulta. Se lleva a un estado juvenil, induciendo ramas adventicias en porciones de raíces; que se origina en los esferoblastos (crecimiento verrugoso que a veces se encuentran en troncos y ramas).

##### **c. Épocas del año en que se colectan las estacas**

Aguirre (1988) recomienda colectar estacas o esquejes (ramillas) de

especies caducifolias o moderadamente caducifolias, entre los meses de mayo y septiembre la propagación en vivero, mientras que para plantación directa en el terreno definitivo se prefiere los meses de noviembre a febrero (épocas de lluvia). Sánchez *et al.* (2020) afirman que en la época del año que se hagan las estacas puede en algunos casos, ejercer una influencia extraordinaria en el enraizamiento, para especies deciduas, las estacas de maderas semidura o aquellas de madera suave con hojas, pueden prepararse durante la estación de crecimiento usando madera suculenta o parcialmente madura.

#### **d. Condición fisiológica de la planta madre**

Hartmann y Kester (1986) observaron que estacas de tomatara, con tallos amarillentos ricos en carbohidratos, pero pobres en nitrógeno, producían muchas raíces y tallos débiles; mientras que tallos verdosos con carbohidratos y ricos en nitrógeno, producían menos raíces, pero tallos más fuertes.

#### **e. Presencia de hojas en la estaca**

La presencia de hojas en las estacas ejerce una influencia estimulante sobre la iniciación de las raíces, puesto que estos órganos son los responsables de producir auxinas y carbohidratos que luego son transportados para promover el enraizamiento (Sánchez *et al.*, 2020).

#### **f. Sustratos para el enraizamiento de estacas**

El medio en el cual se inserta la base de la estaca debe permitir buena aireación, un buen drenaje y proporcionar agua suficiente para mantener una buena turgencia de los tejidos, existen diferentes medios de enraizamiento que son usados con éxito, pero para cada uno de ellos debe estar determinada la frecuencia de riego y la cantidad de agua a utilizar. Durante mucho tiempo se ha utilizado la arena, pero otros medios formados de partículas porosas son capaces de dar mejores resultados; vermiculita, aserrín de madera descompuesta, fibra de coco y otros (González *et al.*, 2019).

El sustrato en el cual son colocadas las estacas influye en el éxito del enraizamiento y también va a depender del sistema de irrigación a ser empleado. Para el enraizamiento, el sustrato presenta tres funciones: sustentara las estacas, proporcionar humedad y permitir aeración en sus bases (Paiva y Gomes, 2012).

En esta etapa el oxígeno es indispensable para atender la respiración resultante de los procesos de formación de callos y emisión de raíces.

Las estacas de diversas especies de plantas enraízan con gran facilidad en una grande diversidad de medios, entretanto, en plantas que presentan dificultad de enraizamiento, que puede influir en el porcentaje de enraizamiento y calidad del sistema radicular. Hay diferentes tipos de sustratos que pueden ser utilizados de forma sola o mezclada. Los elementos más usados son: arena, vermiculita, aserrín, cascara de arroz carbonizada, turba, etc. (Paiva y Gomes, 2012).

#### **g. Ambientes y estructuras para la propagación**

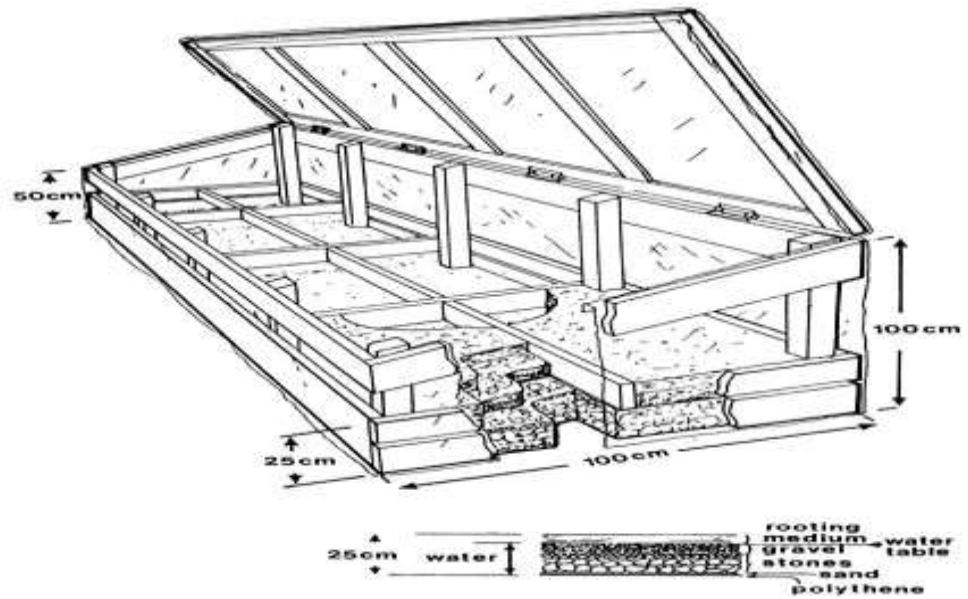
La propagación de estacas puede darse en estructuras muy complejas como invernaderos dotados de alta tecnología, en polipropagadores o cámaras de subirrigación, en platabandas con tinglado, en cajas y frascos. Para facilitar el enraizamiento las estructuras deben poseer las siguientes características ((Sánchez *et al.*,2020).

- Mantener una atmósfera con baja demanda de evaporación, minimizando la pérdida de agua por transpiración de las estacas de acerola.
- Mantener temperaturas adecuadas, para evitar el stress de la estaca por exceso de calor de las estacas.
- Mantener niveles de luminosidad adecuados para la fotosíntesis y producción de carbohidratos para el mantenimiento de las estacas.

#### **h. Cámaras de subirrigación**

Leakey *et al.* (1990) citado por Mesen (1998) indican que el propagador de cámara sub irrigación es básicamente un marco de madera rodeado por plástico transparente para hacerlo impermeable; los primeros 25 cm se cubren con capas sucesivas de piedras grandes (6-10 cm de diámetro), piedras pequeñas (3-6 cm) y grava fina, y los últimos 5 cm se cubren con el sustrato de enraizamiento elegido; los 20 cm basales se llenan con agua (70 a 80 litros 72 aproximadamente), de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantendrá húmedo por capilaridad.

Para introducir el agua y observar su nivel, se utiliza una tubería o un cilindro de bambú insertado verticalmente a través de las dos primeras capas superficiales (grava fina y sustrato). La caja se cubre con una tapa que ajuste bien, también forrada de plástico, para mantener la alta humedad interna (Leakey *et al.*, 1990). Asimismo, el autor indica que un tamaño conveniente de una cámara de subirrigación es de 1 m de ancho y 2.5 m de largo. La altura debe estar entre 0,5 y 1 m, con una cubierta inclinada (Figura 1).



**Figura 1.** Diseño del propagador (cámaras de subirrigación).

### III. MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación y descripción del área del estudio

El experimento fue realizado durante los meses de noviembre a diciembre del 2017 y enero del 2018 en el Centro de Investigaciones Dale E. Bandy del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP Ucayali), ubicado en el km 12,4 de la Carretera Federico Basadre, distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, situado 8° 22' 31" de latitud sur y 74° 34' 35" de longitud oeste y una altitud de 151 m.s.n.m. El trabajo de investigación se ejecutó en el vivero forestal, el cual estuvo debidamente equipado con sistemas de riego automático por aspersión y nebulización, de tinglados construidos con malla Raschel color negro (50% de sombra), y además con cámaras de subirrigación donde se realiza propagación vegetativa de especies forestales y frutales.

Durante la conducción del experimento, en la cámara de subirrigación fue registrado: temperatura (°C), humedad relativa (%) e intensidad luminosa (Lux) en la cámara de subirrigación en la mañana (8:00 am), medio día (12:00 am) y en horas de la tarde (15:00 pm) fueron de 26,7 °C, 29,7 °C, 29,5 °C; 83,7%; 80,6% y 82,2%, 763 lux; 1423 lux y 1012 lux, respectivamente.

#### 3.2. Identificación y descripción del material experimental

##### 3.2.1. Obtención del material experimental

##### a. Selección y poda de fructificación de las accesiones de *Malpighia emarginata*

El material experimental estuvo constituido por estacas apicales de tres accesiones de acerola (*Malpighia emarginata*) con 10 años de edad en promedio. Antes de obtener el material de propagación, las plantas fueron sometidas a poda de fructificación dos meses antes del inicio del estudio el objetivo de estimular el desarrollo de brotes nuevos, sanos y vigorosos, a continuación, se detalla la localización cada una de las accesiones (**Cuadro 2**).

**Cuadro 2.** Accesiones de acerola utilizadas en el estudio.

Accesiones de Acerola	Localización geográfica
Accesión IIAP	90° 71" 56429 N 82 355058 S
Accesión Caserío 2 de Mayo	90° 71602403 N 8° 23" 55" 457
Accesión Coronel Portillo	9073786,935 N 8° 22"43,922" S

### 3.2.2. Construcción de la cámara de subirrigación

La cámara de subirrigación se construyó según la metodología propuesta por Leakey (1990), para ello fue utilizado una estructura de madera de quinilla (*Manilkara bidentata*) de 2 m de largo por un 1 m de ancho, 1 m de alto en la parte posterior y 0,5 m en la parte frontal. Debidamente acondicionada, se forró totalmente con mica de polietileno transparente número 8, con la finalidad de que sea impermeable y consecuentemente provea de condiciones temperatura y humedad relativa controladas. La cámara también contó con una tapa herméticamente forrada con la misma mica, la cual sirvió para monitorear y cuidar del experimento en cuanto a la proliferación de hongos y plantas dañinas.

