

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

Los que suscriben, AVILA CAMPOVERDE EVELYN CAROLINA y CASTILLO PAREDES DIEGO SANTIAGO, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado DINÁMICA DEL DESARROLLO VEGETATIVO DEL BANANO MEDIANTE ESTIMULACIÓN RADICAL BAJO UN SISTEMA DE RIEGO POR APERSIÓN., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

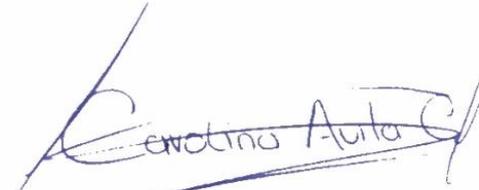
Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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

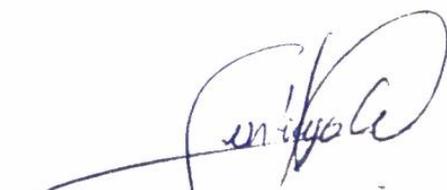
Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

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

Machala, 20 de septiembre de 2022



AVILA CAMPOVERDE EVELYN CAROLINA
0750145724



CASTILLO PAREDES DIEGO SANTIAGO
0706252111

DINÁMICA DEL DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE BANANO MEDIANTE ESTIMULACIÓN RADICAL BAJO RIEGO POR ASPERSIÓN.

DYNAMICS OF VEGETATIVE DEVELOPMENT OF BANANA CROPS THROUGH RADICAL STIMULATION UNDER SPRINKLER IRRIGATION.

Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Campus Santa Inés, km ½ vía Machala-Pasaje (CC 170517), Machala, Ecuador.

Evelyn Carolina Avila-Campoverde, Diego Santiago Castillo-Paredes.

Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Campus Santa Inés, km ½ vía Machala-Pasaje (CC 170517), Machala, Ecuador.

eavila1@utmachala.edu.ec(<https://orcid.org/0000-0002-6070-0450>)

dcastillo5@utmachala.edu.ec(<https://orcid.org/0000-0002-7414-9401>)

RESUMEN.

La producción de banano (*Musa spp.*) representa el rubro más importante para la economía de la Provincia de El Oro. La penetración del sistema radicular en este cultivo es débil, por lo que la distribución está relacionada con la textura y estructura del suelo. El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de distintos programas de estimulación radical sobre el desarrollo vegetativo del cultivo de banano bajo un sistema de riego por aspersión. El trabajo de investigación se lo desarrolló en la finca “Adrianita” de la Provincia de El Oro - Ecuador que se encuentra ubicada en las localidades Sabalucal-Parroquia Barbones del Cantón el Guabo, se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), aplicando seis tratamientos, T1 (Testigo), T2 (Trinchado), T3 (Enraizador a base de algas marinas), T4 (Ácidos Húmicos), T5 (Enraizador + Ácidos húmicos), y T6 (Herculización), divididos en cuatro bloques, los datos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA), por medio del software Agrostat® (Barbosa y Maldonado, 2010). Los resultados obtenidos fueron altura de la planta 3,59 m en el T6, diámetro de pseudotallo 90,61 cm en el T6, número de hojas 8,07 en el T1, niveles de clorofila 52,85 (SPAD) en el T6, masa total de raíces 85,92 g en el T6.

Palabras claves: Banano, raíz, rendimiento, orgánico.

ABSTRACT.

The production of banana (*Musa* spp.) represents the most important item for the economy of the Province of El Oro. The penetration of the root system in this crop is weak, so the distribution is related to the texture and structure of the soil. The purpose of this study was to evaluate the effect of different root stimulation programs on the vegetative development of banana crops under a sprinkler irrigation system. The research work was developed in the "Adrianita" farm in the Province of El Oro - Ecuador, which is located in the localities of Sabalucal-Parish Barbones del Canton el Guabo, a completely randomized block design (DBCA) was carried out, applying six treatments, T1 (Control), T2 (Carving), T3 (Rooting based on seaweed), T4 (Humic Acids), T5 (Rooting + Humic Acids), and T6 (Herculization), divided into four blocks, the Data were statistically analyzed by analysis of variance (ANOVA), using the Agrostat® software (Barbosa and Maldonado, 2010). The results obtained were plant height 3.59 m in T6, pseudostem diameter 90.61 cm in T6, number of leaves 8.07 in T1, chlorophyll levels 52.85 (SPAD) in T6, total root mass 85.92 g in T6.

Keywords: Banana, root, yield, organic.

INTRODUCCIÓN.

