

NILSEN LASSO-RIVAS

Editor

**ESTUDIOS EN FISIOLÓGÍA DE
ALGUNAS ESPECIES VEGETALES
PROMISORIAS EN EL PACÍFICO
VALLECAUACANO**

ED
EDITORIAL DIKÉ



EDITORIAL DIKÉ



EDITORIAL DIKÉ



EDITORIAL DIKÉ



EDITORIAL DIKÉ

EDITORIAL DIKÉ



EDITORIAL DIKÉ



EDITORIAL DIKÉ



EDITORIAL DIKÉ

EDITORIAL DIKÉ



EDITORIAL DIKÉ



EDITORIAL DIKÉ



EDITORIAL DIKÉ

E|D
EDITORIAL DIKÉ



E|D
EDITORIAL DIKÉ



E|D
EDITORIAL DIKÉ



E|D
EDITORIAL DI

E|D
EDITORIAL DIKÉ



E|D
EDITORIAL DIKÉ



E|D
EDITORIAL DIKÉ



E|D
EDITORIAL DI

E|D
EDITORIAL DIKÉ



E|D
EDITORIAL DIKÉ



E|D
EDITORIAL DIKÉ



E|D
EDITORIAL DI

ESTUDIOS EN FISIOLÓGÍA DE
ALGUNAS ESPECIES VEGETALES
PROMISORIAS EN EL PACÍFICO
VALLECAUACANO

I.S.B.N 978-958-5134-44-7

I.S.B.N Digital 978-958-5134-45-4

© Nilsen Lasso Rivas 2020

© Editorial Díké S.A.S. 2020

www.editorialdike.com

Editorial Díké S.A.S.

Cel.: 301 242 7399 - e-mail: dikesascomercial@gmail.com

Medellín - Colombia

Bogotá D.C. Librería

Calle 23 sur # 27- 41 Barrio Santander Tel.: 704 6822

Cel.: 301 242 7399 - e-mail: dikesasgerencia@gmail.com

San José de Costa Rica

Teléfono: 83 02 10 54 - Telefax: 22 14 25 23

e-mail: jadguzman@yahoo.com

editorialdike@hotmail.com

Caracas-Venezuela

Av. Urdaneta, esq. Ibarra, edf. Pasaje la Seguridad, P.B. Local 19, Caracas 1010 /

info@paredes.com.ve / Tels.: 58 (212) 564-15-05 / 563-55-90/06-04

RIF: J-30797099-5

Panamá

Calle Parita, Bulevar Ancón, Casa 503, Corregimiento de Ancón, Ciudad de Panamá. Tel.: 50767814196 / borisbarrios@lawyer.com

Diseño y diagramación

Lucio F. Chunga Cheng

e-mail: dikesas.diagramacion@gmail.com

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, ni su préstamo, alquiler o cualquier otra forma de cesión de uso del ejemplar, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

NILSEN LASSO RIVAS

ESTUDIOS EN FISIOLÓGÍA DE
ALGUNAS ESPECIES VEGETALES
PROMISORIAS EN EL PACÍFICO
VALLECAUCANO



Catalogación en la publicación

Lasso Rivas, Nilsen

Estudios en fisiología de algunas especies vegetales promisorias en el pacífico vallecaucano / Nilsen Lasso Rivas. – Buenaventura: Editorial Diké, Universidad del Pacífico, 2021.

128 páginas: ilustraciones; 24 cm.

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN : 978-958-5134-44-7 - 978-958-5134-45-4 Digital

1. Drenajes 2. Cormos 3. Anegamiento 4. Papa China 5. Región Pacífica Colombiana

6. Producción I. Lasso Rivas, Nilsen II. Universidad del pacífico.

SCDD 571.2 ed. 23

CO-CaUSC

JRGB/2021

Editorial Diké S.A.S.

Eduardo Quiceno Álvarez

Presidente Honorario del Comité Editorial

Sebastián Quintero Ocampo

Director Editorial

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INFLUENCIA DEL DRENAJE SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LA PAPA CHINA
(*COLOCASIA ESCUENTA*), EN CONDICIONES AMBIENTALES DE BUENAVENTURA D.E.
VALLE DEL CAUCA

1.	<i>Introducción</i>	13
2.	<i>Materiales y métodos</i>	15
2.1.	<i>Localización</i>	15
2.2.	<i>Material de siembra</i>	16
2.3.	<i>Análisis de suelo</i>	16
2.4.	<i>Diseño experimental</i>	16
2.5.	<i>Análisis de datos</i>	17
3.	<i>Resultados y discusión</i>	17
3.1.	<i>Análisis de variables de crecimiento</i>	17
3.2.	<i>Efecto de las propiedades físicas químicas del suelo en las variables de desarrollo</i>	20
4.	<i>Conclusión</i>	23
5.	<i>Literatura citada</i>	23

CAPÍTULO II

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFLA Y NITRÓGENO EN PLANTAS DE
CHONTADURO (*BACTRIS GASIPAEs* KUNTH) MEDIANTE EL USO DEL MEDIDOR
DE CLOROFLA TYS-A

1.	<i>Introducción</i>	29
2.	<i>Metodología</i>	31

2.1.	<i>Localización</i>	31
2.2.	<i>Determinación del índice de verdor de la hoja</i>	32
2.3.	<i>Determinación de la concentración de clorofila por el método DMSO</i>	32
2.4.	<i>Determinación de concentración de nitrógeno en la hoja</i>	33
2.5.	<i>Análisis estadístico</i>	33
3.	<i>Resultados y discusión</i>	34
3.1.	<i>Relación entre el índice de verdor SPAD con el contenido de clorofila</i>	34
3.2.	<i>Relación entre el índice de clorofila SPAD con el contenido de nitrógeno foliar</i>	39
3.3.	<i>Modelos para la estimación de clorofila y nitrógeno</i>	39
4.	<i>Conclusión</i>	40
5.	<i>Literatura citada</i>	40

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) ASOCIADOS AL CEDRO ROSADO (*CEdREIA OdORATA* L.) EN UN SISTEMA AGROFORESTAL EN EL CORREGIMIENTO DEL BAJO CALIMA, BUENAVENTURA, VALLE DEL CAUCA

1.	<i>Introducción</i>	47
2.	<i>Metodología</i>	49
2.1.	<i>Área de estudio</i>	49
2.2.	<i>Obtención de muestras de raíces</i>	49
2.3.	<i>Tinción y determinación de raíces micorrizadas</i>	50
2.4.	<i>Evaluación morfológica de las esporas</i>	51
2.5.	<i>Análisis de los datos</i>	51
3.	<i>Resultados y discusión</i>	52
3.1.	<i>Porcentaje de colonización de raíces</i>	52
3.2.	<i>Evaluación morfológica de las esporas</i>	57
3.3.	<i>Resultado de los análisis de suelo</i>	60
4.	<i>Conclusión</i>	65

5. <i>Literatura citada</i>	66
-----------------------------------	----

CAPÍTULO IV

INFLUENCIA DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE MAÍZ CHOCOCITO SOMETIDAS A ESTRÉS HÍDRICO

1. <i>Introducción</i>	79
2. <i>Metodología</i>	81
2.1. <i>Localización</i>	81
2.2. <i>Material vegetal</i>	81
2.3. <i>Diseño experimental y análisis estadístico</i>	81
2.4. <i>Inoculación micorrízica</i>	83
2.5. <i>Variables evaluadas</i>	83
2.6. <i>Determinación del porcentaje de colonización de las raíces</i>	84
3. <i>Resultados y discusión</i>	84
3.1. <i>Análisis de suelo</i>	84
3.2. <i>Análisis de crecimiento</i>	85
3.3. <i>Efectos sobre las variables fisiológicas</i>	86
3.4. <i>Porcentaje de colonización de las raíces</i>	90
4. <i>Conclusión</i>	93
5. <i>Literatura citada</i>	93

CAPÍTULO V

CARACTERIZACIÓN ETNOBOTÁNICA DE PLANTAS MEDICINALES Y EVALUACIÓN DE MULTIPLICACIÓN ASEXUAL POR ESTACAS DE CINCO ESPECIES PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN VIVERO EN LA VEREDA ZACARÍAS, DISTRITO ESPECIAL DE BUENAVENTURA, VALLE DEL CAUCA

1. <i>Introducción</i>	101
------------------------------	-----

2.	<i>Metodología</i>	103
2.1.	<i>Localización</i>	103
2.2.	<i>Identificación de plantas aromáticas y medicinales</i>	103
2.3.	<i>Evaluación de enraizantes</i>	104
3.	<i>Resultados y discusión</i>	105
3.1.	<i>Encuestas a los habitantes de la zona</i>	105
3.2.	<i>Plantas medicinales empleadas en la medicina tradicional en la comunidad de Zacarías río Dagua</i>	109
3.3.	<i>Evaluación de enraizantes</i>	117
4.	<i>Conclusión</i>	123
5.	<i>Literatura citada</i>	123

CAPÍTULO I

INFLUENCIA DEL DRENAJE SOBRE EL CRECIMIENTO y PRODUCCIÓN DE LA PAPA CHINA (*COLOCASIA ESCUENTA*), EN CONDICIONES AMBIENTALES DE BUENAVENTURA D.E. VALLE DEL CAUCA

Malvin Carabali Bonilla, Nilsen Lasso-Rivas

RESUMEN

En este ensayo se evaluó el efecto de la implementación de drenajes en el crecimiento y producción del cultivo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) bajo condiciones ambientales de la vereda Zacarías, Buenaventura D.E., Valle del Cauca. El experimento consistió en sembrar plantas de papa china en parcelas sin drenaje y con drenajes de 40 cm y 60 cm de profundidad, el diseño del experimento consistió en un diseño de bloques completamente al azar (BCAA) con 4 repeticiones para un total de 216 plantas. Los resultados mostraron que aunque tratamiento con drenajes no tuvo un efecto significativo en las variables de crecimiento (altura, área foliar, y número de hojas), éste sí tuvo un efecto significativo en las variables de producción (peso y volumen del cormo). En general, las plantas crecidas con el drenaje de mayor profundidad (60 cm) presentaron cormos más pesados y de mayor volumen que las plantas del control o aquellas crecidas con drenaje de 40 cm. Teniendo en cuenta que la mayoría de las variedades de papa china están adaptadas a condiciones de alta humedad, el efecto benéfico de la implementación de drenajes indicaría que la variedad cultiva-

da por los agricultores del corregimiento número ocho pertenece al grupo de variedades que están adaptadas a condiciones más secas. Se recomienda a los agricultores de la zona el implementar drenajes profundos con la finalidad de aumentar la productividad de los cultivos de papa china.

Palabras Claves: Drenajes, papa china, cormos, anegamiento, rendimiento, producción, Región pacífica colombiana.

ABSTRACT

In this trial, the effect of drainage implementation on the growth and production of the Chinese potato crop (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) was evaluated under environmental conditions of the Zacarías village, Buenaventura D.E., Valle del Cauca. The experiment consisted of sowing Chinese potato plants in plots without drainage and with drains 40 cm and 60 cm deep, the design of the experiment consisted of a completely randomized block design with 4 repetitions for a total of 216 plants. The results showed that although drainage treatment did not have a significant effect on the growth variables (height, leaf area, and number of leaves), it did have a significant effect on the production variables (weight and volume of the corm). In general, plants grown with drainage of 60 cm depth presented heavier corms and of greater volume than control plants or aqullas grown with drainage of 40 cm. Given that most varieties are adapted to high soil humidity conditions, the beneficial effect of drainage implementation would indicate that the variety cultivated by the farmers of Zacarías belongs to the group that is adapted to drier conditions. Farmers in the area are recommended to implement deep drains in order to increase the productivity of Chinese potato crops.

Key Words: Drainage, Chinese potato, corms, waterlogging, yield, production, Colombian Pacific Region

1. INTRODUCCIÓN

La papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott: Araceae) también conocida en algunas partes de Colombia como mafafa o malanga, es un cultivo antiguo originado en la región indo-malaya y en la actualidad a sirve como fuente básica en la dieta de millones de personas de todo el mundo (Rao et al. 2010). Para el año (Cuál año?) el área sembrada a nivel mundialmente se estimaba en 2 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 6 t/ha. (Singh et al. 2012), siendo la mayor parte de la producción mundial proveniente de países en desarrollo caracterizados por sistemas de producción de pequeños (Akwee et al. 2015). La papa china se produce mundialmente a partir de aproximadamente 2 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 6 t/h. (Singh et al. 2012), La mayor parte de la producción mundial proviene de países en desarrollo caracterizados por sistemas de producción de pequeños propietarios que dependen de la entrada mínima de recursos externos (Akwee et al. 2015). La papa china es una planta herbácea que posee un cormo central comestible del que se originan las raíces y la parte aérea. Las hojas consisten de un peciolo erecto y largo (hasta de un metro) con una lámina foliar entera y ovalada, grande y brillante (Arboleda y Gutiérrez 2016); las hojas contienen altos niveles de proteína y también son una excelente fuente de caroteno, potasio, calcio, fósforo, hierro, riboflavina, tiamina, niacina, vitamina A, vitamina C y fibra dietética (Bradburry y Holloway 1988); en algunas partes del mundo las hojas también tienen uso medicinal empleándose para el tratamiento de tuberculosis, úlceras, congestión pulmonar y la infección por hongos (Singh et al. 2011). Esta especie se caracteriza por poseer un rápido desarrollo vegetativo, la planta es fácil de cultivar y muy resistente al ataque de plagas y enfermedades (Caicedo 2014).

El valor nutricional de la papa china radica en su alto contenido de carbohidratos, proteínas, además de ser una buena fuente de fibra, vitamina A, C, calcio y fósforo (Pua et al. 2019, Torres et al. 2013).

Colocasia esculenta posee una gran diversidad genética que se extiende sobre regiones tropicales, en la actualidad se reconocen ocho variedades siendo las más frecuentemente cultivadas *Colocasia esculenta* var. *esculenta* Schott (tipo Dasheen) y *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum* Schott (tipo Eddoe) (Lebot y Aradhya 1991). Sin embargo, en la actualidad se desconocen a cuál de los tipos anteriormente mencionados pertenecen las variedades cultivadas en la región Pacífica colombiana. Vale la pena mencionar que aunque la mayoría de las variedades de papa china cultivadas poseen un alto requerimiento de humedad, con precipitaciones mayores a 2000 mm/año, existen variedades que no toleran crecer bajo condiciones de alta humedad del suelo (Onwueme 1978, Lozada 2005). En cuanto al pH, el cultivo requiere suelos ligeramente ácidos 5,5 - 6,5 (Montaldo 1991).

Con relación a la producción del cultivo se tiene que a partir del año 2011 se ha dado una disminución en la producción y el rendimiento del cultivo, así mientras que para el año 2011 se tenía un área sembrada de 1133 ha con una producción de 12084.4 toneladas, para el año 2018 el área sembrada era de 1167.43 ha con un rendimiento 8094.27 toneladas (Agronet 2019). El rendimiento mostró una disminución mucho mas dramática a partir de 2009 pasando de 13.28 ton/ha a 6.93 ton/ha en el año 2018. A nivel regional el departamento con más área sembrada fue Nariño con 535 h. seguido por el Valle del Cauca con 320 h. En el Valle del Cauca la dinámica en la producción fue fluctuante: el año más productivo fue el 2003 cuando registró un total de 4006 toneladas producidas, el de menor producción lo registró en 2009 con un total de 800 ton, la producción del año 2010 permaneció constante, en el año 2011 se dio un repunte en la producción con un total

de 2.560 toneladas, pero para el año 2018 la producción había descendido a 1.600 toneladas (Gobernación del Valle del Cauca. 2018). Algunos investigadores mencionan que la papa china es más productiva en suelos bien abonados, para el buen desarrollo de los cormos, los fosfatados estimulan el vigoroso desarrollo de la raíz (Manaeses y Fernández 1970). De acuerdo a algunas investigaciones realizadas en el Distrito Especial de Buenaventura Valle del Cauca, en el cultivo de papa china mientras las distancias de siembra más cortas disminuyen el rendimiento de cormos por planta, mayores distancias generan mayor rendimiento de cormos por planta, pero resultan en rendimientos bajos por hectárea (Lasso-Rivas y Cundumi 2016).

Aunque la papa china es un cormo que los agricultores del Pacífico colombiano han sembrado tradicionalmente, este cultivo no está tecnificado y se desconocen muchos aspectos de la fisiología, enfermedades y prácticas adecuadas de manejo del cultivo. Esta falta de conocimiento lleva a que el rendimiento potencial del cultivo no se alcance (Ararat et al. 2014). Uno de los aspectos desconocidos es el nivel óptimo de humedad del suelo requerido por el cultivo, de acuerdo con la experiencia de agricultores locales el rendimiento del cultivo de papa china se ve influenciado por dicho factor pues reportan que los cultivos aumenta su productividad cuando se drena el suelo, lo anterior implicaría que en esta región se siembra papa china tipo "Highland" la cual es susceptible al aniego. Esta investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la profundidad del drenaje sobre el crecimiento y el rendimiento del cultivo de papa china.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

La investigación se realizó en la vereda de Zacarías zona baja del río Dagua, corregimiento No 8, del Distrito Especial de Buenaventura, Departamento del Valle del Cuaca. Con una precipita-

ción media anual de 6.000mm, temperatura promedio de 25,6 – 26,1°C, brillo solar efectivo promedio de 3 horas / día y humedad relativa del 86 – 88%.

2.2. Material de siembra

Como material de siembra se utilizaron secciones basales de la planta. Las secciones basales de las plantas se obtuvieron haciendo un recorrido en la misma zona de Zacarías - Río Dagua. Se hizo una escogencia de plantas madre que tuvieran un tamaño apropiado para la siembra y no presentaran síntomas de problemas fitosanitario.

2.3. Análisis de suelo

De las propiedades físicoquímicas del suelo se evaluaron la humedad y el pH. Estos registros se hicieron cada 30 días. Para medir la humedad se tomaron muestras de suelo utilizando el método del cilindro, se pesaba el suelo húmedo y se le restaba el peso del cilindro, luego se ponía a secar, y a los datos del suelo húmedo se le restaba los datos del suelo seco para obtener el porcentaje de humedad. Para medir el pH se recolectaron las muestras, se pusieron a secar, se molían y se hacía la mezcla de 60 g de suelo con 120 ml de agua.

2.4. Diseño experimental

El experimento consistió en evaluar el efecto de dos profundidades de drenaje 40 y 60 cm en el crecimiento y producción de plantas de papa china. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCAA) con 4 repeticiones, para un total de 216 plantas. El material vegetal se sembró a una distancia de 1 m x 1 m, para un tamaño de parcela de 3 x 6 metros, para un total de 18 plantas por parcela. De cada parcela se cosecharon las 4 plantas centrales, lo que equivale a un área útil de 4m². Se evaluaron variables de crecimiento tales como: altura de la planta, número de hojas, área foliar. También se evaluaron variables de producción como diámetro y peso del cormo. Las variables de crecimiento se midieron

cada 15 días durante los 6 meses que duró la investigación.

2.5. Análisis de datos

Para el análisis de los datos las variables volumen y rendimiento del cormo se les realizó análisis de varianza, se utilizó el criterio de diferencia mínima significativa para la comparación de promedios de tratamiento. A las variables de crecimiento, se realizó análisis de regresión, para establecer la relación funcional entre el tiempo y las variables altura de planta, área foliar y número de hojas, así: Para altura de planta y área foliar, se utilizó el modelo de regresión logístico, Para número de hojas, se utilizó el modelo de regresión cuadrático, Para establecer la relación entre el pH y el contenido de humedad del suelo con la altura de planta, área foliar y número de hojas, se utiliza el análisis de correlación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de variables de crecimiento

De acuerdo a los resultados del análisis de regresión muestra que las variables de desarrollo (altura, área foliar y número de hojas) están correlacionadas con el drenaje a través del tiempo (Tabla 1). En cuestión de la altura, el drenaje de 40 cm y el drenaje de 60 cm, las gráficas muestran que las plantas tuvieron un crecimiento similar los primeros 75 días, luego de los 100 días en adelante, el crecimiento de las plantas del drenaje de 60 cm fue más eficiente, el cual se mantuvo en el lapso de tiempo del cultivo (Figura 1). En la gráfica de área foliar muestra mucha diferencia con relación a las demás variables. La variable de 60 cm mostró desde que empezó a salir hojas a las plantas, fue mucho más grande que las hojas de las plantas sin drenaje y el drenaje de 40 cm (Figura 2). La gráfica de número de hojas, a los primeros 60 días de haber sembrado las plantas crecieron con un número de hojas similar, luego de los 70 días el drenaje de 60 cm mostró un número máximo de hojas que a los 135 días empezó a disminuir cayéndose y tomando un color

amarillento (Figura 3), esto pudo haber sido que las plantas empezaron a sufrir estrés, ya que en agosto del 2016 fue mucho mayor la precipitación en la zona. Aunque (Onwueme 1978; Montaldo 1991; Opara y Mejía 2003) afirman que la condición de las hojas es un índice de madurez para evaluar el estado de los cormos a la cosecha. La papa china está lista para cosechar, cuando la mayoría de las hojas empiezan a tornarse amarillentas.

Tabla 1. Resultado del análisis de regresión para las variables del desarrollo de las plantas.

Drenaje	Variable	Modelo	Regresores			R ² (%)
			a	b	c	
SIN DRENAJE	Altura de Planta (cm)	Logístico	86,9	2,256	0,01840	99,5
40 cm			106,6	2,445	0,01395	98,4
60 cm			101,2	2,609	0,01938	99,2
SIN DRENAJE	Área Foliar (cm ²)	Logístico	598,7	48,895	0,04293	98,5
40 cm			829,7	28,285	0,03238	99,1
60 cm			926,5	14,768	0,02980	99,0
SIN DRENAJE	Número de Hojas	Cuadrático	-	0,092	-0,00034	99,5
40 cm			-	0,084	-0,00030	99,7
60 cm			-	0,101	-0,00035	99,3

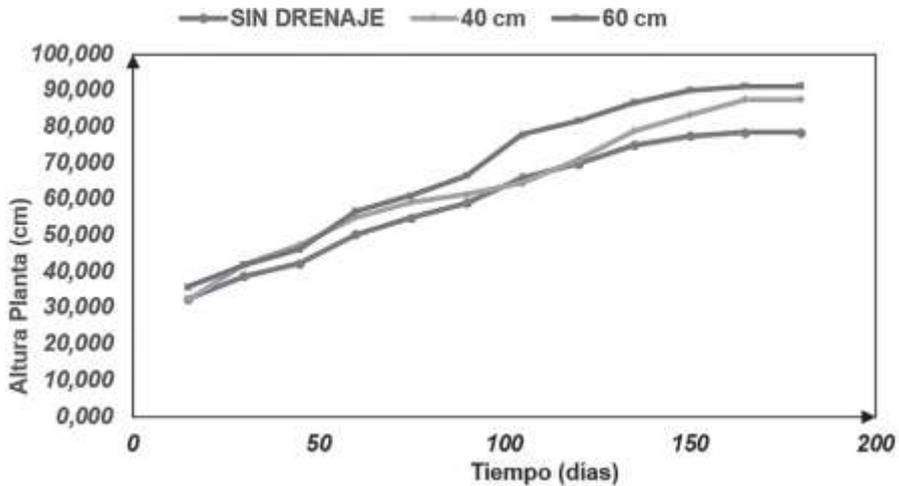


Figura 1. Comportamiento de la variable altura de la planta durante el experimento.

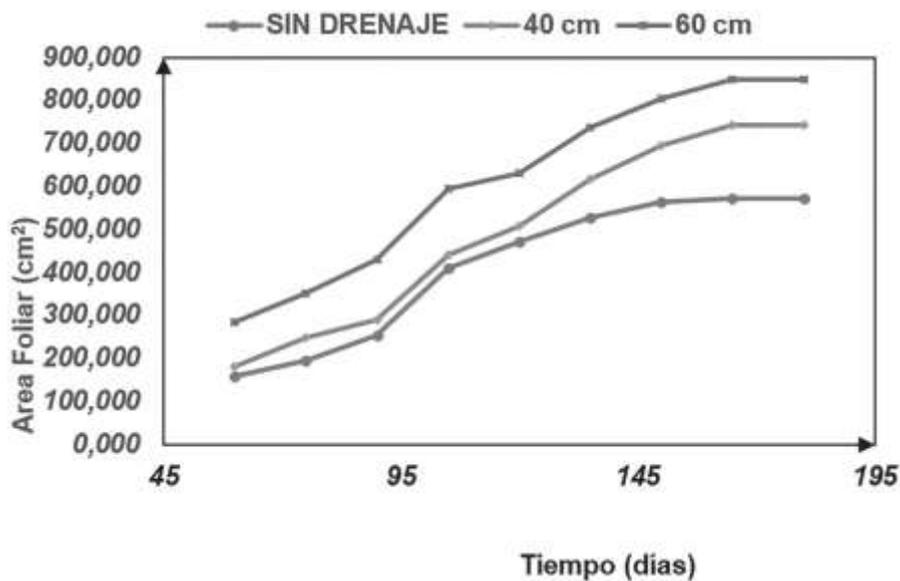


Figura 2. Comportamiento de la de variable de área foliar durante el experimento

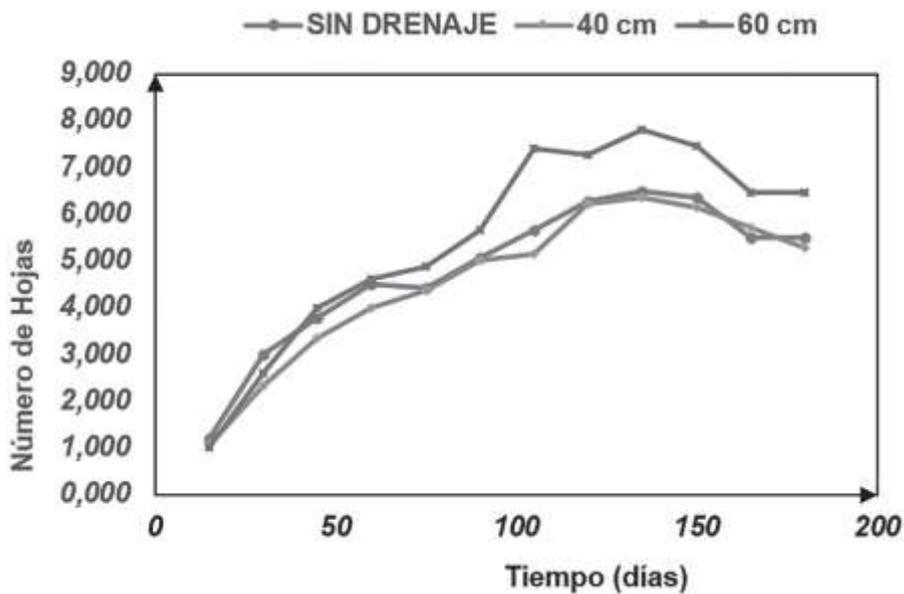


Figura 3. Evolución de variable número de hojas durante el experimento.

