



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE CARACOLILLO (*Ormosia
macrocalyx* Ducke) CON FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN
CONTROLADA EN VIVERO Y CAMPO**

GERARDO HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2021



“2021, Año de la Independencia”

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR
Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Gerardo Hernández Sánchez, alumno(a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor José Jesús Obrador Olán, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis “Crecimiento y desarrollo de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) con fertilización de liberación controlada en vivero y campo” y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

H. Cárdenas, Tabasco, a 18 de marzo de 2021.

Firma

Vo. Bo. Profesor Consejero de Tesis

La presente tesis, titulada “**Crecimiento y desarrollo de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) con fertilización de liberación controlada en vivero y campo**” realizada por el alumno: Gerardo Hernández Sánchez bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

POSTGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



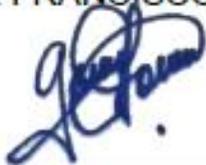
DR. JOSÉ JESÚS ORADOR OLÁN

ASESOR:



DR. JOSÉ FRANCISCO JUÁREZ LÓPEZ

ASESOR:



DRA. EUSTOLIA GARCÍA LÓPEZ

ASESOR:



DR. JESÚS ARREOLA ENRÍQUEZ

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO, 18 DE MARZO DE 2021

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE CARACOLILLO (*Ormosia macrocalyx* Ducke) CON FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN VIVERO Y CAMPO

Gerardo Hernández Sánchez

Colegio de Postgraduados, 2021

RESUMEN

Las plantas necesitan una fuente de energía para completar su ciclo de vida, la cual es aprovechada en un proceso denominado nutrición. Tanto en vivero como en campo ésta se realiza con fertilizantes hidrosolubles, aplicados con el riego o de manera directa al suelo, pero en ambos casos presenta las siguientes desventajas: pérdida de nutrimentos por lixiviación e intoxicación o desbalance entre la parte aérea y radical. Para resolver esta problemática se destaca el uso de fertilizantes de liberación controlada (FLC), que transfieren los nutrimentos gradualmente. Actualmente existen muy pocos estudios relacionados con la aplicación de este tipo de fertilizantes y su efectividad en el establecimiento de plantas nativas. Por ello, el objetivo de este estudio fue estimar el efecto de dos fertilizantes de liberación controlada Basacote y Multicote en tres concentraciones; baja, media y alta (10, 20 y 30 kg m³) en el crecimiento y desarrollo de plantas de caracolillo, en etapa de vivero y campo, además de evaluar la sobrevivencia, la composición de la flora asociada a la plantación y de las condiciones climatológicas. El análisis de las variables morfológicas, altura, diámetro y número de hojas en vivero y campo mostraron diferencias estadísticas respecto al fertilizante y dosis, las plantas fertilizadas con Basacote en la dosis baja presentaron el mayor desempeño en todas las variables, mientras que en los diferentes índices IR, R BSA/BSR e ICD, medidos en vivero, este mismo fertilizante mostró los mejores resultados, pero en sus dosis baja y media. El análisis climático muestra que el crecimiento del caracolillo fue favorecido tanto por la temperatura (29.3°C), como por la precipitación (180 mm), lo cual se reflejó en una alta sobrevivencia (95.8%). La composición florística del área muestreada consistió de 13 especies que corresponden a 13 géneros y nueve familias botánicas; ocho especies (61.5%) corresponden al grupo de las dicotiledóneas y el resto (38.5%) a monocotiledóneas. Las familias mejor representadas fueron: Asteraceae y Poaceae.

Palabras clave: FLC, sobrevivencia, dosis, variables morfológicas.

GROWTH AND DEVELOPMENT OF CARACOLILLO (*Ormosia macrocalyx* Ducke) WITH CONTROLLED RELEASE FERTILIZATION IN NURSERY AND FIELD

Gerardo Hernández Sánchez

Colegio de Postgraduados, 2021

ABSTRACT

Plants need an energy source to complete their life cycle, which is used in a process called nutrition. Both nursery and field it is carried out with water-soluble fertilizer, applied with irrigation or directly to the ground, but in both cases has the following disadvantages: loss of nutrients by leaching and poisoning or imbalance between the part area and radical. To solve this problem is remarkable the use of controlled release fertilizers (CRF), which transfer nutrients gradually. Currently there are very few studies related to the application of this type of fertilizer and its effectiveness in the establishment of native plants. Therefore, the objective of this study was to estimate the effect of two controlled release fertilizers Basacote and Multicote in three concentrations; low, medium and high (10, 20 and 30 kg m³) in the growth and development of caracolillo plants, in the nursery and field stage, in addition, the survival, the composition of the associated flora and the climatological conditions were evaluated. The analysis of the morphological variables, height, diameter and number of leaves in the nursery and field showed statistical differences regarding the fertilizer and dose, the plants fertilized with Basacote in the low dose presented the highest performance in all the variables, while in the different indices, IR, R BSA / BSR and ICD, measured in the nursery, this same fertilizer showed the best results, but in its low and medium doses. The climatic analysis shows that the growth of the caracolillo was favored both by the temperature (29.3 ° C), and by the precipitation (180 mm), which was reflected in a high survival rate (95.8%). The floristic composition of the sampled area consisted of 13 species that correspond to 13 genera and nine botanical families; eight species (61.5%) correspond to the group of dicots and the rest (38.5%) to monocots. The best represented families were: Asteraceae and Poaceae.

Key words: CRF, survival, dose, morphological variables.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido finalizar una meta más en mi vida, acompañando y guiando cada una de las actividades realizadas, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes y muchas experiencias.

Le doy gracias a mi familia por apoyarme en todo momento y ser parte de un logro más en la vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento económico, para la realización de mis estudios de Postgrado.

Al Colegio de Postgraduados Campus Tabasco por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Al Dr. José Jesús Obrador Olán, por su amistad, confianza ofrecida, su paciencia, sus consejos y por su respaldo en la dirección que ha brindado a este trabajo.

A la Dra. Eustolia García López por su amistad, sus conocimientos brindados, y por motivarme cada día para elaborar el presente trabajo.

A los Doctores que fueron partícipes de mi consejo particular: Dr. José Francisco Juárez López y al Dr. Jesús Arreola Enríquez, a quienes agradezco sus conocimientos, motivación y todo el tiempo otorgado para la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis compañeros de generación otoño 2018, por su amistad, compañía y apoyo durante la maestría, en especial a Edith de los Ángeles Castillo y Mariana Valier Mago, por su amistad incondicional y sus ocurrencias, las cuales ayudaron hacer más llevaderas las horas pesadas.

DEDICATORIA

A mi madre, Concepción Cruz Rodríguez quien con su esfuerzo y amor me enseñó el camino del bien, por lo que siempre estará presente en mi corazón.

A mi esposa, Nayeli Duran Castro por impulsarme y apoyarme en todo momento y quien con su sencillez, bondad, amor y cariño ha estado en las buenas y en las malas junto a mí en todo momento.

A mis hijas, por todo el tiempo que les he robado, por su amor, ternura y travesuras que es lo que me impulsa para seguir adelante cada día.

A mis suegros, Juan Manuel Durán Morales y Laura María Castro Sánchez, por ser dos personas honestas y de buen corazón, por ser parte de este logro y brindarme su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2. HIPÓTESIS.....	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4. LITERATURA CITADA.....	21
CAPITULO I. ÍNDICE DE CALIDAD DE PLANTA DE CARACOLILLO (<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke), EN ETAPA VIVERO CON FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA.....	29
1.1. INTRODUCCIÓN.....	31
1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
1.4 CONCLUSIONES.....	47
1.5. LITERATURA CITADA.....	47
CAPITULO II. COMPORTAMIENTO DEL CARACOLILLO (<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke) BAJO DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN CAMPO.....	54
2.1. INTRODUCCIÓN.....	56
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
2.4 CONCLUSIONES.....	79
2.5. LITERATURA CITADA.....	79
3. CONCLUSIONES GENERALES.....	91

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del caracolillo (<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke) (Flores-Bendezú, 2010; Alegría-González, 2014).....	4
--	---

Cuadro 2. Valores que califican la calidad de planta con crecimiento normal en vivero forestal (Sáenz et al., 2010; Escamilla-Hernández et al., 2015).....	15
Cuadro 3. Valores que califican la calidad de planta con crecimiento normal en vivero forestal.....	17
Cuadro 4. Tratamientos para la evaluación de fertilizante de liberación controlada en la calidad de plantas de caracolillo, en etapa vivero.....	35
Cuadro 5. Composición química de los fertilizantes de liberación controlada.....	36
Cuadro 6. Nombre, clave y coordenadas de las estaciones climáticas seleccionadas.....	62
Cuadro 7. Análisis de fertilidad del suelo de la parcela en estudio (0-30 cm de profundidad).....	63
Cuadro 8. Supervivencia (%) de caracolillo (<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke) registrada a los tres meses de haberse establecido la plantación.....	65
Cuadro 9. Lista florística de las de las especies de arvenses asociadas a la plantación de caracolillo (<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke).....	74
Cuadro 10. Índice de valor de importancia (IVI) y valores relativos de la Densidad (DeR), Frecuencia (FR) y Dominancia (DoR) de las 13 especies de arvenses en una plantación de caracolillo (<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke) en Tabasco, México.....	76
Continuación Cuadro 10. Índice de valor de importancia (IVI) y valores relativos de la Densidad (DeR), Frecuencia (FR) y Dominancia (DoR) de las 13 especies de arvenses en una plantación de caracolillo (<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke) en Tabasco, México.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ormosia macrolyx</i> Ducke: A) Árbol con inflorescencias, B) flor, C) Fruto y semilla (Fuente: Alegría-González, 2014).....	6
---	---

Figura 2. Modelo conceptual de la liberación de nutrientes de los FLC. A) fase de hidratación, B) fase de liberación de nutrientes por difusión bajo condiciones de equilibrio entre potencial hídrico interno y externo del gránulo, y C) fase de liberación de nutrientes por difusión y flujo de masas de agua por diferencial en el potencial hídrico entre el interior y exterior del gránulo (Adams <i>et al.</i> , 2013).....	12
Figura 3. Ubicación del área de recinto del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.....	34
Figura 4. Comportamiento de la altura (cm) en plantas de caracolillo (etapa vivero) de 15 semanas, con diferentes dosis de los fertilizantes de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).....	39
Figura 5. Comportamiento del diámetro en plantas de caracolillo (etapa vivero) de 15 semanas, con diferentes dosis de fertilizantes de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).....	40
Figura 6. Análisis estadístico de No. de hojas en plantas de caracolillo (etapa vivero) de 15 semanas, con diferentes dosis de fertilizantes de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).....	41
Figura 7. Análisis estadístico de índice de robustez en planta de caracolillo etapa vivero, en la semana 15, las barras verticales indican el intervalo de confianza.....	43
Figura 8. Efecto de las dosis de fertilizante en la relación biomasa seca aérea/biomasa seca radical de plantas de caracolillo etapa vivero, en la semana 15, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).....	44
Figura 9. Efecto de las dosis de fertilizante en la relación al ICD en plantas de caracolillo etapa vivero, en la semana 15, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).....	45
Figura 10. Ubicación del Área de Estudio en el Fraccionamiento los Reyes Loma Alta, Cárdenas, Tabasco.....	58
Figura 11. Establecimiento en campo de las unidades experimentales estudiadas.....	60

Figura 12. Comportamiento de la altura (cm) en plantas de caracolillo (etapa campo) al tercer mes de establecidas con diferentes dosis de fertilizante de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95)... 67

Figura 13. Comportamiento del diámetro (cm) en plantas de caracolillo (etapa campo) al tercer mes de establecidas con diferente dosis de fertilizante de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95)... 68

Figura 14. Análisis estadístico de Número de hojas en plantas de caracolillo (etapa campo) al tercer mes, con diferente dosis de fertilizante de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95)... 69

Figura 15. Comportamiento de la precipitación histórica promedio (20 años de registro a) mensual y b) anual..... 70

Figura 16. Probabilidad de ocurrencia al 75 %, de datos históricos (20 años) de precipitación..... 71

Figura 17. a) Comportamiento histórico (20 años) de la temperatura máxima anual de los meses de marzo a abril, b) probabilidad de ocurrencia de la temperatura máxima al 75%..... 71

Figura 18. a) Comportamiento histórico (20 años) de la temperatura mínima anual de los meses de marzo a abril, b) probabilidad de ocurrencia de temperatura mínima al 75%.....72

Figura 19. Número de individuos por especie registrados en el muestreo de arvenses en la plantación de caracolillo a los tres meses de haberse establecido en campo.....75

INTRODUCCIÓN GENERAL

México es considerado un país megadiverso, con cerca de 30,000 especies de plantas vasculares, esto debido a su extraordinaria geografía y a su historia geológica, que integra componentes procedentes tanto del Hemisferio Sur como del Hemisferio Norte, que juegan un papel importante en su vegetación (Alegría-González, 2014).