Luego de construida y ubicada en una base de concreto nivelado; en el interior de la cámara se procedió a colocar cada uno de los materiales debidamente esterilizados para la formación del sustrato de enraizamiento. Para ello, los primeros 20 cm se colocó piedras grandes (10-15 cm de diámetro), luego piedras pequeñas (5 cm) y grava fina con la finalidad de cubrir todos los espacios dejados por las piedras grandes y pequeñas. Finalmente, en los últimos 5 cm fue adicionado arena fina y con la ayuda de una regla de maderase niveló toda el área de la cámara para estar apta y recibir a las estacas.

Es necesario destacar que, en uno de los extremos de la cámara fue colocado un tubo de PVC de 10 cm de diámetro y de 0,25 cm de altura por donde fue adicionado alrededor de 40 L de agua potable proveniente de poso tubular con el objetivo que el sustrato de enraizamiento siempre se mantenga húmedo por efecto de capilaridad.

### **3.2.3. Preparación del Sustrato para el enraizamiento**

Para la preparación del sustrato para el enraizamiento se realizaron los siguientes pasos:

Paso 1: Los materiales (piedras, grava y arena) fueron lavados con abundante agua;

Paso 2: Los materiales (piedras, grava y arena) fueron esterilizados, para esto fue necesario ponerlos en sacos y luego a hervir en cilindros a una 27° de 100 °C, durante dos horas;

Paso 3: Los materiales (piedras, grava y arena) fueron expuestos a pleno sol por un día para ser secados;

Paso 4: La arena fue tamizada para lograr homogeneidad en la granulometría, para ello fue utilizado un tamiz N° 40, con lo cual se obtuvo arena entre 0,1 a 2mm de diámetro.

### **3.2.4. Preparación de las estacas**

60 días después de la poda de las tres accesiones de *Malpighia emarginata*, los brotes fueron colectados en horas de la mañana (5:30 am - 6:30 am), con la ayuda de un tijera de podar en cajas de Tecnopor debidamente acondicionada con trozos de hielo en la base y papel periódico para que las estacas no entren en contacto con los brotes. El hielo fue usado con la finalidad de crear condiciones de temperatura entre 8 a 10 °C y con ello evitar la deshidratación durante el periodo de colecta y transporte hacia el vivero del IIAP.

Con el material de las tres accesiones en el vivero del IIAP, fueron preparadas las estacas 10 a 15 cm de longitud y de 5 a 8 mm de diámetro con un par de hojas cortadas ala mitad. La parte basal de las estacas fue cortada en bisel con la finalidad de que tengan mayor área de contacto con la hormona y con el sustrato de enraizamiento.

Luego se formó paquetes de 10 estacas cada uno, amarrados con una liga. En seguida, fueron colocadas por 15 minutos en una solución desinfectante compuesta de 30 g de Cupravit® disuelto en 10 L de agua. Pasado el tiempo programado las estacas fueron escurridas y colocadas en papel toalla para eliminar la solución (ver Anexo Figura 12).

### **3.2.5. Preparación y aplicación de la hormona AIB**

La preparación de concentraciones de AIB se realizó en laboratorio, para ello cada una de ellas fue diluida en alcohol puro (96%), por ejemplo: para preparar la solución de 1200 ppm (0,12%), se disolvió 0,12 g de AIB en polvo en 99,7 ml de alcohol; realizando la misma operación con las demás concentraciones de AIB, Luego se depositaron en envases de vidrios sellados con papel de aluminio.

En seguida, las estacas fueron colocadas en un vaso conteniendo el ácido indolbutírico (AIB) disuelto en alcohol según los tratamientos. El método de aplicación fue mediante inmersión rápida por 5 segundos. Posteriormente, las estacas fueron retiradas, y por 30 a 40 segundos se dejó volatilizar el alcohol en corriente de aire con la ayuda de un ventilador, y con ello conseguir que el AIB quede impregnado en la base de las estacas (ver Anexo Figura 13).

### **3.2.6. Instalación de las estacas en la cámara de subirrigación**

Las estacas fueron instaladas según la disposición de los tratamientos en hoyos previamente realizados con un hoyadero construido artesanalmente de madera del tamaño de las estacas. Las estacas fueron instaladas a una distancia de 5 cm entre ellas y a una profundidad de 1,5 cm de forma vertical, una vez plantadas fueron presionadas ligeramente con el sustrato, con la finalidad de que toda el área de las estacas esté en contacto con el sustrato (ver Anexo Figura 14).

### **3.2.7. Monitoreo y control del proceso de enraizamiento de las estacas**

Fue monitoreado la presencia de gotas de agua en toda la estructura de la cámara de subirrigación, esto indicaba que había suficiente cantidad de agua en el sustrato y el proceso de capilaridad y evaporación estaban ocurriendo de manera normal. Cuando no fue observado la disminución de esta característica fue agregado 10 a 15 L de agua al sustrato de enraizamiento por el tubo de PVC previamente colocado en la cámara de subirrigación.

## **3.3. Variables**

Las variables estudiadas se muestran en el Cuadro 3.



**Cuadro 3.** Variables estudiadas en el proceso de enraizamiento de estacas de acerola.

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de medición	
Variable independiente	Concentración de ácido indolbutírico (AIB)	Regulador del crecimiento vegetal De la familia de las auxinas.	0 400 800 1200	mg.L <sup>-1</sup> de AIB	
	Accesiones	Plantas madre de <i>Malpighia emarginata</i>	Accesión IIAP Accesión Caserío 2 de Mayo	Accesión de <i>Malpighia emarginata</i>	
Variable dependiente	Enraizamiento de estacas	Proceso mediante el cual las estacas generan nuevas raíces (Hartmann <i>et al.</i> , 2011)	Accesión coronel Portillo Longitud de brote Nº de brotes Nº de folíolos Nº de raíces Longitud de raíces	% de Enraizamiento Longitud (cm) Unidad	Vernier, wincha, regla milimetrada
Variables intervinientes	Clima	Es un conjunto de condiciones atmosféricas de una zona (Viguera <i>et al.</i> , 2017)	Humedad relativa Temperatura del aire	% °C	Termohigrómetro

### 3.3.1. Operacionalización de las variables

- Porcentaje de enraizamiento (%): Fue determinado mediante el conteo de las estacas enraizadas y posteriormente en base al total de estacas colocadas en cada tratamiento y repetición se llevó la variable se llevó a porcentaje.
- Longitud de brote (cm): Fue registrado con la ayuda de una regla milimetrada, midiendo los brotes de las estacas en cada tratamiento y su respectiva repetición.
- Número de brotes: Fue obtenido mediante el conteo simple de todos los brotes emitidos en las estacas pertenecientes a cada tratamiento y su repetición.
- Número de folíolos: Fue obtenido por conteo simple cada uno de los folíolos emitidos en las estacas de cada tratamiento y repetición.
- Número de raíces: se obtuvo mediante conteo simple de cada una de las raíces emitidas en cada estaca perteneciente a cada tratamiento y a su respectiva repetición.
- Longitud de raíces (cm): Fue registrado con regla milimetrada, midiendo las raíces de las estacas en cada tratamiento y su respectiva repetición.

### 3.4. Población y muestra

#### a. Población:

la población es finita y estuvo conformada por 360 estacas de tres accesiones de *Malpighia emarginata* obtenidas de la ciudad de Pucallpa.

Se considera a la población finita cuando, se conoce el número de individuos que la componen con características comunes (Fuentelsaz, 2004).

#### b. Muestra:

la muestra estuvo constituida de 360 estacas de tres accesiones de *Malpighia emarginata*.

### 3.5. Tratamiento estadístico

La investigación se ajustó a un Diseño Completo al Azar (DCA), con arreglo factorial 3A X 4C, siendo el factor A: accesiones de *Malpighia emarginata* con tres niveles y el Factor C: Concentraciones con cuatro niveles, con lo cual se formó 12

combinaciones, es decir 12 tratamientos, distribuidos en tres repeticiones haciendo 12 parcelas experimentales y cada parcela con 10 unidades experimentales, en total se trabajó con 360 estacas.

**a. Modelo matemático y análisis de varianza (Cuadro 4)**

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + C_j + AC_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = es el valor observado de la característica estudiada, en el nivel de k del factor A ( $k=1,2,\dots,k$ ), en el nivel l del factor B ( $l=1,2,\dots,n$ ), en la repetición o en bloque j ( $J=1,2,\dots,J$ ).

$\mu$  = medida general de los tratamientos.

$A_i$  = efecto de las accesiones de Acerola.

$C_j$  = efecto de las concentraciones de AIB.

$AC_{ij}$  = efecto de la interacción entre accesiones y concentraciones de AIB.

$E_{ijk}$  = es el error asociado a la observación  $y_{klj}$ , o efecto de los factores nocontrolados sobre la observación  $y_{klj}$ .