3.2. Efecto de las propiedades físicas químicas del suelo en las variables de desarrollo

En los análisis de correlación realizados para la humedad y pH del suelo muestran que la humedad no presentó relación directa con las variables de crecimiento de la planta (altura, área foliar y número de hojas) para ninguna de los dos rangos de profundidad 0-5 cm, 5-10 cm (Tabla 2 y 3), lo que sí ocurrió para el pH en la profundidad de 0 – 5 cm (Tabla 2), así las plantas eran más altas, con mayor área foliar y mayor número de hojas en pH menos ácidos. En este respecto Morales (2012) indica que la papa china se adapta muy bien en suelos con un pH de 4,5 a 7,5.

Tabla 2. Análisis de correlación para la humedad y el pH profundidad de 0 - 5cm.

Coeficientes de correlación Pearson			
Prob > r suponiendo H0: Rho=0			
Número de observaciones			
	Profundidad de 0-5cm		Profundidad de 5-10cm
	Humedad	pH	Humedad
Altura	-0.46317	0.69705	0.04358
	0.0529	0.0013	0.8637
	18	18	18
Área foliar	-0.38247	0.57661	0.10561
	0.1594	0.0244	0.708
	15	15	15
Número de hojas	-0.35163	0.5814	0.07355
	0.1525	0.0114	0.7718
	18	18	18

1.3.4 Análisis de variables de producción

Los análisis de varianza para los resultados de producción

muestran que la profundidad del drenaje tiene un efecto significativo sobre el rendimiento y el volumen del cormo de la papa china (Tabla 3). En general las plantas que crecieron con el drenaje más profundo (60 cm) desarrollaron cormos redondos y ovalados más largos que anchos lo que coincide con lo reportado por Enríquez y Mairena (2011) para un ensayo con papa china en Nicaragua. Las plantas que crecieron con el drenaje de 60 cm presentaron un mayor volumen y rendimiento que aquellas sometidas a drenaje de 40 cm o las plantas del control (Tabla 3). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las plantas del drenaje de 40 cm y las del control para las variables mencionadas, el rendimiento de las plantas con un drenaje de 40 cm fue de 1907,44 kg/h. y de las plantas sin drenaje fue de 1707,5 4kg/ha, del mismo modo en el volumen del cormo la diferencia fue mínima obteniendo estos resultados 1650,4 cm³ y 1534,4 cm³ respectivamente.

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza para las variables de producción.
Valores con letras iguales no son significativamente diferentes.

FV	GH	Rendimiento (kg/ha)		Volumen Cormo (cm ³)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F
BLOQUE	3	0,0366	0,662	0,0466	0,707
DRENAJE	2	0,1687	0,039	0,1035	0,040
Promedio		2095,2		1790,3	
CV (%)		7,88		9,70	
DRENAJE		Rendimiento (kg/ha)		Volumen Cormo (cm ³)	
60 cm		2768,4	a	2230,6	a
40 cm		1907,4	b	1650,4	b
0 cm		1707,5	b	1534,4	b

Las diferencias en rendimiento y volumen encontradas se deben muy probablemente a un exceso de humedad del suelo la cual resulta en un estrés fisiológico. Está bien establecido que para las especies vegetales no adaptadas a condiciones de sobre humedecimiento del suelo, el exceso de agua en la rizosfera priva a las raíces del oxígeno necesario para la respiración, esto a su vez propicia condiciones para la reducción de los nitratos en el suelo y afecta otras reacciones metabólicas en la planta provocando una reducción en su capacidad fotosintética y por ende en el crecimiento (Herrera et al. 2016).

Teniendo en cuenta que la mayoría de las variedades de papa china están adaptadas a condiciones de alta humedad, el efecto benéfico de la implementación de drenajes indicaría que, contrario a lo que se podría esperar, la variedad cultivada por los agricultores del corregimiento número ocho pertenece al grupo de variedades que están adaptadas a condiciones secas (Onwueme 1999). Esta conclusión estaría también soportada por aspectos morfológicos del cormo: las variedades de papa china adaptadas a condiciones de suelo seco desarrolla cormos redondos, cónicos, cilíndricos y/o alargados mientras que las plantas de condiciones de suelos fangosos desarrollan cormos generalmente más largos que anchos (Enríquez y Mairena 2011) y se pudo observar que los cormos obtenidos generalmente presentaban las primeras características. Este hallazgo concuerda con las observaciones de algunos agricultores de la zona, quienes afirman encontrar cormos más grandes en los parches de la parcela donde el suelo está más seco. Con base en los resultados antes mencionados se recomienda a los agricultores de la zona implementar drenajes profundos en sus cultivos de papa china para de esta forma aumentar el rendimiento y el volumen del cormo, igualmente se sugiere a los agricultores abandonar la práctica de la siembra de papa china en zonas inundables.

4. CONCLUSIÓN

Los resultados de esta investigación mostraron que cuando la variedad de papa china tradicionalmente usada por los agricultores de la vereda Zacarías se somete a crecimiento con drenaje, las plantas presentan una respuesta positiva que se manifiesta en forma de cormos de mayor peso y volumen siendo esta diferencia significativa a la profundidad de 60 cm, Este hallazgo implicaría que la variedad, contrario a lo que se podría esperar, está adaptada a condiciones más secas. Se recomienda a los agricultores de la zona implementar drenajes de 60 cm de profundidad para así aumentar la productividad de sus cultivos de papa china.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la docente Yamileth Chagüeza PhD. por haber participado activamente en la realización de la parte inicial de la investigación, a los señores Emiliano Arboleda y Carlos Emiro Arboleda, por permitir realizar la investigación en su propiedad. Finalmente agradecimientos al Programa de Agronomía de la Universidad del Pacífico por el apoyo continuo durante todo el proceso.

5. LITERATURA CITADA

Agronet. 2019. Reporte: área, producción y rendimiento nacional por cultivo. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>

Ararat, M.C; Sinisterra, M.L.; Rivera H.C. 2014. Valoraciones agronómicas y de rendimiento en la cosecha de "papa china" (*Colocasia esculenta* L.) en el trópico húmedo colombiano. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 5(2), 169-180.

Arboleda, C.E. y Gutiérrez, E. 2016. Análisis espacio – temporal de una enfermedad con etiología desconocida en el cultivo de papa china *Colocasia esculenta*, bajo condiciones de Buenaventura D.E. - Valle del Cauca. Trabajo de grado no publicado, Universidad del Pacífico, Buenaventura D.E., Colombia.

Akwee P.E., Netondo G., Kataka J.A., Palapala V.A. 2015. A critical review of the role of taro *Colocasia esculenta* L. (Schott) to food security: A comparative analysis of Kenya and Pacific Island taro germplasm. *Scientia Agriculturae*, 9 (2):101-108.

Bradbury, J.H., Holloway, W.D. 1988. Chemistry of tropical root crops: significance for nutrition and agriculture in the Pacific. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia. Monograph No. 6, 201.

Caicedo, Q.W., Rodríguez, B.R., y Valle, R.S. 2014. Una reseña sobre el uso de tubérculos de papa china *Colocasia esculenta* conservados en forma de ensilaje para alimentar cerdos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 15 (1), 1-10.

Enríquez, D., y Mairena E.N. 2011. Efecto de dos condiciones de humedad del suelo y tiempo de cosecha sobre el rendimiento de malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) para exportación, Boaco-Nicaragua. Tesis Doctoral, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.

Gobernación del Valle del Cauca. 2018. Papa china. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5423/4/T-ESPE-IASA%20I-002856>.

Herrera J., Duarte C., González F., y Cid G. 2016. Efecto del Exceso de Humedad del Suelo sobre el Rendimiento en Algunos Cultivos de Importancia Agrícola en Cuba, *Revista ingeniería agrícola*, 6 (2), 3-7.

Lasso-Rivas N.L., y Cundumí-Jori I. 2016. Efecto de abono orgánico y densidad de siembra en crecimiento y producción de papa china (*Colocasia esculenta* L.). Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 7 (1), 139-146.

Lebot V., y Aradhya K.M. 1991. Isozyme variation in *C. esculenta* (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) from Asia and Oceania. Euphytica 56:55–66

Lozada A.F. 2005. Producción del cultivo de papa china utilizando dos métodos de propagación asexual bajo cuatro niveles de fertilización orgánica, Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5423/4/T-ESPE-IASA%20I-002856.pdf>.

Manassés, F., y Fernández L. 1970. Importancia de la Pituca para la Alimentación Humana. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal. Dirección Universitaria de Proyección Social.

Montaldo, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Morales A. 2012. Fitogeografía e Industrialización del Almidón de Pituca (*Colocasia esculenta*). Espacio y Desarrollo, (24), 97-117.

Onwueme, I.C. 1978. Tropical Tuber Crops. John Wiley and Sons. New York. EEUU. Pp: 199 – 225.

Onwueme, I.C. 1999, Taro Cultivation in Asia and the Pacific, Recuperado de : <http://www.fao.org/docrep/005/ac450e/ac450e00.htm>.

Opara, L.U., y Mejía, D.A. 2003. Edible aroids Post-harvest Operations-Post-harvest Compendium. Recuperado de http://www.fao.org/inpho/compend/text/ch25_01.htm

Púa, A.L., Barreto, G.E., Zuleta, J.L., y Herrera, O.D. 2019. Análisis de nutrientes de la raíz de la malanga (*Colocasia esculenta* Schott) en el trópico seco de Colombia. Información tecnológica, 30(4), 69-76.

Rao, V.R., Hunter, D., Eyzaguirre, P.B. y Matthews, P.J. 2010. Ethnobotany and global diversity of taro. En: Rao VR. (Eds). The Global Diversity of Taro: Ethnobotany and Conservation. Bioversity International, Roma.pp. 1-5.

Singh, S., Singh, D.R., Faseela, F., Bainsla, N., Damodaran, V. y Srivastava, R. 2011. Diversity of 21 taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) geno-types of Andaman Islands. Genetic Resources and Crop Evolution. 59, 821–829.

Singh D, J; Hunter D; Fullerton, R; Lebot, V; Tailor M; Josef, T; Okpul ,T; Tyson J. 2012. Taro Leaf Blight-A threat to food security. Open Access Agriculture, 2, 182-203

Torres, A., Durán M., y Montero, P. 2013. Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*). Revista Ciencias e ingeniería al día. 8 (2), 29-38.

CAPÍTULO II

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CLOROFILA y NITRÓGENO EN PLANTAS DE CHONTADURO (*BACTRIS GASIPAES* KUNTH) MEDIANTE EL USO DEL MEDIDOR DE CLOROFILA TyS-A

Nilsen Lasso - Rivas, Edwin Rengifo

RESUMEN

Los medidores portátiles de clorofila SPAD permiten determinar de forma indirecta la concentración de nitrógeno en los tejidos de una forma rápida y a bajo costo, sin embargo para su correcta utilización se deben construir ecuaciones de correlaciones entre el índice de verdor SPAD y el contenido actual de clorofila y nitrógeno para cada cultivo en particular. Dado que hasta el momento no existen reportes de dichas ecuaciones para el cultivo de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth), el objetivo de este trabajo fue construir las correlaciones para ese cultivo. Para lograr el objetivo se tomaron muestras de los foliolos a un total de 40 palmas, a las muestras se les determinó el índice de verdor SPAD y posteriormente se procedió a realizar la determinación de la concentración de clorofila por el método DMSO y la determinación de concentración de nitrógeno en la hoja mediante el método de Kjeldahl. Las correlaciones se obtuvieron mediante el procedimiento de regresión lineal simple. Se encontró que la relación SPAD/nitrógeno fue estadísticamente significativa con valores de $r = 0,81$ y $R^2 = 65,3$ la relación SPAD/Clorofilas también fue significativa con valores de $r = 0,73$ y $R^2 =$

53,7 para clorofila a; y $r=0,73$ y $R^2 = 47,7$ para clorofila b. Los resultados obtenidos indican que es posible implementar el uso del medidor de clorofila SPAD como herramienta para determinar el estado nutricional en cultivos de chontaduro permitiendo evaluar un gran número de muestras rápidamente.

ABSTRACT

The portable SPAD chlorophyll meters allows to indirectly determine the concentration of nitrogen in the tissues quickly and at a low cost, however, for its correct use, correlation equations must be constructed between the SPAD greenness index and the current chlorophyll content and nitrogen for each particular crop. Since so far there are no reports of these equations for the cultivation of chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth), the objective of this work was to build the correlations for that crop. To achieve the objective, samples of the leaflets were taken at a total of 40 palms, the samples were determined by the SAPD verdure index and then the chlorophyll concentration was determined by the DMSO method and the concentration determination of nitrogen in the leaf by the Kjeldahl method. Correlations were obtained by the simple linear regression procedure. The SPAD / nitrogen ratio was found to be statistically significant with values of $r = 0.81$ and $R^2 = 65.3$. The SPAD / chlorophyll performance was significant with values of $r = 0.73$ and $R^2 = 53.7$ for chlorophyll a; and $r = 0.73$ and $R^2 = 47.7$ for chlorophyll b. The results obtained indicate that it is possible to implement the use of the SPAD chlorophyll meter as a tool to determine the nutritional status in chontaduro cultures, allowing a large number of samples to be evaluated quickly.

1. INTRODUCCIÓN

El chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) es una palma nativa de la América tropical, esta planta es de gran importancia para muchos de los pobladores de la región Pacífica colombiana debido a su uso alimenticio, artesanal, en la construcción y medicinal (Ares et al. 2000). El cultivo de chontaduro se adapta a condiciones de altos niveles de precipitación pluvial y alta temperatura, igualmente se adapta bien a la mayoría de las topografías y suelos (Escobar 1998). En el Pacífico colombiano el cultivo de chontaduro ha sido una fuente importante de ingresos para la población quienes comercializan el fruto que se caracteriza por poseer alto contenido de proteína, aminoácidos esenciales, beta caroteno, vitaminas y minerales (Quintero y Pardo-Locarno, 2016).

Sin embargo, debido a la baja disponibilidad de nutrientes en los suelos y el uso indiscriminado de insecticidas por parte de los agricultores para el control de plagas, los niveles de producción de chontaduro en esta región del país disminuyeron de manera drástica en los últimos años (Pardo-Locarno 2014). El cultivo de chontaduro es considerado como un gran extractor de nutrimentos, especialmente de nitrógeno y potasio (Molina 2000). En este sentido, el nitrógeno es el elemento removido en mayor cantidad y el que tiene el mayor efecto en el crecimiento y productividad cuando el cultivo se hace para palmito, los resultados indican que una producción total de biomasa seca de 19.5 t/ha/año, extrae 531 kg de N (Ares et al. 2003, Schroth et al. 2003). El potasio es el segundo elemento en orden de extracción, con una absorción total de 248 kg/ha. La extracción de nutrientes, en orden descendente es: primero nitrógeno, seguido por potasio, calcio, magne-

sio, fósforo, manganeso, hierro, zinc, y finalmente cobre (Molina, et al. 2002).

Los resultados de estudios de fertilización en el cultivo de chontaduro muestran una respuesta bastante significativa ante la aplicación del nitrógeno, mientras que la respuesta a otros nutrientes tales como el fósforo ha sido menos frecuente (Ares et al. 2000, Yuyama et al.2005). Aunque los estudios realizados en chontaduro reportan que esta planta se adapta a suelos poco fértiles y ácidos de los trópicos, la fertilización es comúnmente practicada en la producción comercial, por ejemplo, los pequeños agricultores en Costa Rica aplican hasta 300 kg N, 82 kg de P, y 205 kg de K / ha anuales (Molina 2000). En Brasil las plantaciones más grandes aplican hasta 500 kg/ ha anuales de nitrógeno; se ha recomendado hacer aplicaciones de 220g de P y 83g de kg por metro cúbico de sustrato en viveros, para el establecimiento de plántulas, las dosis recomendadas son 31-62 kg /ha de P, 50 kg de potasio y tres aplicaciones de 20 kg N al año (Reis 1997).

Dos factores que influyen en el crecimiento de la planta son la tasa de fotosíntesis y el contenido de clorofila foliar, ambos se encuentran altamente relacionados con la cantidad de nitrógeno en la planta (Padilla *et al.* 2018, de Sousa 2019). Actualmente se han desarrollado una serie de dispositivos que permiten obtener estimaciones inmediatas del porcentaje de clorofila en la hoja, estos aparatos se conocen como medidores de clorofila SPAD (Soil Plant Analysis Development) y son dispositivos que cuantifican de manera indirecta la cantidad relativa de clorofila presente en la hoja midiendo la transmitancia de la hoja en dos longitudes de onda (400 nm - 500 nm) y (600 nm -700 nm), como resultado el dispositivo genera una lectura que corresponde al índice de verdor de la hoja cuyas unidades se denominan SPAD (Gianquinto et al. 2004, Thompson et al. 2017). El contenido de clorofila y de nitrógeno se ha asociado con el índice de verdor SPAD en diversas condiciones ambientales en diversos tipos de cultivos (Fox y Walthall

2008, Schepers 1996, Mastalerczuk et al. 2017). Por ejemplo, en tomate se han evaluado los aportes nutricionales de distintos tipos de sustrato y la tolerancia de distintos híbridos de tomate al estrés salino empleando medidores SPAD (Hurtado et al. 2017). Aunque los medidores de verdor SPAD permiten hacer el seguimiento del contenido de nitrógeno y la cantidad de clorofila durante el desarrollo del cultivo, lo que facilita el manejo de la nutrición en la planta (Meisinger 2008, Monostori 2016), debido a las características morfofisiológicas específicas de cada cultivo no es posible utilizar el índice de verdor de hojas SPAD indistintamente y se deben construir correlaciones SPAD/contenido de clorofila-nitrógeno para cada cultivo en particular. Hasta el momento no existen reportes de dicha correlación para el cultivo de chontaduro, por eso el objetivo de este trabajo fue el de determinar la concentración de clorofila y de nitrógeno en plantas de chontaduro a partir de mediciones del índice de verdor de la hoja mediante el uso del medidor SPAD. El hacer corresponder los valores de índice de verdor SPAD con valores de concentración de clorofila y nitrógeno permitirá tener una aproximación al estado nutricional del cultivo de chontaduro de manera rápida y a bajo costo para los agricultores de la región Pacífica colombiana.

2. METODOLOGÍA

2.1. Localización

Esta investigación se realizó en el corregimiento #8, Buenaventura D.E. - Valle del Cauca, en dos localidades. La localidad uno situada en el campus de la Universidad del Pacífico kilómetro 13 vía al aeropuerto, coordenadas 3°50'54"N y 76°59'45"O, la localidad dos está ubicada en la vereda Zacarías, río Dagua, coordenadas 3°49'27" N 77° 0'3" O a 18 km del perímetro urbano.

2.2. Determinación del índice de verdor de la hoja

Se tomaron muestras a un total de 40 palmas. Una vez seleccionadas las palmas a muestrear se cortaron cuatro folíolos de la parte intermedia de la quinta hoja y se procedió a tomar las medidas del índice de verdor con el Medidor de Clorofila TYS-A® (Figura 1), para hacer esto el dispositivo se puso en contacto con la lámina foliar y se cerró la cabeza de medición, se procedió a esperar unos segundos hasta que el medidor obtuviera los resultados, se registró el promedio de nueve mediciones en diferentes partes del folíolo para los cuatro folíolos. Una vez determinado el índice de verdor SPAD se procedió a tomar seis muestras del folíolo con un sacabocados, dichas muestras fueron empleadas en la medición de la concentración de clorofila. Los folíolos examinados fueron colocados al interior de una bolsa de papel debidamente rotulada; posteriormente, estas fueron enviadas a AGROSAVIA donde determinaron la concentración de nitrógeno mediante el procedimiento de Kjeldahl.

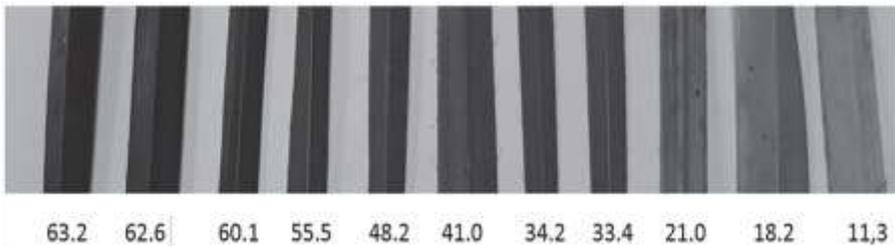


Figura 1. Diferentes valores de índices de verdor SPAD en hojas de chontaduro

2.3. Determinación de la concentración de clorofila por el método DMSO

Se utilizó un sacabocados para adquirir seis discos de hojas con tamaños constantes de cada uno de los cuatro folíolos para obtener una muestra compuesta. Los discos de la hoja se sumer-

gieron en 5 ml de dimetil sulfoxido (DMSO) para la extracción de la clorofila (Figura 4). Las muestras se incubaron primero a 70° C durante 30 min, se enfriaron y se incubaron durante la noche a 4° C, el extracto obtenido se analizó usando un espectrofotómetro la longitud de onda a la cual se hicieron las mediciones fue de 480 nm, 649 nm, y 665 nm. Para la cuantificación de los contenidos de clorofila total y carotenoides se utilizó la ecuación propuesta por Wellburn (1994):

$$Ca = 12.47 \times A_{665.1} - 3.62 \times A_{649.1}$$

$$Cb = 25.06 \times A_{649.1} - 6.5 \times A_{665.1}$$

$$\text{Carotenoides } Cx+c = (1000 * A_{480} - 1.29 \times Ca - 53.78 \times Cb)/220$$

Donde:

- Ca: clorofila a,
- Cb: clorofila b,
- Cx: carotenoides

2.4. Determinación de concentración de nitrógeno en la hoja

Una vez obtenidas las muestras foliares en las bolsas de papel debidamente rotuladas se llevaron al laboratorio del campus universitario en donde se les realizó un secado previo a los folíolos incubándose a 70°C durante una hora aproximadamente, luego cuando los folíolos perdieron totalmente la humedad se procedió a hacer el sellado de las bolsas con cinta. Posteriormente las muestras fueron enviadas a la institución de investigación AGROSAVIA en donde se le determinó la concentración de nitrógeno a cada una de las muestras mediante el método de Kjeldahl.

2.5. Análisis estadístico

Los datos se analizaron y se correlacionaron mediante procedimientos de regresión lineal con el programa estadístico Curve

Expert, así se determinó cuál modelo brindaba el mayor porcentaje de aptitud física ya fuese cuadrático, logarítmico, exponencial o lineal simple.

En un modelo de regresión lineal simple se trata de explicar la relación que existe entre la variable de respuesta (Y) y una única variable explicativa (X). Este modelo de regresión está representado de la siguiente manera:

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$$

Donde α es la ordenada en el origen (el valor que toma Y cuando X vale 0), β es la pendiente de la recta (indica cómo cambia Y al incrementar X en una unidad) y ε es el error.

También se realizó un análisis de varianza para la regresión con el programa estadístico SAS para determinar el tipo de relación existente entre la variable independiente (valor SPAD) con las variables dependientes (clorofila a, clorofila b, carotenos, N) y el nivel de significancia de dichas relaciones (significativas o no significativas).

3. RESULTADOS y DISCUSIÓN

3.1. Relación entre el índice de verdor SPAD con el contenido de clorofila.

En general los valores de índice de verdor SPAD registrados en las plantas de chontaduro variaron en un intervalo de 29,67 y 66,07, los valores de clorofila encontrados corresponden a: clorofila a entre 14,355 $\mu\text{g/g-1}$ y 1,711 $\mu\text{g/g-1}$), clorofila b entre 11,190 $\mu\text{g/g-1}$ y 1,105 $\mu\text{g/g-1}$) y carotenos entre 1751,068 $\mu\text{g/g-1}$ y 302,828 $\mu\text{g/g-1}$. A partir de las gráficas de correlación se determinó que los contenidos de clorofila a y b están correlacionados linealmente y de forma positiva con el índice de verdor SPAD, siendo los valores del coeficiente de correlación (r) de 0,73

para la clorofila a y 0,69 para la clorofila b (Tabla 1); estas correlaciones son estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (Tabla 1 y 2). El coeficiente de correlación de Pearson (r) es una medida relativa del grado de la asociación lineal entre las variables, por lo tanto se observa que el grado de asociación más alto se presentó entre el índice de verdor SPAD con la clorofila a. Sin embargo, los valores del coeficiente de determinación (R^2) fueron bajos con un R^2 de 53,7 para la correlación clorofila a / SPAD y un R^2 de 47,7 para la correlación clorofila b / SPAD. El coeficiente de determinación (R^2) determina la calidad del modelo para replicar los resultados y la proporción de variación de los resultados que puede explicarse por el modelo, en este sentido, los resultados muestran que el modelo que mejor replica los resultados corresponde a la clorofila a / SPAD. En cuanto al contenido de carotenos, no se encontró correlación con los valores SPAD con un valor de R^2 de 0,131 ($p < 0,05$) (Tabla 2).

Tabla 1. Resultados del análisis de varianza para la correlación de las variables.

Fuente de Variación	Gli	Clorofila A		Clorofila B		Nitrógeno (%)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Modelo	1	93,921	0,0001	35,364	0,0005	1,460	<.0001
Error	18	4,072		1,933		0,040	
Promedio		8,26		5,55		2,63	
CV (%)		24,4		25,1		7,6	
r		0,733		0,690		0,808	
R^2		53,7		47,7		65,3	

Tabla 2. Análisis de varianza para la regresión, donde se logra evidenciar cómo variaron los coeficientes de determinación R² para clorofila a y b.