Sin embargo, en la actualidad la biodiversidad del país enfrenta una serie de riesgos antrópicos como la deforestación y el cambio de uso de suelo, que ponen en peligro la continuidad de las especies y sus poblaciones (Vargas-Simón *et al.*, 2018), con una pérdida anual de 500 mil hectáreas de bosques y selvas a nivel nacional (González-Rodríguez, 2017).

De acuerdo al PNUMA (2007) las zonas más perturbadas son las situadas en el sureste del país, específicamente en el trópico húmedo, el cual ha sido deforestado en mayor escala y es la región donde esta actividad tiene implicaciones más importantes, ya que los ecosistemas tropicales son los más frágiles.

Uno de los ejemplos más claros de deterioro ambiental se ha dado en el estado de Tabasco, donde los procesos de deforestación (1960-1970) se realizaron para incrementar la superficie agrícola y ganadera, ocasionando la disminución de la fertilidad de suelo (Alegría-González 2014), perdiéndose durante ese período cerca de 91 mil hectáreas de selva tropical. En la actualidad, del total del territorio, Tabasco tiene solo 3% de superficie forestal (COMESFOR, 2015; CONABIO, 2019), de ésta, 8% permanece cubierta por vegetación natural con alto grado de perturbación (Ochoa-Gaona y de la Cruz-Arias, 2002). Donde las especies forestales se han explotado irracionalmente, a tal punto que sus poblaciones han disminuido drásticamente, colocándose con algún grado de amenaza (Aguirre y León, 2011). Éste es el caso de la selva mediana perennifolia de canacoite (*Bravaisia integerrima*), asociación inundable que se ha ido eliminado casi por completo y en la actualidad solo persiste en escasos fragmentos; esta selva está constituida por diversas formas biológicas como hierbas, epífitas, enredaderas, arbustos, y árboles, entre las especies arbóreas destacan el zapote negro (*Diospyros nigra*), barí (*Calophyllum brasiliense*), chacahuanté (*Sickingia salvadorensis*), tinco (*Vatairea lundellii*), y caracolillo (*Ormosia macrocalyx*) (Maldonado-Sánchez *et al.*, 2016). A pesar del alto potencial y existencia de numerosas especies forestales nativas, el conocimiento

sobre su manejo y propagación en vivero aun es incipiente a pesar de tener gran importancia económica y ecológica, muy pocas han sido investigadas para utilizarse en programas de reforestación. A pesar de que presentan una gran ventaja sobre las especies introducidas al estar adaptadas a las condiciones de clima, suelo, agua y comunidad biótica del área, dichas condiciones proporciona ventajas para su crecimiento y desarrollo (Alegría-Gonzales, 2014). *Ormosia macrocalyx* Ducke o caracolillo está catalogada por la NOM-059 SEMARNAT (2010) como una especie en peligro de extinción (P). Es una planta arbórea nativa de las zonas tropicales de América Latina, se encuentra en los bosques altos y medianos perennifolios y perteneciente a la familia Fabaceae (Alegría-González, 2014). Los individuos de caracolillo pueden alcanzar hasta 30 m de altura y entre 2.5 a 3.5 cm de diámetro normal (Vargas-Simón, 2017). Ecológicamente, es importante porque alcanza una tasa de nodulación por bacterias nitrificantes de 48.9 mg g⁻¹ y como plántula responde favorablemente a concentraciones elevadas de CO₂ (700 ppm aproximadamente) (Vargas-Simon *et al.*, 2018) Producen semillas de color rojo brillante, lo que las hace propicias para elaborar artesanías como collares, pulseras, aretes, cortinas y adornos; sus flores son de color violeta y fragantes, su madera (muy susceptible al ataque por hongos de descomposición) es dura y pesada (Greene-Vázquez, 2017), catalogada como valiosa (SERFOR, 2016), e importante en la ebanistería y carpintería, en la construcción de puentes, canoas, durmientes de ferrocarril y construcción de casas (Vargas-Simón *et al.*, 2018). En la ganadería se usa como sombra para ganado en los potreros y, en menor medida, para poste rollizo (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).

El éxito de toda plantación forestal depende de la calidad de las plantas producidas en vivero. La fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en la calidad de las plantas, afectando procesos fisiológicos, como la regulación del crecimiento, el flujo de energía y la síntesis de los complejos orgánicos moleculares que las componen. Las especies responden de manera diferente a la adición de nutrientes, por lo que es necesario investigar la respuesta particular de cada una a las dosis de fertilizantes, antes de proceder a realizar aplicaciones a escalas mayores (Escamilla-Hernández *et al.*, 2015). León-Sánchez *et al.* (2016) indican que la fertilización de los árboles forestales en etapas tempranas es básica e importante y

ayuda a que el árbol tenga una rápida adaptación a las condiciones ambientales (temperatura y precipitación), sobre todo en el incremento de la biomasa radical que es elemental para la asimilación de agua y nutrientes del suelo.

1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 General

Evaluar el crecimiento y desarrollo de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) en etapa de vivero y campo

1.2. Específicos

- ✓ Determinar, en vivero, el efecto de dos fertilizantes de liberación controlada en tres concentraciones sobre los componentes del crecimiento e índice de calidad en plántulas de caracolillo.
- ✓ Analizar el Comportamiento climatológico en el área de estudio, durante la etapa de campo.
- ✓ Cuantificar la sobrevivencia de plantas de caracolillo tratadas con fertilizantes de liberación controlada, etapa campo.
- ✓ Estimar el crecimiento de plantas de caracolillo con el uso de fertilizantes de liberación controlada, etapa campo.
- ✓ Evaluar, en etapa campo, algunos atributos de la diversidad de la flora asociada a la plantación de caracolillo.

2. HIPÓTESIS

- ✓ Los componentes de crecimiento e índice de calidad en plántulas de caracolillo son similares en los tratamientos de fertilización estudiados en la etapa vivero.
- ✓ La sobrevivencia de plantas de caracolillo con el uso de fertilizantes de liberación controlada, etapa campo, es similar en todos los tratamientos.
- ✓ Las variables climatológicas son favorables, para el desarrollo de caracolillo en la etapa campo.
- ✓ El crecimiento de plantas de caracolillo con el uso de fertilizantes de liberación controlada, etapa campo, es similar en todos los tratamientos.

- ✓ La comunidad de arvense asociada a la plantación de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) etapa campo, presenta baja diversidad.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

Antecedentes

Ormosia es un género de la familia de las leguminosas (Fabaceae) (Cuadro 1), que comprende cerca de 130 especies, las cuales están mayormente distribuidas en las zonas tropicales, con algunas especies en el este de Asia y el noreste de Australia (Alegría-González, 2014). Pertenece a la tribu Sophoreae, que se caracteriza por presentar inflorescencias en racimos o panículas, cáliz con lóbulos valvados o imbricados en botón; hojas imparipinnadas y semillas bicolors (rojas con negro) o simplemente rojas. Debido a que son árboles de gran talla, las colecciones resultan escasas y muchos ejemplares en los herbarios carecen de frutos y se desconoce su desarrollo para producirlos (Greene-Vázquez, 2017). El género es nativo de las zonas tropicales de América Latina y su distribución mundial comprende desde el sureste de México, Perú, hasta la cuenca del Amazonas en Brasil. En México se le localiza en los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas (Alegría-González, 2014; Vargas-Simón *et al.*, 2018). Particularmente, en Tabasco se ha registrado en casi todo el territorio, formando parte de la Selva alta perennifolia de *Terminalia amazonia*, Selva mediana perennifolia de *Bravaisia integerrima*, Selva media subperennifolia, Selva baja inundable y vegetación secundaria (acahual, pastizales, potreros inundables y cercos vivos), principalmente en los municipios de Centla, Centro, Tacotalpa, Cárdenas, Teapa y Balancán (Cámara y Cappello, 2013; Alegría-González, 2014).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) (Flores-Bendezú, 2010; Alegría-González, 2014).

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Orden:	<i>Fabales</i>
Familia:	<i>Fabaceae</i>
Tribu:	<i>Sophoreae</i>
Género:	<i>Ormosia</i>
Especie:	<i>O. macrocalyx</i> Ducke

Descripción botánica del caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke)

Ormosia macrocalyx Ducke (Figura 1) es un árbol de porte alto, de hasta 40 metros; florece a mediados de la estación húmeda y los frutos maduran a finales de la época lluviosa o a principios de la temporada de seca del año siguiente (Vergara-Saldaña, 2016), presenta tallos jóvenes finamente pubescentes con tricomas subadpresos, glabrescentes, con estípulas lineares de unos 5 mm, caducas; ramas jóvenes esparcidamente blanco-seríceas, glabras. La corteza externa presenta un color café amarillento, de textura moderadamente lisa. Cuando la madera se corta o es aserrada emite un olor a chícharo y en ocasiones a vainas de guisantes (Pérez-Hernández, 2009).

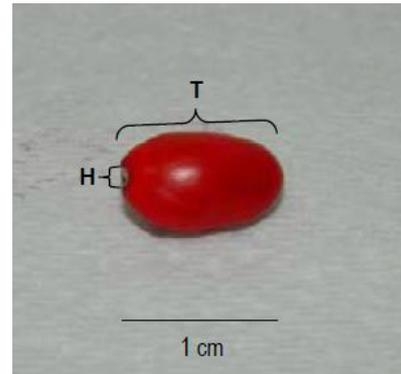
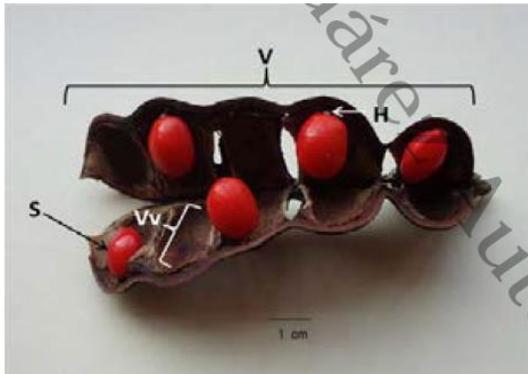
Hojas: compuestas, imparipinnadas, alternas, con 7 folíolos largo peciolados, de 6 a 12 mm de largo por 3 a 4.5 de ancho, oblongos u ovado oblongos, ápice obtuso, base redondeada o muy obtusa, casi glabros; nervaduras más o menos prominentes en ambas superficies (Cámara y Cappello, 2013).



A) Árbol de Ormosia macrocalyx.



B) Flor de Ormosia macrocalyx. E: estandarte, A: alas, Q: quilla.



C) Fruto y semilla: Ormosia macrocalyx. V: vaina, S: semilla, H: hilo, Vv: valva, T: testa, H: hilo.

Figura 1. Ormosia panamensis: A) Árbol con inflorescencias, B) flor, C) Fruto y semilla (Fuente: Alegría-Gonzáles, 2014).

Flores: dispuestas en panículas terminales con racimos laxos, hermafroditas y zigomórficas, de 18- 25 mm de largo, con pétalos de color lila a violeta oscuro, con ejes cinéreos a pubescentes, pétalos de 2 mm de largo; ovario sub-sésil, densamente pubescente; el cáliz generalmente de 10 a 15 mm (Alegría-Gonzáles, 2014). Presentan

un aroma muy penetrante, lo que hace que sea fácilmente percibido por los insectos polinizadores (Cámara y Cappello, 2013).

Frutos: vainas dehiscentes, coriáceas, circulares a oblongas, aplanadas, de 3 a 10 cm de largo y 3 cm de ancho, de color negro o castaño, normalmente con 2 a 3 semillas de color rojo (Flores-Bendezú, 2010), los márgenes laterales rectos, glabros de 3 a 10 cm de largo por 2 a 3.5 cm de ancho, ligeramente constreñidas entre las semillas, sus márgenes engrosados y acostillados (Pérez-Hernández, 2009).

Semillas: Son de color rojo, muy lustrosas, de 10 a 13 mm de largo, 10 mm ancho, de 7 a 8 mm de espesor, el hilio elíptico, 1.2 a 1.5 mm de largo y 1 mm de ancho (Alegría-González, 2014). Su embrión consta de un par de cotiledones de almacenamiento, un par de paracotiledones, endospermo y su eje embrionario (Cámara y Cappello, 2013).