**Cuadro 4.** Análisis de varianza para un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial.

FV	GL	GL	SC	CM	FC
Accesiones (A)	(A-1)	2	SC(A)	CM(A)	CM(A)/CMR
Concentraciones de AIB (C)	(C-1)	3	SC(C)	CM(C)	CM(C)/CMR
Interacción (AxC)	(A-1) (C-1)	6	SC(AxC)	CM(AxC)	CM(AxC)/CMR
Residuo (R)	(AxC)(r-1)	24	SC (R)	CM(R)	R
Total	((A-1) (C-1) ((A-1) (C-1))-1)	35	SCT	CMT	

**3.5.1. Tratamientos utilizados en el estudio**

Descripción de los factores y tratamientos empleados (Cuadro 5)

**Accesiones (A):**

A 1: Acesión IIAP

A 2: Acesión Caserío 2 de Mayo

A 3: Acesión Coronel Portillo

**Concentraciones de AIB (B):**

B 1: 0 ppm

- B 2: 400 ppm
- B 3: 800 ppm
- B 4: 1200 ppm

**Cuadro 5.** Tratamientos utilizados en el estudio.

Tratamientos	Clave	Descripción los tratamientos
1	A1B1	Accesión IIAP + 0 ppm de AIB
2	A1B2	Accesión IIAP + 400 ppm de AIB
3	A1B3	Accesión IIAP + 800 ppm de AIB
4	A1B4	Accesión IIAP + 1200 ppm de AIB
5	A2B1	Accesión Caserío 2 de Mayo+ 0 ppm de AIB
6	A2B2	Accesión Caserío 2 de Mayo+ 400 ppm de AIB
7	A2B3	Accesión Caserío 2 de Mayo + 800 ppm de AIB
8	A2B4	Accesión Caserío 2 de Mayo + 1200 ppm de AIB
9	A3B1	Accesión Coronel Portillo + 0 ppm de AIB
10	A3B2	Accesión Coronel Portillo + 400 ppm de AIB
11	A3B3	Accesión Coronel Portillo + 800 ppm de AIB
12	A3B4	Accesión Coronel Portillo + 1200 ppm de AIB

### 3.6. Análisis estadístico

Para la tabulación de los datos fue utilizado el programa Microsoft Excel (2013). En seguida, fueron sometidos a prueba de normalidad de datos mediante Lilliefors basado en la prueba de Kolmogorov Smirnov porque en el estudio se tiene más de 50 observaciones (datos), y homogeneidad de varianzas por el método de Hartley (ver Anexo Figura 10). Siendo normales y homogéneos, los datos fueron sometidos a análisis de varianza mediante la prueba de F. Seguidamente, las medias de los datos cualitativos fueron comparadas por la prueba de Tukey y las medias de los datos cuantitativos por medio de regresión polinomial a 5% de probabilidad. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando los programas BioStat 5.3 (Ayres *et al.*, 2007) y Sisvar (Ferreira, 2014).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 43 días después de haber colocado las estacas en la cámara de subirrigación fue evaluado el experimento, luego de haber verificado la presencia de raíces en las estacas, en ese sentido se evaluó el porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíces; número y longitud de brotes y número de folíolos.

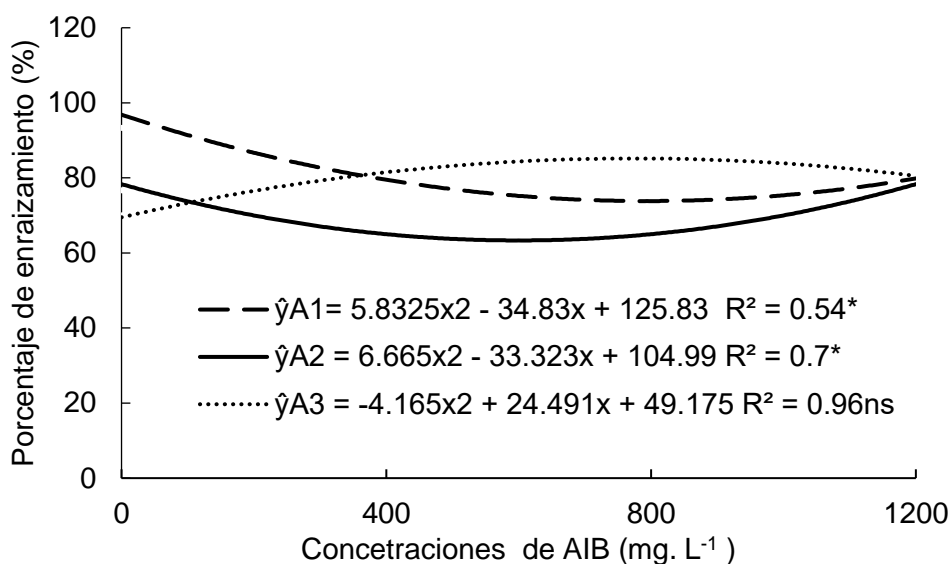
##### 4.1. Porcentaje de enraizamiento (%)

El análisis de varianza mediante la prueba de F ( $p \leq 0,05$ ), mostró que las diferentes accesiones y concentraciones de AIB provocaron diferencias estadísticas significativas sobre la variable porcentaje de enraizamiento de estacas de *Malpighia emarginata* L. (ver Anexo Cuadro 6).

De otro lado, en la Figura 2, se observa que las diferentes accesiones (A1-IIAP, A2-2 de Mayo, y A3-Coronel Portillo) y las diferentes concentraciones de AIB ( $\text{mg. L}^{-1}$ ) provocaron un comportamiento cuadrático significativo ( $p \leq 0,05$ ) y no significativo ( $p \geq 0,05$ ) sobre el porcentaje de enraizamiento de estacas en cámaras de subirrigación a los 43 días después de haber instalado el experimento, el tiempo de enraizamiento coincide con lo reportado por Ritzinger *et al.* (2018) donde indica que el enraizamiento de esquejes de *Malpighia emarginata* generalmente ocurre entre 40 y 60 días.

Así mismo, en la Figura 2 se observa que la concentración de  $400 \text{ mg. L}^{-1}$  de AIB proporcionó mejores resultados de enraizamiento de estacas de *Malpighia emarginata*, tanto en la accesión del IIAP (A1) y la accesión de Coronel Portillo (A3) con 85% en media.

Por otro lado, la concentración de  $1200 \text{ mg. L}^{-1}$  proporcionó resultados satisfactorios en las tres accesiones con un valor medio de 81,1% de enraizamiento, y la interacción que obtuvo los menores resultados, fue la concentración de  $100 \text{ mg. L}^{-1}$  con las accesiones de 2 de Mayo y Coronel Portillo que obtuvieron en media 73% de estacas de *Malpighia emarginata* enraizadas (Figura 2).



**Figura 2.** Efecto de la interacción entre los tratamientos de concentraciones de AIB y las accesiones sobre el porcentaje de enraizamiento de estacas de *Malpighia emarginata* L. en cámaras de subirrigación.

Resultados inferiores fueron reportados por Bordin *et al.* (2003) al trabajar con 5 concentraciones de AIB (0; 500; 1 000; 1 500 y 2 000 mg L<sup>-1</sup>), los autores determinaron que las concentraciones no provocaron diferencias estadísticas y solamente alcanzaron valores entre 36% a 46% de enraizamiento en estacas de *Malpighia emarginata* L. Del mismo modo, Moratinos *et al.* (2008) determinaron 57,61% de estacas enraizadas utilizando 2500 mg. L<sup>-1</sup> de AIB.

Así mismo, Morais (2018) trabajando con estacas herbáceas de *Malpighia emarginata* determinó 63,7% de enraizamiento en la concentración de 2000 mg. L<sup>-1</sup> de AIB. Por esta razón, en este estudio queda demostrado la importancia de utilizar bajas concentraciones de AIB en el enraizamiento de *Malpighia emarginata* para obtener resultados mayores. Por otro lado, el uso de bajas concentraciones de auxinas disminuirá los costos de producción del productor de plantas debido al precio alto de la hormona.

En este estudio fue verificado que el enraizamiento en estacas apicales sin tratamiento hormonal tuvo el mismo comportamiento que las estacas tratadas con AIB. Al respecto, Taiz & Zeiger (2004) citado por Tavares *et al.* (2012) mencionan que, estacas procedentes de ramas terminales favorecen mayor formación de raíces, debido a la presencia de auxinas que son producidas en el meristema apical del ramo y que son transportadas de forma basípeta por las células del parénquima hasta la base de las estaquillas, donde es promovido el enraizamiento. En el mismo sentido, Gonzales & Schimidt (1992) citado por Sasso *et al.* (2010), sostienen que estacas menos lignificadas requieren menos estímulo de auxinas exógenas que las leñosas.

Resultados similares a los determinados en este estudio fueron obtenidos por Altoé *et al.* (2011), los autores lograron altos porcentajes de enraizamiento en arazá (*Eugenia stipitata*) y guayaba (*Psidium guajava*) sin la aplicación de auxinas, con lo cual demostraron que la utilización de estematerial (ramas apicales) es una técnica viable para la producción de plantas vía asexual. Por otro lado, el enraizamiento de acerola se vio afectada por el factor genotipo, puesto que, los otros factores de temperatura, sustrato, área foliar, humedad relativa, riego, tamaño de estaca, tipo de estaca, etc. fueron los mismo para las tres accesiones estudiadas.

Resultados similares fueron reportados por Abanto *et al.* (2014) trabajando en el enraizamiento de clones de camu camu, los autores determinaron alta variabilidad y marcada influencia de la planta matriz sobre el proceso de rizogénesis de estacas herbáceas, obteniendo valores entre 0 y 91% de enraizamiento. Del mismo modo, Rojas *et al.* (1997) trabajando con clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, observaron que algunos clones llegaron a obtener más de 80% de enraizamiento, mientras que otros materiales no consiguieron emitir raíces.

De otro lado, en este trabajo los resultados son satisfactorios puesto que se obtuvo un enraizamiento por encima del 70%, de lo contrario hubiese sido perjudicial porque según, Leakey *et al.* (1990) un enraizamiento por debajo del 70 %, no se considera adecuado para ninguna especie a nivel comercial.