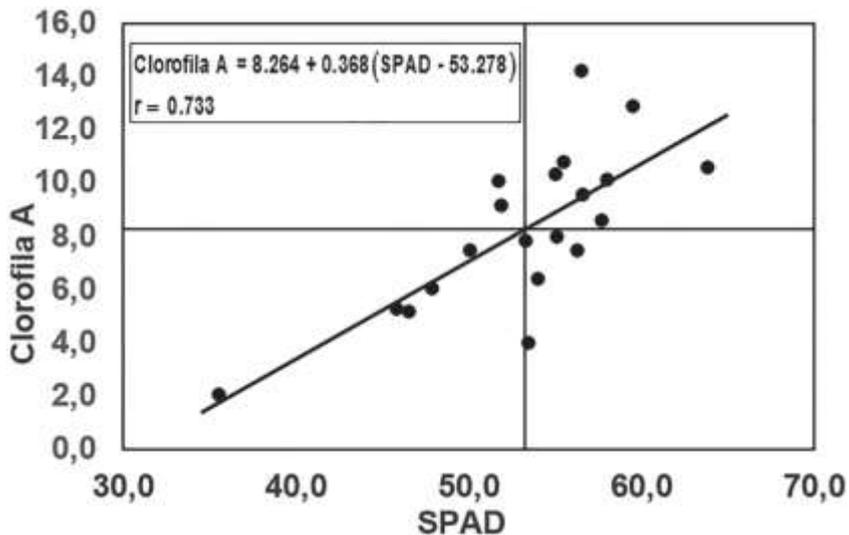
Regresor	Variable	Clorofila A		Clorofila B		Nitrógeno	
		Estimador	Pr > t	Estimador	Pr > t	Estimador	Pr > t
β_0	Intercepto	-11,326	0,013	-6,474	0,034	0,186	0,651
β_1	SPAD	0,368	0,000	0,226	0,001	0,046	<.0001
Promedio		8,26		5,55		2,63	
CV (%)		24,4		25,1		7,6	
r		0,733		0,690		0,808	
R ²		53,7		47,7		65,3	

Regresor	Variable	Caroteno	
		Estimador	Pr > t
β_0	Intercepto	-400,232	0,055
β_1	SPAD	24,312	0,065
Promedio		895,01	
CV (%)		36,4	
r		0,131	
R ²		0,177	

Los resultados arriba mencionados tienen similitud con los resultados reportados por Liu et al. (2012) quienes evaluaron la correlación entre valores SPAD y clorofila en hojas de té (*Cameilia sinensis* L.) en diferentes épocas del año y con fertilización nitrogenada, en dicho estudio la correlación entre las variables clorofila/índice de verdor SPAD fue de 0,77 con un R² de 0,595. En un estudio en palma africana (*Elaeis guineensis*) Law et al (2014) encontraron una correlación muy alta entre el índice SPAD y el contenido de clorofila con un coeficiente R² de 0,95. Los valores bajos de R² reportados para el presente ensayo podrían estar relacionados con la anatomía de la hoja, la vena central de los folíolos dificultaba el cierre de la cabeza de medición del medidor TYS-A originando variación en los resultados de los valores de verdor en un mismo folíolo, en algunos casos presentaban contrastes diferentes de verdor. Con relación a esto Sim et al. (2015) afirman que la exactitud de las estimaciones con este tipo de aparatos se

ve afectada por la anatomía de la hoja (grosor, masa, contenido de agua y reflectancia cuticular). Otro factor asociado a los valores bajos del coeficiente R^2 está asociado a las características técnicas del aparato: el medidor TYS-A tiene una exactitud dentro de $\pm 3,0$ SPAD y no permite la calibración continuada, mientras en el medidor SPAD 502 la exactitud es de $\pm 1,0$ SPAD y permite la calibración continuada, así pues la calibración del medidor TYS-A puede verse afectada por factores externos.

Los resultados aquí presentados implican que es posible implementar la determinación de la concentración de clorofila mediante el uso del medidor TYS-A, las ventajas radican en que se requiere menor tiempo para obtener los resultados y se evita el uso de equipos y reactivos relativamente costosos y potencialmente tóxicos.



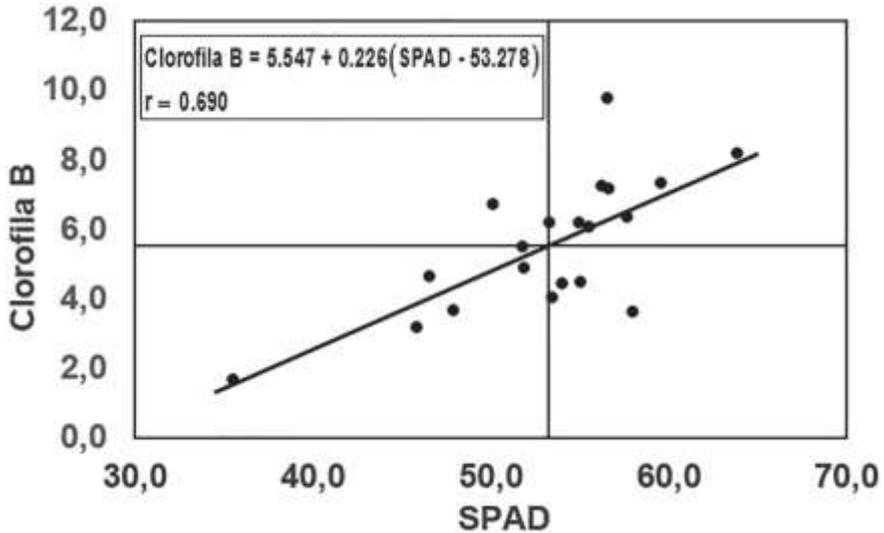


Figura 2. Recta de calibración para el contenido de clorofila a y clorofila b en hojas de palma de chontaduro, la recta muestra qué tan alejados se encuentran los puntos de la media, si es fuerte o no la relación que existe entre la variable independiente (SPAD) con la dependiente (clorofila). A partir de este procedimiento se logró obtener ecuaciones para realizar estimaciones de la concentración de clorofila y nitrógeno en el cultivo de chontaduro.

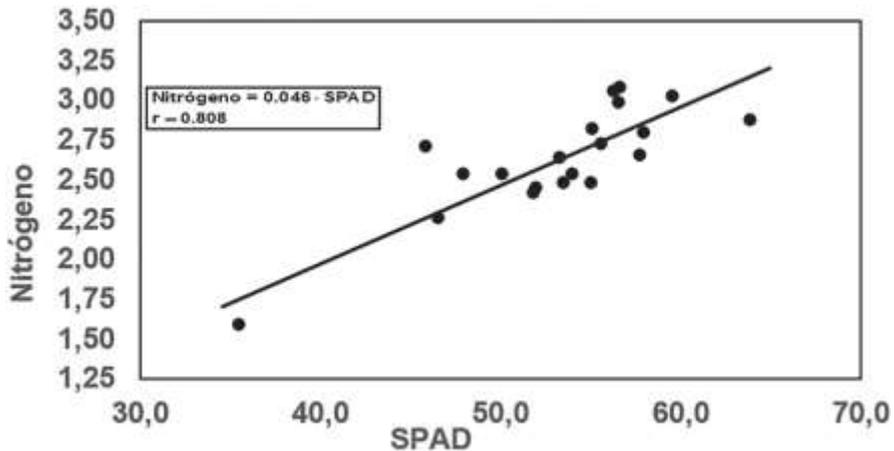


Figura 3. Correlación entre nitrógeno total y unidades SPAD en hojas de palma de chontaduro.

3.2. Relación entre el índice de clorofila SPAD con el contenido de nitrógeno foliar

En el presente trabajo se encontró una correlación positiva entre el porcentaje de nitrógeno y las unidades SPAD con un r de 0,81. De acuerdo a los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza y el modelo de regresión se logró establecer que la correlación entre las variables es estadísticamente significativa (Tabla 1 y 2), se obtuvo un R^2 de 0,65. Los resultados aquí obtenidos son consistentes con los reportados para el estudio realizado en palma africana por Sim et al (2015), donde se reportan valores de r para la correlación SPAD - Nitrógeno de 0.82. De forma similar Sainz y Echeverria (1998) reportan una alta correlación entre los valores de índice de verdor SPAD con el Índice de Suficiencia de Nitrógeno (ISN) y el rendimiento de grano.

3.3. Modelos para la estimación de clorofila y nitrógeno

Los resultados de la investigación permitieron obtener los modelos para estimar concentraciones de clorofila a ($Cl = 8,264 - 0,368(X - 53,278)$) y nitrógeno ($Y = 0,046X + 0,186$). Dado que el valor del coeficiente para el índice SPAD fue 0.046 esto indica que por cada unidad adicional de 1 SPAD, la concentración total de nitrógeno en la hoja de palma de chontaduro aumentaría en un promedio de aproximadamente 0.05%. En estudios similares realizados en palma de aceite se encontraron también modelos lineares, por ejemplo Law et al. (2014) reporta como resultado de relación entre la concentración de nitrógeno de la hoja y el índice SPAD el modelo ($Y = 0,027X + 0,732$), Sim et al. 2015 reportan para el mismo cultivo el modelo ($Y = 0,0278X + 0,377$), en estos casos el valor del coeficiente para el índice SPAD estuvo entre 0,027 y 0,028, representando en este caso un incremento de 0.03% por cada unidad adicional SPAD. Esto resulta interesante pues los valores son cercanos, lo que implica que en el caso de

otras palmas podrían usarse estos modelos para determinar concentración de nitrógeno vía medidores SPAD.

4. CONCLUSIÓN

Existe una correlación positiva y significativa entre las lecturas de índice de verdor de la hoja obtenidas mediante el medidor TYS-A con el contenido de clorofilas (a y b) y el porcentaje de nitrógeno en las palmas de chontaduro. Por otra parte no se evidencia correlación entre unidades SPAD y la concentración de carotenos en hojas de chontaduro. Los resultados aquí presentados indican que es posible implementar el uso del medidor de clorofila SPAD como herramienta para determinar el estado nutricional en cultivos de chontaduro permitiendo evaluar un gran número de muestras rápidamente, lo que implica disminución en el tiempo y en los costos para el cultivador de chontaduro en el Distrito especial de Buenaventura.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al docente Francisco José Sánchez Marín por su valioso aporte en los análisis estadísticos, al personal de laboratorio de la Universidad del Pacífico por el servicio prestado y la previa asesoría del uso de los equipos. Finalmente agradecimientos al Programa de Agronomía de la Universidad del Pacífico por el apoyo continuo durante todo el proceso.

5. LITERATURA CITADA

Ares, A., Deenik, J., Russell, S.Y. 2000. Fertilization response and nutrient diagnosis in peach palm (*Bactris gasipaes*): a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 56(3), 195-207.

Ares, A., Falcao, N., Yuyama, K., Yost, R. S., y Clement, C. R. 2003. Response to fertilization and nutrient deficiency diag-

nostics in peach palm in Central Amazonia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 66(3), 221-232.

de Souza, R., Peña-Fleitas, M. T., Thompson, R. B., Gallardo, M., Grasso, R., & Padilla, F. M. (2019). The use of chlorophyll meters to assess crop N status and derivation of sufficiency values for sweet pepper. *Sensors*, 19(13), 2949.

Escobar, C.J., Zuluaga, J.J., Rojas, J., Yasno, C. A., & Cárdenas, C. A. 1998. El cultivo de chontaduro (*Bactris gasipaes* HBK) para fruto y palmito (No. Doc. 17634/1998)* CO-BAC, Santafé de Bogotá.

Fox, R.H., y Walthall, C.L. 2008. Crop monitoring technologies to assess nitrogen status. In *Nitrogen in Agricultural Systems*, Agronomy Monograph No. 49; Schepers, J.S., Raun, W.R., Eds.; American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America: Madison, WI, USA, pp. 647–674.

Gianquinto, G., Goffart, J.P., Olivier, M., Guarda, G., Colauzzi, M., Dalla Costa, L., Delle Vedove, G., Vos, J., y Mackerron, K.L. 2004. The use of hand-held chlorophyll meters as a tool to assess the nitrogen status and to guide nitrogen fertilization of potato crop. *Potato Res.*, 47, 35–80

Hurtado, E., Gonzáles, F., Roper, C., Bastías, E., y Mazuela, P. 2017. Propuesta para la determinación del contenido de clorofila en hojas de tomate. *Scientific notes*. 35 (4), 129-140

Liu, Z.A., Yang, J.P., y Yang, Z.C. 2012. Using a chlorophyll meter to estimate tea leaf chlorophyll and nitrogen contents. *Journal of soil science and plant nutrition*, 12(2), 339-348.

Law, C.C., Zaharah, A.R., Husni, M.H.A. y Akmar, A.S.N. 2014. Leaf nitrogen content in oil palm seedlings and their rela-

tionship to SPAD chlorophyll meter readings. *Journal of Oil Palm Environmental Health*, 5: 8-17.

Mastalerczuk, G., Borawska-Jarmułowicz, B., Kalaji, H.M., D browski, P., Paderewski, J. 2017. Gas-exchange parameters and morphological features of festulolium (*Festulolium braunii* K. Richtert A. Camus) in response to nitrogen dosage. *Photosynthetica* 2017, 55, 20–30.

Meisinger, J.J., Schepers, J.S., Raun, W.R. 2008. Crop Nitrogen Requirement and Fertilization. In *Nitrogen in Agricultural Systems Agronomy Monograph 49*; Schepers, J.S., Raun, W.R., Eds.; American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America: Madison, WI, USA, pp. 563–612.

Molina, E. 2000. Nutrición y fertilización del pejibaye para palmito En: *Informaciones agronómicas*. Vol. 1 N 38, p 10.

Molina, E.; Alvarado, A.; Smith, T.J., Boniche, J., Alpizar, D., Osmond, D. 2002 Respuesta del pejibaye para palmito. *Agronomía costarricense*. 26(2) 31-39.

Monostori, I., Árendás, T., Hoffman, B., Galiba, G., Gierczik, K., Szira, F., y Vágújfalvi, A. 2016. Relationship between SPAD value and grain yield can be affected by cultivar, environment and soil nitrogen content in wheat. *Euphytica*, 211, 103–112.

Padilla, F. M., de Souza, R., Peña-Fleitas, M. T., Gallardo, M., Giménez, C., y Thompson, R.B. 2018. Different responses of various chlorophyll meters to increasing nitrogen supply in sweet pepper. *Frontiers in plant science*, 9, 1752.

Pardo-Locarno, L.C. 2014. Avances en el diagnostico fitosanitario del cultivo de chontaduro en la zona rural de Buenaventura Valle del Cauca En: *Sabia*. Vol. 1 N 3, p. 41.

Quintero B.A., Pardo-Locarno, L.C. 2016. Escarabajos (Coleóptera: Melolonthidae) asociados a la floración del chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) en Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia En: Investigación agropecuaria. Vol. 14 (1) p 1

Reis, E.L. 1997. Respostas da pupunheira ao NPK na produção de palmito no Sul da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 26, Rio de Janeiro Resumos. Rio de Janeiro: SBCS. p.180.

Sainz R.H., y Echeverria, H.E. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. Revista de la facultad de Agronomía, La Plata. 103 (1), 37-44.

Schroth, G., Elias, M.E.A., Macêdo, J.L.V., Mota, M.S.S., y Lieberei, R. 2002. Mineral nutrition of peach palm (*Bactris gasipaes*) in Amazonian agroforestry and recommendations for foliar analysis. European journal of agronomy, 17(2), 81-92.

Schepers, J.S., Blackmer, T.M., Wilhelm, W.W., Resende, M. 1996. Transmittance and reflectance measurements of corn leaves from plants with different nitrogen and water supply. *Journal of Plant Physiology*. 148, 523–529.

Sim, C.C., Zaharah, A.R., Tan, M.S., y Goh, K.J. 2015. Rapid determination of leaf chlorophyll concentration, photosynthetic activity and NK concentration of *Elaeis guineensis* via correlated SPAD-502 chlorophyll index. Asian Journal of Agricultural Research, 9(3), 132-138.

Thompson, R.B., Tremblay, N., Fink, M., Gallardo, M., Padilla, F.M. 2017. Tools and strategies for sustainable nitrogen fertilization of vegetable crops. In Advances in Research on Fertilization Management in Vegetable Crops; Tei, F., Nicola, S., Benincasa, P., Eds.; Springer: Heidelberg, Germany, pp. 11–63.

Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophyll a and chlorophyll b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144: 307-313.

Yuyama, K., Chávez, F., Wanders, B., Pereira, B. G., y Silva, I. A. (2005). Efeito da densidade de plantas e da adubação NPK na produção inicial de palmito de pupunheira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(3), 373-378.

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HmA) ASOCIADOS AL CEDRO ROSADO (*CEDRELA ODORATA L.*) EN UN SISTEMA AGROFORESTAL EN EL CORREGIMIENTO DEL BAJO CALIMA, BUENAVENTURA, VALLE DEL CAUCA

Yadira Mosquera Ibarguen, Nilsen Lasso-Rivas

RESUMEN

La sobre explotación del cedro rosado (*Cedrela Odorata L.*) ha generado problemas de degradación de los ecosistemas donde se encuentran sus poblaciones. Diversos estudios indican que ciertos microorganismos del suelo como los hongos micorrízicos pueden ayudar a las plantas a adaptarse a ese tipo de condiciones adversas. El objetivo de esta investigación fue el de identificar los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) asociados al cedro rosado en condiciones ambientales en el corregimiento del Bajo Calima del municipio de Buenaventura, Valle del Cauca. Para tal fin se realizaron muestreos de raíces de árboles al interior de una parcela con un área de 5000 m², se seleccionaron 25 sitios en forma aleatoria, en cada sitio se colectaron muestras de raíces y suelo a una profundidad de 0 – 20 cm. Las raíces fueron tenidas y se evaluó el porcentaje de colonización micorrízica, adicionalmente se hizo una evaluación morfológica de las esporas HMA encontradas en el suelo para determinar los posibles géneros presentes. Los resultados mostraron que todos los árboles muestreados presentaron propágulos infectivos de hongos de micorriza, en promedio las raíces

de los árboles de cedro tuvieron un porcentaje de colonización por HMA del 79% con un número promedio de esporas por árbol de 107. En total se encontraron 18 morfotipos que tenían características morfológicas correspondientes a los géneros *Glomus* con 12 morfotipos, *Acaulospora* con 3 morfotipos y *Scutellospora* con 4 morfotipos. Los resultados abren la posibilidad de aislar HMA nativos que pueden ser utilizados como inóculo en procesos de reforestación o plantaciones forestales comerciales de cedro rosado en áreas deforestadas del Pacífico colombiano.

ABSTRACT

The over-exploitation of pink cedar (*Cedrela odorata* L.) have caused degradation problems of the ecosystems where their populations are found, several studies indicate that certain soil microorganisms such as mycorrhizal fungi can help plants adapt to such adverse conditions. The objective of this research was to identify arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) associated with pink cedar in environmental conditions in the Bajo Calima district of the municipality of Buenaventura, Valle del Cauca. To this end, tree roots were sampled inside a plot with an area of 5000 m², 25 sites were selected randomly, in each site samples of roots and soil were collected at a depth of 0-20 cm. The roots were taken and the percentage of mycorrhizal colonization was evaluated. In addition, a morphological evaluation of the HMA spores found in the soil was made to determine the possible genres present. The results showed that all sampled trees had infective propagules of mycorrhizal fungi, on average the roots of cedar trees had a colonization percentage by AMF of 79% with an average number of spores per tree of 107. In total they were found 18 morphotypes that had morphological characteristics corresponding to the *Glomus* genera with 12 morphotypes, *Acaulospora* with 3 morphotypes and *Scutellospora* with 4 morphotypes. The results open the possibility of isolating native HMA that can be use as inoculum in reforestation processes or commercial forest plantations of pink cedar in deforested areas of the Colombian Pacific Region.

1. INTRODUCCIÓN

El cedro rosado (*Cedrela Odorata L.*) se encuentra distribuido a lo largo de todas las regiones bajas y piedemonte andino colombiano, habita principalmente bosques secundarios secos y húmedos por debajo de los 2.000 m de altitud (Cárdenas & Salinas, 2006). En el Chocó biogeográfico crece asociado a otras especies maderables como los son aceite maría (*Calophyllum sp.*), ceiba (*ceiba pentandra*), guayabo (*Terminalia sp.*), guino (*Carapa guianensis*) y Molinillo (*Cordia alliodora*); el cedro rosado no forma asociaciones puras (Cárdenas & Salinas, 2006). El principal problema que afecta a esta especie es la sobre-explotación ya que, por tal motivo, ha sido incluida dentro de la categoría de especies en peligro (Cavers et al., 2003). La explotación de la madera de cedro rosado genera una extensa pérdida de cobertura vegetal y un cambio en el uso del suelo que desemboca en la erosión de este, por tal razón es imperativa la recuperación de dichas áreas degradadas mediante la reforestación (de la Torre et al., 2008). Sin embargo para que el proceso de recuperación sea exitoso se requiere que las plantas a emplear sean capaces de adaptarse a esas áreas que usualmente presentan suelos pobres en nutrientes. Diversos estudios indican que ciertos microorganismos del suelo como los hongos micorrízicos pueden ayudar a las plantas a adaptarse a ese tipo de condiciones adversas (Becerra et al. 2019, Hernández-Cuevas et al. 2011, Fajardo et al. 2011, Moynahan et al. 2002).

La micorriza es un tipo de simbiosis entre una planta y un hongo de los filos Basidiomycota, Ascomycota o Glomeromycota, en esta simbiosis la planta recibe del hongo nutrientes minerales y agua y el hongo obtiene de la planta carbohidratos y vitaminas (Smith y Read 2008). Dentro de los diferentes tipos de hongos

micorriza están los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) simbioses obligados que colonizan las raíces de la mayoría de las plantas (Moucheshi et al., 2012). El micelio externo del hongo provee mayor capacidad de absorción de aquellos nutrientes minerales que se difunden muy lento en la solución del suelo como en el caso del fosfato (Bucher 2007). La explicación a este fenómeno reside en que las hifas por su tamaño poseen mayor habilidad para explorar el suelo, así estos simbioses son agentes importantes en la obtención de fósforo por las plantas (Philippot 2013, Parniske 2008). El beneficio de la simbiosis micorrízica es más notorio cuando las plantas crecen en suelos deficientes en fósforo; en esta condición, plantas inoculadas con HMA presentan mayores tasas de crecimiento (Richardson et al. 2009). Los hongos micorrízicos también pueden desempeñar un papel importante en la protección de las plantas contra el estrés ambiental (Chen *et al.*, 2007, Javaid 2009, Shokri y Maadi 2009, Asrar y Elhindi 2011). Otro de los campos de estudio de la simbiosis micorrízica es el efecto en la protección contra las enfermedades, los resultados de múltiples estudios muestran que la colonización micorrízica ayuda a las plantas a disminuir la incidencia de infecciones por patógenos entre otros *Phytophthora*, *Fusarium*, *Gaeumannomyces* (Pozo et al. 2002, Gallou 2011, Srivastava et al. 2010, Jun-Li et al. 2010, Martínez-Medina et al. 2011, Castellanos-Morales *et al.* 2012). Vale la pena mencionar que para que esta acción protectora se exprese es necesario que la planta presente altas tasas de colonización de la raíz (Fernández 2013).

Aunque son múltiples los ejemplos del efecto positivo de los HMA en el crecimiento de las plantas sometidas a condiciones de estrés, la mayoría de estos estudios se centran en especies anuales y pocas en especies forestales. En ese respecto, hasta el momento, no existen registros de HMA asociados a *con* el cedro rosado en la región Pacífica colombiana. El objetivo de este trabajo fue el de identificar los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) asociados al cedro rosado en condiciones ambientales del corregimiento Bajo

Calima, Buenaventura D.E. El registro de HMA nativos en cedro rosado podría servir como base para futuras investigaciones que conlleven a desarrollar técnicas de multiplicación, mantenimiento y uso de micorrizas como alternativas de manejo de la fertilización del suelo en plantaciones de cedro y otros cultivos de la región Pacífica.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el distrito de Buenaventura en la vereda La Colonia (quebrada La Sebastiana), perteneciente al Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de la Cuenca Baja del río Calima, Distrito Especial de Buenaventura, Valle del Cauca coordenadas geográficas 3° 59' 410"- 3° 59' 526 Norte y 76° 57' 659"- 76° 57' 651" Oeste. Altura promedio sobre el nivel del mar de 134 metros, temperatura promedio de 26.5° C, precipitación 7500 mm/año; HR 88%, el brillo solar 960 horas/año. Se seleccionó un área de compensación de bosque, compuesta por asociaciones de Cedro (*Cedrela Odorata* L.), pomarrosa (*Eugenia sp.*), árbol de pan (*Artocarpus Communis*), entre otras especies de importancia económica en la zona. Los árboles se encuentran distribuidos al azar y no se observa una distancia de siembra específica entre las especies.

2.2. Obtención de muestras de raíces

Se realizó un muestreo al interior de una parcela con un área de 50 x 100 (5000 m²). Se seleccionaron 25 sitios en forma aleatoria, en cada sitio se colectaron muestras de raíces y suelo a una profundidad de 0 – 20 cm. Para el muestreo de raíces se colectaron muestras de raíces jóvenes terciarias y cuaternarias. Cada muestra fue colectada al azar por las condiciones del terreno muestreado.

Una vez colectadas las muestras de raíces sobre la misma área de estudio se procedió a tomar las muestras de suelo de aproxi-

madamente 500 g, a una profundidad de 0-20 cm. Por cada árbol se tomaron tres submuestras para formar 25 muestras. Todas las muestras de suelo fueron mezcladas dentro de un balde y se formó una sola muestra compuesta debidamente rotulada y posteriormente llevada al laboratorio para sus respectivos análisis de caracterización química: materia orgánica, pH, densidad aparente, potasio, carbono; adicionalmente se realizó un análisis de textura.

2.3. Tinción y determinación de raíces micorrizadas

Se lavaron las raíces con abundante agua corriente, se cubrieron las raíces con solución de KOH al 10%, en la misma solución de KOH fueron expuestas a Baño María (90°C) durante 10 minutos, después del proceso anterior se lavaron las raíces con agua corriente, con la ayuda de un tamiz para evitar la pérdida de ellas durante el enjuague. Seguido se adicionó una solución fresca de KOH al 10% y H₂O₂ al 4 % comercial se mezclaron en proporción (V/V) y se dejaron por 5 minutos, se lavaron de nuevo con agua corriente, se acidificaron con una solución de HCL al 10 % durante 1 min, se lavaron las raíces con agua corriente, se les adicionó Azul de Tripán al 0.1% y se llevaron a Baño María por 1 min, se retiró el colorante de las raíces con abundante agua y finalmente las raíces teñidas se guardaron en Glicerol al 50% para su posterior evaluación (Phillips y Hayman 1970).

Para determinar el porcentaje de colonización se tomaron los trozos de raíces y se llevaron al microscopio para su observación. A cada segmento de raíz se le observaron 5 campos, estos se clasificaban como positivos (+) o negativos (-). Se consideraba como campo (+) aquel en el cual se apreciaba algún tipo de estructura fúngica. El porcentaje de colonización se calculó con la fórmula:

$$\% \text{ de colonización} = \frac{\text{Campos (+)}}{\text{Campos totales}} \times 100$$

Para el aislamiento de las esporas se tomaron 10 g de suelo húmedo, se colocó en un Erlenmeyer y se le adicionó aproximadamente 100 ml de agua, posteriormente se vertió sobre los tamices en orden descendente 38, 75, 150 mesh, se lavó con agua corriente el contenido de los tamices 75 y 38 y se recogió en tubos de centrifugación; se adicionó lentamente una solución de sacarosa al 50% para centrifugar por 3 minutos a 2.800 r.p.m, consecutivamente fue recogida toda la interface agua-sacarosa con la ayuda de una jeringa, se pasó por el tamiz de 38 mesh, se lavó con abundante agua para la sacarosa y finalmente las esporas se pasaron con un poco de agua a cajas petri y se realizó el conteo con ayuda de una siracusa en el microscopio (Sieverding 1991).