Germinación: La germinación es epigea, fanerocotilar, con cotiledones foliáceos (Pérez-Hernández *et al.*, 2011), inicia entre los 8 y 14 días, a los 40 se obtiene 70 a 90% de germinación con semillas recién cosechadas (Flores-Bendezú, 2010) y previo remojo de 72 h. La imbibición de la semilla inicia prontamente, a continuación, la radícula rompe la cubierta seminal y crece hasta alcanzar unos 2 cm, el hipocótilo se desarrolla para descubrir los cotiledones de reserva, los cuales se quedan en la base del epicótilo, a los 12 días después de la germinación, se desarrollan los paracotiledones, los cuales tienen una longitud de 2.5 cm (Cámara y Cappello, 2013). Sautu *et al.* (2006) señalan que, para obtener un mayor porcentaje de germinación, es necesario realizar escarificación mecánica.

Ecología

Desde el punto de vista ecológico el caracolillo es importante porque alcanza una tasa de nodulación por bacterias nitrificantes de 48.9 mg g⁻¹, y como plántula responde favorablemente a concentraciones elevadas de CO₂ (700 ppm aproximadamente), lo que le daría una ventaja competitiva en el ecosistema donde se desarrolle (Vargas-Simón *et al.*, 2018).

Por lo general se distribuye en bajas y medianas elevaciones en los bosques húmedos o muy húmedos, encontrándose en altitudes menores a 100 metros, aunque para otros países como Panamá se han colectado ejemplares a 1600 msnm. En el estado de Tabasco se distribuye principalmente en los municipios de Centla, Centro, Tacotalpa,

Cárdenas, Teapa y Balancán (Cámara y Cappello, 2013) los suelos en que la especie se desarrolla mejor son del tipo Gleysol, Vertisol y Fluvisol, mientras que el rango óptimo de temperatura de *Ormosia macrocalyx* Ducke, se encuentra entre 18 y 28°C y precipitaciones que oscilan entre los 800 y 2,500 mm (Alegría-González, 2014).

Manejo de planta en vivero

Un vivero forestal es un área dirigida a la multiplicación y cuidado de las plantas en cantidad y calidad deseadas, hasta que éstas adquieran el vigor y desarrollo suficiente para que puedan ser plantadas en un área definitiva. Un vivero puede ser permanente o transitorio (temporal) dependiendo del tiempo de funcionamiento y su producción de dos tipos a raíz, desnuda o en contenedor (Morales-Pérez, 2018). La producción a raíz desnuda es obtenida de suelos naturales, a campo abierto y las plantas son removidas del suelo para trasplantarlas al lugar donde serán plantadas de manera permanente. Por otro lado, para la producción en contenedor las plantas se cultivan en sustrato artificial, bajo condiciones ambientales controladas; la forma tradicional utiliza bolsa de polietileno, aunque en viveros más especializados utilizan contenedores o bandejas de producción, lo que permite un manejo más controlado en cuanto a la homogenización del sustrato, facilidad de riego, control de maleza y aplicación de fertilizantes (Escamilla-Hernández, 2014).

Sanzetenea (1998) menciona que para el éxito de la propagación de plantas en los viveros forestales se deben considerar tres aspectos generales: 1) es necesario contar con práctica y experiencia en las manipulaciones mecánicas y procedimientos técnicos; 2) se requiere el conocimiento de la estructura y la forma de desarrollo de la planta y 3) se deben conocer las distintas especies o clases de plantas, así como también los diferentes métodos de propagación.

Morales-Pérez (2013) indica que, en general, el manejo de planta en vivero está conformado por cinco aspectos: calidad de la semilla, tamaño y empleo correcto del contenedor, tipo de sustrato, riego y fertilización. La semilla es el medio de reproducción sexual de las espermatofitas, gimnospermas, y angiospermas; es una estructura protectora por medio de la cual los embriones pueden dispersarse y permanecer latentes hasta que las condiciones se tornen favorables para su supervivencia; su función principal es la germinación.

En cuanto a los contenedores, Villalón-Mendoza *et al.* (2016) mencionan que los atributos morfológicos comúnmente medidos para determinar la calidad de planta se relacionan con su altura y su diámetro. Por tanto, el volumen, la forma y la profundidad del contenedor son las variables que se correlacionan con el tamaño de la planta y su supervivencia en campo.

Por otra parte, el sustrato es el responsable de satisfacer los principales requerimientos funcionales de la planta (agua, aire, nutrientes minerales y soporte físico) y debe cumplir con las características principales de un buen sustrato (físicas, químicas y biológicas): alta capacidad de retención de humedad, buen anclaje, alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), porosidad adecuada, pH ligeramente ácido (5-6), estar libre de plagas y enfermedades, baja concentraciones de sales y predisposición a la colonización en campo (Morales-Pérez, 2018)

El riego por su parte, es considerado como un factor que promueve el crecimiento de las plantas forestales. Su disponibilidad repercute en la fisiología de la planta, propiciando un mejor desarrollo. Para satisfacer los requerimientos adecuados de agua, el riego debe aplicarse en el momento y cantidad adecuados. Dentro del manejo debe considerarse la calidad del agua (libre de patógenos y bajo contenido en sales) y sistema de riego (automatizado por aspersores, manual, u otro) (Escamilla-Hernández, 2014).

Fertilización

Las plantas, al igual que los demás seres vivos, necesitan una fuente de energía mediante la cual completar satisfactoriamente su ciclo de vida, la cual es utilizada en un proceso denominado nutrición; los elementos involucrados en el mismo, se denominan nutrientes. La fertilización es la acción de suministrar nutrimentos al suelo por medio de abonos orgánicos o inorgánicos, con el fin de incrementar la fertilidad del suelo, y a la vez, la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas (Terán-Soto, 2018).

Oliet *et al.* (1999) indican que la fertilización es, junto con el manejo del riego, una de las prácticas culturales con mayor influencia en la calidad de la planta, en especial de la producida en contenedor. Puede alterar la composición nutritiva de los tejidos, con efectos sobre el nivel de reservas, la capacidad de arraigo, la resistencia a estrés hídrico o la resistencia al frío y a enfermedades; en definitiva, puede afectar todos los atributos de calidad que tradicionalmente se consideran en la caracterización de la planta forestal,

muchos de ellos decisivos en el éxito de las repoblaciones realizadas en condiciones estacionales rigurosas.

Actualmente la nutrición de las plantas en la mayoría de los viveros se realiza con fertilizantes hidrosolubles (FHS) aplicados con el riego. Esta forma de fertilización presenta desventajas, como pérdida de nutrientes por lixiviación y en ocasiones puede causar intoxicación debido al exceso de fertilizante y promover un desbalance entre las raíces y el resto de la planta. Para resolver esta problemática en el mercado existe una gama de fertilizantes químicos comerciales, de los cuales cabe destacar los de liberación controlada (FLC), que transfieren gradualmente los nutrientes al sustrato, minimizan el riesgo por toxicidad y disminuyen pérdidas por lixiviación (Castro-Garibay *et al.*, 2018). Aunado a esto, León-Sánchez *et al.* (2016) mencionan que el empleo de fertilizantes minerales de liberación controlada aumenta el crecimiento longitudinal de la planta al menos durante los dos años siguientes a la plantación, por lo que puede ser interesante su uso en terrenos muy pobres o con abundante competencia con la vegetación herbácea (arvenses).

Fertilizantes de liberación controlada (FLC)

Los fertilizantes de liberación controlada son compuestos químicos granulados, con un concentrado soluble de nutrientes, cubiertos por una capa (polímero) insoluble al agua, pero con cierta permeabilidad. Este polímero es sensible a los factores ambientales (temperatura y humedad del suelo) y la reacción depende de la tecnología utilizada en cada producto (Reyes-Millalón *et al.*, 2012). Este tipo de fertilizantes, considerados de alta tecnología, tienen potencial para mejorar la eficiencia del uso de fertilizantes, el crecimiento y la competitividad de las plantas. Asimismo, permite su incorporación en mezcla con el sustrato para la producción de especies forestales en contenedores de polietileno (Gasparin *et al.*, 2015)

Los FLC se clasifican en función del mecanismo de retardo en la transferencia de los nutrientes al sustrato; esto es, al poseer duraciones elevadas de 8 hasta 14 meses, dependiendo de la composición química de la cubierta, del grosor del granulo y de las condiciones de manejo (riego y temperatura); como ejemplo de ellos encontramos fertilizantes comerciales como: Osmocote, Basacote, Multicote, Nutricote, Polyon, entre otros (Adams *et al.*, 2013).

Entre las ventajas que los FLC ofrecen están: el suministro de nutrimentos por un tiempo prolongado mediante una sola aplicación, una mayor eficiencia en la entrega de los nutrimentos y menores pérdidas por lixiviación (Bustos *et al.*, 2008). La tasa de liberación de nutrimentos se puede controlar buscando cubrir la demanda de las plantas con los elementos nutritivos necesarios para ellas. Por ello, la aplicación de estos fertilizantes se realiza normalmente con dosis inferiores a aquellas de los fertilizantes hidrosolubles tradicionales. Por otra parte, los FLC pueden disminuir el impacto ambiental por lixiviación o volatilización de elementos nutritivos y, dada su relación costo-eficiencia, también son económicamente rentables en muchos cultivos (Reyes-Millalón *et al.*, 2012). De acuerdo a Adams *et al.* (2013), la liberación de nutrientes de los FLC, consta de tres etapas: A) hidratación, en donde el agua se difunde en el gránulo del fertilizante e hidrata las sales en su interior, los espacios de aire de la cubierta del gránulo se llenan de solución propiciando vías de líquido para la difusión externa de iones de nutrientes en un entorno de potencial constante de agua; B) difusión de nutrimentos en estado de equilibrio, esto sucede bajo las mismas condiciones de humedad en donde se detiene el flujo de agua hacia el interior del gránulo, alcanzando un equilibrio en el potencial hídrico, provocando la liberación de nutrientes mediante difusión hacia el exterior del gránulo, generada a partir de un gradiente de concentración de mayor a menor, la cual dependerá de la temperatura y de la permeabilidad de la tecnología del recubrimiento del polímero; y C) difusión de nutrientes por flujo de masas, que consiste en un periodo de secado en el exterior del gránulo (reducción de la humedad del sustrato) donde la liberación de nutrientes se da por un mecanismo de flujo de masas de agua, derivado de un gradiente del potencial hídrico (Figura 2).

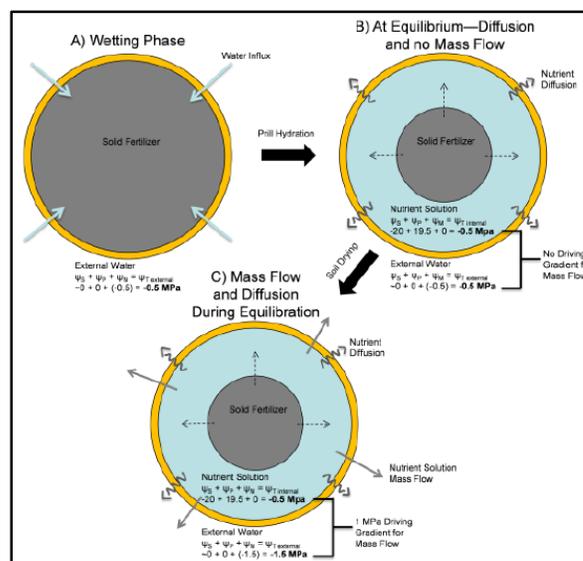


Figura 2. Modelo conceptual de la liberación de nutrientes de los FLC. A) fase de hidratación, B) fase de liberación de nutrientes por difusión bajo condiciones de equilibrio entre potencial hídrico interno y externo del gránulo, y C) fase de liberación de nutrientes por difusión y flujo de masas de agua por diferencial en el potencial hídrico entre el interior y exterior del gránulo (Adams *et al.*, 2013).

Aunado a lo anterior, Carpenedo *et al.* (2016) indican que existen muy pocos estudios relacionados con la aplicación de este tipo de fertilizantes sobre sus características funcionales y su efectividad en el establecimiento de las exigencias nutricionales de las plantas forestales en cada etapa de producción y que, en ese contexto, son necesarios estudios técnicos para la producción de plantas de buena calidad, sobre todo para las especies forestales nativas, debido a la demanda de producción que actualmente existe a nivel mundial.