Con todo, los resultados son promisoros para la propagación de acerola por este método, dado que, cuando es propagada por semilla sexual presenta inconveniencia, como bajo porcentaje de germinación (25-30%), demoran entre 2 a 2,5 años para producir frutos y existe segregación hereditaria atribuidas a la incompatibilidad en la polinización. En ese sentido, la propagación asexuada es más eficiente, induce a la precocidad de la producción entre 1 a 1,5 años, fija las características genéticas de las plantas, siendo más productivas y con frutos más homogéneos (Roberto *et al.*, 2002).

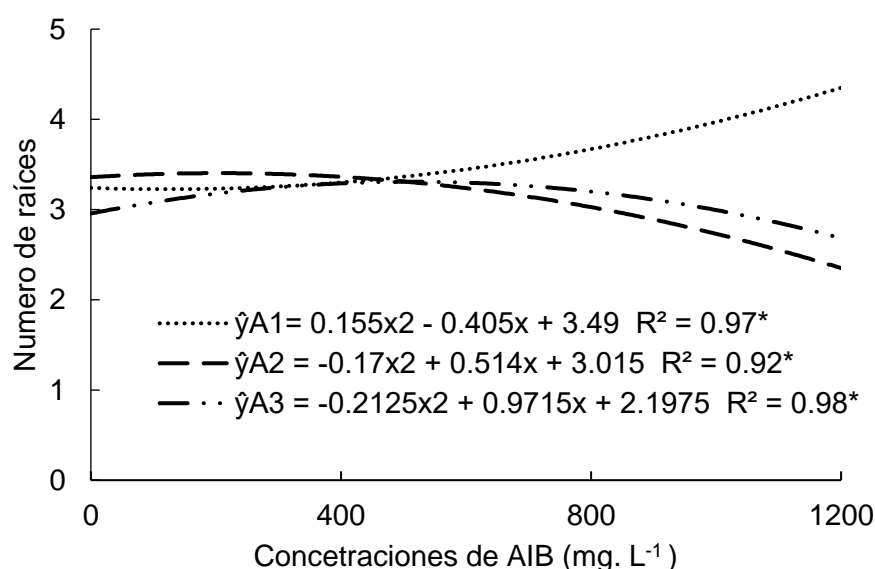
#### 4.2. Número de raíces

De acuerdo al análisis de varianza la prueba de F ( $p \leq 0,05$ ), las diferentes accesiones y concentraciones de AIB provocaron diferencias estadísticas significativas sobre la variable número de raíces en estacas de *Malpighia emarginata* L (ver Anexo Cuadro 7). De esta manera, se observa en la Figura 3, que las diferentes accesiones de plantas de *Malpighia emarginata* y las diferentes concentraciones de AIB ( $\text{mg. L}^{-1}$ ) provocaron un comportamiento cuadrático significativo ( $p \leq 0,05$ ) sobre el número de raíces de las estacas en cámaras de subirrigación.

Este resultado muestra que el número de raíces fue influenciado por ambos factores (accesiones y concentraciones). La accesión A2 (2 de Mayo) y A3 (Coronel Portillo) tuvieron comportamiento cuadrático decreciente y la accesión del IIAP (A1) tuvo comportamiento cuadrático creciente. En ese sentido, para el primer caso probablemente las mayores concentraciones de AIB causaron fitotoxicidad, con lo cual disminuyó la emisión de raíces. Por el contrario, en la A1 fue constatado que el aumento de las concentraciones influyó de manera positiva en el aumento del número de raíces.

Por otro lado, la concentración 1 200 mg. L<sup>-1</sup> con la accesión A1 obtuvo los mejores resultados con un valor de 4 raíces, y la interacción de las tres accesiones con la concentración de 400 mg. L<sup>-1</sup> obtuvieron un promedio de 3 raíces por estaca de *Malpighia emarginata* L. (Figura 3).

En ese sentido, Hartmann *et al.* (2011) mencionan que, para garantizar un adecuado enraizamiento de las estacas de debe utilizar reguladores de crecimiento y el tipo auxina, que favorece la emisión de raíces en especies leñosas como la acerola.



**Figura 3.** Efecto de la interacción de concentraciones de AIB y las accesiones sobre el número de raíces de estacas de *Malpighia emarginata* L. en cámaras de subirrigación.

Resultados semejantes de 3,02 raíces fueron determinados por Moratinos *et al.* (2008), trabajando con 2500 mg.kg<sup>-1</sup> de AIB. Del mismo modo, Morais (2018) trabajando con el enraizamiento de estacas herbáceas obtuvo 2,99 raíces por estaca trabajando con 2000 mg.L<sup>-1</sup> de AIB. Por el contrario, lo verificado en este trabajo fue superior a lo reportado por Rivero *et al.* (2005) que señalaron haber observado 2 raíces por estaca de *Malpighia emarginata* L. Del mismo modo, Gontijo *et al.* (2003) concluyeron que la



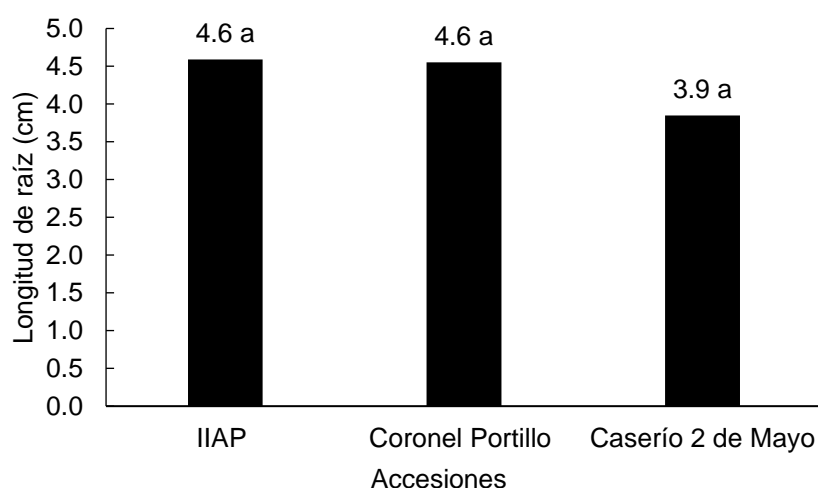
concentración de 2 800 mg L<sup>-1</sup> de AIB promovió mayor longitud de raíces en estacas de *Malpighia glabra*.

En ese sentido, Moratinos *et al.* (2008) sugirieron que se debe aplicar concentraciones menores de AIB, puesto que, el requerimiento de auxina es bajo y por eso, se deberían considerar concentraciones de AIB menores a 2500 mg.kg<sup>-1</sup>. En ese sentido, el aporte de este trabajo de investigación es muy importante, ya que fue demostrado que con concentraciones menores de 400 y 1200 mg. L<sup>-1</sup> se obtuvo resultados superiores.

Al respecto, Vargas *et al.* (1999); Hartmann y Kester, (2000) y Ramírez *et al.* (2004) citan que el número de raíces producidas por estacas se puede deber a la cantidad de auxina endógena en la zona de regeneración, dado que en la mayoría de las plantas existe una correlación entre las auxinas endógenas y la respuesta de enraizamiento.

#### 4.3. Longitud de raíces

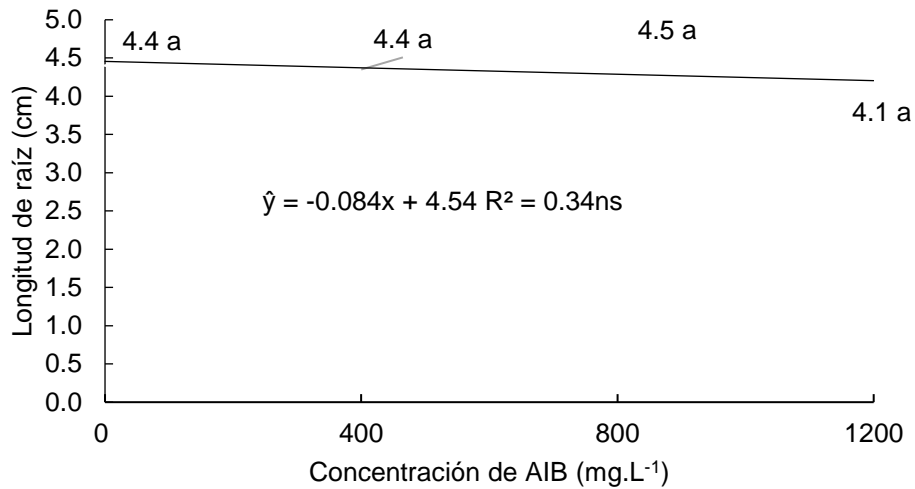
De acuerdo con el análisis de varianza mediante la prueba de F ( $p \leq 0,05$ ), las accesiones, concentraciones de AIB y la interacción de estos factores no provocaron diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0,05$ ) sobre la variable longitud de raíces en estacas de *Malpighia emarginata* L. (ver Anexo Cuadro 8), por esta razón, al realizar la prueba de medias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), fue constatado que estadísticamente las medias fueron iguales, obteniendo un promedio de 4,4 cm de longitud de raíces por estaca (Figura 4).



**Figura 4.** Efecto de las diferentes accesiones sobre la longitud de raíces de estacas de *Malpighia emarginata* L. en cámaras de subirrigación.

Del mismo modo, al realizar el análisis de regresión a 5% de probabilidad (Figura

5), fue constatado que estadísticamente las medias fueron iguales, obteniendo en media 4,4 cm de longitud de raíces por estaca.