2.4. Evaluación morfológica de las esporas

Para la evaluación de las esporas se organizaron por morfotipos, se tomaron registros fotográficos de cada una de las esporas y se tuvo en cuenta: número de fotografía, aumento, morfotipos, réplica y observaciones. La identificación de los géneros se realizó a partir de la comparación de los morfotipos con los reportados en el *Catálogo ilustrado de Hongos Micorrízicos Arbusculares de la amazonía colombiana* (Peña et al. 2006). La colección internacional de cultura de Hongos Micorrizas Arbusculares INVAM (2006), claves taxonómicas propuestas por Oehl et al. (2011), más la comparación directa de investigación realizada en la universidad nacional, sede Palmira, para lo cual se contó con el apoyo del banco de referencia existente en el repositorio institucional de UN (Biblioteca digital).

2.5. Análisis de los datos

Se realizó un análisis de varianza -ANOVA- de un solo factor para determinar la existencia de diferencias significativas entre los árboles para las variables porcentaje de colonización y número de esporas. En el caso de número de esporas previo al análisis los

datos fueron transformados logarítmicamente con el fin de cumplir con los supuestos de normalidad. Todos los análisis fueron hechos con el paquete estadístico de Microsoft Excel 2010. Igualmente, se calculó el índice de diversidad de Shannon mediante el uso del programa BPMSG Diversity online calculator versión 2012- by Klaus D. Goepel.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Porcentaje de colonización de raíces

En promedio las raíces de los árboles de cedro tuvieron un porcentaje de colonización por HMA del 79%. El resultado del ANOVA mostró que existen diferencias significativas en el porcentaje de colonización de las raíces de los distintos individuos de cedro rosado (Tabla 1). Los altos porcentajes de colonización pueden significar una alta dependencia de la especie a la colonización por HMA, estos resultados están acordes con estudios previos que muestran porcentajes de colonización altos en raíces de cedro (Fernández *et al.*, 2013).

Tabla 1. Resultado del ANOVA para porcentaje de colonización de las raíces de cedro rosado por HMA.

Fuentes de variación	de	Gl	SC	F	Valor de P
Entre grupos		24	0,0063	1,84	0,034*
Dentro de grupos		50	0,0034		
Total		74			

* Diferencias significativas al 0,05.

Al evaluar las raíces se encontraron diferentes tipos de estructuras fúngicas como hifas, vesículas y esporas (Figura 6). Las hifas fueron las estructuras con mayor presencia con un 64 % del total de estructura fúngicas encontradas, seguidas por hifas y esporas 20 %, vesículas 12 % y finalmente hifas más vesículas 4 % (Figura 7). Las vesículas son consideradas estructuras de reserva que ayudan en el amortiguamiento ante algunos tipos de estrés (Aguilera 2007). Otra de las bondades que muestran estas estructuras, es la alta infectividad con respecto a otras fuente de inóculo (Biermann y Linderman 1983), por esta razón, no debe dejarse de lado la importancia que tienen en el suelo para iniciar la colonización en raíces recién formadas.

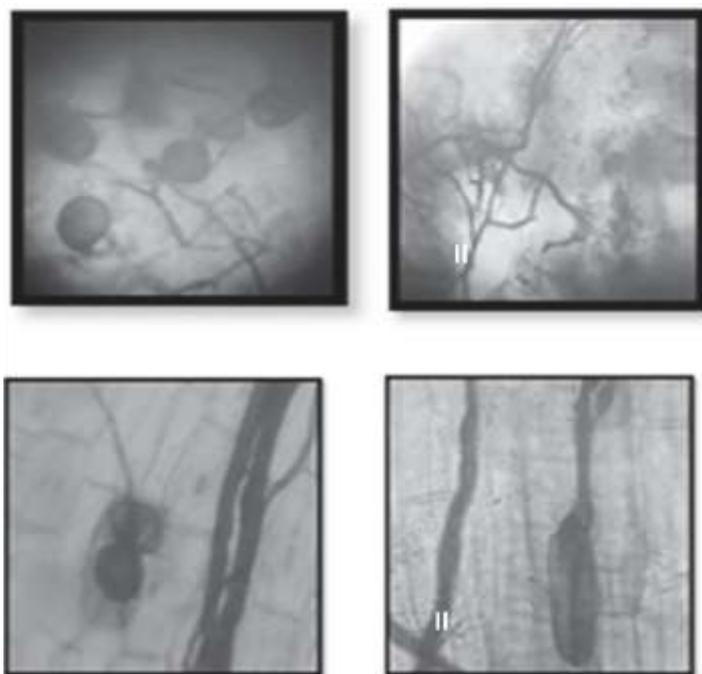


Figura 6. Las principales estructuras de colonización encontradas correspondieron a: hifas (I), seguido de hifas más esporas (II), y en menor cantidad de estructuras colonizadoras correspondientes a hifas más vesículas (III) y solo vesículas.

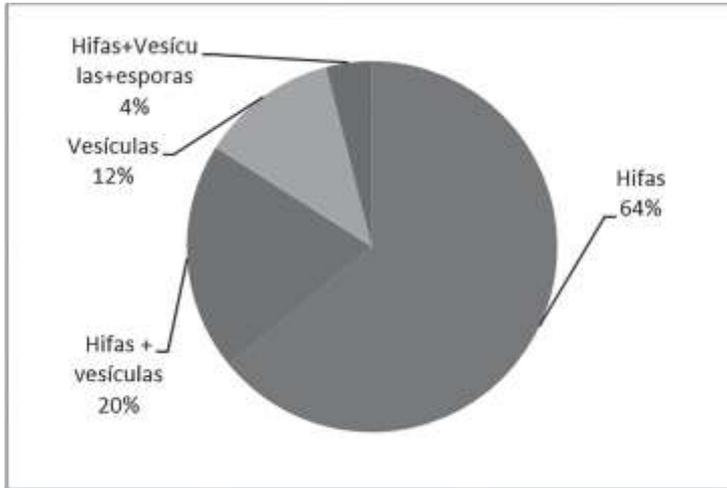


Figura 7. Distribución porcentual de estructuras formadoras de micorrizas arbusculares asociadas a cedro rosado (*Cedrela Odorata L.*) en el Bajo Calima.

Todos los árboles muestreados presentaron propágulos infecciosos HMA con un número promedio de esporas por árbol de 107. En cuanto a la abundancia de especies HMA, se identificaron 18 morfotipos de HMA asociados al cedro. El mayor número de esporas correspondieron al denominado morfotipo 1 con el 9 % del total seguido de los morfotipos 2 y 3 cada uno con 8 %, los morfotipos 4, 5, 6 y 8 presentaron 7% cada uno, morfotipos 7, 16 y 18 con 6%, morfotipos 9, 10, 13 y 17 con el 5%, morfotipos 12 y 14 con el 4% y finalmente los morfotipos 11 y 14 mostraron el porcentaje más bajo con un 2% (figura 8). El índice de Shannon indica que existe alta equidad (97,5%) y el índice de Simpson indica baja dominancia (6,3%) en los morfotipos HMA. El número de morfotipos de HMA encontrados en estos suelos es similar al reportado por Molineros (2007), en ese estudio el reportó 22 morfotipos de HMA asociados a palmas de chontaduro en dos corregimientos de Buenaventura D.E. Para los 18 morfotipos encontrados se observaron esporas con características morfológicas similares

a *Glomus*, *Acaulospora* y *Scutellospora* (Morton 1990, Peña et al. 2006). El morfotipo de HMA que presentó la mayor cantidad de esporas dentro de la población fue *Glomus* con 12 morfotipos, seguido por *Acaulospora* 4 morfotipos, y *Scutellospora* con 2 morfotipos.

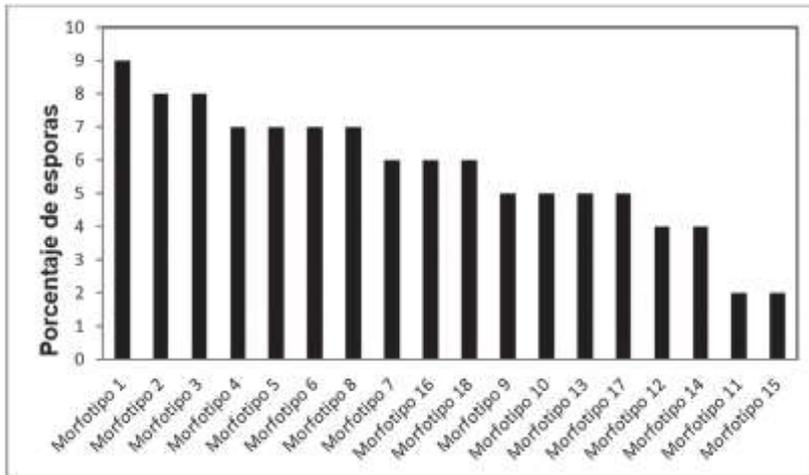


Figura 8. Distribución porcentual de esporas formadoras de micorrizas arbusculares asociadas a cedro rosado (*Cedrela Odorata L.*) en el Bajo Calima, Municipio de Buenaventura, Colombia.

Algunos estudios en meliáceas reportan una elevada colonización de los géneros de HMA arriba mencionados en poblaciones naturales. Por ejemplo, Mecinas *et al.*, 1991 reporta altos porcentajes de colonización HMA en cedro rojo. Igualmente, las especies *Cedrela fissilis* Vell. y *Cedrela montana* presentan alta dependencia micorrízica ante la escasa habilidad para absorber P en ausencia de la simbiosis (Siqueira y Saggin-Júnior, 2001; Pouyu-Rojas *et al.*, 2006; Urgiles *et al.*, 2009; Danieli-Silva *et al.*, 2010). Estas especies son susceptibles a la colonización por especies de los géneros *Glomus* y *Archaeospora* principalmente (Shepherd *et al.*, 2007; Haug *et al.*, 2010). De igual manera, Rodríguez *et al.*, (2011) reportan que en sistemas agroforestales o en áreas naturales de Asia, donde se han introducido especies maderables como

la caoba, también se han identificado HMA de los géneros *Glomus* y *Gigaspora* principalmente, y en menor proporción especies de los géneros *Acaulospora*, *Entrophospora*, y *Scutellospora*.

Los resultados del análisis de varianza mostraron que existen diferencias significativas en el porcentaje de colonización y el número de esporas presentes en la rizosfera entre los diferentes individuos de cedro rosado. Estos resultados posiblemente se deban a que hay diferencias localizadas en las concentraciones de fósforo en el suelo, lo que crea sitios donde hay menos disponibilidad de este elemento para los árboles y por consiguiente la colonización de las micorrizas sería mucho más alta. Por ejemplo en un estudio realizado por Arcos y Benavides (1996) muestran que los niveles de fósforo en el suelo tienen una relación directa con la colonización y el número de esporas del suelo, porque cuando este elemento es limitante favorece el establecimiento de la simbiosis.

La correlación entre el número de esporas y el porcentaje de colonización fue extremadamente baja. Muchos estudios confirman que estos dos factores no siempre están correlacionados. Según Hernández y Salas (2009) el número de esporas en el suelo y el porcentaje de colonización de la raíz pueden ser considerados más como un indicativo del establecimiento de los hongos en el suelo, que como un indicativo de la efectividad en el crecimiento al interior de la raíz de la planta. Recientes reportes encontraron que la falta de esporulación no necesariamente significa ausencia de la micorriza en ese lugar. Méndez. 2012 afirma que el micelio de algunos HMA se detectó en raíces de plantas, pero las esporas no fueron encontradas en ninguna de las muestras de suelo.

En este estudio se encontraron 18 morfotipos de esporas pertenecientes a cinco géneros de hongos HMA, el género *Glomus* fue el más representado con 11 especies, seguido por el género *Acaulospora* con cuatro especies, y los géneros *Archaeospora*, *Scutellospora* y *Gigaspora* con una especie cada uno. Varios autores han expuesto como los géneros más representativos de

suelos tropicales húmedos de textura arcillosa a franco-arcillosa son *Glomus* y *Acaulospora*, siendo los géneros *Gigaspora* y *Scutellospora* los menos frecuentes (Cardoso y Kuyper 2006, Picone 2000). Estos géneros también han sido reportados para la región amazónica venezolana (Cáceres, 1989), brasileña (Caproni *et al.*, 2003), y en este estudio son datos muy similares. De los trabajos anteriormente citados, se encuentra que el género *Glomus* representa el 67% de la diversidad micorrízica del suelo, *Acaulospora* con el 22% y *Scutellospora* con un porcentaje menor del 11%, lo cual indica que la composición micorrízica de los suelos arcillosos son ricos en HMA. Según las investigaciones hechas por (Sieverding, 1991) Las propiedades físicas y químicas del suelo son determinante en la germinación de las esporas y el crecimiento del tubo de germinación y no por la colonización de la raíz.

3.2. Evaluación morfológica de las esporas

En total se encontraron 18 morfotipos correspondientes a tres posibles géneros: *Glomus* con un porcentaje del 67 %, seguido de *Acaulospora* con el 22 % y *Scutellospora* con el 11% (Figura 28).

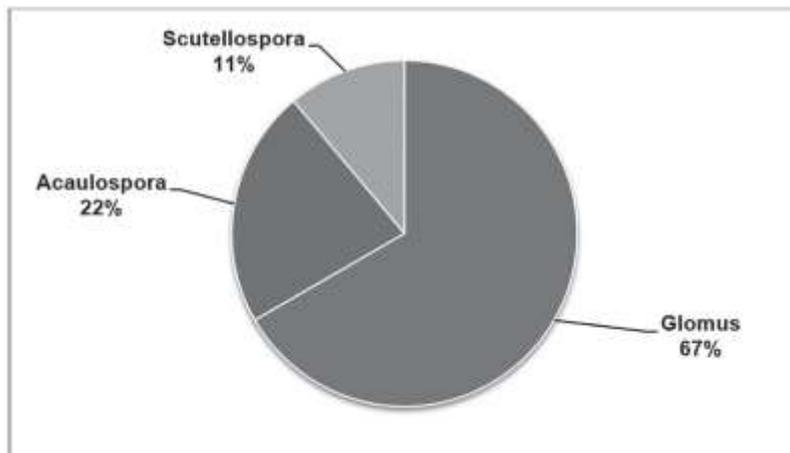


Figura 9. Porcentaje de abundancia de posibles géneros encontrados en las raíces de cedro.

Las fotos corresponden a las esporas aisladas en este estudio durante el muestreo.

Morfotipo 1. Espora: globosa, amarillo oscuro. Paredes: se diferencia una pared externa y una interna compactas al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: ausente. Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 2. Espora: globosa, amarillo oscuro. Paredes: se diferencia una pared externa y una interna compactas al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: curvada Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 3. Espora: globosa, gris con bordes negros. Paredes: se diferencia una pared externa, una pared media y una pared interna compactas al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: curvada Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 4. Espora: subglobosa, amarillo y naranja oscura. Paredes: se diferencia una pared externa y una interna lisa al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: ausente Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 5. Espora: Globosa, amarilla. Paredes: pared externa, pared media y pared interna al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: ausente Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 6. Espora: Globosa, amarilla. Paredes: se distingue en la pared externa ornamentación tipo al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: ausente. Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 7. Esporas: subglobosa, y globosa amarilla a naranja con bordes negros. Paredes: Pared externa, en la pared interna contenido lipídico al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: ausente Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 8. Espora: subglobosa, amarilla. Paredes: pared externa, y pared interna con ornamentación reticulada al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: ausente Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 9. Espora: globosa, amarillo rugosa al observarse al microscopio óptico. Paredes: se diferencia una pared externa y una interna compactas al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: ausente. Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 10. Espora: Globosa, hialina al microscopio. Paredes: Pared externa, pared media y pared interna al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: recta. Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 11. Espora: subglobosa, café al microscopio.(sin registro en tabla de colores) Paredes: pared externa con ornamentación espinulada, pared media y pared interna al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: ausente. Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 12. Espora: Subglobosa, amarilla a café al microscopio. Paredes: pared media con ornamentación nodulosa, pared externa y pared interna al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: recta. Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 13. Espora: Subglobosa, café al microscopio (sin registro en la tabla de colores) Paredes: Pared interna con ornamentación reticulada, pared externa con bordes negros al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: Ausente. Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 14. Espora: Subglobosa, amarilla al microscopio. Paredes: Pared interna y pared externa con bordes negros al observarse al microscopio *óptico*. **Conexión hifal: Recta.** Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 15. Espora: Globosa, de café a negra al microscopio. Paredes: no hay diferencias en las paredes al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: Ausente Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 16. Espora: Globosa, amarilla. Paredes: no se diferencia las paredes al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: Ausente. Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 17. Espora: Globosa, amarilla al microscopio. Paredes: Pared interna con ornamentación reticulada, pared externa con bordes negros y contenido lipídico al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: Ausente. Localidad: Bajo Calima (La colonia).

Morfotipo 18. Esporas: globosa, amarilla al microscopio. Paredes: pared externa, en la pared interna contenido lipídico al observarse al microscopio óptico. Conexión hifal: curvada. Localidad: Bajo Calima (La colonia).

3.3. Resultado de los análisis de suelo

Según el análisis de suelo el nivel de fósforo disponible en el área de estudio fue bajo es decir que la presencia de fósforo puede contribuir a una alta presencia de la simbiosis, pues en ambientes donde hay contenidos bajos de este elemento se ha reportado una alta micorrización (León 2006). Sin embargo, los árboles que crecen en condiciones de baja disponibilidad de nutrientes tienden a ser micotróficas obligadas, debido a la necesidad de mejorar la toma de los nutrientes de manera que este proceso estimula el establecimiento del hongo y se permite un mayor drenaje de fotosintatos (Soka y Ritchie 2014). Las micorrizas arbusculares de la presente investigación se aislaron en suelos ácidos con pH de 4,48, en este sentido la literatura reporta una amplia adaptación de las micorrizas a condiciones de pH edáfico (Clark 1997).

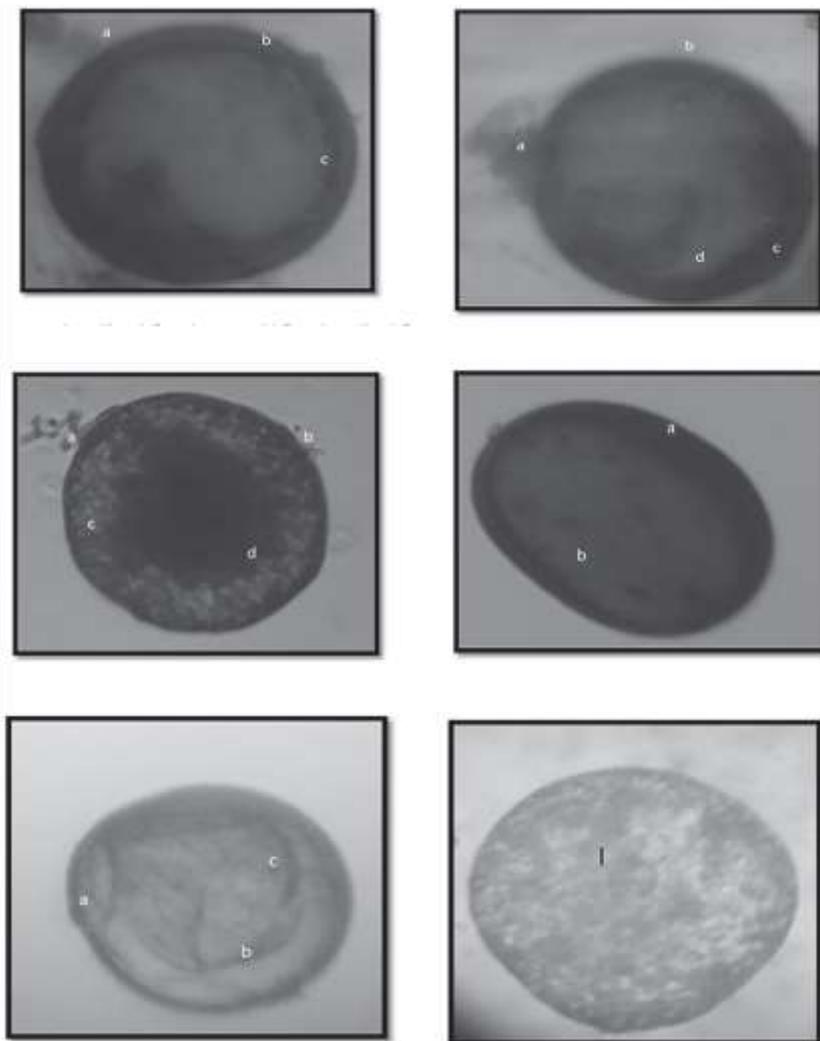


Figura 10. Características esporas. Morfotipo 1: Espora completa 10x. a) Pared externa b) Pared media c) Pared interna. Características espora. Morfotipo2. Espora completa 10x. a) Conexión hifal b) Pared externa c) Pared media d) Pared interna. morfotipo3. Espora completa 10x. a) Conexión hifal b) Pared externa c) Pared media d) Pared interna. morfotipo4. Espora completa 10x. a) Pared externa b) Pared interna. morfotipo5. Espora completa 10x. a) Pared externa b) Pared media c) Pared interna. morfotipo 6. I) Espora completa con ornamentación en la pared interna 40x.

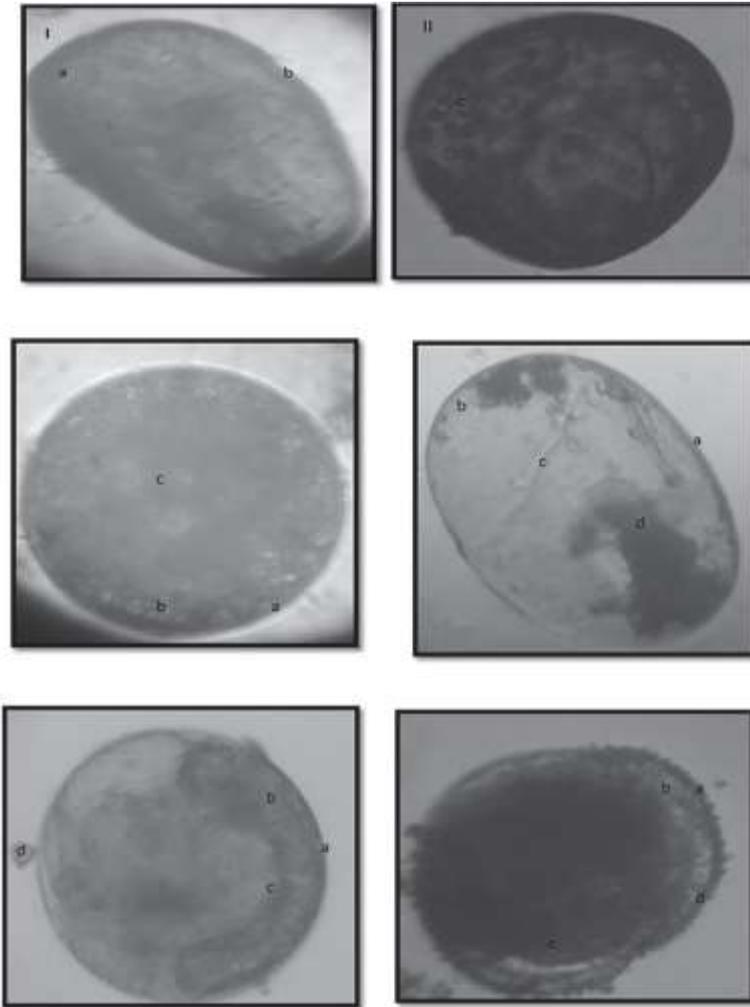


Figura 11 Características espora morfotipo 7. Espora completa 40x. I a) Pared externa b) Pared interna. II c) Contenido lipídico. morfotipo8. Espora completa 40x. a) Pared externa b) Pared interna c) Reticulaciones en la pared interna d) Ornamentación oscura. morfotipo9. Espora completa 40x. a) Pared externa b) Pared media c) Ornamentación. morfotipo10. Espora completa 10x. a) Pared externa b) Pared media c) Pared interna d) Conexión hifal. Morfotipo11: Espora rota 40x. a) Pared externa b) Pared media c) Pared interna d) Ornamentación espinulada en la pared externa.

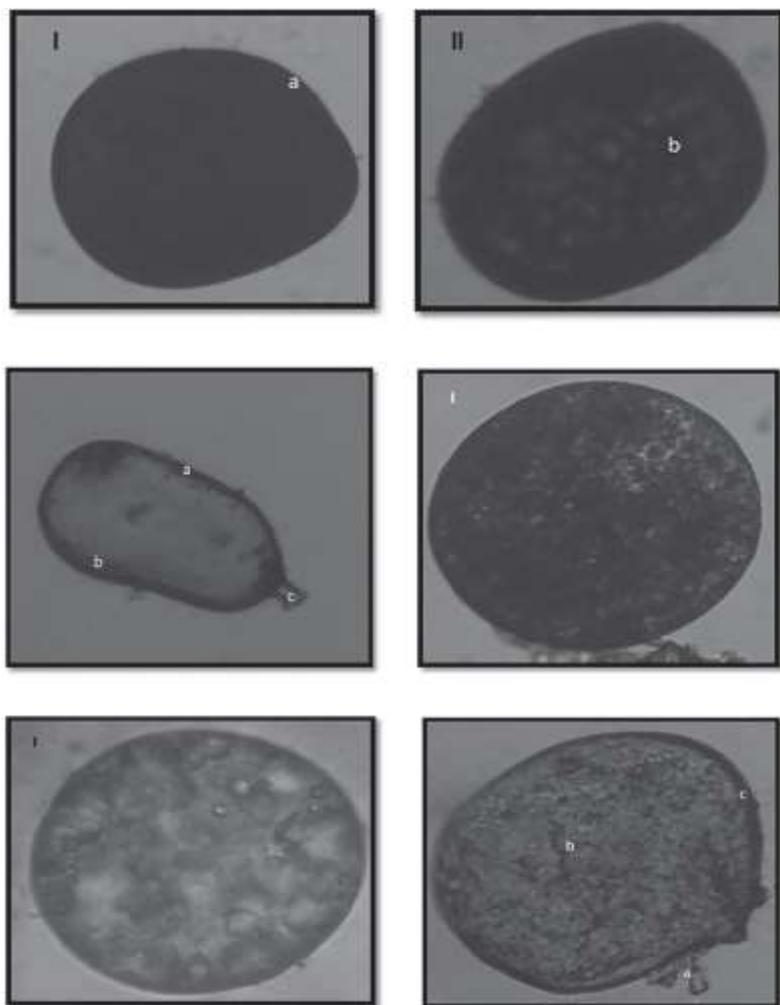


Figura 12 Características espora. Morfotipo13. Esporas completas 10x I. a) Pared interna y externa II. b) Ornamentación reticulada. Morfotipo14: espora pipiforme 10x. a) Pared externa b) Pared interna c) Conexión hifal Recta. Morfotipo15: I) Espora completa 10x al observarse al microscopio rugoso y sin conexión hifal. Morfotipo16.Espora completa 10x. I) Contenido lipídico y ornamentación tipo Nodulosa. Morfotipo17: espora completa 10x. a) Contenido lipídico b) Ornamentación tipo Reticulada. c) Pared interna y externa.