Calidad de planta

La calidad de planta se define como la capacidad que tienen las plantas para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, y depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero (Prieto *et al.*, 2009). Ramírez y Rodríguez (2004) consideran a la calidad de la planta en términos de las características morfológicas y fisiológicas, las cuales se logran con la aplicación de diversos tratamientos durante su producción en

vivero. Sin embargo, la calidad de una planta la determina su capacidad para desarrollarse adecuadamente una vez plantada y condicionada por su origen genético y por las fases de producción, desde la colecta de semilla y la germinación, hasta su establecimiento en campo (Prieto y Sáenz, 2011).

Atributos morfológicos

Se refieren a la manifestación de la respuesta fisiológica de la planta a las condiciones ambientales y a las prácticas culturales del vivero, y generalmente son fáciles de cuantificar. Los principales atributos morfológicos son: altura, diámetro del tallo al cuello de la raíz, biomasa, tamaño, forma y volumen del sistema radical, la relación altura/diámetro, la relación tallo/raíz, la presencia de yema terminal y micorrizas, el color del follaje y la sanidad, el peso seco de los tallos, follaje y raíz (Sáenz *et al.*, 2010). Entre ellas, las tres primeras son las cualidades morfológicas frecuentemente más medidas, y son los criterios de clasificación más comúnmente utilizados (Morales-Pérez, 2013).

a) Altura. Es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no para la supervivencia; este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real (Sáenz *et al.*, 2010). Morales-Pérez (2018) menciona que, en general, la altura requerida para el establecimiento de especies forestales tropicales en campo es de 15 a 30 cm.

b) Diámetro. Es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo con la especie. Es fácil de medir y da una aproximación de la sección transversal del transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo. En campo una supervivencia alta (> 80%), se logra cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro (Sáenz *et al.*, 2010; Escamilla-Hernández, 2014).

c) Biomasa. Es la cantidad de materia seca presente en una planta; ésta puede ser aérea, subterránea o total; incluyendo en el primer caso las hojas, flores, frutos, puntas,

ramas y tronco; y en el segundo se incluye la raíz principal, raíces secundarias, y demás raíces existentes (Morales-Pérez, 2018).

El peso (biomasa aérea y radical) de la planta tiene alta correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo o cuello de la raíz (Sáenz *et al.*, 2010).

Índices de calidad de planta

Es la combinación de dos o más parámetros morfológicos o fisiológicos que describen atributos abstractos de la planta como son el balance y la robustez, y representan el valor más cercano para predecir el rendimiento de la planta en campo, comparado con lo que pudiera determinar cualquier parámetro individual (Morales-Pérez, 2018).

Índice de robustez (IR)

Este índice es conocido también como índice de esbeltez, y se define como la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro (mm). Este índice se determina con la siguiente relación.

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la raíz (mm)}}$$

Valores bajos del Índice de robustez están asociados a mejor calidad de planta; en tanto que valores altos indican que la planta es más esbelta y menos fuerte, al existir desproporción entre la altura y el diámetro de la planta. El índice de robustez se recomienda que sea menor a seis (Thompson, 1985; Morales-Pérez, 2018).

Relación biomasa seca aérea y radical (R BSA/BSR)

La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero. Una relación igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea, por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5 ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta; el cociente de ésta relación no debe ser

mayor a 2.5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (Dickson *et al.*, 1960; Thompson, 1985; Sáenz *et al.*, 2010). Éste índice se calcula de la siguiente manera:

$$R \text{ BSA/BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}$$

Índice de calidad de Dickson (ICD)

Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura pero con mayor vigor, es conveniente que los valores sean altos para una mayor supervivencia en campo (Dickson *et al.*, 1960; Sáenz *et al.*, 2010), para este índice existen tres categorías: alta, media y baja calidad, con valores de >0.5, 0.2-0.5 y <0.2, respectivamente (Escamilla-Hernández, 2014). Este parámetro se calcula de la siguiente manera:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la raíz (mm)}} + \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}$$

La elección entre el análisis de los diferentes índices dependerá del tiempo y del recurso destinado para los diferentes estudios de calidad de planta, En el cuadro 2 se muestran los valores (alto, medio y bajo) para cada uno de los índices mencionados anteriormente,

Cuadro 2. Valores que califican la calidad de planta con crecimiento normal en vivero forestal (Sáenz *et al.*, 2010; Escamilla-Hernández *et al.*, 2015).

Variable	Calidad		
	Alto	Medio	Bajo
IR	< 6.0	6.0 a 8.0	> 8.0
BA/BR	1.5 a 2.0	2.0 a 2.5	> 2.5
ICD	> 0.5	0.2 a 0.5	< 0.2

Atributos fisiológicos

Éstos son puntuales, pues se refieren al estado de la planta en el momento de realizar la medición, cambian rápidamente y su validez no se extiende más de cuatro semanas; permiten establecer diferencias en cuanto al estado de las plantas. Sin embargo, para evaluar la aptitud de un lote de plantas deben medirse varios parámetros fisiológicos, ya que no se cuenta con experiencia suficiente para afirmar que uno solo de ellos sea decisivo debido a su gran variabilidad; algunos de ellos son: contenido de nutrimentos, contenido de humedad, índice de lignificación, presencia de yema apical, crecimiento potencial de la raíz, carbohidratos de reserva e índice de daño por frío (Landis *et al.*, 1989; Escamilla *et al.*, 2015).

Se ha demostrado que la nutrición influye de manera determinante en la resistencia de las plantas al estrés fisiológico y las enfermedades, así como en la morfología, lo que determina su estado antes de que sean llevadas a la plantación. Las necesidades nutritivas de las plantas forestales son poco conocidas y se determinan en forma empírica o en base a las necesidades de los cultivos agrícolas, hortícolas y plantaciones forestales, lo que se traduce en una sobreutilización de abonos y fertilizantes y, por lo tanto, en un incremento del costo y de la contaminación ambiental (Orozco-Gutiérrez *et al.*, 2010a).

Contenido de nutrimentos

El aporte de nutrimentos es quizás, junto con el manejo del suministro hídrico, una de las prácticas culturales de mayor importancia en la producción de planta, especialmente en contenedores. La fertilización es el principal responsable del estado nutrimental final y un atributo fisiológico de calidad relacionado con el vigor y la resistencia de la planta en campo (Sáenz *et al.*, 2010). Por el contrario, si existe una deficiencia de nutrimentos, se verá reflejada en la reducción de la tasa de crecimiento y la disminución de la productividad, sin que se presenten síntomas visibles y, si esta condición persiste, pueden aparecer síntomas de deficiencia y reducirse aún más el crecimiento (Orozco-Gutiérrez *et al.*, 2010a), el cual depende de los niveles de nutrimentos que puede aportar el sustrato y los que se adicionan; por ello, es importante conocer el nivel óptimo de los diferentes elementos, dependiendo de la fase de crecimiento en que se encuentran las

plantas. Además de que cada especie tiene requerimientos particulares de nutrientes que permitirán un crecimiento y un vigor óptimo (Sáenz *et al.*, 2010).

Con respecto al análisis foliar, Orozco-Gutiérrez *et al.* (2010a) mencionan que las concentraciones óptimas de algunos nutrientes en coníferas, como el nitrógeno (N), oscilan entre 1.3 y 3.5%, las de fósforo (P) entre 0.25 y 0.39%; y las de potasio (K) de 1.06 a 2.45%. Para especies tropicales no se cuenta con información suficiente, sin embargo, se pueden establecer valores para especies de crecimiento normal, tal como se muestra en el Cuadro 3 (Sáenz *et al.*, 2010). Orozco-Gutiérrez *et al.* (2010b) encontraron concentraciones de nitrógeno de 2.07%, de fósforo de 0.45% y de potasio de 1.2%, en ocho especies forestales incluyendo *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*. A su vez Rueda-Sánchez *et al.* (2013), al evaluar la calidad de planta producida en viveros forestales, encontraron valores muy similares entre *Tabebuia rosea* y *Swietenia humilis*. En donde las concentraciones oscilaron entre 1.9 y 2.7% para N, 0.7 a 1.4% para P y 0.1 a 0.2% de K.

Cuadro 3. Valores que califican la calidad de planta con crecimiento normal en vivero forestal.

Elemento (%)	Intervalo		
	Alto	Medio	Bajo
Nitrógeno (N)	1.3-3.5	1-1.3	< 1
Fosforo (P)	0.2-0.6	0.2-0.1	< 0.1
Potasio (K)	0.7-2.5	0.5-0.7	< 0.5

En general, el requerimiento nutrimental de los cultivos puede presentar amplia variabilidad, lo cual puede deberse a las condiciones de crecimiento y desarrollo, genotipos, etc., sin embargo, es importante establecer parámetros de calidad de planta para que los arbolitos salidos de vivero, presenten un alto vigor que se vea reflejado en la supervivencia y desarrollo en campo (Escalona y Pire, 2008).

Plantaciones forestales

De acuerdo con Arteaga y Castelán (2008), las plantaciones forestales son: “rodales establecidos mediante plantación o la siembra directa en el proceso de forestación o

reforestación”. Puede ser con especies introducidas o con especies nativas manejadas en forma intensiva. Torres-Ortega (2007) menciona que las plantaciones forestales son “el cultivo de árboles forestales técnicamente planeado para la obtención de productos y beneficios forestales de la mejor calidad, con el mínimo costo y en el menor tiempo posible”. Paillacho-Cedeño (2010) afirma que una plantación forestal es un tipo de bosque especial en comparación con muchos bosques naturales, en particular los tropicales, la plantación forestal es simple y uniforme en cuanto a su estructura, la composición de especies y en su capacidad para aprovechar la energía solar y el reciclaje del agua y de los nutrimentos. En estas condiciones, el ser humano puede controlar la genética, el crecimiento, la fertilidad, las relaciones hídricas y, en general, el desarrollo de los árboles.

El manejo de estas plantaciones involucra un conjunto de técnicas que, aplicadas adecuada y oportunamente, permiten mayor rendimiento y mejor calidad de los productos de una plantación forestal (Ramírez-Rengifo, 2015), siendo las más importantes la fertilización, el control de malezas, la poda y el raleo (Gómez-Mego, 2009). Velázquez-Martínez *et al.* (2015) mencionan que a nivel mundial se tiene una superficie de bosques de aproximadamente 3,869 millones de hectáreas. Sin embargo, las plantaciones forestales (incluyendo productivas y protectoras o de conservación) solamente alcanzan 187 millones de hectáreas, que representan el 4.8 % de toda la superficie forestal mundial. En México la superficie cubierta por plantaciones forestales de diversas especies alcanza aproximadamente 117,479 ha, de las cuales las especies maderables representan un 85.2 %, distribuidas básicamente en los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche, el restante 14.8 % corresponde a especies no maderables. Particularmente para Tabasco, de acuerdo a la COMESFOR (2015), de los 2,469,162.8 ha con las que cuenta el estado, el área forestal abarca un 16.19 % de ésta, en donde cerca de 19,627.8 ha (21.3 %) corresponden a plantaciones forestales, de las cuales en su gran mayoría (19.2 %) son plantaciones forestales comerciales, y solo 2.1 % a plantaciones no maderables (Velázquez-Martínez *et al.*, 2015).

Importancia de la evaluación de plantaciones forestales

Las plantaciones forestales son de gran importancia ya que satisfacen las necesidades de madera y subproductos, útiles en todo el mundo (Vega-Alarcón, 2013), son un sistema

de producción de bienes que influye positivamente en la calidad de vida del ser humano, también ayuda en muchas ocasiones a aliviar las presiones que la misma sociedad ejerce sobre los bosques naturales, que cada vez más están siendo reservados para la conservación de la biodiversidad y la regulación de otros recursos naturales como el suelo y el agua (Arteaga y Castelán, 2008), y al ser el hábitat de una importante diversidad biológica; desarrollan funciones ambientales como la regulación del ciclo hidrológico, flujo y almacenamiento de agua, captura de carbono, generación y conservación de suelo, además de proporcionar numerosos bienes para las poblaciones humanas, tales como alimentos, madera para construcción, leña y plantas medicinales (Sáenz *et al.*, 2013).

En México las primeras plantaciones forestales comerciales fueron establecidas por corporativos privados, los cuales difícilmente compartían información técnica sobre el crecimiento y desarrollo de las especies que utilizan (Vega-Alarcón, 2013). Razón por la que un aspecto importante de la silvicultura es la de generar información sobre el manejo y desarrollo de plantaciones, lo cual se puede lograr a través de evaluaciones técnicas de adaptación, crecimiento y desarrollo bajo un determinado manejo, sin dejar de lado aspectos ambientales (clima y tipo de suelos), aspectos sociales y de impacto ambiental de la actividad silvícola (Rueda-Sánchez *et al.*, 2011). Vega-Alarcón (2013) menciona que las evaluaciones son importantes pues otorgan información necesaria para definir problemas y oportunidades; vigilar las diferentes etapas del proyecto forestal en curso para mejorar sus resultados; y analizarlos, para hacer eficiente la planeación y ejecución de otros.