El cultivo de banano (*Mussa spp*), corresponde a una actividad económica y agrícola de suma importancia para la generación de ingresos y divisas externas para Ecuador (MAGAP, 2017). En el 2020 la superficie cosechada de banano fue de 160.6 miles de hectáreas, registrando un crecimiento de 2.8% con relación al año 2019 (INEC; Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020) y su producción tiene diversos destinos, principalmente a mercados europeos, América del norte y Asia, donde el Ecuador participa aproximadamente del 35% de todo el mercado de comercialización de bananos en el mundo (FAOESTAT, 2022).

Entre los factores de mayor interés, para obtener una excelente productividad y calidad de cultivos, están la fertilidad del suelo y el manejo de nutrientes (Nair, 2021) . En este sentido, el análisis de suelo juega un papel importante para evaluar el potencial de fertilidad para suministrar nutrientes a las plantas, además permite hacer recomendaciones de fertilización más eficientes que elevan o mantienen el nivel de concentración de nutrientes en la solución del suelo (Bhatt et al., 2014).

Dentro de los aspectos nutricionales, se conoce que el cultivo es susceptible a limitaciones ocasionadas por desbalances nutricionales y por tal razón es fundamental mantener un adecuado suministro de nutrientes en el suelo (Alcántaraz et al., 2011). Adicionalmente, este cultivo también puede ser susceptible a situaciones desfavorables para su desarrollo y funcionamiento ocasionadas por estrés hídrico y cambio climático (Moreno et al., 2009). Este conjunto de limitantes se conoce con el nombre de estrés medioambiental. En este contexto, un aporte adecuado de nutrientes depende de las propiedades físico-químicas del suelo, las condiciones climáticas, rendimiento esperado del cultivo, entre otros factores (Bhatt, et al., 2014).

Por tanto, constituyen una alternativa viable para mitigar las consecuencias del cambio climático.

En este sentido, Rodríguez et al. (2016) indicaron que bioestimulantes que contienen sustancias húmicas al ser aplicados a nivel foliar estimulan el crecimiento de las raíces. Además, se ha demostrado que las plantas tratadas con vermicompost (humus de lombriz) contienen sustancias que estimulan el crecimiento y desarrollo óptimo (Salinas, 2019).

La estimulación radical consiste en la remoción del suelo con herramientas mecánicas. En este sentido Gia (2014), logró modificar la porosidad del suelo y aumentar la masa radical en el cultivo de Banano, en condiciones de riego por aspersión. Por un lado, esta misma práctica de remoción edáfica, no generó cambios significativos en la altura de la planta, diámetro del pseudotallo, el área foliar y el número de días antes de la floración. Por otro lado, sí propició el incremento de la masa del racimo cosechado, generando incremento de la productividad. Según Suarez (2012), afirma que la remoción con tres pases del trinche en media luna incrementó la porosidad y porcentaje de raíces vivas.

Los estimulantes ejercen funciones biorreguladoras en el crecimiento de las plantas y constituyen la base de la fertilidad del suelo. Las raíces que emergen después de la aplicación de estimulantes radicales son de origen similar a las producidas normalmente; no obstante, tanto las características de las raíces como su disposición en el tallo pueden variar considerablemente (Albán, 2014). El uso de sustratos y soluciones orgánicas, así como la incorporación de sustrato de Trichoderma, promueve el crecimiento, emisión de hojas y peso de las raíces de plántulas de banano y plátano (Martínez et al., 2021).

Ante lo expuesto, el propósito de este estudio fue evaluar el efecto de distintos programas de estimulación radical sobre el desarrollo vegetativo en el cultivo de banano bajo condiciones de riego por aspersión de la provincia de El Oro en la zona sur del Ecuador, donde, las variables estudiadas fueron altura, emisión foliar, diámetro de pseudotallo, niveles de clorofila, raíces funcionales y no funcionales y niveles de clorofila

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización y caracterización del área experimental. El experimento fue desarrollado en la bananera “Adrianita” ubicada en la localidad Sabalucal, parroquia Barbones del Cantón el Guabo, provincia de El Oro-Ecuador, dentro de las coordenadas, 3°12’25.77” de latitud Sur y 79°50’59.9” de longitud Oeste. Altitud media de 1 metro sobre el nivel del mar (msnm) y clima tropical megatérmico seco AW (Kottek et al., 2006), con una temperatura media, anual de la zona de estudio que varía entre los 22°C a 26°C y la humedad relativa tiende a superar el 75% (Pourrut et al., 1995). Posee un suelo de relieve plano con pendientes que van del 0 al 5%, con una precipitación 250 a 750 mm anuales. Los suelos de esta zona corresponden al orden de los entisoles, de origen aluvial (Soil Survey Staff, 2010). Los resultados de la caracterización física y química del área del experimento se muestran en la Tabla 1, el muestreo se lo realizó con ayuda de un barreno a 30 y 60 cm de profundidad recogiendo así 1kg de suelo, por bloque se realizó 5 muestreos completamente al azar

Tabla 1. Características químicas del área de estudio.