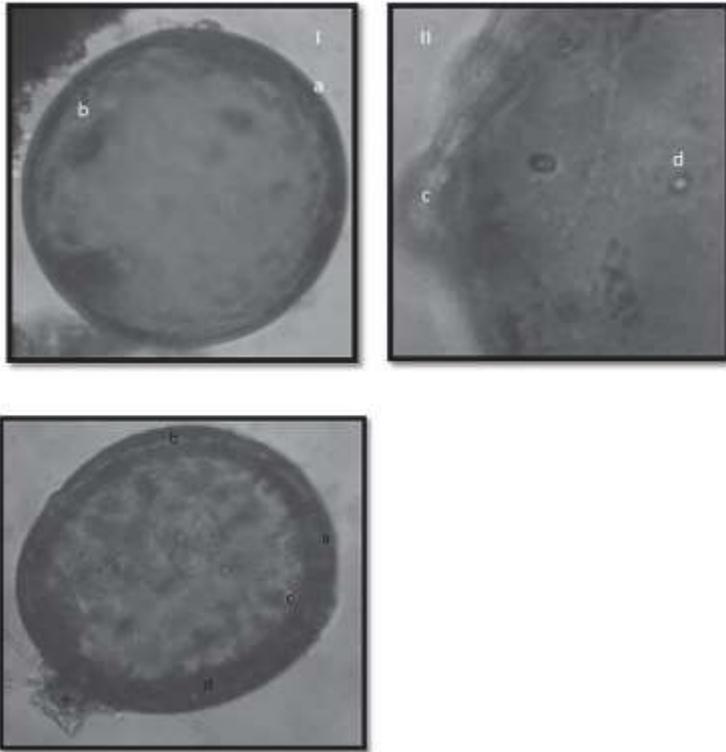


Figura 13. Características espora. Morfotipo 18: Espora completa 40x. I a) Pared externa b) Pared interna. II c) Contenido lipídico d) conexión hifal curvada a 10x. Morfotipo 12: espora rota 40x. a) Pared externa b) Pared media c) Pared interna d) Ornamentación nodulosa en la pared media e) Conexión hifal Recta.

El porcentaje de materia orgánica en suelo fue de 14,5 %, en relación con la materia orgánica existe evidencia del efecto positivo de esta en la micorrización (Arcos y Benavides 1996). Aunque el porcentaje de saturación de aluminio encontrado de 38 % resulta ser restrictivo para el desarrollo del sistema radicular, se ha encontrado que los hongos micorrízicos tienen la capacidad de modificar el patrón de exudación compuestos quelatantes de aluminio, de esta forma se disminuye la acumulación de Al y su movilización hacia la parte aérea (Sánchez, 2006).

Los resultados aquí mostrados demuestran que los árboles del cedro rosado presentan asocio con diversos géneros de hongos HMA, esta simbiosis puede estar ayudando a los árboles a tolerar las condiciones de bajo pH y alta saturación de aluminio, típica de los suelos de la región pacífica colombiana (Allen et al. 2003). Lo anteriormente expuesto implica un alto potencial para el aislamiento y uso de los HMA nativos en la producción de plántulas de *C. odorata* con fines de reforestación o plantaciones forestales comerciales en áreas deforestadas.

4. CONCLUSIÓN

Las raíces de los individuos de *Cedrela Odorata* evaluados presentan altos niveles de colonización de HMA, estos microorganismos presentan una alta diversidad de morfotipos con alta equitatividad y baja dominancia. Los morfotipos identificados probablemente pertenecen a los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora*, siendo *Glomus* el más predominante. Los resultados abren la posibilidad de aislar HMA nativos que pueden ser utilizados como inóculo en procesos de reforestación o plantaciones forestales comerciales de cedro rosado en áreas deforestadas del Pacífico *húmedo tropical*.

Agradecimientos

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a los docentes del Programa de Agronomía de la Universidad del Pacífico que aportaron de alguna forma en la realización de ésta investigación, también agradecen al personal de laboratorio de la Universidad del Pacífico por el servicio prestado. Finalmente agradecimientos al Programa de Agronomía por el apoyo continuo durante todo el proceso.

5. LITERATURA CITADA

Aguilera, G.L., Olalde, P.V., Arriga M.R., y Contreras A.R. 2007. Micorrizas arbusculares. Ciencia Ergo Sum. Pp. 300-303.

Allen, B.E., M.F. Allen., L. Egerton- Warburton., L. Corkidi y A. Gómez- Pompa. 2003. Impactos de early- and late- seral micorrizas durante la restauración en un bosque tropical estacional, México. Ecological Applications. Pp 1701-1712.

Arcos, A. Benavidez, G. 1996. Ocurrencia y cuantificación de la micorriza arbuscular (MA9) bajo bosques y agroecosistemas. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del municipio del Mitú, Departamento del Vaupés. Geográfico Agustín Codazzi. Pp 36-45.

Asrar, A.W.A., y Elhindi, K.M. (2011). Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi journal of biological sciences, 18 (1), 93-98.

Becerra, A.G., Diván, A., y Renison, D. 2019. Bare soil cover and arbuscular mycorrhizal community in the first montane forest restoration in Central Argentina. Restoration Ecology, 27(4), 804-812.

Biermann. B. y Linderman, R. G. 1983. Use of vesicular-arbuscular Mycorrhizal roots, intraradical vesicles and extraradical vesicles as inoculum. Pp.97-102.

Bucher, M. 2007. Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. New Phytologist, 173 (1), 11-26.

Cáceres, A. 1989. Las micorrizas vesículo-arbusculares en un bosque húmedo tropical y su evolución luego de la perturbación (conuco) y la sucesión por 60 años en San Carlos de Río Negro.

Tesis de Maestría. Centro de Estudios Avanzados, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas IVIC, Caracas, Venezuela. 252 pp.

Caproni, A.L., Franco, A.A., Berbara, R.L., Gralha, D.O., Ribeiro, E.M.S. y Saggin Junior, O.J. 2003. Capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas após mineração de bauxita no Pará. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(3), 937-945.

Cárdenas, D., J. & N. Salinas. 2006. Libro Rojo de Plantas de Colombia. Vol. 4. Bogotá D.C. Especies Maderables Amenazadas de Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 232 p.

Cardoso, I.M., y Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, ecosystems & environment*, 116(1-2), 72-84.

Cavers, S., Navarro, C., y Lowe, A. 2003. A combination of molecular markers identifies evolutionarily significant units in *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in Costa Rica. *Conservation Genetics*, 4, 571-580.

Castellanos-Morales, V., Cárdenas-Navarro, R., García-Garrido, J. M., Illana, A., Ocampo, J.A., Steinkellner, S., y Vierheilig, H. 2012. Bioprotection against *Gaeumannomyces graminis* in barley a comparison between arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant, Soil and Environment*, 58(6), 256-261.

Chen, B., Xiao, X., Yong, G.Z., Smith, F.A., Miao, X.Z., y Smith, E.S. 2007. The arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* gives contradictory effects on phosphorus and arsenic acquisition by *Medicago sativa* Linn. *Science of the Total Environment* 379. pp. 226-230.

Clark, R.B. 1997. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. *Plant and soil*, 192(1), 15-22.

Danieli-Silva A., Uhlmann A., Vicente-Silva J., Stürmer S.L. 2010. How mycorrhizal associations and plant density influence intra- and inter-specific competition in two tropical tree species: Pp.180-183.

De La Torre A., López C., Yglesias E., y Cornelius J.P. 2008. Genetic (AFLP) diversity of nine *Cedrela Odorata* populations in Madre de Dios, southern Peruvian Amazon. *Forest Ecology and Management* 255 pp. 334–336.

Fajardo, L., Cuenca, G., Arrindell, P., Capote R., y Hasmy, Z. 2011 El uso de los hongos micorrizicos arbusculares en las prácticas de restauración ecológica Universidad Central de Venezuela: p1.

Fernández, C. 2013. Efectividad biológica de especies nativas de hongos micorrizicos arbusculares en cedro rojo (*Cedrela Odorata* L.) Universidad autónoma de nuevo león, facultad de ciencias forestales. México Pp.15-30.

Gallou, A., Mosquera, H.P.L., Cranenbrouck, S., Suárez, J.P., & Declerck, S. 2011. Mycorrhiza induced resistance in potato plantlets challenged by *Phytophthora infestans*. *Physiological and molecular plant pathology*, 76 (1), 20-26.

Haug, I., Wubet, T., Weiß. M., Aguirre, N., Weber, M., Günter, S, Kottke, I. 2010. Species-rich but distinct arbuscular mycorrhizal communities in reforestation plots on degraded pastures and in neighboring pristine tropical mountain rain forest. Pp. 125-128.

Hernández-Cuevas, L., Santiago-Martínez, G., y Cuatlal-Cuahutencos, P. 2011. Propagación y micorrización de plantas nati-

vas con potencial para restauración de suelos. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(7), 87-96.

Hernández W. y Salas E. 2009. La inoculación con *Glomus fasciculatum* en el crecimiento de cuatro especies forestales en vivero y campo. *Agronomía Costarricense* 33: pp. 17-30.

INVAM. 2006. International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi. <http://invam.cafe.wvu.edu/>.

Javaid, A. 2009. Arbuscular mycorrhizal mediated nutrition in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32(10), 1595-1618.

Jun-Li, H.U., Xian-Gui, L., Jun-Hua, W., Wei-Shou, S., Shu, W., Su-Ping, P., y Ting-Ting, M. 2010. Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation enhances suppression of cucumber Fusarium wilt in greenhouse soils. *Pedosphere*, 20(5), 586-593.

Karandashov V. y Bucher M. 2005. Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas. *Trends in Plant Science*, 10(1), 22-29.

León, V. 2006. Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a la yuca (*Manihot esculenta sp.*) en dos regiones del amazona colombiano. Universidad Pontificia Javeriana. Bogota Pp.80-89.

Martínez, R.M. y Orth X. 2007. Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la sociedad Botánica de México* 80, 69-84.

Martínez-Medina, A., Roldán, A., y Pascual, J.A. 2011. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* under conventional and low input fertilization field condition in melon crops: growth response and Fusarium wilt biocontrol. *Applied Soil Ecology*, 47(2), 98-105.

Méndez C.H. 2012. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares asociados al cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en dos ecosistemas tropicales de Veracruz, México. Tesis doctoral, UANL. p. 200.

Moynahan, O.S., Zabinski C.A., y Gannon J.E. 2002. Microbial community structure and carbonutilization diversity in a mine tailings revegetation study. *Restoration. Ecology*, 10, 77-87.

Molimeros, H. 2007. Reconocimiento de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) nativos en palmas de chontaduro (*Bactris Gasipaes* H.B.K). Buenaventura, Colombia. Pp 21-60.

Morton, J.B., y Benny, G.L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A New orden, Gomales; tow new suborder, Glomineae and Gigasporinae, and two new families, Acualosporaceae and Gigasporaceae, with and emendation of Glomaceae. *Mycotaxon*, 37,471- 481

Moucheshi A., Heidari B., y Assad M.T. 2012. Alleviation of drought stress effects on wheat using arbuscular mycorrhizal symbiosis. *International Journal of Agris ciencia*, Vol. 2 (1), 35-37.

Oehl, F., Sieverding, E., Palenzuela, J., Ineichen, K., y da Silva, G.A. 2011. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. *IMA fungus*, 2(2), 191-199.

Peña, C.P., Cardona G.I., Mazorra, A., Arguellez, J.H., Arcos, A.L. 2006. Micorrizas arbusculares de la amazonía colombiana. *Catálogo Ilustrado*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 90 p.

Peña-Venegas, C.P., Cardona, G.I., Arguelles, J.H., y Arcos, A.L. (2007). Micorrizas arbusculares del sur de la amazonía colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amazónica*, 37(3), 327-336.

Parniske, M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nature Reviews Microbiology*, 6 (10), 763-775.

Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P., y Van Der Putten, W. H. 2013. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews Microbiology*, 11(11), 789-799.

Phillips, J.M. y Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesamente to infeccion. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55, 158-161.

Picone, C. 2000. Diversity and Abundance of Arbuscular–Mycorrhizal Fungus Spores in Tropical Forest and Pasture 1. *Biotropica*, 32(4a), 734-750.

Pozo, M. J., Cordier, C., Dumas Gaudot, E., Gianinazzi, S., Barea, J. M., y Azcón Aguilar, C. 2002. Localized versus systemic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on defence responses to *Phytophthora* infection in tomato plants. *Journal of experimental botany*, 53(368), 525-534.

Pouyu-Rojas E., Siqueira, J.O., Donizetti, J.G.S. 2006. Symbiotic compatibility of arbuscular mycorrhizal fungi with tropical tree species. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*. 30 (3), 413-415.

Richardson, A.E., Barea, J.M., McNeill, A.M., y Prigent-Combaret, C. 2009. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and soil*, 321(1-2), 305-339.

Rodríguez, M., Soto, E., Pérez, M., y negreros, C. 2011. Los Hongos Micorrízicos Arbusculares y su implicación en la produc-

ción y manejo de especies neotropicales forestales, con énfasis en meliáceas. Universidad Popular de la Chontalpa, Tabasco, México.

Sánchez, C., Caballero D., Rivera, R. y Cupull, R. 2006. Respuesta de especies de hongos micorrizógenos (HMA) sobre el desarrollo de posturas de cafeto. I Parte. Suelo pardo gleyzoso. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, CP 32700, La Habana, Cuba. Centro Agrícola.

Shepherd, M., Nguyen, L., Jones, M.E., Nichols, J.D., y Carpenter, F.L. 2007. A method for assessing arbuscular mycorrhizal fungi group distribution in tree roots by intergenic transcribed sequence variation. 259 p.

Shokri, S., y Maadi, B. 2009. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on the mineral nutrition and yield of *Trifolium alexandrinum* plants under salinity stress. *J Agron*, 8(2), 79-83.

Srivastava, R., Khalid, A., Singh, U.S., y Sharma, A.K. 2010. Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungus, fluorescent *Pseudomonas* and *Trichoderma harzianum* formulation against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* for the management of tomato wilt. *Biological control*, 53(1), 24-31.

Sleverdng, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizal management in tropical agrosystems Technical Cooperation, Ed GTZ, Alemania, Federal Republic of Germany. 370-383.

Siqueira J.O., Carbone M.A., Curi, N., Da Silva S.C., Davide, A.C. 1998. Mycorrhizal Colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. Pp. 241-242.

Siqueira, J.O., y Saggin-Junior, O. 2001. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. *Mycorrhiza*, 11, 245-255.

Smith, S.E., y Read, D.J. 2008. *The Mycorrhizal Symbiosis*. 3a ed. Academic Press. Londres, RU. 787 pp.

Soka, G., y Ritchie, M. 2014. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and ecosystem processes: prospects for future research in tropical soils. *Open Journal of Ecology*, 2014.

Urgiles, N., Loján, P., Aguirre, N., Blaschke, H., Günter, S., Stimm, B., y Kottke, I. 2009. Application of mycorrhizal roots improves growth of tropical tree seedlings in the nursery: a step towards reforestation with native species in the Andes of Ecuador. Pp.229-233.

CAPÍTULO IV

INFLUENCIA DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE MAÍZ CHOCOCITO SOMETIDAS A ESTRÉS HÍDRICO

Nilsen Lasso-Rivas, Kelly M. Riascos-Obando, Cristian Sinisterra-Hinestroza

RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue evaluar la influencia de los Hongos Micorrízicos Arbusculares en plantas de maíz raza chococito sometidas a estrés hídrico. El ensayo consistió en evaluar en condiciones controladas tres niveles de agua; sin estrés (100% de capacidad de campo), estrés moderado (50% de capacidad de campo) y estrés intenso (25% de capacidad de campo) y dos condiciones de inoculación con Hongos Micorrízicos Arbusculares (inóculo -HMA esterilizado e inóculo +HMA vivo), con ocho plantas por tratamiento, para un total de 48 plantas. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, peso seco total, número de hojas, porcentaje de colonización, diámetro de la hoja. Los resultados mostraron que la colonización con HMA resultó en un efecto positivo para las variables evaluadas excepto para el área foliar y el número de hojas. El tratamiento de sequía no resultó en diferencias significativas para ninguna de las variables excepto para la altura. Con respecto al porcentaje de colonización de las raíces, se encontró que las plantas que mayor porcentaje de estructuras fúngicas presentaron, fueron las que se sometieron a estrés hídrico con una capacidad de campo del 50%, mientras que las que se sometieron a un 25% de capacidad de campo, fueron las que obtuvieron un

menor porcentaje de colonización. No se encontró interacción entre los tratamientos de sequía y HMA. Estos resultados confirman que la colonización micorrizica ejerce un efecto benéfico sobre el desarrollo de las plantas de maíz chococito, y que esta variedad presentaría un alto grado de tolerancia al estrés por sequía en las etapas intermedias de su ciclo vegetativo.

Palabras clave

Micorrizas, estrés hídrico, maíz chococito, variables fisiológicas, cambio climático.

ABSTRACT

The purpose of the present work was to evaluate the influence of arbuscular mycorrhizal fungi on chococito maize plants subjected to water stress. The trial consisted of evaluating three water levels under controlled conditions; Without stress (100% field capacity), moderate stress (50% field capacity) and intense stress (25% field capacity) and two inoculation conditions with arbuscular mycorrhizal fungi (inoculated HMA and inoculum + HMA Alive), with eight plants per treatment, for a total of 48 plants. The variables evaluated were: plant height, total dry weight, number of leaves, percentage of colonization, and diameter of the leaf. The results showed that the colonization with HMA resulted in a positive effect for the evaluated variables except for the leaf area and the number of leaves. Drought treatment did not result in significant differences for any of the variables except for height. Regarding the percentage of root colonization, it was found that the plants with the highest percentage of fungal structures were submitted to water stress with a field capacity of 50%, while those that underwent 25% of field capacity, were those that obtained a lower percentage of colonization. There was no interaction between drought and AMH treatments. These results confirm that mycorrhizal colonization exerts a beneficial effect on the

development of the chococito maize plants, and that this variety would present a high degree of tolerance to drought stress in the intermediate stages of its vegetative cycle.

Keywords

Mycorrhizae, water stress, chococito maize, physiological variables, climate change.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático está generando un aumento de la temperatura global, el aumento de 2-4 °C previsto para mediados del siglo XXI conllevará un incremento de evapotranspiración de 200-300 mm, el cual agravará la sequía y comprometerá la supervivencia de las plantas, disminuyendo la disponibilidad real de agua (IPCC 2001, Allen 2010). Así, la sequía resultante del cambio climático es un fenómeno con potencial para causar grandes pérdidas en la agricultura (Knight y Chan 2012).

La disponibilidad del agua es el factor ambiental de mayor efecto en la productividad del cultivo del maíz (Magalhães y Durães 2006). Existe un estimativo de que el 80% del maíz sembrado en regiones tropicales tienen su rendimiento promedio reducido de un 10 a un 50% debido al estrés hídrico (Edmeades *et al.*, 1989). Esas pérdidas pueden aumentar en el futuro si, como es esperado, una mayor proporción del cultivo fuera realizado en áreas marginales, sujetas a sequía (Earl y Davis 2003).

El maíz es uno de los granos de mayor demanda e importación en Colombia; entre el año 2013 y 2014 las importaciones de maíz (amarillo y blanco) fueron de 3.584.885 y 2.433.494 Ton, respectivamente, mientras que la producción nacional para los mismos años fue de 1.683.858 y 911.474 Ton; por tanto para el último año cerca del 72% del maíz consumido en el país provino de las importaciones (FENALCE, 2014). El maíz perteneciente a la raza chococito y sus variantes locales constituyen una fuente importante de alimento seguro y a bajo costo para las comunidades campesinas e indígenas de toda la región Pacífica colombiana, el área de distribución del maíz chococito está alrededor de 80.000

km² (Chinguachi, y García 2013, Arango y Peñarete 2000). El maíz chococito que se encuentra en la zona del Pacífico ha sido catalogado como una raza primitiva por sus características morfológicas y por su adaptación a condiciones climáticas extremas como lo son alta pluviosidad y temperatura (Hernández, 1985).

Bajo el escenario del cambio climático se provee que las condiciones de sequía podrán aumentar en algunas regiones del Pacífico colombiano (Arango et al., 2012), lo que muy probablemente significará un aumento en la frecuencia de eventos de estrés por sequía en los cultivos de maíz. En este sentido cabe resaltar la necesidad de explorar estrategias que permitan mejorar el desempeño de este cultivo bajo condiciones de estrés por sequía. Los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) podrían convertirse en una herramienta útil para disminuir el efecto negativo que el estrés por sequía puede generar en los cultivos de maíz chococito (Lasso-Rivas et al. 2018). Los HMA crean un tipo de asociación simbiótica con las de plantas superiores en la cual los hongos obtienen nutrientes orgánicos de la planta y las plantas obtienen nutrientes minerales del hongo (principalmente el fósforo), adicionalmente los hongos ofrecen otros beneficios a las plantas como lo son incremento de la resistencia a plagas y a algunos tipos de estrés ambiental como la sequía (Schreiner y Bethlenfalvay 1995, Bethlenfalvay 1992). Estudios realizados hasta la fecha sugieren varios mecanismos por los que la simbiosis planta-HMA puede aliviar los efectos de la sequía en las plantas hospedadoras, los más importantes, de estos mecanismos son: i) absorción directa y la transferencia de agua a través de las hifas fúngicas al huésped (Aroca *et al.* 2013; Gol 2014), ii) cambios en las propiedades de retención de agua del suelo, mejor ajuste osmótico de las plantas micorrizadas (Ruiz y Aroca 2010), iii) mejora del intercambio de gases en la planta y uso eficiente del agua, iv) protección contra el daño oxidativo generado por la sequía (Ruiz-Sánchez et al. 2015). El objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de los HMA en el crecimiento de las plan-

tas de maíz chococito sometidas a estrés por sequía, esto debido al pronosticado aumento en la frecuencia de eventos para la región Pacífica colombiana.

2. METODOLOGÍA

2.1. Localización

Este experimento se realizó en el vivero experimental del programa de Agronomía de la Universidad del Pacífico, en el Distrito Especial de Buenaventura, Departamento del Valle del Cauca Colombia, coordenadas N 03°.49'.49.02" W 77°.00'.26.98".

2.2. Material vegetal

La sub raza de maíz chococito empleada para este ensayo fue la denominada "típico amarillo", la cual se caracteriza por tener mazorcas de tamaño pequeño entre 12 y 22 hileras de granos pero lo más común es entre 16 a 18, con 28 a 38 granos por hilera, apiñados sobre la mazorca y profundamente implantados; color del grano amarillo, forma plana, tamaño mediano y de consistencia dura. La semilla fue seleccionada a partir de mazorcas sanas y de buen tamaño provenientes de cultivos de la Vereda Citronela, Buenaventura D.E.

2.3. Diseño experimental y análisis estadístico

Se sembraron diez semillas en macetas plásticas de 4,5 Kg. que contenían una mezcla 1:1 de arena y suelo de vega de río (a este suelo se le realizó un análisis físico-químico) previamente esterilizada en autoclave durante 90 minutos. Dos semanas después de la germinación se ralearon todas las macetas y se dejó una sola plántula.

El diseño experimental consistió en un modelo factorial, con tres niveles de agua: sin estrés (100% de capacidad de campo),

estrés moderado (50% de capacidad de campo) y estrés intenso (25% de capacidad de campo), y dos condiciones de inoculación con Hongos Micorrízicos Arbusculares: inóculo esterilizado (-HMA) e inóculo vivo (+HMA); con ocho plantas por tratamiento para un total de 48 plantas. Para realizar el tratamiento de humedad de suelo se llevó el suelo de la maceta a capacidad de campo, posteriormente se extrajo una muestra del sustrato con un cilindro de 5 cm de alto * 5 cm de diámetro, el cual fue pesado y luego secado al horno a 105° durante un periodo de 48 horas, luego se realizó el cálculo para determinar el porcentaje de humedad del sustrato.

HP% CC = (Peso fresco a CC – Peso Suelo Seco)/peso del suelo seco * 100

Contenido gravimétrico de humedad en el suelo (%) y densidad aparente (g cm⁻³) se calculó usando las fórmulas:

Capacidad de contenido gravimétrico de agua (%), $\theta_m = \frac{Ma}{Ms} * 100$

Ma = masa de agua evaporada, g

Ms = masa del suelo seco, g

Densidad aparente (g cm⁻³), $Da = \frac{Ms}{Vs}$

Ms = masa del suelo seco, g

Vs = volumen de la muestra de suelo, cm³

Una vez determinados los porcentajes de humedad del suelo se calcularon los volúmenes de agua equivalentes al 50 y al 25% de la capacidad de campo de las materas, estos valores correspondían a sequía moderada e intensa (García *et al* 2003). Los tratamientos de sequía se comenzaron a aplicar 60 días después de la siembra.

Se realizaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos. Se empleó la prueba HSD de Tukey para probar las diferencias entre las

medias. Los porcentajes de colonización de la raíz se transformaron para lograr la normalidad y cumplir con los supuestos de los análisis estadísticos paramétricos. Para la evaluación de la colonización de las raíces se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. Todos los análisis se realizaron con el programa R versión 2.15.1, el nivel de significancia se fijó en 0,05.

2.4. Inoculación micorrízica

La infección micorrízica fue establecida mediante la adición al suelo contenido en las macetas de 120 g de MICORRIZAS M.A. SAFER® (este inóculo contiene una mezcla de fragmentos raíces colonizadas, micelios y esporas). El procedimiento consistió en hacer un hoyo en el centro de la maceta adicionar el inóculo y mezclar con el suelo. Las plántulas del control recibieron la misma cantidad de inóculo previamente esterilizado en autoclave por 90 minutos. En el momento de la siembra las semillas se pusieron en contacto directo con el inóculo.

2.5. Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el experimento fueron altura, número de hojas, área foliar, peso seco de hojas, raíz, y tallo. La altura de la planta la cual se midió cada 15 días por 90 días. Tres meses después de la siembra las plantas fueron cosechadas y divididas en hojas tallos y raíces. Las hojas fueron fotografiadas y el área foliar se determinó utilizando el software Image J®. Las diferentes partes de las plantas se empacaron en bolsas de papel y se secaron a 70°C durante 48 horas al horno, para después determinar el peso seco. Finalmente con los datos obtenidos se procedió a calcular los índices de crecimiento Área Foliar Específica (AFE) (división del área foliar por el peso seco de la hoja) y Razón de Área Foliar (RAF) (división del área foliar por el peso seco de la planta).