Entorno ecológico

El desarrollo de las plantas de interés para el ser humano, dependerá del manejo del agua, nutrientes, plagas y enfermedades y el manejo de arvenses (Vega-Alarcón, 2013). León-Sánchez *et al.* (2016) mencionan que el empleo de fertilizantes minerales de liberación controlada aumenta el crecimiento longitudinal de la planta, por lo que puede ser interesante su uso en plantaciones con abundante competencia herbácea (arvenses). En tanto que Torres-Ortega (2007) señala que la invasión de las plantaciones jóvenes por arvenses de crecimiento rápido, puede afectar su supervivencia y crecimiento. Una arvense es “aquella especie, tanto nativa como exótica, que presenta tasas de

crecimiento elevadas, mecanismos eficientes de dispersión y tolerancia a una gran variedad de condiciones ambientales, capaz de producir cambios significativos en la estructura, la composición y los procesos del ecosistema”, provocando un efecto nocivo para las plantaciones (Blanco-Valdez, 2016). Algunas arvenses poseen efectos alelopáticos que causan serios problemas a las plantaciones, sin embargo, también pueden ser beneficiosas al evitar la incidencia de plagas y la erosión del suelo (Torres-Ortega, 2007). Agüero-Alvarado *et al.* (2018) mencionan que dentro de esta flora existen especies con un alto potencial para ser utilizadas como coberturas espontáneas, por sus características morfológicas y agronómicas. Entre las principales características de este tipo de plantas está: que tengan un porte bajo, no mayor a 10 cm de altura, que cubran bien el suelo, que soporten el pisoteo y la sombra, que su sistema radical no tenga una profundidad mayor a 5 cm, que su hábito de crecimiento no sea trepador y que no sean hospederos alternos de plagas que afecten a la plantación o cultivo; lo que permitiría lograr beneficios como la disminución de la erosión y pérdida de suelo, disminución de la temperatura superficial del suelo, aumento de la microfauna y salud del suelo, disminución de la lixiviación de los nutrientes aportados por los fertilizantes y el aporte de materia orgánica. Tornándose importante respecto a la utilización de la energía y de los materiales existentes; debido a que involucran una distribución apropiada de los organismos en cuanto a la captación y transporte de la energía y de los materiales a través de la estructura del ecosistema en que se desarrollan (Blanco-Valdez, 2016).

Por lo anterior, Torres-Ortega (2007) indica que las plantaciones requieren de un estricto control de arvenses desde el establecimiento hasta el cierre del dosel de la plantación, y la cantidad de jornadas de limpieza dependerá de las condiciones y cantidad de malezas, el clima, y la especie arbórea plantada. Este control comienza con la identificación del tipo de malezas presentes en la plantación, su caracterización ecológica y el nivel de competencia en que pueda afectar a la plantación, seguido de un control ya sea cultural, manual, mecánico, químico o combinaciones de estos métodos, por lo regular en las plantaciones forestales se utiliza el control manual y el químico en combinación con el control mecánico, pues las plantaciones son extensas. El primero consiste en el deshierbe manual, y debe realizarse tres o cuatro veces durante el primer año posterior a la siembra. La eliminación de la maleza por medio de un control químico consiste en la

aplicación de herbicidas de tipo comercial, los cuales se aplican con aspersor de mochila o con tractor, inmediatamente después de la siembra, dos veces por año y durante los siguientes tres años o más, hasta que el dosel se cierre y no permita el crecimiento en demasía de la maleza y el control sea cultural.

A lo largo de la historia, las malezas han causado grandes pérdidas dentro de las plantaciones forestales, ya que pueden ocasionar daños directos como: mortandad y reducción al crecimiento de las plantas, e indirectos como el incremento de costos operativos y riesgos de incendios, por lo que se debe tener en claro las características que presentan las plantas para catalogarlas como arvenses benéficas o dañinas (Arévalo-Cedeño, 2018).

4. LITERATURA CITADA

Adams C., J. Frantz y B. Bugbee. 2013. Macro- and micronutrient-release characteristics of three polymer-coated fertilizers: Theory and measurements. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 176:76-88.

Agüero-Alvarado R., A.M. Rodríguez-Ruiz., M.I. González-Lutz., P. Portuguez-García, S. Brenes-Prendas. 2018. Abundancia y cobertura de arvenses bajo manejo convencional y orgánico de café y banano. *Agronomía Mesoamericana*. 29(1):85-93.

Aguirre M. Z. y N. León A. 2011. Sobrevivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el Jardín Botánico de la quinta El Padmi, Zamora, Chinchipe. *Arnaldoa* 18(2): 115-122.

Alegría-González W. R. 2014. Contribución al conocimiento de *Ormosia macrocalyx* Ducke: germinación y distribución en el estado de Tabasco. Tesis. Tabasco México. División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 76 pp.

Arévalo-Cedeño K.Y. 2018. Diversidad de especies arvenses en plantaciones de *Tectona grandis* (teca) en diferentes estadios temporales de 9 a 18 años en la época seca en la zona de los cantones Balzar y Palenque, año 2018. Tesis.

- Quevedo - Los Rios – Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Ambientales. Carrera De Ingeniería Forestal. 46 pp.
- Arteaga M.B., M. Castelán L., 2008. Evaluación dasométrica temprana de una plantación agroforestal de tres especies introducidas, en el municipio de Huehuetla, Hidalgo. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 14(2): 105-111.
- Blanco-Valdes Y. 2016. El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. Cultivos Tropicales. 37(4):34-56.
- Bustos F., M. González E., P. Donoso., V. Gerding., C. Donoso., y B. Escobara. 2008. Efectos de distintas dosis de fertilizante de liberación controlada (Osmocote®) en el desarrollo de plantas de coigüe, raulí y ulmo. Bosque. 29(2): 155-161.
- Cámara C.L.C., y S. Cappello G. 2013. Manual del jardín botánico universitario José Narciso Rovirosa. 1ª Ed. – Villahermosa, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 72 pp.
- Carpenedo A.S., M. Machado A., E. Benítez L., G. Gómez O., F. da Silva C. 2016. Volumen de contenedores y dosis de fertilizante de liberación controlada en el crecimiento de plantas de *Cabralea canjerana* producidas en vivero. Bosque. 37(2): 401-407.
- Castro-Garibay S.L., A. Aldrete., J. López-Upton., V.M. y Ordáz-Chaparro. 2018. Efecto del envase, sustrato y fertilización en el crecimiento de *Pinus greggii* var. *australis* en vivero. Agrociencia. 52: 115-127.
- COMESFOR (Comisión Estatal Forestal). 2015. Programa Especial de Desarrollo Forestal 2013- 2018. 1ª Edición. Gobierno del Estado de Tabasco. 70 pp.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2019. La biodiversidad en Tabasco estudio de estado. Primera Edición. Volumen 2. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.

- Dickson, A., A. Leaf and J. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. *Forest Chronicle*. 36(1):10-13.
- Escalona A., R. Piere. 2008. Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quibor, estado de Lara. *Revista de la facultad de agronomía*. 25:243-260.
- Escamilla-Hernández N., 2014. Efectos de fertilizantes de liberación controlada en el crecimiento de *Tectona grandis*, etapa vivero. Tesis. H. Cárdenas, Tabasco, México. Colegio de Postgraduados Campus, Tabasco. 52 pp.
- Escamilla-Hernández N., J.J. Obrador-Olán, E. Carrillo-Ávila y D.J. Palma-López. 2015. Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. *Fitotec. Mex.* 38(3): 329 – 333.
- Flores-Bendezú Y. 2010. Conocimiento taxonómico, genético y biológico de especies forestales aplicado al manejo de bosques en la Amazonia Peruana. Fichas para la identificación de 08 especies forestales de la Región de Ucayali. 34: 23-25.
- Gasparin E., M. Machado A., C. Witt S., y C. Viñas T. 2015. Controlled release fertilizer and container volumes in the production of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan seedlings. Maringá, *Acta Scientiarum. Agronomy*. 37(4): 473-481.
- Gómez-Mego D. 2009. Efecto de la aplicación de dosis de NPK en el crecimiento de *Swietenia macrophylla* king "caoba" en Tingo María. Tesis. Tingo María Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. 71 pp.
- González Rodríguez J.J. 2017. Deforestación en México. Presentación Power Point. Centro de estudios sociales y de opinión pública. Carpeta informativa No. 77. 99 pp.
- Greene-Vázquez M.Á. 2017. Crecimiento y desarrollo de caracolillo (*Ormosia macrocalix* D.) en etapa vivero, con dosis de fertilizantes de liberación controlada. Tesis. H.

- Cárdenas Tabasco, México. Universidad Popular de la Chontalpa. División Académica de Ciencias Básicas de Ingenierías. 75 pp.
- Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. McDonald and J. P. Barnett. 1989. Seedling nutrition and irrigation. Vol 4. The container tree nursery manual. Agricultural Handbook 674. USDA Forest Service Washington, DC USA. 132 pp.
- León-Sánchez M.A., J.L. Reyes-Pozo., G. Herrero-Echevarría., y V.E. Pérez-León. 2016. Efecto de la fertilización sobre el crecimiento en diámetro y altura de *Pinus caribaea* en plantaciones del occidente de Cuba. Madera y Bosques. 22(3): 87-101.
- Maldonado-Sánchez E.A., S. Ochoa-Gaona., R. Ramos-Reyes, M.Á. Guadarrama-Olivera, N. González-Valdivia y H. J. Bernardus de J. 2016. La selva inundable de Canacoite en Tabasco, México, una comunidad vegetal amenazada. Acta Botánica Mexicana. 115: 75-101.
- Morales-Pérez E. 2013. Indicadores de calidad de planta en cuatro viveros forestales del estado de Tamaulipas. Seminarios de Posgrado. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 56-62 pp.
- Morales-Pérez E. 2018. Indicadores de calidad de planta en viveros forestales del estado de Tamaulipas. Tesis. Linares, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad De Ciencias Forestales. 103 pp.
- Ochoa-Gaona S., y V. de la Cruz-Arias.2002. La distribución y fenología de la flora arbórea del estado de Tabasco con base en la información de herbario. Universidad y Ciencia. 36(18): 114-127.
- Oliet J., M.L. Segura., F.M. Domínguez., E. Blanco., R. Serrada., M. López A., F. Artero. 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. Invest. Agr. Sist. Recur. For. 8(1):208-228.

- Orozco-Gutiérrez G, H.J. Muñoz F., A. Rueda S., J.Á. Sígala R., J. Á. Prieto R. y J.J. García M. 2010b. Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. Nota técnica. Cien. For. 1(2):134-145.
- Orozco-Gutiérrez G., H.J. Muñoz F., A. Rueda S., J.Á. Sígala R., J. Á. Prieto R. y F. Villaseñor R. 2010a. Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. Folleto Técnico Núm. 1. Campo Experimental Uruapan. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 47 pp.
- Paillacho-Cedeño C.D. 2010. Evaluación del crecimiento inicial de *Eucalyptus urograndis*, *Gmelina arborea* Roxb y *Ochroma pyramidale* Cav bajo la aplicación de cuatro dosis de potasio en la hacienda Zoila Luz del Cantón Santo Domingo. Tesis. Santo Domingo, Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército. Ingeniería en Ciencias Agropecuarias. Santo Domingo de los Tsáchilas. 114 pp.
- Pérez-Hernández I. 2009. Germinación y sobrevivencia de plántulas de seis especies forestales nativas tropicales de la sierra de Tenosique, Tabasco, México. Tesis. ECOSUR (El Colegio de la Frontera Sur). 129 pp.
- Pérez-Hernández I., S. Ochoa-Gaona, G. Vargas-Simón, M. Mendoza-Carranza., y N. A. González-Valdivia. 2011. Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. Madera y Bosques. 17(1):71-91.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) 2007. Empresarios, detrás de la deforestación en México. Presentación Power Point. Centro de estudios sociales y de opinión pública. Carpeta informativa No. 77. 99: 32-33.
- Prieto, J.A., García, J.L., Mejía, J.M., Huchin, A.S., y Aguilar, J.L. 2009. Producción de planta del Género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, Dgo. México. 47 pp.