**Figura 5.** Efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico sobre la longitud de raíces de estacas de *Malpighia emarginata* L. en cámaras de subirrigación.

Resultados superiores de 8, 44 cm fueron determinados por Moratinos *et al.* (2008) trabajando con 2500 mg.kg<sup>-1</sup> de AIB. Del mismo modo, Morais (2018), determinó que la aplicación de concentraciones de 2000 mg.L<sup>-1</sup> produjo raíces de 11 cm en las estacas herbáceas de *Malpighia emarginata*, en media.

La longitud de raíces en este trabajo difiere significativamente de los reportados por Moratinos *et al.* (2008) y Morais (2018), puesto que en el primer caso utilizaron vasos desechables de 300 cm<sup>3</sup> conteniendo un sustrato constituido de abono de río (materia orgánica vegetal descompuesta) y cáscara de coco molida y humus de lombriz en proporción 4:1:1, y en el segundo caso utilizó em tubetes de polipropileno de 120 cm<sup>3</sup> y 11 cm de longitud con sustrato preparado de la mezcla de compuesto orgánico + cáscara de arroz carbonizada + estiércol curtido, en proporción de 2:1:1.

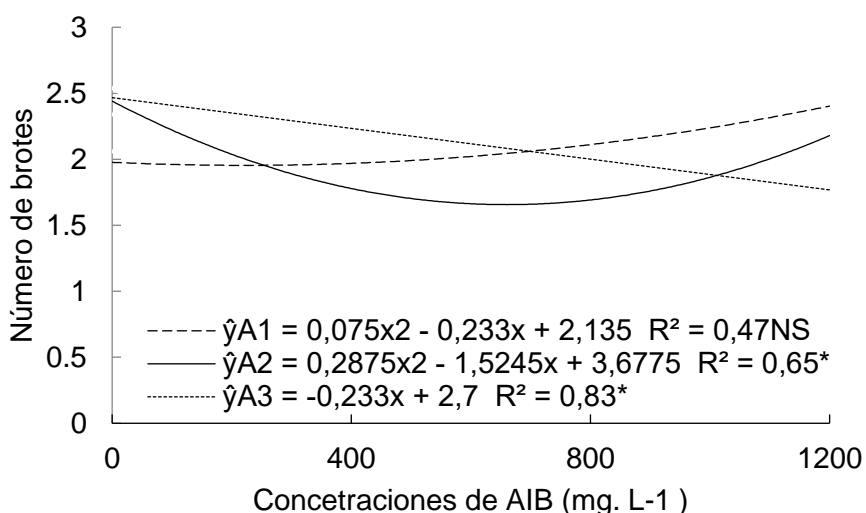
Al parecer en este trabajo el uso de arena fina como sustrato no fue adecuado para el crecimiento de las raíces en las estacas de *Malpighia emarginata*, en ese sentido, en futuros trabajos se recomienda investigar el uso de sustratos alternativos para obtener mejores resultados de número y longitud de raíces, dado que estas características son claves para obtener plantas con adecuado sistema radicular que será de suma importancia para tener mayor sobrevivencia de las plantas en campo definitivo.

#### 4.4. Número de brotes

El Análisis de varianza según la prueba de F ( $p \leq 0,05$ ), mostró que la interacción de los factores: accesiones y concentraciones de AIB provocaron diferencias estadísticas significativas sobre la variable número de brotes en estacas de *Malpighia emarginata* L (ver Anexo Cuadro 9). En ese sentido, en la Figura 6, se observa que las diferentes accesiones de plantas de *Malpighia emarginata* L. y las diferentes concentraciones de AIB ( $\text{mg. L}^{-1}$ ) provocaron comportamiento cuadrático y lineal sobre el número de brotes en las estacas encámaras de subirrigación.

Así mismo, se observa que la emisión de brotes en las estacas de la accesión A1 se mantuvo constante, es decir que no fue influenciado por las concentraciones de AIB, por el contrario, la accesión A2 con la concentración más alta de  $1\ 200\ \text{mg. L}^{-1}$  se recupera levemente. Por otro lado, la emisión de los brotes en la accesión A3 decrece significativamente con el aumento de las concentraciones de AIB.

De este modo, las estacas pertenecientes a las accesiones A2 y A3 sin AIB presentaron los mejores resultados de 3 brotes, no obstante, las estacas de la A1 combinada con la concentración  $1\ 200\ \text{mg. L}^{-1}$  de AIB presentó los mismos resultados que la A2 y A3 sin AIB. Por otro lado, las estacas de la accesión A2 fueron las que no respondieron a las concentraciones crecientes de AIB, sin embargo, al igual que accesión A1 hubo una pequeña recuperación cuando fue combinada con la concentración de  $1200\ \text{mg. L}^{-1}$  de AIB (Figura 6).



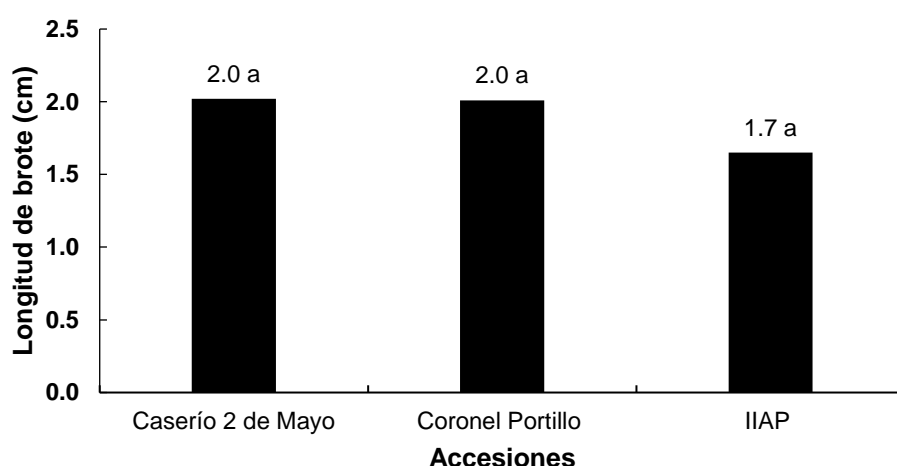
**Figura 6.** Efecto de la interacción entre las concentraciones de AIB y las accesiones sobre el número de brotes en estacas de *Malpighia emarginata* L. en cámaras de subirrigación.

En este trabajo, sin duda la emisión de brotes fue debido a la influencia de las concentraciones de AIB y a las características genéticas de cada accesión. Dado que la hormona AIB actúa directamente en la división celular, crecimiento y diferenciación celular. Otra de las razones, que hace el surgimiento de brotes, es la presencia de yemas en las estacas, pues estas se vuelven activas después que se ha cortado la zona apical, con eso surge el desarrollo de los brotes y posteriormente la formación de ramas (Hartman *et al.*, 2011).

Con todo, la emisión de brotes en las estacas fue muy importante porque desde el punto fisiológico, Mesén (1998) indica que actúan en la recuperación del balance hídrico y consecuentemente las reacciones fotosintéticas, puesto que existe un balance de crecimiento entre el brote y las raíces. En el mismo sentido, Hartmann *et al.* (2011) y Tchoundjeu *et al.* (2002) refieren que, la emisión de brotes en las estacas durante el proceso de enraizamiento es esencial porque es en estos órganos donde se produce auxinas naturales y carbohidratos, que son transportados hacia la parte inferior de las estacas para estimular el enraizamiento.

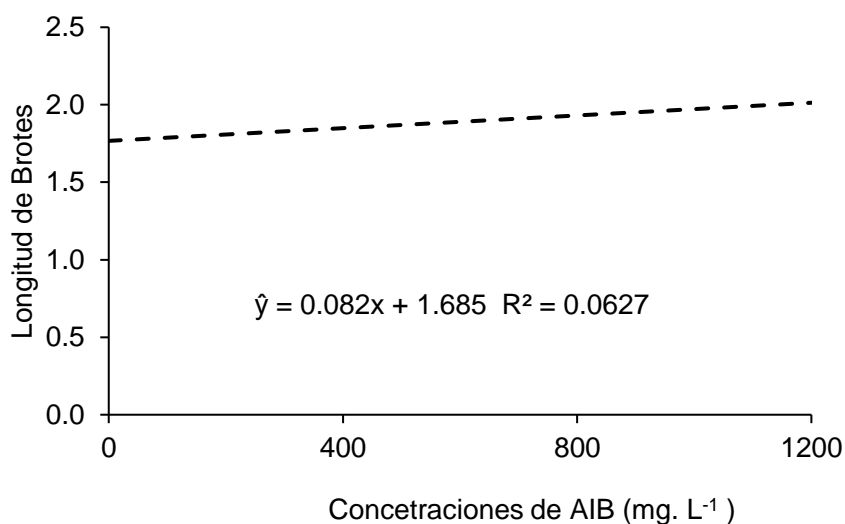
#### 4.5. Longitud de brotes

De acuerdo con el análisis de varianza mediante la prueba de F ( $p \leq 0,05$ ), las accesiones, concentraciones de AIB y la interacción de estos factores no provocaron diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0,05$ ) sobre la variable longitud de brotes en estacas de *Malpighia emarginata* L. (ver Anexo Cuadro 10), en ese sentido, al realizar la prueba de medias de Tukey a 5% de probabilidad, fue verificado que estadísticamente que las medias fueron iguales, obteniendo brotes con 1,9 cm en media (Figura 7).



**Figura 7.** Efecto de las diferentes accesiones sobre la longitud de brotes de estacas de *Malpighia emarginata* L. en cámaras de subirrigación.