2.6. Determinación del porcentaje de colonización de las raíces

Durante la cosecha se tomó una muestra de la raíz (1-2 g) de cada plántula para hacer la cuantificación de la colonización micorrízica. Las muestras de raíces se lavaron y se colocaron en tubos de ensayo para posteriormente adicionar KOH al 10% y se llevaron a baño María a 90 °C por 20 min. Posteriormente se sacaron y lavaron con agua destilada, se adiciono agua oxigenada + KOH al 10%, luego se adicionó HCl al 10%, y se llevó a baño María por 1 minuto, se lavaron con agua destilada, luego adicionó Azul de Tripano al 0.1% y se llevó a baño de maría por 5 minuto, por ultimo las raíces fueron colocadas en cajas petri, y se cortaron en fragmentos de 1 cm aproximadamente que se extendieron en portaobjetos con su respectivo cubreobjetos, determinando así la presencia de estructuras fúngicas (hifas, vesículas y esporas) (Sieverding y Suden 1991). El porcentaje de colonización HMA se calculó como la relación entre el número de campos con presencia de estructura HMA y el número total de campos multiplicado por 100.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variables climáticas se registraron diariamente utilizando un termo higrómetro Clock/humidity HTC-1®. Durante el experimento la temperatura al interior del vivero experimental osciló entre los 21,8°C y 42,2°C, con una humedad relativa que estuvo en un rango de 31 y 99 %. La luminosidad a medio día sobre el dosel se registró mediante el uso de un Quantum Light Meter Fildscout® los resultados mostraron que la luminosidad al interior se mantuvo en promedio de 210 $\mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$.

3.1. Análisis de suelo

Una muestra de suelo fue enviada al laboratorio de análisis de suelo de CORPOICA, los resultados indicaron que el suelo con el

cual se realizó el experimento presentó un pH equivalente a 5,58 que es considerado moderadamente ácido, con una conductividad eléctrica equivalente 0.62 dS/m, que es un suelo con alto contenido de materia orgánica igual al 3,05%, bajos contenido de fósforo y azufre disponible, un alto contenido de hierro y baja capacidad de intercambio catiónico (Tabla 1).

Tabla 1. Resultado análisis de suelo, características químicas.

Determinación analítica	Unidad	Valor
pH		5,58
Conductividad eléctrica	dS/m	0,62
Materia Orgánica (M. O)	%	3,05
Fósforo disponible	mg/kg	9,9
Azufre disponible	mg/kg	9,25
Capacidad de intercambio catiónico	cmol/kg	9,41
Hierro disponible	mg/kg	181,2

3.2. Análisis de crecimiento

Para la variable altura de la planta se evidenció que entre los 20 y 35 días después de la siembra (dds) las plántulas tuvieron un crecimiento homogéneo, a partir de los 50 dds se empiezan a marcar diferencias en el crecimiento de las plantas siendo el tratamiento +HMA y 100 % de capacidad de campo (c.c) en el que se presentó mayor altura, mientras el tratamiento con menor desarrollo fue -HMA y 50 % cc (Figura 1). Estos resultados demuestran el efecto positivo de las micorrizas en la altura de las plantas, es éste sentido Hurtado y Blandón (2011) reportan un mejor desarrollo en el tamaño de las plantas de maíz chococito resultado de la inoculación con HMA, los investigadores encontraron que la aplicación de 150 gramos de micorrizas nativas a plantas de maíz chococito resulto en un aumento considerable (300%) en la biomasa total y en la producción.

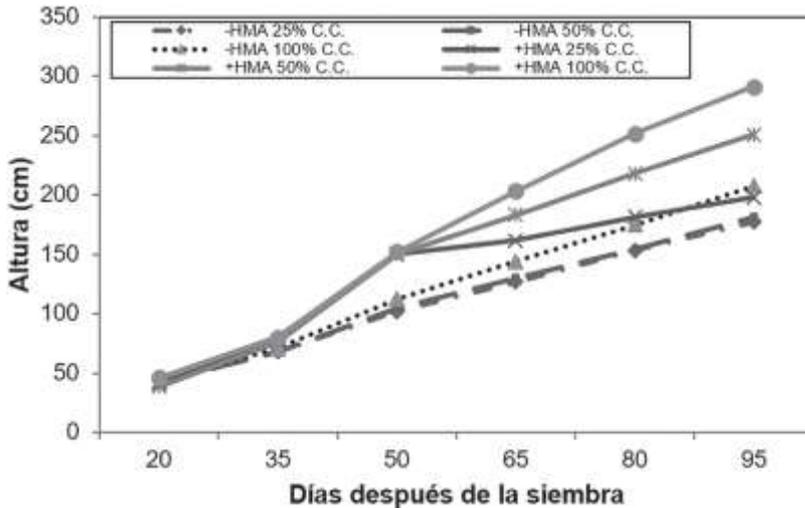


Figura 1. Curva de crecimiento de las plantas de maíz chococito colonizadas con HMA y sometidas a estrés por sequía.

3.3. Efectos sobre las variables fisiológicas

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable número de hojas hubo diferencias significativas para el factor HMA, pero no hubo efecto para el factor sequía, tampoco hubo interacción entre los factores HMA y sequía (Tabla 2). Las plantas micorrizadas tuvieron mayor número de hojas que las plantas no micorrizadas (Figura 5). Para la variable altura, los resultados de la ANOVA mostraron diferencias significativas para los dos factores (HMA y sequía), no hubo interacción entre factores (Tabla 2). En general las plantas micorrizadas fueron más altas que las no micorrizadas, las micorrizadas que crecieron a 100% de capacidad de campo eran más altas que las que crecieron en 50% y 25 % de capacidad de campo (Figura 2). Estos resultados confirman el efecto positivo de la simbiosis con Hongos Micorrízico Arbusculares, la cual generalmente aumenta el crecimiento de la planta hospedadora debido a la mejor nutrición de la misma (Ruiz *et al* 2012). Este sería el caso de este ensayo para el cual los resultados del análisis

de suelo muestran bajos niveles de fósforo. Resultados similares reporta Roveda (2007) para un ensayo en plantas de maíz asociadas a *Glomus* spp. en suelos con bajo fósforo disponible, estos autores encontraron que las plantas micorrizadas presentaron mayores tasas de crecimiento, nutrición mineral (N, P, K, Ca, Mg, S) y concentración de azúcares en tejido que las no micorrizadas. La explicación para ese efecto positivo sería debido al papel importante que el fósforo tiene en la síntesis de carbohidratos, las plantas micorrizadas aumentaron los niveles de proteínas en tejido lo que sugiere que *Glomus* spp. Contribuye con la síntesis de proteínas de estrés en planta cuando hay déficit de fósforo en el suelo.

Tabla 2. Resumen de los análisis estadísticos de los efectos de los HMA y la sequía en las plántulas de maíz chococito.

Parametro	HMA			Agua			HMA:Agua		
	Gl	F	Pr(>F)	Gl	F	Pr(>F)	Gl	F	Pr(>F)
Hojas	1	9,62	0,0036**	2	0,78	0,4663	2	2,18	0,1266
Altura	1	19,69	7,6e-05***	2	9,26	0,00053***	2	2,2	0,12515
peso seco Raíz	1	27,5	6,2e-06***	2	0,54	0,59	2	0,08	0,92
Parte Aerea	1	30,91	2,3e-06***	2	0,84	0,44	2	0,47	0,63
Peso seco Total	1	43,61	8,5e-08***	2	1,05	0,36	2	0,49	0,62
Área foliar	1	0	0,99	2	2,14	0,13	2	0,43	0,66
Área foliar específica	1	11,48	0,0016**	2	1,09	0,3476	2	0,41	0,6691
Razón de área foliar	1	22,26	3,2e-05***	2	1,01	0,38	2	0,34	0,72

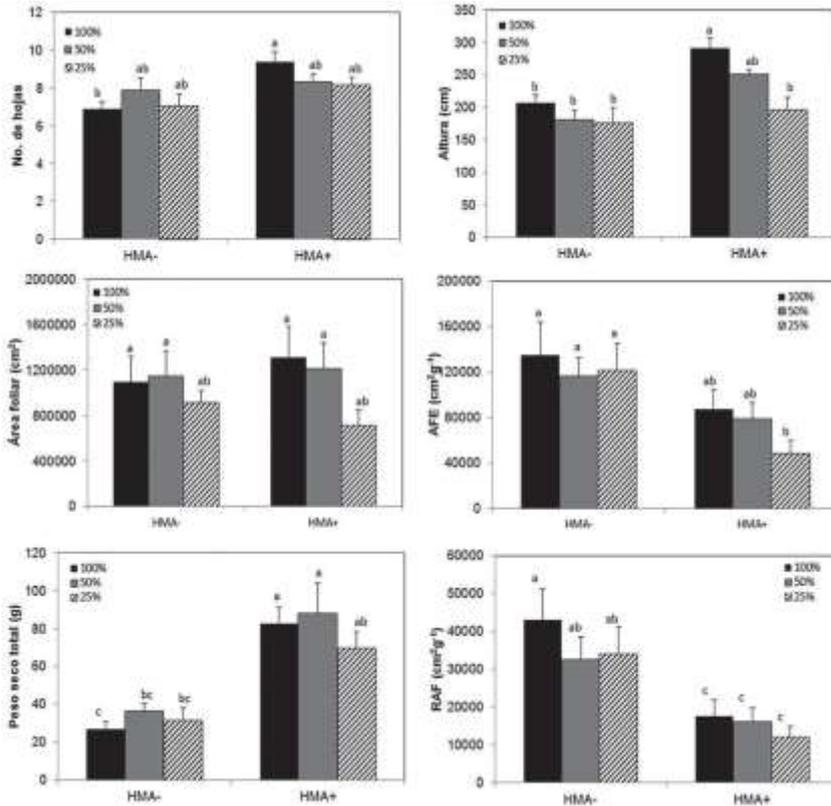


Figura 2. Efectos de los HMA y la sequía en los parámetros de crecimiento de plántulas chococito 3 meses después de la siembra. Cada valor es la media \pm ES. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0,005$, prueba post-ANOVA Tukey).

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable peso seco de raíz, hubo efecto significativo para el factor HMA, pero no hubo efecto del factor sequía ni interacción entre estos (Tabla 2). En general las plantas micorrizadas tuvieron mayor peso seco de raíces que las plantas no micorrizadas (Figura 2). De acuerdo con el análisis de varianza para la variable peso seco total hubo diferencias significativas para el factor HMA (Tabla 2), las plantas colonizadas en promedio eran más pesadas que las no colonizadas (Figura 2). Estos resultados demuestran que la micorrización pro-

voca cambios sustanciales en el crecimiento de las raíces y generan un aumento en la biomasa total, tanto en condiciones de buen abastecimiento hídrico como de sequía (Augé 2002).

Para la variable área foliar, los resultados del ANOVA mostraron que no hubo diferencias significativas para ninguno de los tratamientos (tabla 2, figura 2). Estos resultados contrastan con otros en los cuales la colonización con HMA tiene un efecto positivo en el área foliar las plantas inoculadas presentando incrementos en esta variable de hasta un 28.9 % con respecto al control (Dell'Amico *et al* 2002). Dichos estudios también indican que las plantas estresadas por el déficit hídrico disminuyen el área foliar en un 49.7 % con respecto al control, mientras que las inoculadas estresadas disminuyeron solamente un 15.7 % con respecto a las inoculadas bien regadas (Dell'Amico *et al* 2002).

El incremento o la disminución del potencial hídrico de las plantas están muy relacionados con la presencia de la asociación micorrízica y con el momento en el que se aplicó el estrés hídrico, además de la severidad del mismo (Wu y Zou 2009). Este comportamiento puede deberse a que las hifas del hongo mejoran la conductividad hidráulica de la raíz lo cual disminuye la resistencia de esta al paso del agua, aspecto que ha sido comprobado en plantas de arroz (*Oryza sativa*) inoculadas con HMA y expuestas a estrés hídrico (Ruiz *et al* 2012). El desarrollo de micelio extraradical permite a las raíces tener un mayor acceso al agua del suelo y aumentar así su hidratación, lo que mejora el metabolismo vegetal, aún en condiciones de estrés ambiental (Ruiz *et al* 2012). En este ensayo las plantas sometidas a estrés hídrico no presentaron disminución significativa en su crecimiento, esto podría indicar que las plantas de esta variedad de maíz presentan algún grado de tolerancia a la sequía durante las etapas medias del desarrollo fenológico. Otro factor que pudo influir en los resultados fue la etapa de la planta en la que se inició el estrés hídrico, puesto que estas tenían 2 meses lo que puede disminuir la susceptibilidad al estrés.

Según Ramírez et al. (2012) en el cultivo maíz las plantas que son sometidas a periodos cortos de sequía o calor durante las etapas de mayor susceptibilidad presentan alteraciones en la fenología.

El resultado de la ANOVA muestra que hubo un efecto significativo del tratamiento HMA en los índices área foliar específica (AFE) y razón de área foliar (RAF), pero no hubo efecto del tratamiento sequía ni tampoco interacción. En general las plantas colonizadas tuvieron menor AFE y RAF. El AFE es una medida del grosor de la hoja y / o la densidad del tejido foliar (baja AFE indica hojas gruesas o densas), la RAF es una medida de la superficie fotosintética con relación a la masa total de la planta. Estos resultados indican que las plantas micorrizadas tuvieron hojas más gruesas que las no colonizadas y una menor superficie fotosintética en relación a la biomasa (Tabla 2).

3.4. Porcentaje de colonización de las raíces

El inóculo utilizado resulto en una colonización positiva de las raíces ($X^2 = 6,18, P = 0,045$) (Figura 3). Cabe mencionar que hubo colonización aun en algunas de las plantas inoculadas con el inóculo esterilizado lo que indica contaminación. La mayor colonización se encontró en las plantas con el tratamiento del 50% de c.c ($P = 0,045$) con un promedio de colonización igual a 65,4%, no hubo diferencia estadística entre los tratamientos de 25% c.c y 100% c.c ($P = 0,079$) los cuales mostraron porcentajes de colonización del 39,5 y 36,2% respectivamente. De acuerdo con Soka y Ritchie (2016), el porcentaje de colonización se puede dar en todas las plantas inoculadas en un rango entre 41 y 75% lo cual concuerda con los resultados obtenidos en nuestra investigación (Figura 4).

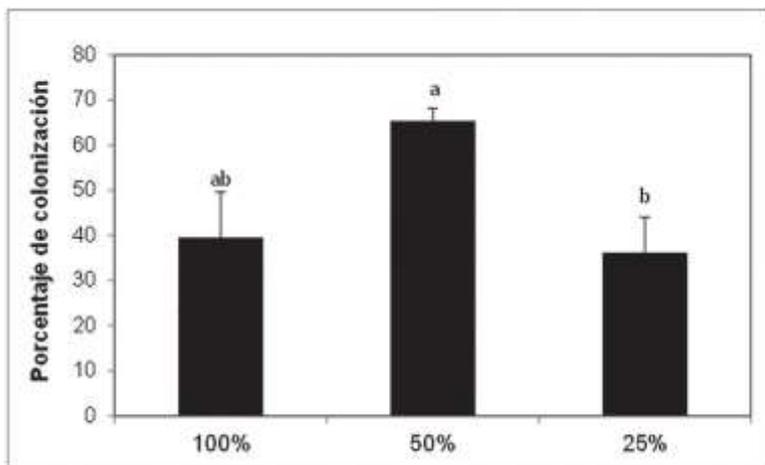


Figura 3. Porcentaje de colonización de las raíces de las plántulas de chococito sometidas a estrés por sequía (25%, 50% y 100% de capacidad de campo). Cada valor es la media ± ES. Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0,005$, prueba Tukey).

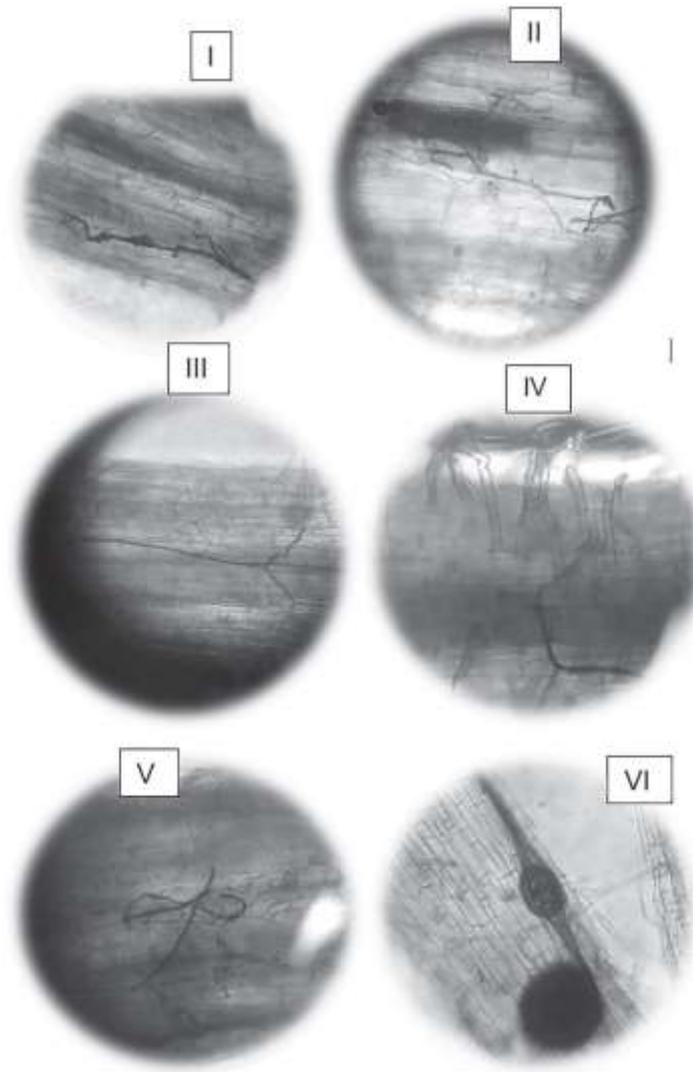


Figura 4. Principales estructuras encontradas correspondieron a: hifas (I, II, III, IV, V) seguidas de hifas más vesículas (VI).

4. CONCLUSIÓN

Los resultados de la investigación mostraron que las plantas de maíz chococito responden de manera positiva a la inoculación con micorrizas lo que se evidenció por los mayores valores en las variables de crecimiento evaluadas. Esto sería resultado de un incremento en el estado nutricional de las plantas específicamente en lo concerniente al fósforo. Los resultados también sugieren que las plantas de maíz chococito presentarían un grado de tolerancia al estrés por sequía en las etapas tempranas del ciclo biológico. La colonización de las raíces se ve afectada por la disponibilidad de agua en el suelo, en general las plantas que crecen a sometidas a un nivel de sequía moderado presentan mayor porcentaje de colonización que aquellas que crecen a un nivel óptimo o un déficit severo en la disponibilidad de agua.

Agradecimientos

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a los docentes del Programa de Agronomía de la Universidad del Pacífico que aportaron de alguna forma en la realización de esta investigación, también agradecen al personal de laboratorio de la Universidad del Pacífico por el servicio prestado. Finalmente agradecimientos al Programa de Agronomía por el apoyo continuo durante todo el proceso.

5. LITERATURA CITADA

Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., ... y González, P. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest ecology and management*, 259(4), 660-684.

Arango, J. y Peñarete, D. 2000. Estrategias de Producción, Extracción y Protección en los territorios de las comunidades Embera de Jarapetó, Jengadó y Ñarangué (Medio Atrato Antioqueño). Tesis Ingeniería Agronómica e Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 235p.

Arango, C., Dorado, J., Guzmán, D., y Ruíz, J. 2012. Cambio Climático más probable para Colombia a lo largo del siglo XXI respecto al clima presente. Subdirección de Meteorología–IDEAM.

Aroca, R., Ruiz-Lozano, J.M., Zamarreño, Á.M., Paz, J.A., García-Mina, J.M., Pozo, M.J., y López-Ráez, J.A. 2013. Arbuscular mycorrhizal symbiosis influences strigolactone production under salinity and alleviates salt stress in lettuce plants. *Journal of plant physiology*, 170 (1), 47-55.

Augé, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11(1), 3-42.

Bethlenfalvay, G. J. 1992. Mycorrhizae and crop productivity. *Mycorrhizae in sustainable agriculture*, 54, 1-27.

Chinguachi, D., y García, M. 2013. *Diagnóstico de maíces criollos de Colombia*. Grupo Semillas 50: 1-30.

Dell'Amico, J., Rodríguez, P., Torrecillas, A., Morte, A., y Sánchez-Blanco, M.D.J. 2002. Influencia de la micorrización en el crecimiento y las relaciones hídricas de plantas de tomate sometidas a un ciclo de sequía y recuperación. *Cultivos Tropicales*, 23(1), 29-34.

Edmeades, G.O., Bolanos, J., Lafitte, H.R., Rajaram, S., Pfeiffer, W., y Fisher, R. A. 1989. Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereals.: 27-52. *Drought resistance in cereals*. ICSU Press and CAB Int., Wallingford, UK.

Earl, H.J., y Davis, R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy journal*, 95(3), 688-696.

FENALCE. 2014. Departamento económico. Indicadores cerealistas. Recuperado de: <http://www.fenalce.org/nueva/pg.php?pa=19>.

García, M., Puppo, L., Hayashi, R., y Morales, P. 2003. Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo. Facultad de agronomía, Departamento de Suelos y Agua. Universidad de la República Uruguay.

Gol, F.M., Ashraf, S., y Taj, A.Z. 2014. Effects of two species of mycorrhiza fungi and drought stress on chlorophyll a, b and total of *Ocimum basilicum*. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3(10), 1104-1108.

Hernandez, C. 1985. Maize and man in the greater southwest. *Economic Botany* 39 (4): 416-430.

Hurtado, V.Y.V., y Blandón, M.M. 2011. Evaluación de la efectividad de las micorrizas vesículo-arbusculares nativas sobre el desarrollo vegetativo y la producción de maíz chococito cultivado en suelos de vocación minera, en la cuenca alta del río San Juan, Chocó, Colombia Evaluation of the efficiency of the micorrizas native vesiculo-arbusculares. *Revista Bioetnia*, Volumen 8 N 2 julio-diciembre, 8(2), 187.

IPCC, Climate change: the scientific basis. Páginas: En: J. T. Houghton, Y. Ding, J. Griggs, M. Noguer, P. J. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell y C. A. Johnson, 2001. edit. *Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.

Knight Z.N. y Chan, W-S. 2012. Water stress: analysing the global challenges. HSBC Global Research, Climate Change, September. HSNC, Hong Kong.

Lasso-Rivas, N., Caicedo-Riascos, M.E., y Cabezas-Cortes, D.K. 2018. Influencia de Hongos Micorrízicos Arbusculares en el crecimiento y desarrollo de maíz raza chococito blanco, bajo estrés por anegamiento y por sequía, en Colombia. *Investigación Agropecuaria* 15(1): 47-56.

Magalhaes, P.C., y Durães, F.O. 2006. Fisiologia da produção de milho. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E).

Ramírez-Villegas J., Salazar M., Jarvis A., Navarro-Racines C. 2012. A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: perspectives towards 2050. *Climatic Change*, 115, 611-628.

Roveda, G. 2007. Mecanismos de adaptación de maíz asociado a *Glomus* spp. en suelos con bajo fósforo disponible. *Agronomía colombiana*, 25(2), 349-356.

Ruiz S., Polón P.M., Vázquez Del Llano R., Muñoz H.B, Cuéllar O.Y., y Ruiz-Lozano, J.M. 2012. La simbiosis micorrízica arbuscular en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) sometidas a estrés hídrico: Parte I. Mejora la respuesta fisiológica. *Cultivos tropicales*, 33(4), 47-52.

Ruiz-Lozano, J.M., y Aroca, R. 2010. Host response to osmotic stresses: stomatal behaviour and water use efficiency of arbuscular mycorrhizal plants. In *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function* (pp. 239-256). Springer, Dordrecht.

Ruiz-Sánchez, M., Geada, D., Muñoz Hernández, Y., Martínez, A., Santana, Y., Benítez, M., ... y Ruiz-Lozano, J. M. 2015.

La simbiosis micorrízica arbuscular en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) sometidas a estrés hídrico. Parte II Respuesta bioquímica. *Cultivos Tropicales*, 36(3), 88-95.

Schreiner, R.P., y Bethlenfalvay, G.J. 1995. Mycorrhizal interactions in sustainable agriculture. *Critical Reviews in Biotechnology*, 15(3-4), 271-285.

Sieverding, E., Friedrichsen, J., y Suden, W. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Sonderpublikation der GTZ (Germany). p. 371.

Soka, G.E., y Ritchie, M.E. 2016. Contributions of AM fungi and soil organic matter to plant productivity in tropical savanna soils under different land uses. *Rhizosphere*, 1, 45-52.

Wu, Q. S., y Zou Y.N. 2009. Arbuscular mycorrhizas improve water relations of plants exposed to drought. *Advances of plant physiology*, 11, 23-52.

CAPÍTULO V

CARACTERIZACIÓN ETNOBOTÁNICA DE PLANTAS MEDICINALES y EVALUACIÓN DE MULTIPLICACIÓN ASEXUAL POR ESTACAS DE CINCO ESPECIES PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN VIVERO EN LA VEREDA ZACARÍAS, DISTRITO ESPECIAL DE BUENAVENTURA, VALLE DEL CAUCA

Laura L. Godoy-Clevel, Nilsen Lasso-Rivas, Jesica Gómez-Valencia

RESUMEN

Para los habitantes de la vereda Zacarías ha sido una tradición el uso de plantas aromáticas y medicinales, sin embargo, ésta tradición se está perdiendo pues los mayores ya no enseñan el conocimiento tradicional a las nuevas generaciones. El presente trabajo tuvo como objetivo realizar la caracterización etnobotánica y taxonómica de plantas aromáticas y medicinales de importancia local en la vereda Zacarías. Para lograr este objetivo se realizaron encuestas a los pobladores conocedores lo que permitió la identificación de las plantas aromáticas y medicinales usadas por ellos, posteriormente se realizaron colectas y se procedió a la identificación taxonómica. Adicionalmente, evaluó la eficacia de dos tipos de enraizantes, uno natural (licuado de lenteja) y otro comercial, para la propagación asexual de cinco especies (galve, hierba de chivo, sauco, nacedera y verbena). Los resultados arrojaron que la mayoría de las plantas son empleadas con fines medicinales o mágico religioso, siendo este porcentaje de uso mayor que el alimenticio o de construcción. Se encontraron un total de 82 especies de

plantas correspondiente a 42 familias siendo las familias Lamiaceae, Asteráceae, Malvaceae, Piperaceae y Acanthaceae las más representativas, un alto porcentaje de las especies no son nativas de la región. El ensayo con los enraizantes mostró que la ampliación del producto comercial fue más efectivo en la inducción de raíces que el natural.

Palabras clave: Etnobotánica, plantas medicinales, acción terapéutica, enraizantes.

ABSTRACT

For the inhabitants of the Zacarías village, the use of aromatic and medicinal plants has been a tradition; however, this tradition is being lost because the elderly no longer teach traditional knowledge to the new generations. The objective of this work was to carry out the ethnobotanical and taxonomic characterization of aromatic and medicinal plants of local importance in the Zacarías village. To achieve this objective, surveys were carried out on the knowledgeable inhabitants, which allowed the identification of the aromatic and medicinal plants used by them, then collections were made and taxonomic identification was carried out. Additionally, it evaluated the efficacy of two types of rooting, one natural (lentil smoothie) and another commercial, for the asexual propagation of five species (galve, goat weed, elderberry, nacedera and verbena). The results showed that most of the plants are used for medicinal or magical religious purposes, this percentage of use being greater than food or construction. A total of 82 plant species corresponding to 42 families were found, with the most representative Lamiaceae, Asteraceae, Malvaceae, Piperaceae and Acanthaceae families, a high percentage of the species are not native to the region. The rooting trial showed that the application of the commercial product was more effective in root induction than the natural one.