- Prieto, J.A., y Sáenz, J. T. 2011. Indicadores de la calidad de planta en viveros de la Sierra Madre Occidental. Libro Técnico Núm. 3. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, Dgo. México. 212 pp.
- Ramírez, C.A. y Rodríguez, D.A. 2004. Efecto de la calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ramírez-Rengifo K. 2015. Efecto de dosis del fertilizante compomaster en el crecimiento de *Cedrela odorata* L. en Tingo María, Perú. Tesis. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. 80 pp.
- Reyes-Millalón J., V. Gerding., O. Thiers-Espinoza. 2012. Fertilizantes de liberación controlada aplicados al establecimiento de *Pinus radiata* en Chile. Revista Chapingo. Ciencias Forestales y del Ambiente. 18(3):313-328.
- Rueda-Sánchez A., J. de D. Benavides-Solorio, J.T. Saenz-Reyez, H.J. Muñoz- Flores, J.Á. Prieto-Ruiz, G. Orozco-Gutiérrez. 2013. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. Cien. For. 22(5): 59-73.
- Rueda-Sánchez. A., J. de D. Benavides S., E. A. Rubio C., J. T. Sáenz R., J. A. Prieto R. y A. Molina C. 2011. Evaluación de plantaciones forestales Comerciales de *Tabebuia rosea* en el estado de Jalisco. Folleto Técnico Núm. 12. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. CIRPAC-INIFAP. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 63 pp.
- Sáenz R., J. T.; F. J. Villaseñor R., H. J. Muñoz F., A. Rueda S., y J. A. Prieto R. 2013. Evaluación de plantaciones de restauración en tres municipios del estado de Michoacán. Folleto Técnico Núm. 32. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 24 pp.
- Sáenz, R. J. T.; Villaseñor R. F. J.; Muñoz F. H. J.; Rueda S. A. y Prieto R. J. A. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto

- Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 pp.
- Sanzetenea T.E.S. 1998. Efectos de diferentes riegos, sustratos y fertilizantes en la producción de: *Celtis laevigata* Willd. en viveros. Tesis. Linares, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. 97 pp.
- Sautu A., J.M. Baskin., C.C. Baskin., R. Condit. 2006. Studies on the seed biology of 100 native species of trees in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Forest Ecology and Management*. 234:245–263.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres: Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Ciudad de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación.
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal). 2016. Metodología para la determinación del valor al estado natural de la madera para el pago de derecho del aprovechamiento” y los “Valores al estado natural de la madera. Resolución de dirección ejecutiva N° 241-2016. El Peruano. Normas Legales. 4 pp.
- Terán-Soto A.C. 2018. Efecto de dos fertilizantes de liberación controlada sobre el crecimiento de *Pinus tecunumanii* en la etapa de vivero Oxapampa. Tesis. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Ciencias Forestales. 77 pp.
- Thompson, B. 1985. Seedling morphological evaluation- what you can tell by looking In: Duryea, M. L. (ed.). *Proceedings: evaluation seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of mayor test*. Oregon State University. Corvallis, OR, USA. 59-71 pp.

- Torres-Ortega M. 2007. Evaluación de plantaciones forestales mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela De Ingeniería Forestal. 59 pp.
- Vargas-Simón G. 2017. Germinación y crecimiento de especies nativas potenciales para reforestación en el estado de Tabasco, México. Tesis. Palencia, España. Universidad de Valladolid. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible. 190 pp.
- Vargas-Simón G., M.L. Núñez-Piedra., M. Domínguez-Domínguez., W.R. Alegría-González., P. Martínez-Zurimendi. 2018. Distribución de *Ormosia macrocalyx* en México y delimitación de sus áreas de ocupación. Revista Mexicana de Biodiversidad. 89: 1201- 211.
- Vega-Alarcón A. 2013. Evaluación de las plantaciones forestales comerciales establecidas entre 1994 y 1996 en los Tuxtlas, Veracruz. Tesis. Xalapa de Enríquez, Veracruz. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Forestales. 104 pp.
- Velázquez-Martínez A. 2015. Situación Actual y Perspectivas de las Plantaciones Forestales Comerciales en México. Comisión Nacional Forestal / Colegio de Postgraduados. 448 pp.
- Vergara-Saldaña G. 2016. Guía Botánica de árboles de Coronado. Rivera, Bolívar y Castañedas. Universidad Autónoma de Chiriquí. Panamá. 45 pp.
- Villalón-Mendoza H., J.C. Ramos-Reyes., J.A. Vega-López., B. Marino., M.A. Muños-Palomino., F. Garza-Ocañas. 2016. Indicadores de calidad de la planta de *Quercus canby* Trel. (encino) en vivero forestal. Latinoamericana de Recursos Naturales. 12(1): 46-52.

CAPITULO I. ÍNDICE DE CALIDAD DE PLANTA DE CARACOLILLO (*Ormosia macrocalyx* Ducke), EN ETAPA VIVERO CON FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA.

RESUMEN

Desde el punto de vista ecológico el caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) es una especie de importancia, ya que puede alcanzar tasas de nodulación por bacterias nitrificantes de 48.9 mg g⁻¹, además de responder favorablemente a concentraciones elevadas de CO₂ (700 ppm aproximadamente), sus semillas se utilizan para la artesanía, su madera es valiosa e importante en la ebanistería y carpintería, construcción de puentes, canoas, durmientes de ferrocarril y construcción de casas; en la ganadería este árbol se usa como sombra para ganado. El Sureste Mexicano es una de las regiones con mayor vocación forestal, lo que implica un incremento en la producción de plantas en vivero. En este rubro, uno de los principales problemas a resolver es la producción de plantas vigorosas y de alta calidad genética, sobre todo para las especies forestales nativas. En donde la fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en el crecimiento de las plantas en vivero. En este estudio se evaluó, durante tres meses, el crecimiento de plantas de caracolillo en tubetes de polietileno de 310 cm³, el sustrato fue peat moss, vermiculita, agrolita y suelo (2:1:1:1), y un fertilizante químico de liberación controlada, (FLC) Basacote 9M (16-8-12) o Multicote 8M (18-6-12), a tres dosis: 10 (baja), 20 (media) y 30 kg m⁻³ (alta), más un testigo sin fertilización. Se utilizó un arreglo factorial (2 x 3) alojado en un diseño completamente al azar, con siete tratamientos. Se midieron las variables: diámetro, altura del cuello, número de hojas, índice de robustez (IR), relación biomasa seca aérea/radical (R BSA/BSR) e índice de calidad de Dickson (ICD). Las plantas fertilizadas con Basacote en la dosis baja presentaron el mayor crecimiento en todas las variables morfológicas, mientras que en los diferentes índices IR, R BSA/BSR e ICD este mismo fertilizante mostró los mejores resultados, pero en sus dosis baja e intermedia. Por otro lado, la concentración de N, P y K en el tejido vegetal de las plantas estuvo por debajo del intervalo de suficiencia reportado para todo tipo de cultivos. Sin embargo, esto no fue limitante para el desarrollo de las plantas de caracolillo en etapa de vivero.

Palabras clave: Robustez, Basacote, Multicote, dosis.

Plant quality index of caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke), in nursery stage with controlled release fertilizers

ABSTRACT

From the ecological outlook, the caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) is an important species, since it can reach nodulation rates by nitrifying bacteria of 48.9 mg g^{-1} , in addition to responding favorably to high concentrations of CO_2 (700 ppm approximately), its seeds are used in handicrafts, its wood is valuable and important in cabinetmaking and carpentry, building bridges, canoes, railway sleepers and house building; in livestock this tree is used as a shade for cattle. The Mexican Southeast is one of the regions with the greatest forestry vocation, which implies an increase in the production of nursery plants. In this area, one of the main problems to be solved is the production of vigorous plants of high genetic quality, especially for native forest species, where fertilization is, after irrigation, the cultural practice that most directly influences the growth of plants in the nursery. In this study, the growth of snail plants in 310 cm^3 polyethylene tubes was evaluated for three months, the substrate was peat moss, vermiculite, agrolite and soil (2: 1: 1: 1), and a chemical fertilizer of controlled release, (FLC) Basacote 9M (16-8-12) or Multicote 8M (18-6-12), at three doses: 10 (low), 20 (medium) and 30 kg m^{-3} (high), plus a witness without fertilization

A factorial arrangement (2 x 3) housed in a completely randomized design was used, with seven treatments. The variables: diameter, neck height, number of leaves, robustness index (IR), aerial / root dry biomass ratio (R BSA / BSR) and Dickson's quality index (ICD) were measured. The plants fertilized with Basacote in the low dose presented the highest growth in all morphological variables, while in the different IR, R BSA / BSR and ICD indices this same fertilizer showed the best results, but in its low and intermediate doses. On the other hand, the concentration of N, P and K in the plant tissue was below than reported sufficiency interval for all types of crops; however, this was not limiting for the development of caracolillo plants in the nursery stage.

Keywords: Robustness, Basacote, Multicote, doses.

1.1. INTRODUCCIÓN

La demanda creciente que existe por plantas vigorosas de vivero, obedece al interés de usarlas para la producción de madera, pero también para actividades asociadas a la conservación de suelos y agua, mejoramiento de hábitat para la vida silvestre y, en general, para el desarrollo sostenible del sector forestal productivo (Bustos *et al.*, 2008). De acuerdo con Escamilla-Hernández *et al.* (2015) el Sureste Mexicano es una de las regiones con mayor vocación forestal, razón por la que existe un importante incremento de las áreas con plantaciones forestales, lo que implica un incremento en la producción de planta en vivero. En este rubro, uno de los principales problemas a resolver es la producción de plantas vigorosas y de alta calidad genética, sobre todo para las especies forestales nativas (Carpenedo *et al.*, 2016).

Ormosia macrocalyx Ducke o caracolillo está catalogada por la NOM-059 SEMARNAT (2010) como una especie en peligro de extinción (P). Ecológicamente, es importante porque alcanza una tasa de nodulación por bacterias nitrificantes de 48.9 mg g⁻¹ y como plántula responde favorablemente a concentraciones elevadas de CO₂ (700 ppm aproximadamente) (Vargas-Simon *et al.*, 2018). Produce semillas de color rojo brillante que se utilizan para elaborar artesanías diversas como collares, pulseras, aretes, cortinas y adornos, su madera está catalogada como valiosa (SERFOR, 2016) e importante en la ebanistería y carpintería, en la construcción de puentes, canoas, durmientes de ferrocarril y construcciones de casas (Vargas-Simón *et al.*, 2018). En la ganadería se usa como sombra para ganado en los potreros y, en menor medida, para poste rollizo (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).

El éxito de las plantaciones forestales depende de la calidad de las plantas producidas en vivero (Landis *et al.*, 2004), la cual, Morales-Pérez (2013) y Prieto y Sáenz (2011) definen como la capacidad que tienen las plantas para adaptarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación y desarrollarse en ellas, y depende en gran parte de sus características genéticas morfológicas, fisiológicas y de su estado sanitario. De éstas la morfología, de acuerdo a Terán-Soto (2018), manifiesta la respuesta fisiológica de la planta a las condiciones ambientales y a las prácticas culturales del

vivero. Los atributos morfológicos como la altura del tallo, el diámetro del cuello de la raíz, el volumen de raíz, el peso seco de la raíz y tallo, junto con las relaciones que pueden establecerse con estos atributos, denominados índices morfológicos, entre los que destacan la robustez, proporción de parte aérea y radical, e índice de Dickson, entre otros, permiten caracterizar la calidad de planta producida en vivero de forma cuantitativa, lo que, a su vez, permite tomar mejores decisiones en las características deseadas para la producción de plantas de calidad (Prieto, *et al.*, 2003; Prieto, *et al.*, 2009; Sáenz *et al.*, 2010).

A nivel nacional, la tasa de supervivencia de las plantaciones es de alrededor del 50% al año de su establecimiento en campo, y las principales causas de muerte se asocian a la baja calidad de las plantas producidas en vivero (Magaña-Torres *et al.*, 2007; Orozco-Gutiérrez *et al.*, 2010). En donde la fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en este atributo clave de las plantas producidas en contenedor (Oliet *et al.*, 1999; Escamilla-Hernández *et al.*, 2015).

El estado nutricional afecta los procesos fisiológicos de las especies, tales como la regulación del crecimiento, el flujo de energía y la síntesis de los complejos orgánicos moleculares que las componen. Como cada especie responde de una manera diferente a la adición de nutrientes, es necesario investigar la respuesta de las plantas a distintas dosis de fertilizantes antes de proceder a realizar aplicaciones a escalas mayores.

Si bien existe actualmente abundante información sobre las técnicas de cultivo y propagación de plantas a raíz desnuda, este conocimiento es aún escaso en cuanto a las técnicas culturales adecuadas para la propagación en tubetes (Bustos *et al.*, 2008).