Parámetro	Unidades	Resultado
Materia Orgánica	%	5,4
% de Saturación de Bases	%	69 (Calificación: rico en bases)
Distribución de las Bases en el % de Saturación	%	Ca: 56 Mg: 11- K: 1 -Na: 1
**Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq/100g	29,1
Acidez Intercambiable	meq/100g	0,38
Aluminio Intercambiable	meq/100g	< 0,05
Conductividad (CE)	mS/cm	0,14
pH (en H₂O)	-	6,9
pH (en KCl)	-	5,8
Nitrato (NO₃-N)	mg/kg	7,2
Amonio (NH₄-N)	mg/kg	5,1
(NO₃+NH₄)-N	mg/kg	12,3
Fósforo (P)	mg/kg	20,4
Potasio (K)	mg/kg	50,5
Magnesio (Mg)	mg/kg	167
Calcio (Ca)	mg/kg	1035

Azufre (SO₄-S)	mg/kg	11,8
Hierro (Fe)	mg/kg	120
Manganeso (Mn)	mg/kg	77,0
Cobre (Cu)	mg/kg	3,4
Zinc (Zn)	mg/kg	2,6
Boro (B)	mg/kg	0,29
Sodio (Na)	mg/kg	16,5
Cloruro (Cl⁻)	mg/kg	5,6
Sales Totales	mg/kg	120

Se utilizó como material vegetativo el clon Cavendish Gigante (*Musa spp triploide AAA*), este clon tiene características de alto rendimiento productivo, posee área foliar extensa, tallo subterráneo pseudotallo (formado por superposición de los peciolos de las hojas) (Briggs, 2012).

Diseño experimental. El experimento correspondió a un diseño de bloques completos al azar (DBCA), se utilizaron seis tratamientos: T1 (Testigo), T2 (Trinchado), T3 (Enraizador a base de algas marinas), T4 (Ácidos Húmicos), T5 (Enraizador + Ácidos húmicos), y T6 (Herculización), con cuatro repeticiones.

Distribuidos en cuatro bloques, cada bloque tiene una dimensión de 15 m de largo y 15 m de ancho. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA), por medio del software Agrostat® (Barbosa y Maldonado, 2010). Cuando las diferencias sobre las medias de los tratamientos fueron significativas, se utilizó una prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al 5% como método de separación de medias.

La altura de planta (cm), se mide desde el suelo hasta alcanzar una silueta en v unida entre la última hoja cigarro;

diámetro de pseudotallo (cm); número de hojas; estas variables se registraron en una frecuencia de siete días hasta que la planta emitió la bellota (floración). En el mismo día de la floración, para medir los niveles de clorofila se muestreó aproximadamente 15 x 20 cm de la tercera hoja en orden descendente de la parte central de la hoja, luego se la limpió para la medición con el equipo SPAD (Soil Plant Analysis Development). Además, se muestreó raíces frente al hijo de la planta, en un espacio cuadrado de 30 x 30 cm, posteriormente las raíces fueron lavadas y separadas en funcionales y no funcionales, y, por último, se pesaron

para aplicar las siguientes fórmulas con el fin de sacar el porcentaje de raíces funcionales y no funcionales.

$$MST = RF + RNF$$

$$RF(\%) = \frac{RF}{MST} \times 100$$

$$RNF(\%) = \frac{RNF}{MST} \times 100$$

Donde, MST es la masa total de raíces (gr) contabilizadas tanto las raíces funcionales (RF) como las raíces no funcionales (RNF)

Para los tratamientos, Trinchado (T2) y Herculización (T6), se realizó cuatro perforaciones cada 15 cm con el hércules, pero en el caso del T6 se fue removiendo el suelo con la misma herramienta.

En el caso de la fertilización, se aplicaron los tratamientos cada mes, en cuatro ocasiones, 15 días antes de fertilizar fue aplicada una dosis de carbonato de calcio (75 kg) por todos los cuatro bloques (Tabla 3). El los tratamiento T2 y T6 se aplicó dos veces en todo el desarrollo del experimento.