Keywords: Ethnobotany, medicinal plants therapeutic action, rooting

1. INTRODUCCIÓN

La etnobotánica abarca todos los estudios que tiene que ver con las relaciones mutuas entre las plantas y los pueblos tradicionales (Cotton 1996). La etnobotánica se divide en distintas especialidades dedicadas al estudio de los usos que dan las comunidades a las plantas entre estos están: artesanías, construcción, alimentación, forraje, psicotrópico, medicinal (Zuluaga, 1994). En el mundo existen aproximadamente medio millón de plantas con flores, sin embargo solo se conocen los principios activos de unas pocas lo que implica un gran potencial para el descubrimiento de nuevos productos para el tratamiento de enfermedades, de acuerdo con el Instituto Nacional de Cáncer de los Estados Unidos, el 67% de los fármacos tiene su origen en mayor o menor medida en la naturaleza (McMurry 2012) y alrededor de 25% de estos se derivan de las plantas (Corrales y Reyes 2015, Corrales et al. 2014). Lo anterior se ve reflejado en el notable incremento en el interés por los fitomedicamentos y productos naturales que se ha venido dando tanto en países en desarrollo como en los desarrollados (Menéndez 2000). En este sentido se ha comprobado como la ingestión de alimentos naturales puede prevenir muchas patologías. Se admite que la ingestión de vegetales con propiedades antioxidantes, tienen la capacidad de contrarrestar la aparición de ciertas enfermedades degenerativas u otras enfermedades del aparato circulatorio (Rodríguez et al. 2015). Así pues, Cada día se presta más atención al estudio de las plantas medicinales y las disciplinas como la fitoterapia, la etnobotánica, y la fitoquímica son valoradas cada vez más (Verpoorte et al 2005).

El tratamiento de enfermedades con plantas medicinales es

una práctica común en las comunidades rurales alrededor del mundo (Gallegos-Zurita 2016), esto no solo se debe a particularidades culturales sino también a las dificultades de transporte, los altos costos de los fármacos y la precariedad en la cobertura de salud, lo anterior hace que el uso de las plantas medicinales sea una alternativa para los usuarios (de Alba Garcia et al. 2012).

La riqueza botánica y cultural de la costa Pacífica colombiana se pone de manifiesto en múltiples formas en el corregimiento número 8 vereda Zacarías, Distrito Especial de Buenaventura, Valle del Cauca, en particular con el uso de especies con propiedades medicinales y aromáticas para el tratamiento de enfermedades. Aunque el uso de las plantas medicinales es habitual en la población de la vereda Zacarías, el conocimiento de sus propiedades, formas de empleo y modo de aplicación lo poseen los adultos mayores, mientras para la gran parte de la población ese conocimiento es desconocido, vale la pena mencionar que este mismo fenómeno ocurre también en otras partes del mundo (Rodríguez et al. 2008). En este escenario los adultos mayores se convierte en una muy importante biblioteca viviente que guarda los conocimientos empíricos y esotéricos adquiridos acerca del empleo de las plantas para el tratamiento de diversas dolencias y enfermedades (Escalona et al. 2015). Sin embargo, este saber empírico se ha venido perdiendo pues este conocimiento, transmitido oralmente de generación en generación, ya no está llegando a las nuevas generaciones y desaparece con sus depositarios. El objetivo de esta investigación fue realizar una caracterización etnobotánica de plantas aromáticas y medicinales utilizadas por las personas de la Vereda Zacarías y evaluar una metodología para multiplicación por estacas de cinco de las especies que actualmente se encuentran sobre-explotadas lo cual contribuiría para que las mismas sean preservadas y puedan seguir siendo utilizadas.

2. METODOLOGÍA

2.1. Localización

La investigación se realizó en la Vereda Zacarías corregimiento No. 8 Distrito Especial de Buenaventura, Valle del Cauca. La Vereda Zacarías cuenta con una población dedicada a las actividades campesinas de pancoger.

2.2. Identificación de plantas aromáticas y medicinales

El primer paso para identificar las plantas con propiedades medicinales y aromáticas utilizadas por la comunidad de Zacarías consistió en la realización de encuestas y entrevistas a 30 personas adultas que tuvieran como mínimo 10 años de habitar en la zona. Las encuestas permitieron indagar y establecer aspectos como:

- i. Aspectos etnobotánicas (uso tradicional) de las plantas.
- ii. Aspectos botánicos, agronómicos y ecológicos de las plantas medicinales (como hábito, tipo de propagación, suelo, radiación solar requerida).
- iii. Aspectos económicos de las plantas medicinales (facilidad y método de obtención).
- iv. Nombres comunes de las plantas usadas como hierbas medicinales y aromáticas.
- v. La cantidad de cada planta recolectada en el campo.
- vi. Las características del lugar donde la planta fue recolectada (campo, huertos caseros).
- vii. Las partes de las plantas usadas como medicinales y aromáticas (raíz, ramas, hojas, fruto, flores).

- viii. Método de uso (ensaladas, polvo, cocimiento, macerado, infusión; aceite etc.).
- ix. Categoría biológicas: en esta categoría se evaluó cuáles de las plantas registrada por los encuestados fuesen nativas no cultivadas, nativas cultivadas, introducida no cultivada, introducida cultivada.
- x. Obtención de la planta si es comprada o cultivada en maceta, en huertos caseros o de extracción en campo.
- xi. Quién hace la recolección: curanderos, miembro de la familia y conocedores de las plantas.
- xii. Usos le dan a las plantas, para uso casero, elaboración de productos y curar.
- xiii. Método de recolección empleado: recoleta la planta entera incluyendo raíces, ramas largas y/o retoños.
- xiv. Categoría de comercialización: determinando la demanda de la planta; muy alta demanda, alta demanda, demanda moderada, baja demanda o no negociable.

2.3. Evaluación de enraizantes

Se propuso evaluar el efecto de dos tipos de enraizantes (comercial y natural) en el porcentaje de prendimiento de estacas en cinco especies de plantas medicinales. Las especies evaluadas fueron: hierba de chivo (*Synedrella* sp L.), nacedera (*Trichanthera gigantea* Humboldt & Bonpland), galve (*Cassia reticulata* Willd), sauco (*Sambucus* sp.) y verbena (*Verbena urticifolia* L.) estas especies se seleccionaron pues las más son utilizadas por la población lo que las somete a mayor presión de extracción, por ende tiende a desaparecer del medio lo que justifica la necesidad de establecer su multiplicación en vivero.

El experimento empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con el tipo de enraizante como factor. En el caso del enraizante comercial se utilizó el producto Hormonagro® que tiene como ingrediente activo el ANA (Ácido 1-naftalenacético) 0.4 %. Como enraizante natural se utilizó el extracto de germinado de lenteja. Para la preparación del enraizante natural se utilizaron 500 gramos de lenteja las cuales se dejaron en remojo por varios días hasta que estas germinaron, luego se realizó un licuado y un colado para separar el residuo. En un recipiente limpio se depositó el licuado y posteriormente se introdujeron 50 estacas de diferentes especies. De cada especie se cortaron 30 estacas de 30 cm de largo con un diámetro de 1 cm, se emplearon diez estacas por cada tratamiento (testigo; Hormonagro y licuado de lenteja) para un total de 150 estacas. Se tomaron datos durante 3 meses registrando las variables altura del tallo y número de hojas, al final del ensayo se procedió a extraer las plantas de las bolsas y medir la longitud de la raíz principal y peso seco de la raíz, tallo y hojas. Los datos fueron analizados mediante un análisis estadístico ANOVA a un nivel de significancia del 5%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Encuestas a los habitantes de la zona

Los resultados de la encuesta permitieron obtener información acerca de los habitantes de la zona y de los usos que estos le dan a las plantas. A continuación se hace un resumen de los temas que se encontraron al realizar la encuesta.

Discriminación de uso por sexo. De acuerdo a la información suministrada por los habitantes se obtuvo que la mayor parte de las personas que utilizan las plantas con fines medicinales pertenecen al sexo femenino con un 60% lo que evidencia que las mujeres son las que tienen mayor conocimiento de las especies medicinales y aromáticas que hay en la zona.

Procedencia de las personas encuestadas. Se encontró que el 57% se identificaron como nativos y el 43% como no nativos de la zona. Se encontró que entre los no nativos la mayoría son provenientes de la región del Naya, seguidos por Timbiquí, Guapi, y finalmente Puerto Merizalde (Figura 3).

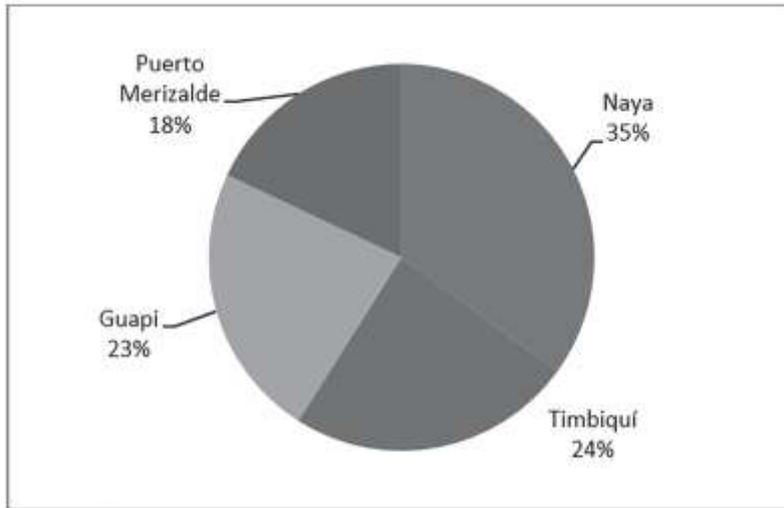


Figura 1. Procedencia de personas no nativas que habitan en la zona

Nivel de escolaridad. Se identificaron niveles educativos como: primaria, secundaria, superior y ninguna. El nivel de escolaridad más representativo fue el primaria (32%), esto sumado a la categoría ninguna (23%) lo que permite decir que la mayoría de los habitantes tienen un nivel bajo en cuanto a la educación, siendo estas personas las que más se preocupan por cultivar y mantener en buen estado las plantas de uso medicinal a pesar de su poco conocimiento.

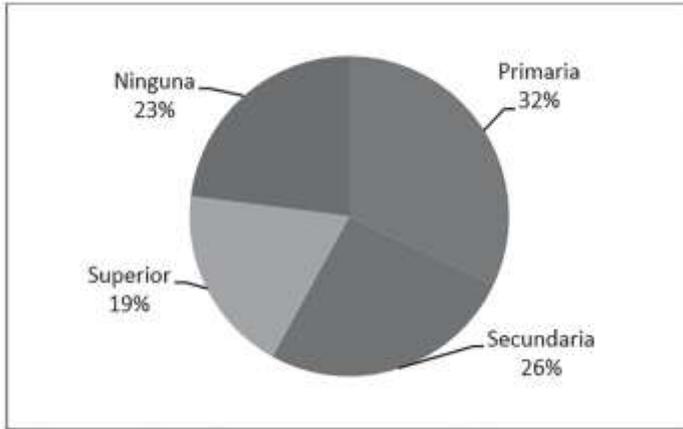


Figura 2. Nivel de escolaridad de los habitantes de la zona.

Creencias religiosas. Se encontró que los católicos son los que más predominan con un 37%, seguido por personas que no pertenecen a ninguna religión con un 30% esto nos dice que estas personas son las que más utilizan las plantas medicinales. Las creencias religiosas para esta parte son muy importantes según lo manifestado por los habitantes encuestados, ya que muchas de estas plantas al utilizarlas van acompañadas de oraciones católicas (Figura 5).

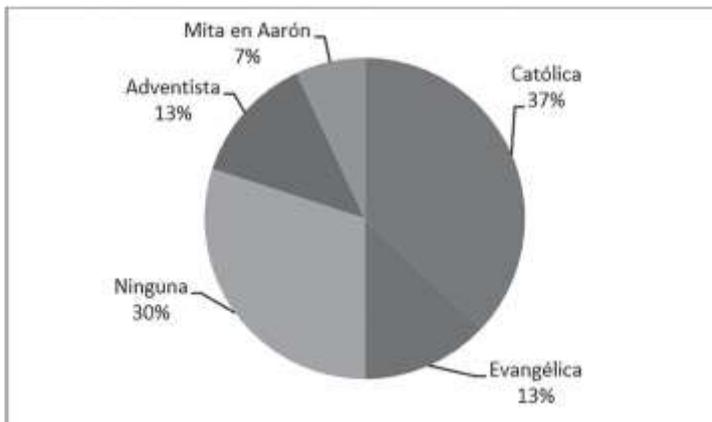


Figura 3. Creencias religiosas de los habitantes encuestados.

Familias de plantas medicinales encontradas en la zona de estudio. Las personas encuestadas proporcionaron información de 86 especies de plantas registradas como medicinales que se emplean para realizar curaciones de diferentes enfermedades. Las especies se agrupan en 42 familias botánicas, las familias con más especies fueron: Asteraceae con un 9 % del total de especies seguida por Lamiaceae 8 %, y Piperaceae 5 % (Tabla 1).

Según Harley et al. (2004), la familia Lamiaceae tiene importancia económica en varias partes del mundo, ya que muchas de sus especies se usan como condimentos: orégano (*Origanum vulgare*), menta (*Mentha* sp), tomillo (*Thymus vulgaris*). La familia Asteraceae es el grupo de plantas vasculares más grandes, es una familia cosmopolita con diferentes tipos de habito que van desde plantas herbáceas, arbustos, trepadoras, epifitas, suculentas hasta árboles (Rahman et al. 2008). La familia Fabaceae posee aproximadamente 730 géneros y unas 19.400 especies, es la familia más representada en los bosques tropicales lluviosos y en los bosques secos de América y África (da Siva et al. 2018). La familia Amaranthaceae presenta 174 géneros y aproximadamente 2500 especies (Basu et al. 2014). Algunas especies de *Amaranthus* se cultivan como hortalizas, por sus hojas y por sus semillas ricas en almidón (Zuloaga et al., 2008). La familia Malvaceae reúne cerca de un millar de especies distribuidas por las regiones templadas y cálidas de todo el mundo. La familia Piperaceae cuenta con más de 3610 especies agrupadas en 5 géneros: *Piper*, *Peperomia*, *Zippelia*, *Manekia* y *Verhuellia* de los cuales los más importantes y extensos son el género *Piper* seguido por el *Peperomia* (Wanke et al., 2007). Colombia es uno de los países con mayor distribución de especies pertenecientes a este género, pues se han encontrado en gran parte del territorio Colombiano (Quijano-Abril et al., 2006).

Tabla 1. Relacion porcentaje de especies por familia.

FAMILIA	% del total de especies	FAMILIA	% del total de especies
Acanthaceae	4	Lamiaceae	8
Adoxaceae	2	Langaniaceae	1
Amaranthaceae	2	Liliaceae	1
Anacardaceae	1	Malvaceae	4
Annonaceae	1	Meliaceae	1
Apiaceae	4	Myrtaceae	1
Asparagaceae	1	Phytolacaceae	1
Asteraceae	9	Piperaceae	5
Bignoniaceae	1	Plantaginaceae	2
Bixaceae	1	Poaceae	2
Bromeleaceae	1	Portulacaceae	1
Chrysobalanaceae	1	Rosaceae	1
Commelinaceae	1	Rubiaceae	4
Costaceae	1	Rutaceae	2
Crassulaceae	1	Scrophulariaceae	1
Cucurbitaceae	1	Smilacaceae	2
Cyperaceae	1	Solanaceae	1
Fabaceae	4	Symplocaceae	1
Gentianaceae	1	Urticaceae	1
Gesneriaceae	2	Verbenaceae	2
Hipericaceae	1	Zingiberaceae	2

3.2. Plantas medicinales empleadas en la medicina tradicional en la comunidad de Zacarías río Dagua

En el siguiente cuadro se muestra cada una de las especies y los usos que le dan las familias del corregimiento n°8, estos datos fueron recopilados de acuerdo a la información que nos proporcionaron los habitantes de la comunidad (Tabla No. 2).

Tabla 2. Plantas medicinales empleadas en la medicina tradicional en la comunidad de Zacarías-río Dagua.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Uso Tradicional
Albahaca blanca	<i>Ocimum americanum</i> L.	Lamiaceae	Mal de ojo, dolores de cabeza.
Achiote	<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	Las hojas sirven para curar la erisipela.
Ají	<i>Capsicum chinense</i> Jacq.	Solanaceae	Se utiliza como condimento y para controlar parásitos.
Albahaca Morada	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae	Estimulante, estomacal y antiespasmódica.
Albacón	<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Lamiaceae	Tiene propiedades antiespasmódicas, antibacterianas.
Amargo andrés	<i>Potalia amara</i> Aubl.	Gentianaceae	Paludismo, bazo, sangre, hígado.
Anamú pequeño	<i>Petiveria alliacea</i> L.	Phytolacaceae	Se utiliza contra el cáncer, estimula el sistema inmunológico.
Bledo	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Amaranthaceae	Hígado, sinusitis, vista, daño de estómago fiebre, diarrea.
Botoncillo	<i>Acmella paniculata</i> (Wall.ex DC.) R.K. Jansen.	Asteraceae	Empleada para mejor la digestión, dolores de cabeza, dolor de muela.
Calabaza	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Cucurbitaceae	Es un buen sedante para los dolores estomacales, enfermedades de próstata.
Calambombo	<i>Justicia chlorostachya</i> Leonard.	Acanthaceae	Calmar cólicos menstruales, espasmos.
Caña Agria	<i>Costus villosissimus</i> Jacq.	Costaceae	Lombriz, elimina exceso líquido del cuerpo, menstruaciones.
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	El exudado es empleado como expectorante contra la bronquitis. La infusión de la corteza es usada como febrífugo, caídas o golpes.
Celedonia	<i>Peperomia pellucida</i> L. Kunth	PIPERACEAE	Empleada para descomposturas, refrescar el organismo.
Chipero	<i>Calliandra angustifolia</i> Benth.	FABACEAE	Se toma para dolor de huesos y reumatismo y resfrío.

ESTUDIOS EN FISIOLÓGIA DE ALGUNAS ESPECIES VEGETALES PROMISORIAS
EN EL PACÍFICO VALLECAUCANO

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Uso Tradicional
Cimarrón	<i>Eryngium foetidum</i> L.	APIACEAE	La raíz de esta herbácea es empleada para la hepatitis.
Citronela	<i>Cymbopogon nardeis</i> (L.) Rendle.	POACEAE	Antiinfeccioso, antiséptico, antiespasmódica, antiinflamatorio.
Desbarata-dora	<i>Columnnea</i> sp L.	GESNERIA-CEAE	Golpes, limpiar matriz.
Diente León	<i>Taraxacum officinale</i> G. H. Weber ex Wigg.	ASTERA-CEAE	Se emplea contra enfermedades del hígado y la piel.
Doña Juana	<i>Adenostemma lavenia</i> L. Kuntze.	ASTERA-CEAE	Empleada para limpiar la matriz, problemas de hígado, flujo vaginal.
Descancel	<i>Alternanthera lanceolata</i> (Benth.) Schinz.	AMARANTHACEAE	Controlar la anemia, retrasos menstruales, problemas de hígado, fiebre, cólicos.
Escubilla	<i>Conochea scoparioides</i> Cham. & Schltdl.	SCROPHULARIACEAE	Paludismo, fiebre.
Espadilla	<i>Kyllinga odorata</i> Capim-cheiroso.	CYPERACEAE	Son empleadas para tratar golpes, artritis, reuma.
Esparrago	<i>Asparagus officinalis</i> L.	LILIACEAE	Hendidura culiaria.
Espíritu Santo	<i>Bryophyllum pinnatum</i> Lam. Oken	CRASSULACEAE	Dolor de oídos.
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	Se emplea en afecciones respiratorias de diversa índole: bronquitis, asma.
Flor amarilla	<i>Bryophyllum pinnatum</i> (Lamarck) Oken.	ASTERA-CEAE	Acelera la menstruación y calma los dolores que la preceden.
Flor de la cagalera	<i>Psychotria poeppigiana</i> Müll. Arg.	RUBIACEAE	Enfermedades pulmonares.
Frega platos	<i>Solanum</i> sp. L.(27)	SOLANACEAE	Problemas estomacales.
Gallinaza	<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	ASTERA-CEAE	Dolores de cabeza, reuma, gripa.
Galve	<i>Cassia reticulata</i> Willd.	FABACEAE	Purgante, paludismo.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Uso Tradicional
Gavilana	<i>Neurolaena lobata</i> (L.) Cass.	ASTERACEAE	Tratamiento de malaria, parásitos intestinales, malestares estomacales,
Gualanday	<i>Jacaranda caucana</i> Pitt.	BIGNONIACEAE	Hemorragias, las varices.
Guanábana	<i>Annona muricata</i> L. (32)	ANNONACEAE	Previene las gripes y descongestiona el pecho, combate la hipertensión.
Heliotropo	<i>Hedychum coronarium</i> J. Koenig. (33)	ZINGIBERACEAE	Tratamiento para derrames, trombosis, riñones.
Hierba de Chivo	<i>Synedrella</i> sp L. (34)	ACANTHACEAE	Se emplea para el mal aire y en conjunto con otras hierbas para el ojo.
Hierba de la virgen	<i>Alloplentus panamensis</i> C. V. Morton (35)	GESNERIACEAE	Apurar los dolores en mujer cuando esta por dar a luz.
Hierba de sapo	<i>Eryngium carlinae</i> F. Delaroché (37)	APIACEAE	Diurética y cicatrizante.
Icaco	<i>Chrysobalanus icaco</i> L. (38)	CHRYSOBALANACEAE	Posee propiedades terapéuticas.
Imbiande	<i>Pavonia rhizophorae</i> Kearney.(39)	MALVACEAE	Problemas de los riñones, diabetes y bronquitis
Jacinto	<i>Hyacinthus</i> sp. 40	ASPARAGACEAE	Se usan para fortalecer el bazo y detener la diarrea.
Jengibre	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe L. (41)	ZINGIBERACEAE	Como carminativo, estimulante y aromatizante, Cólicos de gases.
Julape	<i>Cornutia microcalycina</i> Moldenke.(42)	LAMIACEAE	Diarrea, dolores de cabeza, pulmones.
Limón	<i>Citrus limón</i> (L.) Burm (43)	RUTACEAE	Diarrea, dolores de cabeza, pulmones.
Limoncillo	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC).STAPF (44)	POACEAE	Bajar o regular la presión alta.
Llantén	<i>Plantago major</i> L. (45)	PLANTAGINACEAE	Prevenir el cáncer, inflamaciones vaginales.
Lombricera	<i>Spigalea anthelmia</i> L. (46)	LANGANIACEAE	Tratamiento de lombrices, bilis y como purgante.

ESTUDIOS EN FISIOLÓGIA DE ALGUNAS ESPECIES VEGETALES PROMISORIAS
EN EL PACÍFICO VALLECAUCANO

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Uso Tradicional
Malva	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq. (47)	MALVACE - AE	Tratamientos de enfermedades de las vías respiratorias
Malva rosa	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L. (48)	MALVACE - AE	Dolor de cabeza, refrescar el organismo, tos.
Mango	<i>Mangifera indica</i> L. (49)	ANACARDA-CEAE	Fuego.
Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i> L.(50)	ASTERACE-AE	La corteza se usa para la diarrea, vaginitis, metritis, hemorragias, por su efecto astringente.
Matarraón	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq) Kunth ex WALP. (51)	FABACEAE	Antiinflamatorias, sedantes, tónicas, antisépticas, antiespasmódicas, digestivas, vomitivas, estomacales.
Menta	<i>Mentha x piperita</i> L.	Lamiaceae	Contra la malaria, gripa, dolor de cabeza, dolor en el cuerpo y fiebre.
Moradilla	<i>Symplocos dominicensis</i> Urb.	Symplocaceae	Gases, gastritis.
Nacedera	<i>Trichanthera gigantea</i> Humboldt & Bonpland	Acanthaceae	Curar ojo (para el ojo se amasa con poleo de montaña,
Noní	<i>Morinda citrifolia</i> Linn.	Rubiaceae	Utilizada para el pasmo, enfermedades de los riñones, pasmo, paludismo, hígado.
Orégano	<i>Oreganun vulgare</i> L.	Lamiaceae	Controlar y prevenir enfermedades como el cáncer.
Perejil	<i>Petroselinum crispum</i> Mill. Fuss	Apiaceae	Se utiliza para la tos.
Pimpinela	<i>Poterium sanguisorba</i> Jord.	Rosaceae	Gases
Piña Pequeña	<i>Ananas comosus</i> (L.) MERR. 1917	Bromeleaceae	Estimula el metabolismo digestivo.
Pipelongo	<i>Piper tuberculatum</i> Jacq.	Piperaceae	Tiene propiedades digestivas, diuréticas, hemostáticas.
Poleo	<i>Satureia brownei</i> Sw.Briq.	Lamiaceae	Tratamiento contra el reumatismo, la fiebre, la ulcera.
Pringamosa	<i>Urera caracasana</i> Jacq.	Urticaceae	Sirve para combatir afecciones, como purgante, para la bronquitis.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Uso Tradicional
Riñonera	<i>Justicia secunda</i> Vahl.	Acanthaceae	Controla hemorragias internas, corrige los ciclos menstruales
Ruda	<i>Ruta graveolens</i> L.	Rutaceae	Curar ojo.
Salvia	<i>Salvia officinalis</i> L.	Lamiaceae	Malaria, anemia, subir la hemoglobina.
Sanalotodo	<i>Baccharis tricuneata</i> (L.F) Pers.	Asteraceae	Controlar problemas de riñones.
Sangre galina	<i>Vismia</i> spp Vand.	Hipericaceae	Cólicos, la visión, botellas curadas, suerte.
Santa maría de aní	<i>Piper auritum</i> Kunth	Piperaceae	Contra la excesiva transpiración, se emplea contra las afecciones gástricas e intestinales.
Zaragoza	<i>Aristolochia pilosa</i> Kunth.	Smilacaceae	Mordedura de serpientes, picaduras de congas, gripes.
Zarzaparrilla	<i>Smilax aspera</i> L.	Smiliaceae	Purgante.
Sauco	<i>Sambucus</i> sp. L.	Adoxaceae	Espasmos.
Sauquillo	<i>Viburnum opulus</i> L.	Adoxaceae	Mordedura de serpientes, picaduras de congas, gripes.
Siempre viva	<i>Aneilema umbrosum</i> (Vahl) Kunth.	Commelinaceae	Malaria, paludismo, hígado, fiebre, vaso, hinchazón.
Suelda con suelda	<i>Pseudoelephantopus spicatus</i> Rohr ex Gleason.	Asteraceae	Malaria, paludismo, hígado, fiebre, vaso, hinchazón.
Tiatino	<i>Scoparia dulcis</i> L.	Plantaginaceae	Problemas estomacales.
Tres Dedos	<i>Piper tricuspe</i> (Miq.) C.DC.	Piperaceae	Calor.
Uña de Gato	<i>Uncaria tomentosa</i> (Wiild. Ex. Schult) DC.	Rubiaceae	Bronquitis en infusión, contra la fiebre.
Venturosa	<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	Problemas psicológicos.
Verbena	<i>Verbena urticifolia</i> L.	Verbenaceae	Curar lombrices, hígado, agitación.
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Contra el reumatismo.