De acuerdo con Castro-Garibay *et al.* (2018) en la mayoría de los viveros la nutrición de las plantas generalmente se realiza con fertilizantes hidrosolubles (FHS) aplicados con el riego. Esta forma de fertilización presenta desventajas, como pérdida de nutrimentos por lixiviación y en ocasiones puede causar sobre-fertilización, y promover un desbalance entre las raíces y el resto de la planta. Por lo que, para resolver esta problemática, se aplican fertilizantes de liberación controlada (FLC), los cuales, como su nombre lo indica, transfieren gradualmente los nutrimentos al sustrato, minimizan el riesgo por toxicidad y disminuyen pérdidas por lixiviación.

En el país el uso de FLC en la producción de plantas forestales aún es incipiente, el mercado de estos productos es muy variado en el extranjero, y paulatinamente van ingresando al mercado mexicano. Con este estudio se busca generar adicionalmente alternativas dentro del grupo de fertilizantes de liberación controlada, agregándose al sustrato y aplicándose al contenedor. Hay que considerar que no todas las plantas tienen las mismas necesidades nutricionales, es por ello que aplicar y comprobar dosis de estos fertilizantes por medio de ensayos, permite establecer un mejor uso del fertilizante y a la vez determinar requerimientos nutricionales para cada especie (Terán-Soto, 2018).

El presente trabajo tuvo como propósito determinar el efecto de dos fertilizantes de liberación controlada en plantas de *Ormosia macrocalyx* Ducke, durante su crecimiento en la etapa de vivero. Específicamente, se buscó evaluar el efecto de tres niveles de concentración de dos FLC en los atributos morfológicos e índices de calidad de planta.

1.2. MATERIALES METODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el área del Recinto del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco (Figura 3), ubicado en Periférico Carlos A. Molina s/n, ubicado en el km 3.5 de la carretera Cárdenas-Huimanguillo, Tabasco. De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen, el clima se clasifica como Am (g)"w" tropical (cálido-húmedo) con abundantes lluvias en verano, con medias anuales de temperatura de 26.7°C, y una precipitación de 2,240 mm, con temporada seca en los meses de marzo y abril donde caen menos de 50 mm mensuales y otros lluviosos como septiembre y octubre, donde la precipitación es cercana a los 400 mm mensuales (Palma-López *et al.*, 2007).

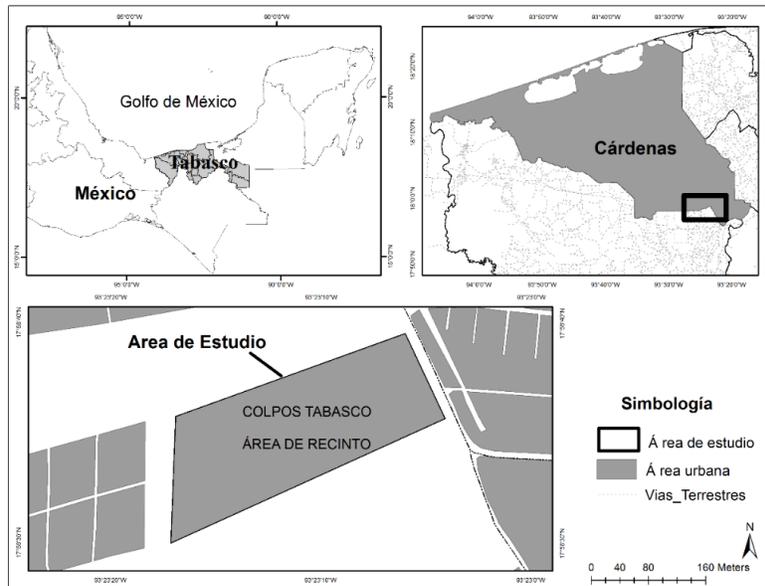


Figura 3. Ubicación del área de recinto del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco

Colecta y germinación de semilla

La semilla que dio origen a las plantas de caracolillo para el estudio, procedió de una colecta realizada en el área del Recinto y Campo Experimental del Campus Tabasco-CP, localizado en el km 21 de la Carretera Federal Cárdenas-Coatzacoalcos. La germinación de la semilla se realizó en invernadero en etapa cotiledónea (plantines), donde fue escarificada para acelerar y aumentar la germinación de la misma, 15 días después de emergida la plántula fue trasplantada a tubetes de polietileno de 310 cm³, con sustrato previamente preparado, para posteriormente ser colocados en bandejas de polipropileno para 54 tubetes, utilizando 12 de ellas para colocar las unidades experimentales correspondiente a los siete tratamientos: dosis baja Basacote (225 g), dosis media Basacote (450 g), dosis alta Basacote (700 g), dosis baja Multicote (225 g), dosis media Multicote (450 g) y dosis alta Multicote (700 g) más el testigo sin fertilizar, dejando una hilera central de seis celdas para la separación entre plantas (Carpenedo *et al.*, 2016), colocándolas sobre una estructura de madera dentro del invernadero (Castro-Garibay *et al.*, 2018).

Preparación de sustrato

El sustrato con el que se llenaron los contenedores (tubetes) en el cual se desarrollaron las plantas consistió en una mezcla de peat moss, vermiculita, agrolita y suelo (2:1:1:1), más el fertilizante químico de liberación controlada (FLC) (Oliet *et al.*, 1999; Escamilla-Hernández *et al.*, 2015).

Aclimatación de las plantas

Una vez trasplantadas las plantas al tubete, éstas fueron colocadas bajo malla-sombra para favorecer su aclimatación a las nuevas condiciones, durante un periodo de 15 días. Posteriormente fueron expuestas al sol durante su estadía en el vivero (tres meses); en esta etapa se siguió un programa de riego (el agua fue extraída de pozo), y control de plagas y enfermedades (Mateo-Sánchez *et al.*, 2011).

Diseño experimental

Se utilizó un arreglo factorial (2 x 3) alojado en un diseño completamente al azar, con siete tratamientos, de los cuales seis resultan de la combinación factorial de dos fertilizantes de liberación controlada: Basacote 9M (16-8-12) y Multicote 8M (18-6-12), considerando tres dosis: baja, media y alta (10, 20 y 30 kg m³, respectivamente) para cada uno de estos fertilizantes, más un testigo sin fertilización (Cuadro 4). Se tuvieron 12 repeticiones por tratamiento, en donde cada planta fue una unidad experimental. Teniendo un total de 84 unidades experimentales. La composición nutrimental completa de los fertilizantes se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 4. Tratamientos para la evaluación de fertilizante de liberación controlada en la calidad de plantas de caracolillo, en etapa vivero.

Núm. Tratamientos	Fertilizantes	Dosis (g)	
1	Basacote	225	Baja
2	Basacote	450	Media
3	Basacote	700	Alta
4	Multicote	225	Baja
5	Multicote	450	Media
6	Multicote	700	Alta
7	Control	0	0

Cuadro 5. Composición química de los fertilizantes de liberación controlada

MACRO Y MICRO NUTRIENTES		MULTICOTE 8 M (18-6-12)	BASACOTE 9 M (16-8-12)
N _{total}	NH ₄	6.5	8.6
	NO ₃	5.8	7.4
	NH ₂ (Urea)	5.7	-
P _{extraíble}	P ₂ O ₅	6	8
K	K ₂ O	12	12
Mg		1.6	2
S		1	12
B		0.03	0.02
Cu		0.045	0.05
Fe		0.4	0.4
Mn		0.055	0.06
Mo		0.01	0.015
Zn		0.06	0.02

Variables de estudio

El experimento se inició en noviembre del 2019 y se evaluaron las plántulas durante tres meses. Las variables medidas fueron: altura, diámetro, número de hojas, biomasa aérea y radical. Con los datos de estas variables se realizó el cálculo de los índices de calidad de planta: Índice de robustez (IR), relación biomasa seca aérea y radical (R BSA/BSR) e índice de calidad Dickson (ICD) (Dickson *et al.*, 1960; Thompson, 1985; Reyes-Castro *et al.*, 2020).

El número de repeticiones para cada variable fue distinto, en el caso de la altura, diámetro y número de hoja se realizaron 12 repeticiones; para el caso del índice de robustez, relación biomasa seca aérea y radical, índice Dickson y el análisis de tejido

aéreo y radical se tomaron en cuenta cinco repeticiones (Escamilla-Hernández, 2014; Gasparin *et al.*, 2015).

La altura se midió utilizando una regla en centímetros (± 0.01 cm) desde la base del tallo hasta el ápice de crecimiento. Para el diámetro se utilizó un calibrador digital vernier serie QL-V de 0-150 mm/0-6 in, resolución 0.01 mm, exactitud ± 0.02 mm; se midió el cuello de la raíz en milímetros (Villalón-Mendoza *et al.*, 2016). El número de hojas se obtuvo a través del conteo de cada una de las hojas de las plantas en los tratamientos, esta labor se realizó, al igual que los dos parámetros anteriores, cada siete días. La biomasa aérea y radical se midió al finalizar el experimento (Maldonado-Benítez *et al.*, 2011).

Se separó la parte aérea (hojas y tallos) de la radical (raíces) en bolsas de papel que fueron colocadas en horno marca SHEL modelo CE5F de circulación forzada por 72 horas a una temperatura constante de 60 °C. Al finalizar se pesó cada parte en una balanza analítica marca VELAB modelo VE-5000 con una precisión de 0.0001g (Aguilera-Rodríguez *et al.*, 2016; González-Orozco *et al.*, 2018).

El análisis de tejido aéreo y radical se llevó a cabo en el Centro de Análisis de Plantas, Aguas, Suelos y otros (CAPASO), mediante la siguiente metodología: se empleó el método de cenizas, las cuales se obtuvieron por incineración a 550 °C; la redisolución de éstas permitió la determinación de K, por absorción atómica, P por espectrofotometría de UV-VIS, y para el N el método de Micro Kjeldalh (Rueda-Sánchez *et al.*, 2013; Aguilera-Rodríguez *et al.*, 2016; Guillermo-Ramírez, 2017).

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño factorial, en donde, para aquellas variables que mostraron diferencias significativas se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$, a través del software estadístico Statistica, 2003.

1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a las variables medidas y el análisis estadístico realizado, los resultados muestran que los fertilizantes evaluados en sus diferentes dosis influyeron significativamente según la prueba Tukey ($P \leq 0.05$) en las variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas de caracolillo (altura, diámetro y número de hojas).

Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de Basacote. Aunque Multicote en su dosis baja mostró resultados significativamente iguales. En lo que respecta a las dosis de aplicación, las tres variables evaluadas fueron significativamente mayores ($P \leq 0.05$) al aplicarles la menor dosis (10 kg m^{-3}), y disminuyeron conforme la dosis en ambos fertilizantes fue mayor.

Atributos morfológicos

Altura

La fertilización, en sus diferentes dosis, ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre el crecimiento en altura en las plantas de caracolillo. En la Figura 4, se muestra el comportamiento de esta variable en la última medición (semana 15), en donde se puede observar claramente que el mayor crecimiento en altura se obtuvo en las dosis bajas (10 kg m^{-3}) de ambos fertilizantes (Basacote y Multicote), en el caso de Basacote este mismo resultado se puede observar en su dosis media (20 kg m^{-3}), mostrando diferencias estadísticas significativas en relación al tratamiento testigo, los tratamientos restantes y el testigo, fueron estadísticamente iguales. De acuerdo a Morales-Pérez (2018), para que las plantas forestales tropicales puedan ser catalogadas con buen desarrollo en la etapa de vivero, su altura tiene que oscilar entre 15 y 30 cm, lo cual asegura su supervivencia en campo, en este rubro las plantas evaluadas presentaron valores medios dentro del intervalo sugerido (17 a 20 cm) para su liberación a campo. Diversos autores mencionan que al evaluar el desarrollo de plantas forestales en etapa vivero con fertilizantes de liberación controlada, observaron los mejores resultados con la aplicación de dosis bajas en comparación a las dosis más altas, concluyendo que la altura de planta es favorecida en la medida en que se disminuye la dosis de fertilizantes. Por otra parte los mejores resultados mostrados por el fertilizante Basacote pudo deberse a que este libera los nutrientes más rápidamente en la primera etapa de su proceso debido a la tecnología utilizada en su cubierta, además de ser menos sensible a la temperatura, lo que favorece una mayor tasa de liberación de nutrientes, este proceso ocurre en las primeras cinco semanas, seguido de una liberación más lenta y constante a lo largo del tiempo, lo que explica probablemente el mayor crecimiento observado en comparación al fertilizante Multicote (Castro *et al.*, 2014; Escamilla-Hernández, 2014),.