De la misma manera, al realizar el análisis de regresión 5% de probabilidad (Figura 8), efectivamente fue constatado que estadísticamente las medias fueron iguales, en ese sentido, todas las concentraciones de AIB presentaron los mismos resultados, obteniendo brotes con 1,9 cm en media en las estacas de *Malpighia emarginata*.



**Figura 8.** Efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico sobre la longitud de brotes de estacas de *Malpighia emarginata* L. en cámaras de subirrigación.

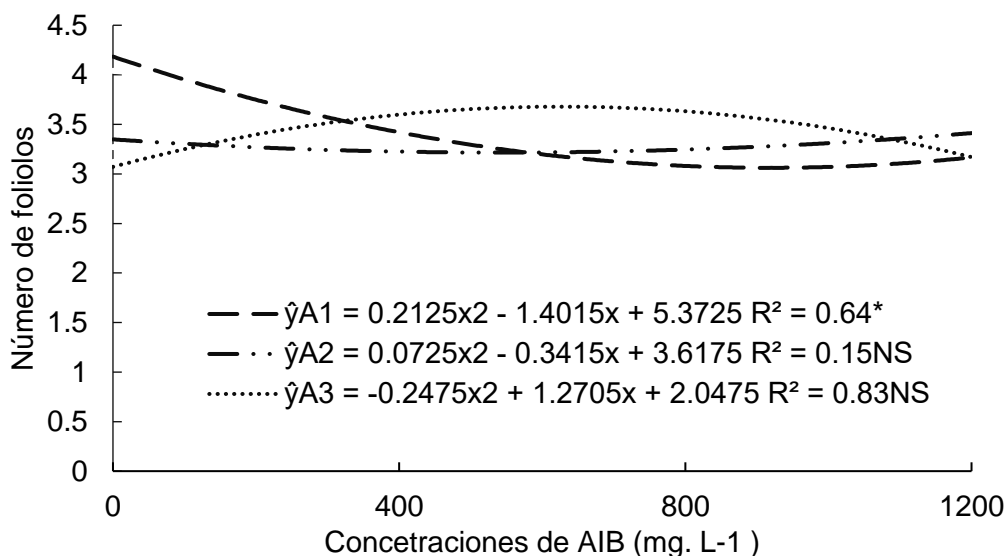
En esta variable el factor genético de la planta matriz no fue determinante para el crecimiento del brote en longitud. No en tanto, las concentraciones de AIB jugaron un papel importante en el crecimiento de los brotes en las estacas de *Malpighia emarginata*. Sin embargo, fue observado que a concentraciones mayores de AIB posiblemente causó fitotoxicidad en las estacas lo que redujo significativamente el desarrollo de los brotes en las estacas. Resultados semejantes fueron determinados por Bastos *et al.* (2004), al determinar que concentraciones mayores de AIB y expuestas a 10 segundos de inmersión provocaron fitotoxicidad en estacas de carambola.

#### 4.6. Número de folíolos

El Análisis de varianza según la prueba de F ( $p \leq 0,05$ ), mostró que la interacción de las diferentes accesiones y concentraciones de AIB provocaron diferencias estadísticas significativas sobre la variable número de folíolos en estacas de *Malpighia emarginata* L. (ver Anexo Cuadro 11).

De esta manera, fue determinado que la Accesoión(A1) obtenida de la estación

experimental del IIAP Ucayali, presentó efecto lineal decreciente significativo en función del aumento de las concentraciones de AIB. El valor máximo registrado fue de 4 foliolos en la concentración de 0 mg. L<sup>-1</sup> de AIB en la accesión A1 (IIAP). Entre tanto, las accesiones A2 (2 de Mayo) y A3 (Coronel Portillo) no presentaron diferencias estadísticas significativas con el aumento de las concentraciones de AIB, indicando que tuvo efecto similar, de este modo, la A2 y A3 registraron un valor medio de 3 foliolos, respectivamente (Figura 9).



**Figura 9.** Efecto de la interacción entre los tratamientos de concentraciones de AIB y las accesiones sobre el número de foliolos de estacas de *Malpighia emarginata* L. en cámaras de subirrigación.

Según lo verificado se puede decir que las estacas con o sin la aplicación de AIB obtuvieron resultados satisfactorios para esta variable. De todas maneras, la emisión de foliolos nuevos ayudó a mejorar el enraizamiento, porque según Moratinos *et al.* (2008), el desarrollo de estos órganos vegetativos está correlacionados, dado que las auxinas naturales se sintetizan a partir del aminoácido triptófano presentes en las hojas jóvenes y de manera general estas sustancias se mueven a través de la estaca hacia la base para el crecimiento de las raíces (Hartmann *et al.*, 2011).

## V. CONCLUSIONES

Las concentraciones 0 mg L<sup>-1</sup>, 400 mg L<sup>-1</sup>, 800 mg L<sup>-1</sup> y 1200 mg L<sup>-1</sup> de ácido indolbutírico no influenciaron el crecimiento de los brotes y de las raíces en las estacas de las tres acciones IIAP, Caserío 2 de Mayo y Coronel Portillo de *Malpighia emarginata* L, obteniendo una longitud de brote de 1,9 cm y 4,4 cm de raíces

Las accesiones IIAP, Caserío 2 de Mayo y Coronel Portillo de *Malpighia emarginata* L. no influenciaron el crecimiento de los brotes y de las raíces en las concentraciones 0 mg L<sup>-1</sup>, 400 mg L<sup>-1</sup>, 800 mg L<sup>-1</sup> y 1200 mg. L<sup>-1</sup> de ácido indolbutírico, obteniendo una longitud de brote de 1,9 cm y 4,4 cm de raíces.

La interacción de las concentraciones de ácido indolbutírico y acciones de *Malpighia emarginata* L. influenciaron de manera significativa sobre el porcentaje de enraizamiento, número de raíces, número de brotes y número de folíolos; el mayor enraizamiento se obtuvo con la concentración de 400 mg. L<sup>-1</sup> en las accesiones del IIAP (A1) y Coronel Portillo (A3) con 85%. EL mayor número de folíolos fue obtenido en la concentración de 0 mg. L<sup>-1</sup> de AIB en la accesión A1 (IIAP) con 4 folíolos y el mayor número de brotes fue obtenido en las accesiones A2 (Caserío 2 de mayo) y A3 (Coronel Portillo) sin AIB con 3 brotes.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Seguir desarrollando estudios relacionados a la producción de plantas, abarcando temas como tipo de sustratos, niveles de luminosidad, abonamiento con fertilizantes orgánicos y minerales, índices de calidad como robustez, lignificación y Dickson, entre otros, dado, que la acerola es una alternativa para el cultivo debido a su alto contenido de ácido ascórbico, flavonoides, antocianinas y carotenoides cuyo consumo es benéfico para la salud humana y para diversificar la agricultura familiar en las zonas rurales de la Amazonía Peruana.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, C; Alves, E; Sánchez-Choy, J; Andrade, V; Bardales, R; Saldaña, G. 2014. Capacidad de enraizamiento de plantas matrices promisorias de *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh en cámaras de subirrigación (en línea). *Ceres* 61(1):134–140. Consultado 4 Jul 2020. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/Gm9VSNM8NQkMdn9QN4QWxHv/?lang=es>.
- Ariza, F R; Barrios, A A; Herrera, G M; Barbosa, M F; Michel, A A; Otero, S M; Alia, T I. 2015. Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(7), 1653-1666. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000700018&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000700018&lng=es&tlng=es).
- Aguirre, A. 1988. Propagación de especies forestales nativas de la región andina del Perú. Ed. Organización de los Estados Americanos. 127 p.
- Alcántara, J; Acero, J; Alcántara, J; Sánchez, R. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal (en línea). *Nova* 17 (32): 109-129. Consultado 15 ene. 2021. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702019000200109](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200109)
- Arrázola, G; Alvis, A; Páez, M. 2014. Composición; Análisis Termofísico y Sensorial de Frutos Colombianos. Parte 2: Acerola (*Malpighia emarginata* L.) (en línea). *Información Tecnológica*. 25(3): 23-30. Consultado 2 ene. 2020. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v25n3/art05.pdf>.
- Ayres, M; Ayres, M; Ayres, D; Santos, A. 2007. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Ed. CNPq. 4 ed. Belém, PA. 381 p. Consultado 28 abr. 2020. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/263608962\\_BIOESTAT\\_\\_aplicacoes\\_estatisticas\\_nas\\_areas\\_das\\_Ciencias\\_Bio-Medicas](https://www.researchgate.net/publication/263608962_BIOESTAT__aplicacoes_estatisticas_nas_areas_das_Ciencias_Bio-Medicas).
- Caetano, P; Daiuto, E; Vieites, R. 2012. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. *Campinas* 15(3): 191-197. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/yQB9TqTYh3PbZZK75J4TBXq/?format=pdf&lang=pt>.
- Câmara, F; Soares, A; Mendonça, V; Da Cruz, R; Porto, F. 2016. Sobrevivência, enraizamento e biomassa de miniestacas de aceroleira utilizando extrato de tiririca (en línea).

Comunicata Scientiae 7(1): 133-138. Consultado 20 mar 2021. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/302982737\\_Sobrevivencia\\_enraizamiento\\_e\\_biomassa\\_de\\_miniestacas\\_de\\_aceroleira\\_utilizando\\_extrato\\_de\\_tiririca](https://www.researchgate.net/publication/302982737_Sobrevivencia_enraizamiento_e_biomassa_de_miniestacas_de_aceroleira_utilizando_extrato_de_tiririca).