Partes de la planta utilizada para fines medicinales. La parte de la planta que más utilizan los habitantes de la comunidad para fines medicinales son las hojas (47%), las menos utilizadas los rizomas (Figura 4).

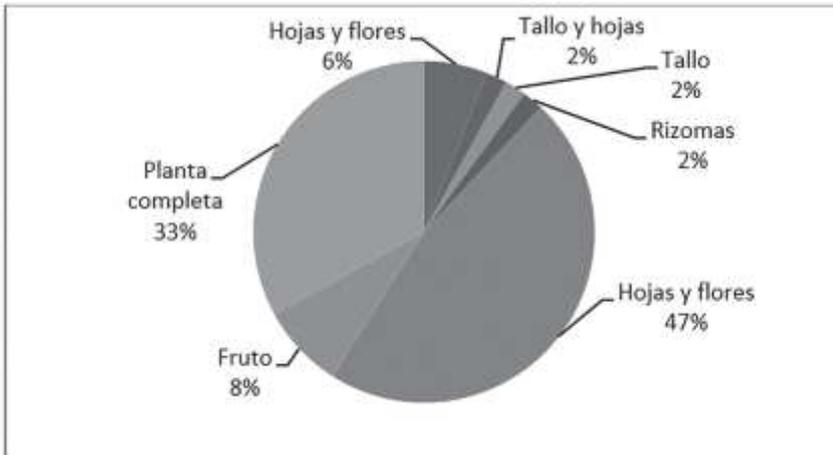


Figura 4. Partes de la planta utilizada para fines medicinales

Uso de las plantas. A la mayoría de las especies registradas se les da uso medicinal, las plantas son empleadas principalmente para hacer curaciones y aliviar dolores. Algo que llama la atención es que el porcentaje de plantas usadas como mágico religiosas es menor que las empleadas como maderable, esto se debe probablemente a que las personas piensan que es un tipo de uso que se debe mantener en secreto.

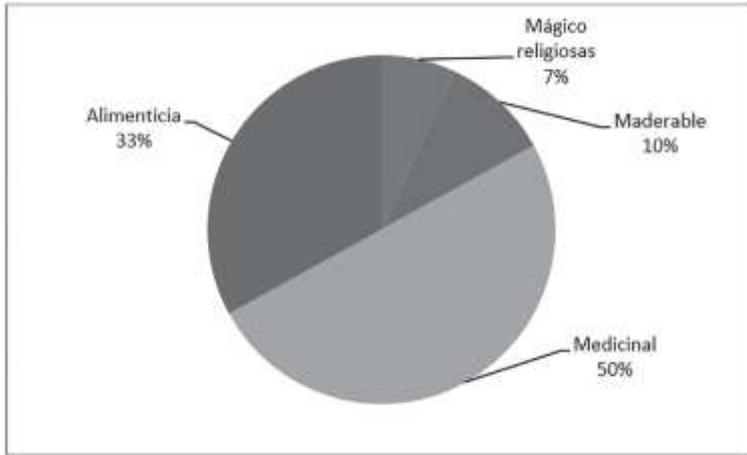


Figura 5. Uso de las plantas por parte de la comunidad de la vereda Zacarías.

Formas y métodos de preparación de las plantas medicinales. Se identificaron entre los entrevistados siete métodos de preparación de las plantas medicinales: i) cocimiento, ii) botellas curadas, iii) cataplasma y emplasto, iv) macerado, v) apagado o infusión, vi) raspado, y vii) licuado (Figura 6).

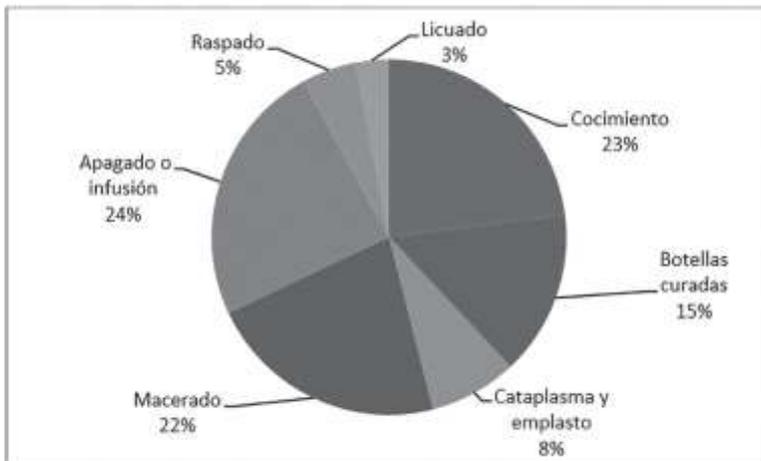


Figura 6. Formas y métodos de preparación de las plantas en la comunidad de Zacarías.

3.3. Evaluación de enraizantes

Los resultados del ANOVA muestran que hubo diferencias significativas en el porcentaje de prendimiento de las estacas ($P < 0,05$) siendo el tratamiento con el enraizante comercial el de mayor porcentaje de prendimiento (65 %), seguido por el testigo (50 %), finalmente el tratamiento con enraizante natural resultó en el menor porcentaje de prendimiento (38 %). El efecto negativo inesperado del tratamiento con enraizante natural posiblemente puede deberse a que las semillas de lenteja permanecieron más tiempo que el sugerido en etapa de germinación (se sugieren cómo máximo doce días y en este caso las semillas se utilizaron después de quince días) esto seguramente hizo que en el extracto final los niveles de auxina fueran bajos y aparecieran otros compuestos que inhibieron la inducción de las raíces.

En cuanto a los resultados en las variables de crecimiento discriminados por especie, el análisis de varianza para la planta hierba de chivo muestra que para la variable altura los tratamientos no resultaron en diferencias significativas ($F = 0,01$; $P = 0,99$) (Figura 8A). Para el número de hojas se evidencian diferencias entre tratamientos ($F = 5,38$; $P = 0,013$) (Figura 8B). La comparación de medias mostró que los tratamientos con hormonas resultaron en mayor número de hojas que el testigo pero no hubo diferencias entre los tratamientos (Tukey HSD $P = 0,73$). Para la longitud de la raíz, no se encontraron diferencias significativas ($F = 3$; $P = 0,072$) (Figura 8C). En cuanto al peso seco de la raíz, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F = 11,5$; $P = 0,05$). Finalmente para la variable peso seco total el ANOVA mostro que hubo diferencias entre los tratamientos ($F = 4,69$; $P = 0,029$) (Figura 8G); siendo la mayor diferencia entre los pesos del testigo y el hormonagro; no hubo diferencias entre los tratamientos (Tukey HSD $P = 0,77$). Estos resultados en general muestran que el enraizante comercial tuvo resultados similares que el enraizante natural.

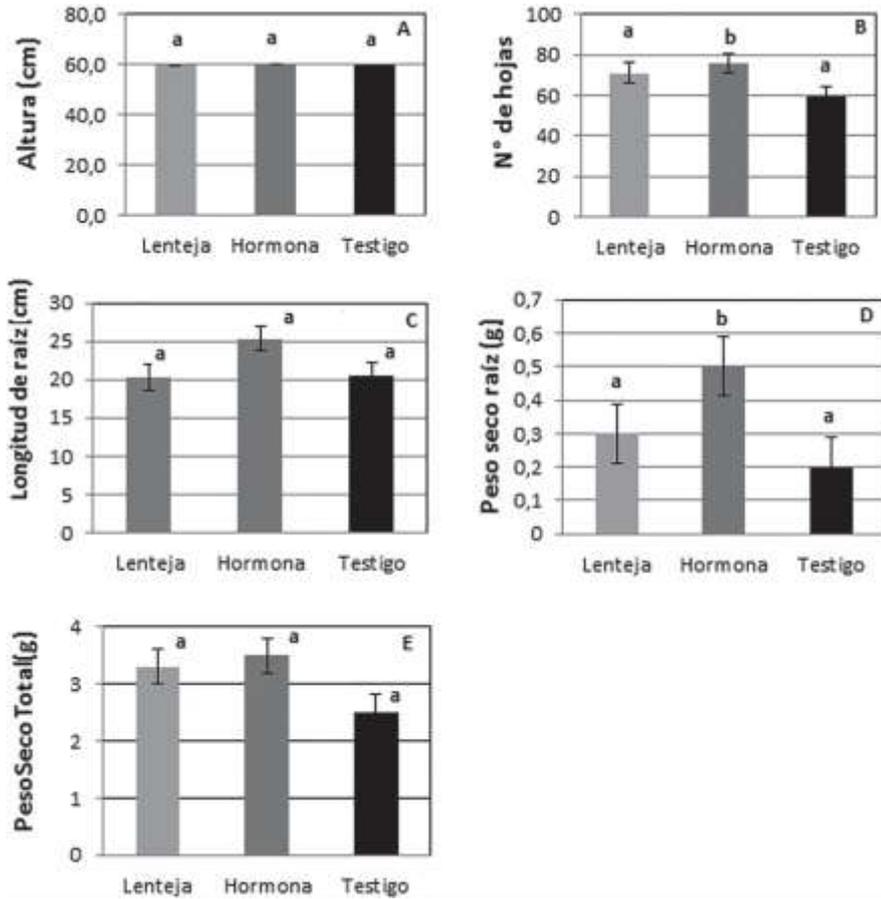


Figura 8. Efecto de enraizante en la especie hierba de chivo (*Synedrella sp.*). Barras con letras similares no son estadísticamente diferentes.

En cuanto a la especie verbena solo se obtuvieron resultados del tratamiento comercial y el testigo puesto que para el tratamiento con lenteja no hubo sobrevivencia. Los resultados de la prueba t-student muestran un efecto positivo del tratamiento comercial para todas las variables excepto para el peso seco total, igualmente se encontraron diferencias para las variables número de hoja (Figura 9).

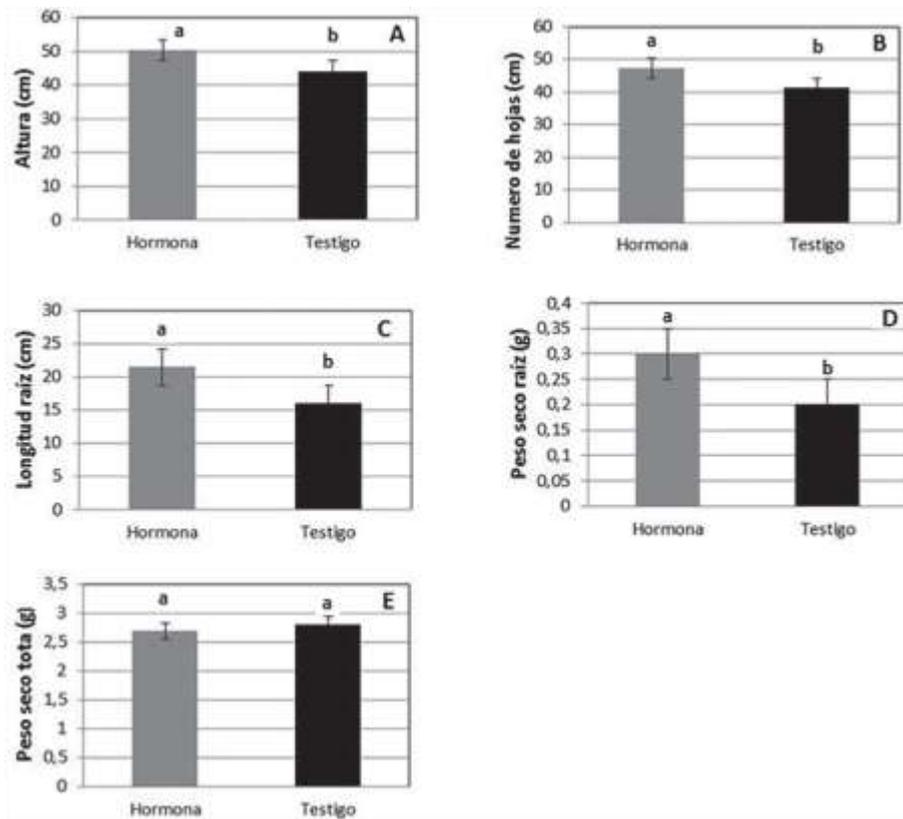


Figura 9. Efecto de enraizante en diferentes variables de crecimiento en verbena (*Verbena urticifolia*). Barras con letras similares no son estadísticamente diferentes.

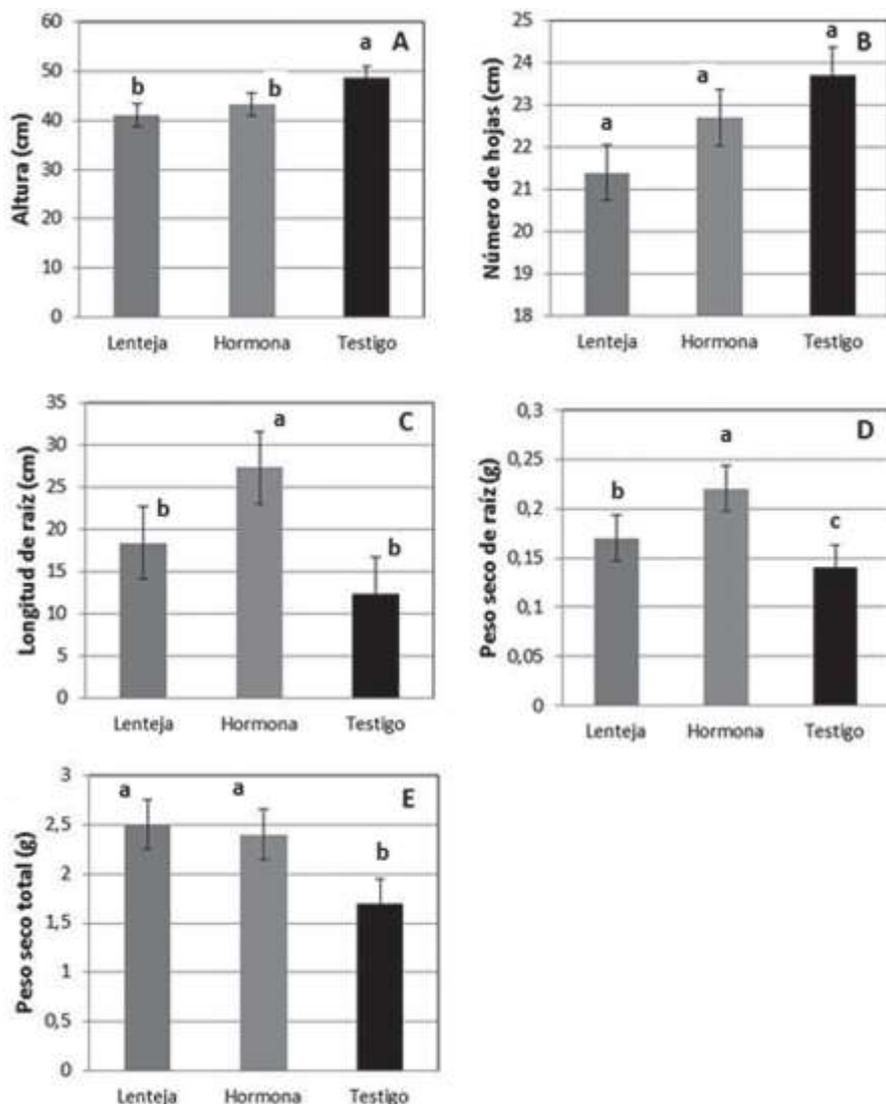


Figura 10. Efecto de enraizante en diferentes variables de crecimiento en sauco (*Sambucus sp.*). Barras con letras similares no son estadísticamente diferentes.

Para la especie sauco los resultados de la prueba ANOVA para la variable altura muestra diferencia significativa entre tratamientos ($F = 3,96$; $P = 0,038$), el testigo obtuvo un mayor desarrollo en comparación a los dos tratamientos los cuales no tuvieron diferencia alguna ($P = 0,042$) (Figura 10A). En cuanto al número de hojas, no hubo diferencias entre los tratamientos ($F = 132$; $P = 0,29$), (Figura 10B). La longitud de raíz fue mayor para las plantas del enraizante comercial ($F = 23$; $P < 0,05$) sin diferencia entre lenteja y testigo (Figura 10C). Algo similar ocurrió en la variable peso seco de la raíz ($F = 4,67$; $P = 0,023$), aunque en ese caso las raíces del testigo fueron las menos pesadas (figura 10D). Para la variable peso seco total los enraizantes resultaron en mayor peso que el testigo ($F = 2,18$; $P = 0,038$) aunque no hubo diferencia entre estos (Figura 10E).

Finalmente, los resultados de la ANOVA para la especie nacedera mostraron que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($F = 2,18$; $P = 0,16$) en cuanto a la variable altura (Figura 11A). Tampoco se encontraron diferencias para el número de hojas ($F = 2,34$; $P = 0,14$) (Figura 11B). Para la variable de longitud de raíz se evidenció diferencia significativa ($F = 5,48$; $P = 0,02$) mostrando así mayor longitud las raíces del tratamiento con enraizante comercial (Figura 11C). Para el peso seco de la raíz se evidenció diferencia significativa entre los tratamientos ($F = 8,36$; $P = 0,0053$), la comparación de medias mostró un mayor peso de las raíces del tratamiento comercial ($P = 0,004$) (Figura 11D). Para peso seco total se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($F = 11,61$, $P = 0,015$) siendo el enraizante comercial el que genera de mayor peso (Figura 11E). Los resultados arriba descritos muestran que el empleo del enraizante comercial tiene un efecto positivo tanto en el porcentaje de prendimiento como en otras variables de crecimiento evaluadas en las especies medicinales seleccionadas. Lo anterior permite recomendar su uso como estrategia para implementar en la actividad de multiplicación vegetativa en dichas especies, caso

contrario con el método del licuado de lenteja que mostró tener un efecto nulo, y en ocasiones hasta negativo, por lo cual no se recomienda su uso.

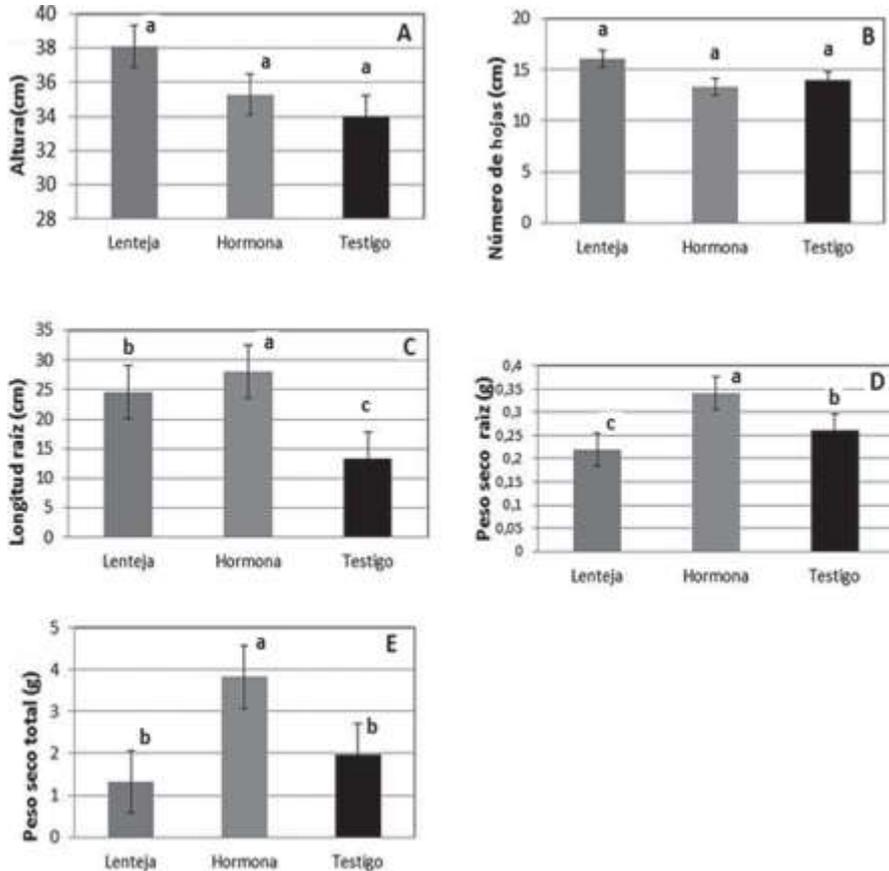


Figura 11. Efecto de enraizantes en diferentes variables de crecimiento en nacedera (*Trichanthera gigantea*). Barras con letras similares no son estadísticamente diferentes.

4. CONCLUSIÓN

Las plantas medicinales y aromáticas juegan un papel importante para los habitantes de la vereda de Zacarías, ésta vereda es una zona donde habitan personas provenientes de diferentes localidades de la Región pacífica colombiana las cuales utilizan una amplia variedad de especies vegetales (muchas de ellas nativas pero también existe un número importante de especies introducidas) en diversas actividades entre estas las de tipo mágico religioso. Las mujeres son las que más conocen y utilizan las plantas ellas son las guardianes de ese conocimiento tradicional. La multiplicación de las plantas medicinales mediante la técnica de las estacas es un método viable que permitiría tener a mayor disposición las especies medicinales para la comunidad, este método se ve favorecido por la implementación del tratamiento con enraizante comercial con Ácido 1-naftalenacético como ingrediente activo.

Agradecimientos

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a los habitantes de la vereda de Zacarías sin su colaboración no habría sido posible la realización de esta investigación, ellos de una forma desinteresada compartieron sus conocimientos tradicionales. Los agradecimientos se extienden a los docentes del Programa de Agronomía de la Universidad del Pacífico, también se agradece al personal de laboratorio de la Universidad del Pacífico por el servicio prestado. Finalmente agradecimientos al Programa de Agronomía por el apoyo continuo durante todo el proceso.

5. LITERATURA CITADA

Basu, S., Zandi, P., Sengupta, R., Cetzal, W. 2014. Amaranthaceae: The pigweed family. Encyclopedia of Earth.

Corrales, I.E., Reyes, C.J.J. 2015. Actividad etnofarmacológica y antimicrobiana de los componentes químicos de las plantas medicinales utilizadas en Estomatología. 54(257), 71-83.

Corrales I.E., Reyes. J.J., Piña, G.R. 2014. Plantas medicinales de interés estomatológico. 53(256), 79-98

Cotton, C.M. 1996. Ethnobotany: principles and applications. Chichester: John Wiley & Sons. 424 pp.

Da Silva Gomes, G., Silva, G.S., dos Santos Silva, D.L., de Oliveira, R.R., y da Conceição, G.M. 2018. Botanical Composition of Fabaceae Family in the Brazilian Northeast, Maranhão, Brazil. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 1-10.

De Alba García, G., Javier, E., Ramírez, B.C., Robles, G., Zañudo, J., Salcedo, A. L., y García de Alba, J.E. 2012. Conocimiento y uso de las plantas medicinales en la zona metropolitana de Guadalajara. *Desacatos*, (39), 29-44.

De la Torre, L., Muriel, P., y Balslev, H. 2006. Etnobotánica en los Andes del Ecuador. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 246-267.

Escalona, L.J., Tase, A., Estrada M. A., y Almaguer, M. L. 2015. Uso tradicional de plantas medicinales por el adulto mayor en la comunidad serrana de Corralillo Arriba. *Guisa, Granma. Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(4), 0-0.

Gallegos-Zurita, M. 2016. Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. In *Anales de la Facultad de Medicina UNMSM*. 77(4), 327-332.

Harley, R.M., Atkins, S., Budantsev, A.L., Cantino, P.D., Conn, B.J., Grayer, R., Harley, M.M., De Kok, R., Krestovskaja, T., Morales, R., Paton, A.J., Ryding O., y Upson, T. 2004. Labiales. In J. W. Kadereit (ed.), K. Kubitzki (ed. in chief). *The Families and Genera of Vascular Plants VII. Flowering Plants. Dicotyledons: Lamiales (except Acanthaceae including Avicenniaceae)*: 167-275. Springer. Berlin.

Menéndez Castillo, R.A. 2000. Acerca de las pautas de la oms en la investigación para la evaluación de la seguridad y eficacia de los medicamentos herbarios. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 5(1), 5-5.

Oblitas, G., Hernández-Córdova, G., Chiclla, A., Antich-Barrientos, M., Ccorihuamán-Cusitito, L., y Romaní, F. 2013. Empleo de plantas medicinales en usuarios de dos hospitales referenciales del Cusco, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 30, 64-68.

Quijano-Abril, M. A., Callejas-Posada, R., y Miranda-Esquivel, D. R. 2006. Areas of endemism and distribution patterns for Neotropical *Piper* species (Piperaceae). *Journal of Biogeography*, 33(7), 1266-1278.

Rahman, A.H.M.M., Alam, M.S., Khan, S.K., Ahmed, F., Islam, A.K.M.R., y Rahman, M.M. 2008. Taxonomic studies on the family Asteraceae (Compositae) of the Rajshahi division. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(2), 134-140.

Rodriguez, N.F., Pérez, J.A., Iglesias, C.A., Gallego, R.M., Veiga, B.L., y Coteló, N.V. 2015. Actualidad de las plantas medicinales en terapéutica. *Acta Farmacêutica Portuguesa*, 4(1), 42-52.

Rodríguez, J.F., López, A.V., Núñez, D.R., Franzi, A.V., y de Castro, C.O. 2008. Investigación y divulgación del conocimiento etnobiológico en Castilla-La Mancha. *Sabuco: revista de estudios albacetenses*, (6), 137-156.

Verpoorte, R., Choi, Y.H., y Kim, H.K. 2005. Ethnopharmacology and systems biology: a perfect holistic match. *Journal of ethnopharmacology*, 100(1-2), 53-56.

Wanke, S., Jaramillo, M., Borsch, T., Samain, M., Quandt, D., y Einhuis, C. 2007. Evolution of Piperales--matK gene and trnK intron sequence data reveal lineage specific resolution contrast. *Molecular phylogenetics and evolution* 42,477-497.

Zuluaga G. 1994. El aprendizaje de las plantas en la senda de un conocimiento olvidado. Seguros Bolívar. Bogotá, Colombia., 148 pág.

Zuloaga, F.O., Morrone, O., y Belgrano, M. 2008. Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay).

Esta obra fue editada por Editorial Dike S.A.S
se terminó de imprimir en xxx de 2021



ED
EDITORIAL DIKÉ