Tabla 3. Dosis de tratamientos

Tratamientos	Dosis
T1 (Testigo)	x
T2 (Trinchado)	x
T3 (Enraizador)	3,70 ml
T4 (Ácidos Húmicos)	5 lb
T5 (Enraizador + Ácidos Húmicos)	5,07 lb + 340 ml
T6 (Herculización)	x

Todos los tratamientos estuvieron compuestos por un máximo de 45 plantas, de las cuales fueron seleccionadas 3 en cada unidad experimental, mismas que se les procedió a evaluar las siguientes variables: altura de planta (AP), diámetro pseudotallo (DP), número de hojas, niveles de clorofila (NC), masa total de raíces (MR), raíces funcionales, raíces no funcionales.

RESULTADOS

En la tabla 4, podemos observar que para las variables AP y NC, la prueba F fue significativa al nivel del 5% de probabilidad, lo que indica que debemos rechazar H_0 y concluir que los distintos tratamientos evaluados generan efectos diferentes sobre la altura y niveles de clorofila de las plantas evaluadas, con un grado de confianza superior al 95% de probabilidad. Por tanto, el tratamiento que mejor efecto generó sobre la altura de las plantas de banano fue el T6 (Herculización); sin embargo, este tratamiento tuvo una ligera similitud con el T2 (Trinchado), indicando que ambos procedimientos de aireación de suelo podrían generar un efecto significativo en la altura de las plantas, dado que ambos difieren del T1(Testigo). No obstante, para la variable de NC, el testigo fue el único diferente en la evaluación, teniendo semejanza con el resto de los tratamientos en esta variable evaluada. Los resultados obtenidos fueron que

Los resultados nos indican que DP y MR la prueba F fue significativa al nivel del 1% de probabilidad, indicando que debemos rechazar H_0 y concluir que los distintos tratamientos evaluados generan efectos diferentes sobre el DP y MR de las plantas evaluadas con un grado de confianza superior al 99% de probabilidad. Por lo tanto, el tratamiento que mejor efecto generó sobre el diámetro de Pseudotallo fue el T6(Herculización) (Tabla 4).

Hojas: la prueba de F no fue significativa al nivel del 5% de probabilidad, por lo tanto, no rechazamos H_0 y concluimos que los tratamientos evaluados no generaron una diferencia significativa en el número de hojas, en cada uno de los tratamientos.

Niveles de Clorofila: la prueba F fue significativa al nivel del 5% de probabilidad, indicando que debemos rechazar H_0 y concluir que los distintos tratamientos evaluados generan efectos diferentes sobre los niveles de clorofila de las plantas de banano evaluadas, con un grado de confianza superior al 95% de probabilidad. Por tanto, los tratamientos evaluados obtuvieron una similitud, notable a diferencia del T(testigo), el tratamiento que mejor efecto generó sobre los niveles de clorofila en las plantas de banano fue el T6 (Herculización); sin embargo, este tratamiento tuvo una ligera similitud con el T2 (Trinchado), indicando que ambos procedimientos de aireación de suelo, dado que ambos difieren del T1(Testigo).

Raíces: la prueba de F no fue significativa al nivel del 5% de probabilidad, por lo tanto, no rechazamos H_0 y concluimos que los tratamientos evaluados no generaron incremento de raíces funcionales en el experimental

Tabla 4. Datos evaluados

Tratamientos	Altura	Diámetro Pseudotallo	Hojas	Niveles de Clorofila	Masa total de raíces	Raíces Funcionales	Raíces no Funcionales
	(m)	(cm)	(Número)	(SPAD)	(g)	(%)	(%)
T1	3,30 bc	73,83 d	8,07 a	48,11 b	50,00 b	91,64 ab	8,36 ab
T2	3,49 ab	86,22 ab	7,82 a	52,21 a	39,07 b	89,33 ab	10,67 ab
T3	3,35 bc	79,37 c	8,18 a	51,14 a	43,60 b	90,06 ab	9,95 ab
T4	3,20 c	78,34 cd	7,42 a	51,32 a	34,92 b	88,75 b	11,25 a
T5	3,38 abc	85,09 b	7,90 a	52,41 a	46,07 b	90,72 ab	9,28 ab
T6	3,59 a	90,61 a	8,00 a	52,85 a	85,92 a	92,82 a	7,33 b

Prueba de F							
Tratamientos	3,32*	16,29**	0,98NS	3,26*	6,61**	1,40NS	1,35NS
Bloques	1,14NS	1,15NS	13,29**	3,44*	0,11NS	3,42*	3,51*
CV%	4,5	3,7	6,75	3,7	28,68	2,8	26,5

DISCUSIÓN.