Cunha Neto, J; Rabelo, M; Bertini, C; Marques, G; Alcantara, M. 2012. Caracterização agronômica e potencial antioxidantes de frutos de clones de aceroleira (en línea). *Ciência Agronômica* 43 (1): 713-721. Consultado 12 Jun 2020. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/285363353\\_Caracterizacao\\_agronomica\\_e\\_potencial\\_antioxidante\\_de\\_frutos\\_de\\_clones\\_de\\_aceroleira](https://www.researchgate.net/publication/285363353_Caracterizacao_agronomica_e_potencial_antioxidante_de_frutos_de_clones_de_aceroleira).

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, BR). 2012. A cultura da acerola (en línea) 3 ed. Brasília, DF. 144 p. (serie ISBN 978-85-7035-130-2). Disponible en: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128278/1/PLANTAR-Acerola-ed03-2012.pdf>.

Fachinello, J. C; Hoffmann, A.; Nachtigal, J.C. 2013. Propagação de plantas frutíferas. 2edición. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília DF, 202 p, .2013.

Fernández, N; Rivero, M. 2004. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) sobre el enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L.) (en línea). *Fac. Agron. (LUZ)* 21(1): 42-46. Disponible en: [https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento\\_2004/Fernandez%20y%20Rivero.pdf](https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/suplemento_2004/Fernandez%20y%20Rivero.pdf).

Fuentelsaz, G. C. Cálculo del tamaño de la muestra, *Matronas Profesión* 2004, 5 (18), 1-9. Disponible en <https://www.federacion-matronas.org/wp-content/uploads/2018/01/vol5n18pag5-13.pdf>.

González, P A; Rodríguez, T D A; Corona, A A; Gil, V C J A. 2019. Propagación por estacas y calidad de planta en *Acer negundo* L. *Rev. mex. de cienc. forestales [online]*. 10(51), 224-243. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200711322019000100224&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200711322019000100224&lng=es&nrm=iso). ISSN 2007-1132.

Hartmann, H.T.; Kester, DE; Davies, JFT; Geneve, RL 2011. *Plant propagation: principles and practices*. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall, 915 p. Disponible en: [https://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/davies/pdf%20stuff/ph%20final%20galley/FrontMatter%20-FrontA01\\_DAVI4493\\_08\\_SE\\_FM.pdf](https://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/davies/pdf%20stuff/ph%20final%20galley/FrontMatter%20-FrontA01_DAVI4493_08_SE_FM.pdf)

Hurrell, J; Ulibarri, E; Deluchi, G; Pochettino.M. 2010. *Frutas frescas; secas y preservadas* (en línea). 1ra. ed. - Buenos Aires: L.O.L.A. - LiteratureofLatinAmerica, 304 p. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/259296114\\_Biota\\_Rioplataense\\_XV\\_Frutas\\_frutas\\_escas\\_secas\\_y\\_preservadas](https://www.researchgate.net/publication/259296114_Biota_Rioplataense_XV_Frutas_frutas_escas_secas_y_preservadas).

Leakey, R; Mesen, F; Tchoundjeu, Z; Longman, A; Newton, A. 1990. Low technology techniques for vegetative propagation of tropical trees (en línea). Commonwealth Forestry Review 69(3): 61-75. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/283960965\\_Low-technology\\_techniques\\_for\\_the\\_vegetative\\_propagation\\_of\\_tropical\\_trees](https://www.researchgate.net/publication/283960965_Low-technology_techniques_for_the_vegetative_propagation_of_tropical_trees).

Mesen, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: Uso de Propagadores de sub-Irrigación. Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. 33 p.

Moratinos, P; Flores, E; Gómez, A; Ramírez, M. 2008. Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpighia glabra* L. y *Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex D.C.) (en línea). Fac. Agron. (LUZ) 25: 405 - 420. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182008000300001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000300001)

Norberto, M; Chalfun, J; Pasqual, M; Veiga, D; Pereira, GE; Mota, JH. 2001. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). Ciência e Agrotecnologia, 25 (3): 533-541. Consultado 25 sep.2020.

Paiva, NH; Gomes, JM. 2013. Propagação de espécies florestais. Viçosa, MG: 1Ed. UFV, 52p.

Queupumil, H. 2004. Evaluación de dos sistemas de riego microjet y goteo, con la utilización de dos sustratos (turba y tierra — arena), en la propagación vegetativa por estacas de *Drimys winteri*, forst, (canelo) bajo condiciones de invernadero en la comunidad indígena Millapan Romero". Tesis. Ing. Agr. Universidad Católica de Temuco. Temuco, CH. 53p.

Ramos, R. 2018. Uso de reguladores de crecimiento em plantas e estacas de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) (en línea). Dissertação submetida ao Programa de PósGraduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba. 77 p. Disponible en: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/17886/1/RRM12082020-DA396.pdf>

Ritzinger, R; Silvino, C. Fonseca, N; Machado, C. 2018. Advances in the propagation of acerola (en línea). Brasileira de Fruticultura 40 (3):1-12. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/326662471\\_Advances\\_in\\_the\\_propagation\\_of\\_acerola](https://www.researchgate.net/publication/326662471_Advances_in_the_propagation_of_acerola).

Rivero, G; Ramírez, M; Caraballo, B; Guerrero, R. 2005. Enraizamiento de estacas de

semeruco (*Malpighia emarginata* Sessé&Moc. ex DC) (en línea). Fac. Agron. (LUZ). 22: 129-141. Disponible en: [https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/abril\\_junio2005/ra2054.pdf](https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/abril_junio2005/ra2054.pdf).

Rojas, P; Arce, P; Arriagada, M. 1997. Propagación vegetativa por estacas en *Eucalyptus camaldulensis* Dehn (en línea). Ciencia e Investigación Forestal 1:1-8. Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/10728>.

Sánchez, S T; Chichipe, P A; Huaman, P A; Morales, R E; Chavez, Q S. 2020. Efecto del área foliar y bioestimulantes en la propagación vegetativa de café especial (*Coffea arabica* L. var. *typica*) en cámara de subirrigación. Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable, 4(3), 1-7. Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/663>.

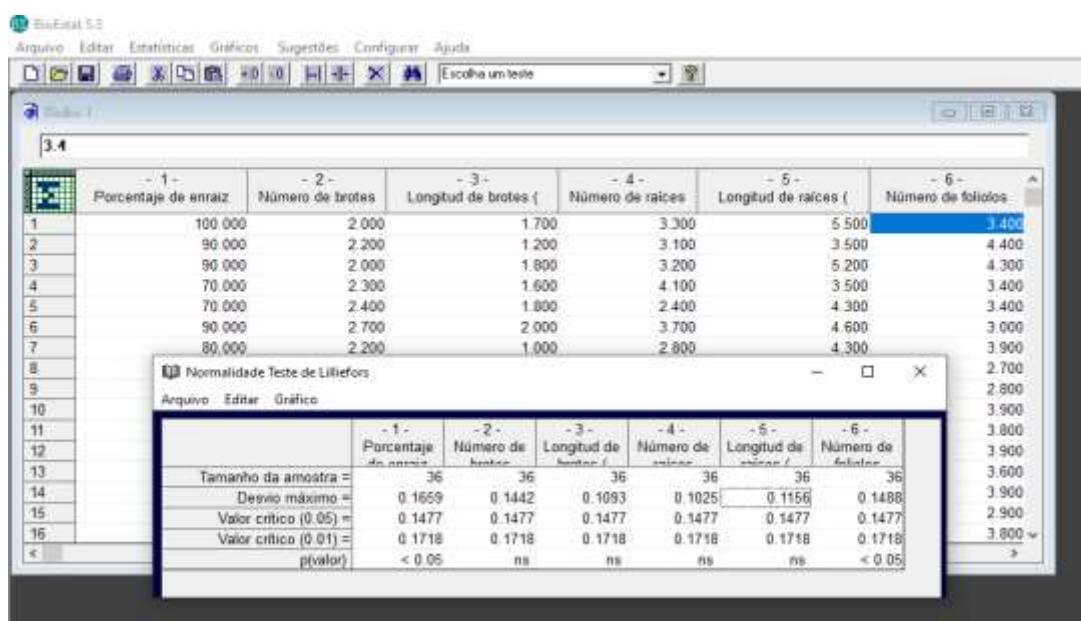
Sisaro, D; Hagiwara, J.C. 2016. Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo, Libro digital, 1ª ed. Hurlingham, Ediciones INTA, 16 p.