En los resultados del trabajo realizado se pudo apreciar que las variables donde aplicamos el trinchado y herculización existieron diferencias significativas que coincide con la investigación de (Gia, 2014) que favoreció a cambios en porosidad en suelo e incremento de la masa total de raíces. En referencia a los resultados obtenidos de las variables altura, diámetro de pseudotallo, hojas y raíces funcionales no se generó efectos significantes como coincide (Tuarez, 2019). La investigación también concluyó que la aplicación de ácidos húmicos en referencia a la altura de planta difiere de (Reyes et al., 2021). La aplicación de los bioestimulantes se consigue mejorar las características estructurales del suelo, para una mayor capacidad de retención de agua y nutrientes, un mejor desarrollo radicular, y una mayor capacidad productiva coincide con (Ganchozo, 2021).

CONCLUSIÓN

Por último, podemos concluir que el tratamiento que presentó mejor resultado fue el T6(Herculización), tanto en (Altura, Diámetro Pseudotallo, Masa total de raíces, Raíces Funcionales, Raíces no Funcionales), seguido por el T2(Trinchado), que obtuvo el mayor número de Hojas, es importante señalar que las labores de campo en la bananera no se realizaron a tiempo tales como : control de malezas, riego, fertilización e influyó en los resultados.

BIBLIOGRAFÍA.

Alcántar González, G., & Trejo-Téllez, L. (2011). Revista fitotecnia mexicana. Obtenido de<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802011000300004&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0187-7380.

Albán Cárdenas, E. E. (2014). Evaluación de la eficacia de citoquinina (Cytokin) y un inductor carbónico (Carboroot) en tres dosis y en dos épocas en el rendimiento de banano de exportación, en una plantación en producción variedad gran enana, cantón Quinde de la provincia de Esmeraldas

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3297>

Bhatt, R. & Sharma, M. (2014). Importance of soil testing and techniques of soil sampling. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/48192>

Briggs, D. E. (2012). Barley. Springer Science & Business Media.

FAO, & Organización de las Naciones Unidas para la Agricu. (2012).

Gia, E. O. (2014). FORMAS DE HERCULIZADO EN EL CULTIVO DE BANANO.

Ganchozo Rodriguez, N. L. (2021). “Respuesta agronómica del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) a la aplicación de ácidos húmicos” (Bachelor's thesis, Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

Martínez , G., Rey, J. C., Pargas, R., Guerra , C., Manzanilla , E., & Ramírez, H. (2021). Efecto de sustratos y fuentes orgánicas en la propagación de banano y plátano. *Agronomía Mesoamericana*.

MAGAP; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura ;. (2017).

Moreno, F., & Patricia, L. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía colombiana*, 27(2), 179-191.

Nair, A. (2021). Importance of soil fertility in vegetable crop production.

Fertilizer recommendation system for crop nutrition. (2016).

Pourrut, P., G. Gómez, A. Bermeo, y A. Segovia, A. 1995. Factores condicionantes de los regímenes climáticos e hidrológicos. p. 7-12. In P. Pourrut (ed.). El agua en el Ecuador:

Clima, precipitaciones, escorrentía. Corporacion Editora Nacional, Colegio de Geógrafos del Ecuador, Quito, Ecuador.

Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F., Lucero-Vega, G., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Application of humic acids, chitosan and mycorrhizal fungus influence pepper growth and development. *Terra Latinoamericana*.

Trevisan et al. (2010). Humic substances biological activity at the plant-soil interface: From environmental aspects to molecular factors. *Plant Signaling & Behavior*.

Tuarez, C. G. (2019). Efectos del trinchado de raíces de banano (*Musa AAA*) sobre la masa radical y la densidad poblacional de nemátodos. 29.

Salinas, F. S. (2019). Evaluación de un bioestimulante comercial en el rendimiento y desarrollo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) variedad Fortuna bajo condiciones de invernadero en la provincia del Azuay.

Silva-Arero, E. A., Cardona, W. A., Bolaños-Benavides, M. M., & Morales-Osorno, H. (2022). Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. 11th. ed. USDA-NRCS, Washington DC, USA. Inyección de nutrientes: una técnica eficiente para incrementar el rendimiento del cultivo de plátano (*Musa AAB*). *Agronomy Mesoamerican*, 48192-48192.

Suarez, L. A. (2012). Efectos de la herculización frente a los aireadores en banano.

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/608>

Veobides-Amador, H., Guridi-Izquierdo, F., & Vázquez-Padrón, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*.