Tavares, M; Kersten, E; Siedwerdt, F. 1995. Efeitos do ácido indolbutírico e da época de coleta no enraizamento de estacas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) (en línea). Scientia Agrícola, 52 (2): 310-317. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/sa/a/4FL7wRbWPvCHNc9RjJhJCNh/?lang=pt>

Vargas, G; Arellano, G; Soto, R. 1999. Enraizamiento de estacas de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.) sometidas a aplicaciones de auxinas (en línea). Bioagro 11:103-108. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/28095416\\_Enraizamiento\\_de\\_estacas\\_de\\_icaco\\_Chrysobalanus\\_icaco\\_L\\_sometidas\\_a\\_aplicaciones\\_de\\_aixinas](https://www.researchgate.net/publication/28095416_Enraizamiento_de_estacas_de_icaco_Chrysobalanus_icaco_L_sometidas_a_aplicaciones_de_aixinas)

Viguera, B; Martínez, M; Donatti, C; Harvey, C; Alpizar, F. 2017. El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). Turrialba, CR. 44 p. disponible en: [https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade\\_modulo-1-el-clima-el-cambio-climatico-la-vulnerabilidad-y-acciones-contra-el-cambio-climatico.pdf](https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-1-el-clima-el-cambio-climatico-la-vulnerabilidad-y-acciones-contra-el-cambio-climatico.pdf)

## VIII. ANEXOS



**Figura 10.** Prueba de normalidad de Lilliefors para cada una de las variables en estudio.

**Cuadro 6.** Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento en estacas, por efecto de la interacción entre accesiones de *Malpighia emarginata* L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	Pr>F <sub>c</sub>
Accesión (A)	2	738,88	369,44	4.156	0,0282*
Concentraciones (C)	3	733,33	244,44	2.750	0,0648 ns
A x C	6	2016,66	336,11	3.781	0,0086*
Residuo	24	2133,33	88,88		
CV (%)			12,12		

\*-significativo y ns-no significativo, según la prueba de F a 5 % de probabilidad

**Cuadro 7.** Análisis de varianza para el número de raíces en estacas por efecto de la interacción entre accesiones de *Malpighia emarginata* L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	Pr>Fc
Accesión (A)	2	2,98	1,49	4,867	0,0168 *
Concentraciones (C)	3	0,24	0,08	0,261	0,8526 ns
A x C	6	5,02	0,83	2,726	0,0365 *
Residuo	24	7,36	0,30		
CV (%)			17,13		

\*-significativo y ns-no significativo, según la prueba de F a 5 % de probabilidad

**Cuadro 8.** Análisis de varianza para longitud de raíces en estacas por efecto de la interacción entre accesiones de *Malpighia emarginata* L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	Pr>Fc
Accesión (A)	2	4,11	2,05	2,608	0,0944 ns
Concentraciones (C)	3	0,91	0,30	0,388	0,7629 ns
A x C	6	3,50	0,58	0,740	0,6226 ns
Residuo	24	18,93	0,78		
CV (%)			20,51		

\*-significativo y ns-no significativo, según la prueba de F a 5 % de probabilidad

**Cuadro 9.** Análisis de varianza para número de brotes en estacas por efecto de la interacción entre accesiones de *Malpighia emarginata* L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	Pr>Fc
Accesión (A)	2	0,11	0,05	0,553	0,5824 ns
Concentraciones (C)	3	0,82	0,27	2,737	0,0657 ns
A x C	6	2,41	0,40	4,035	0,0062 *
Residuo	24	2,39	0,09		
CV (%)			15, 20		

\*-significativo y ns-no significativo, según la prueba de F a 5 % de probabilidad

**Cuadro 10.** Análisis de varianza para longitud de brote en estacas por efecto de la interacción entre accesiones de *Malpighia emarginata* L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	Pr>Fc
Accesión (A)	2	1,09	0,54	0,967	0,3947 ns
Concentraciones (C)	3	4,87	1,62	2,875	0,0572 ns
A x C	6	5,09	0,84	1,503	0,2196 ns
Residuo	24	13,56	0,56		
CV (%)			39,70		

\*-significativo y ns-no significativo, según la prueba de F a 5 % de probabilidad

**Cuadro 11.** Análisis de varianza para número de foliolos en estacas por efecto de la interacción entre accesiones de *Malpighia emarginata* L. y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	FC	Pr>Fc
Accesión (A)	2	0,14	0,07	0,297	0,7458 ns
Concentraciones (C)	3	1,00	0,33	1,337	0,2858 *
A x C	6	3,80	0,63	2,541	0,0477 *
Residuo	24	5,99	0,24		
CV (%)			14,77		

\*-significativo y ns-no significativo, según la prueba de F a 5 % de probabilidad



**Cuadro 12.** Base de datos del experimento de acuerdo con el diseño experimental utilizado.

Concentracion es de AIB (ml L <sup>-1</sup> )	Accesi ones de acerola	Repe ti.	Porcentaje de enraizamien to (%)	Núme ro de brotes	Longi. Brote (cm)	Nº raice s	Long i. Raíz (cm)	Nº de foliolo s
0	1	1	100.0	2.0	1.7	3.3	5.5	3.4
0	1	2	90.0	2.2	1.2	3.1	3.5	4.4
0	1	3	90.0	2.0	1.8	3.2	5.2	4.3
0	2	1	70.0	2.3	1.6	4.1	3.5	3.4
0	2	2	70.0	2.4	1.8	2.4	4.3	3.4
0	2	3	90.0	2.7	2.0	3.7	4.6	3.0
0	3	1	80.0	2.2	1.0	2.8	4.3	3.9
0	3	2	70.0	2.3	0.6	2.3	4.1	2.7
0	3	3	60.0	2.5	0.8	3.8	4.7	2.8
400	1	1	90.0	1.8	2.5	3.6	4.9	3.9
400	1	2	90.0	2.0	1.0	3.6	3.8	3.8
400	1	3	90.0	1.3	2.1	3.0	4.6	3.9
400	2	1	60.0	1.3	4.2	3.0	4.6	3.6
400	2	2	80.0	1.9	2.3	2.9	4.4	3.9
400	2	3	70.0	1.3	2.2	3.8	3.7	2.9
400	3	1	90.0	2.5	1.8	3.3	3.2	3.8
400	3	2	70.0	2.8	2.1	3.3	6.1	3.2
400	3	3	80.0	2.0	2.9	3.1	3.8	3.4
800	1	1	50.0	2.8	2.0	4.6	3.7	3.4
800	1	2	70.0	2.3	1.9	3.4	6.2	2.1
800	1	3	70.0	2.0	0.9	2.7	5.7	2.4
800	2	1	70.0	2.1	1.2	2.9	4.0	3.1
800	2	2	50.0	1.5	3.6	3.2	2.8	3.4
800	2	3	60.0	2.3	1.2	3.5	4.5	2.5
800	3	1	100.0	1.7	2.2	2.6	5.2	4.2
800	3	2	80.0	2.3	3.4	3.9	4.7	3.9
800	3	3	80.0	2.1	2.6	3.3	3.7	3.3
1200	1	1	90.0	2.4	1.2	4.8	4.0	3.6
1200	1	2	80.0	2.1	2.1	4.0	3.7	4.0
1200	1	3	80.0	2.4	1.3	4.4	4.2	2.4
1200	2	1	90.0	1.7	1.4	2.6	4.5	3.7
1200	2	2	80.0	2.3	1.4	2.5	2.2	3.4
1200	2	3	70.0	2.3	1.5	1.9	3.2	3.4
1200	3	1	90.0	1.2	2.4	2.9	4.7	3.6
1200	3	2	70.0	2.0	1.0	2.1	5.6	3.0
1200	3	3	80.0	1.9	3.4	3.0	4.5	2.8



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
 Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA**  
 Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura - IVITA  
 Estación Experimental Pucallpa  
 Herbario Regional de Ucayali IVITA – Pucallpa (HRUIP)



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

**CONSTANCIA N° 0008-HRUIP-IVITA-2021**  
**DETERMINACIÓN DE MUESTRAS BOTÁNICAS**

El Herbario Regional de Ucayali IVITA – PUCALLPA hace constar que, a solicitud de la bachiller **Gissela Saldaña Ríos**, identificada con DNI 46138167, egresada de la **Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, carrera profesional de Ingeniería Agroforestal Acuícola de la **Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA)**, región Ucayali. Se proporciona la determinación botánica de tres especímenes colectados bajo la ejecución de la tesis de pregrado titulada: *Efecto de diferentes concentraciones de ácido indol butírico y accesiones de **Malpighia emarginata** DC. (MALPIGHIACEAE) en el enraizamiento de estacas en cámaras de subirrigación en Yarinacocha, Ucayali.*

Las **tres muestras** proporcionadas se clasifican y ubican sistemáticamente, de acuerdo con la clasificación vigente (APG IV, 2016), de la siguiente manera:

TAXON	Planta 1 - Accesión IIAP	Planta 2 - Caserío 2 de mayo	Planta 3 - Coronel Portillo
Clase:	Equisetopsida C. Agardh	Equisetopsida C. Agardh	Equisetopsida C. Agardh
Subclase:	Magnoliidae Novák ex Takht.	Magnoliidae Novák ex Takht.	Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden:	Rosanae Takht.	Rosanae Takht.	Rosanae Takht.
Orden:	Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl	Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl	Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl
Familia:	Malpighiaceae Juss.	Malpighiaceae Juss.	Malpighiaceae Juss.
Género:	<i>Malpighia</i> L.	<i>Malpighia</i> L.	<i>Malpighia</i> L.
Especie	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	<i>Malpighia emarginata</i> DC.

Sin otro particular, se expide el presente documento a solicitud de los interesados para los fines convenientes.



Dr. **Carlos Mariano Alvez Valles, Blgo.**  
 Responsable (e) del Herbario Regional de Ucayali IVITA – Pucallpa  
 Registro CBP No. 13464

Pucallpa, 22 de Setiembre del 2021

Herbario Regional de Ucayali IVITA – Pucallpa (HRUIP)  
 RDG N° 349-2016-SERFOR/DGGSPFFS (código AUT-ICND-2016-014)  
 Jr. Iquitos # 353, Callería, Pucallpa

Figura 11. Constancia de determinación de muestras botánicas.



**Figura 12.** Desinfección de estacas de acerola en solución fungicida (Cupravit®)



**Figura 13.** Inmersión de las estacas de acerola en las diferentes concentraciones de ácido indolbutírico.



**Figura 14.** Instalación de las estacas de acerola en la cama de subirrigación.



**Figura 15.** Evaluación de las variables de enraizamiento en las estacas de acerola.