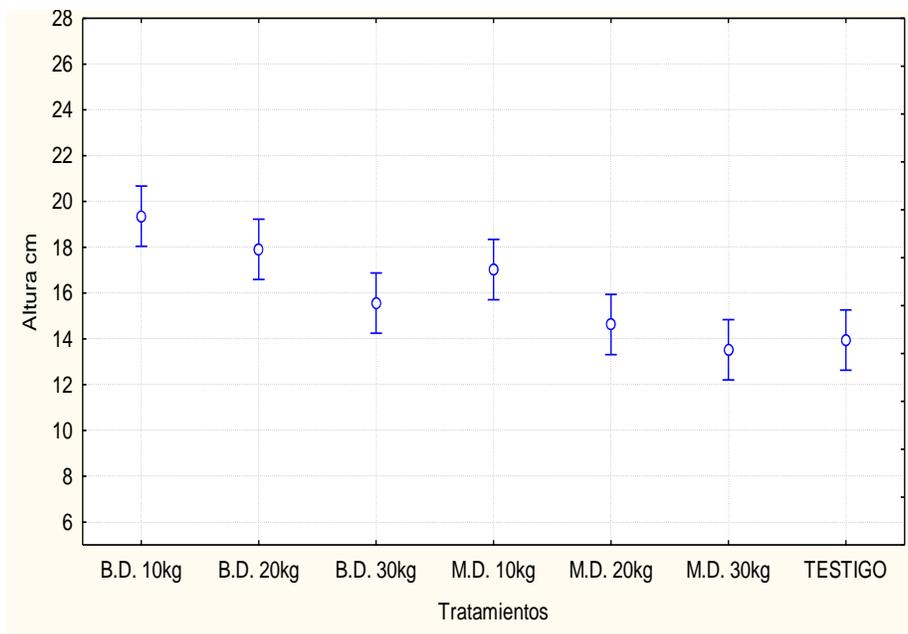


Figura 4. Comportamiento de la altura (cm) en plantas de caracolillo (etapa vivero) de 15 semanas, con diferentes dosis de los fertilizantes de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).

La altura de la planta en vivero, permite inferir el grado de crecimiento y desarrollo que tendrán los árboles en el futuro, este parámetro no es por sí solo un predictor de la supervivencia en campo, aunque es importante cuando las condiciones del sitio de plantación son adversas respecto a la vegetación herbácea y arbustiva, ya que es conveniente considerar que tenga una altura suficiente que le permita competir adecuadamente, además de ser importante porque junto con otras estimaciones como el diámetro, permite establecer criterios que reflejen atributos de vigor y calidad de la planta producida en vivero (Mexal y Landis, 1990).

Diámetro

En la Figura 5, se observa el comportamiento estadístico del diámetro de las plantas de caracolillo (etapa de vivero) con diferentes dosis de fertilizantes de liberación controlada Basacote y Multicote. En esta última medición, las dosis bajas (10 kg m^{-3}) de ambos fertilizantes fueron las que presentaron mayor incremento, mostrando diferencias estadísticas significativas en relación a las demás dosis (excepto Basacote en dosis media) y al testigo que, de acuerdo a los resultados no presentaron diferencias

estadísticas significativas entre sí. Los resultados obtenidos por Castro *et al.* (2014) al estudiar el efecto de fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao en la fase de vivero sugieren que el mejor resultado en cuanto a crecimiento en diámetro se obtiene en dosis bajas (3 g/planta) por lo que deduce que la aplicación de fertilizantes en dosis bajas es suficiente para obtener el mejor diámetro. Por su parte autores como Ávila-Ayala (2015) y Da Silva *et al.* (2014), reporta que evaluar la calidad de plantas de eucalipto y cedro rojo, bajo diferentes dosis de fertilizantes de liberación controlada, los mejores resultados se mostraron en sus dosis más altas con diámetros de tallo óptimos para su liberación en el campo.

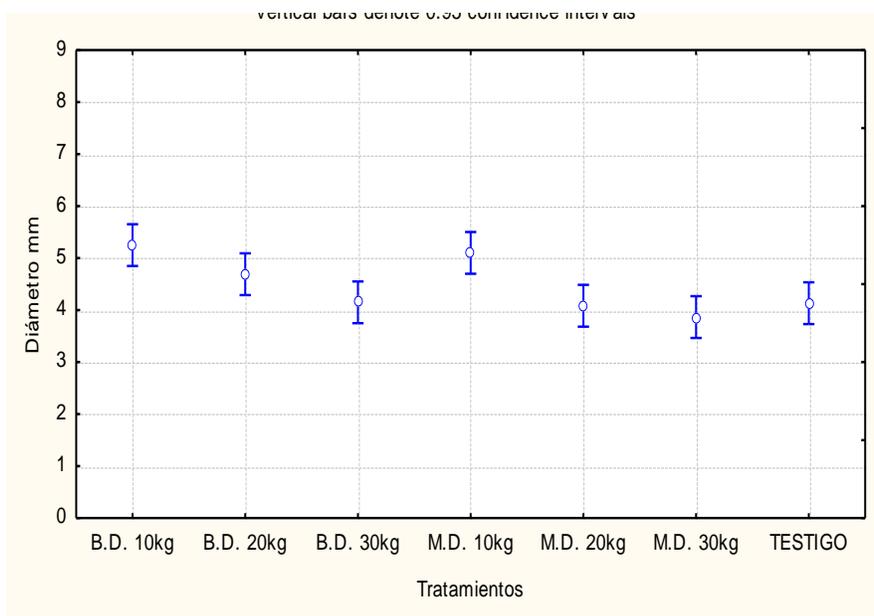


Figura 5. Comportamiento del diámetro en plantas de caracolillo (etapa vivero) de 15 semanas, con diferentes dosis de fertilizantes de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).

El diámetro es la característica de calidad más importante, que permite predecir la supervivencia de la planta en campo y definir la robustez del tallo, por lo que se asocia con el vigor y la supervivencia de la plantación (Mexal y Landis, 1990). Plantas con diámetros de 5 a 6 mm, son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nocivas, pero esto varía de acuerdo con las especies (CONAFOR, 2009). Para el caso de caracolillo el diámetro promedio de las dosis bajas fluctuó entre

5 y 6 mm, lo que puede ser considerado como bueno ya que el valor promedio estuvo por arriba de los 5 mm. Por el contrario, el tratamiento testigo y las dosis altas presentan valores menores a este intervalo.

Número de hojas

En la Figura 6, se observa el comportamiento y el efecto de las diferentes dosis de FLC, se aprecia como las dosis bajas de ambos fertilizantes presentaron un mayor número de hojas, en relación al tratamiento testigo, este último estadísticamente igual a las dosis media y alta del fertilizante Multicote, pero diferente a las dosis bajas de ambos fertilizantes, al igual que las dosis media y alta de Basacote. Las plantas tuvieron un promedio de siete y diez hojas en cada tratamiento. Escamilla-Hernández (2014) encontró en el desarrollo de *Tectona grandis* un promedio de 10 hojas con el uso del fertilizante de liberación controlada Osmocote, en sus dosis 20 y 30 kg m⁻³. Contrastando con los reportados por Greene-Vázquez (2017) para esta misma especie con un promedio de entre diez y catorce hojas por tratamiento con el uso de FLC Basacote y Multicote.

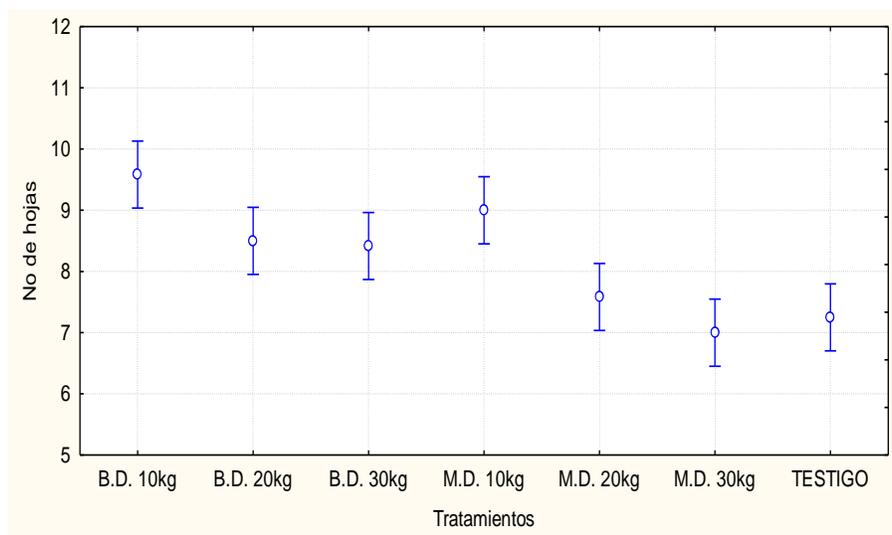


Figura 6. Análisis estadístico de No. de hojas en plantas de caracolillo (etapa vivero) de 15 semanas, con diferentes dosis de fertilizantes de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).

La producción de biomasa indica el buen desarrollo de las plantas en vivero y tiene correlación con la sobrevivencia y su crecimiento en campo al igual que el diámetro del

tallos. El número de hojas se relaciona con diversos procesos fisiológicos como la eficiencia fotosintética y del área de transpiración, además de representar la capacidad de la planta para almacenar carbohidratos (Prieto *et al.*, 2009).

Índices de calidad de la planta

Índice de robustez (IR)

En la Figura 7 se observa el efecto de los diferentes tratamientos con fertilizantes de liberación controlada, en el índice de robustez del caracolillo, aunque no hubo diferencias estadísticas entre ellos. El Basacote en sus dosis baja y media tendió a mostrar los valores medios más altos, los valores de índice de robustez (3.4 a 4.0) fueron buenos, Prieto *et al.* (2009) indican que valores menores a seis son considerados buenos ya que proporciona plantas de alta calidad, robustas, con tallos vigorosos y aptos para sitios con limitación de humedad, además de ser un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento.

Los resultados obtenidos en todos los tratamientos muestran valores por debajo de seis lo que indica que la calidad de las plantas es buena aun sin la aplicación de nutrimentos. El crecimiento y el desarrollo adecuado de las especies tropicales producidas en contenedor en etapa vivero, se obtienen con la aplicación de fertilizantes de liberación controlada en dosis bajas (10 kg m⁻³). Generando plantas de alta calidad (Marana *et al.*, 2008; Escamilla-Hernández, 2014; Mateo-Sánchez *et al.*, 2011). Valores superiores a seis indican desproporción entre el crecimiento de la altura y el diámetro, dando como resultado diámetros delgados, fácil de doblar. Este parámetro influye mucho en el desarrollo temprano de la plantación (Prieto *et al.*, 2009).

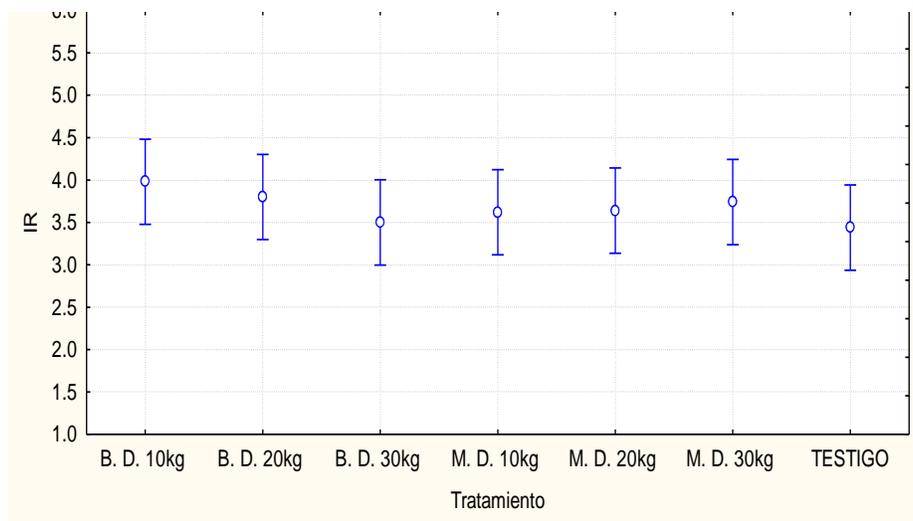


Figura 7. Análisis estadístico de índice de robustez en planta de caracolillo etapa vivero, en la semana 15, las barras verticales indican el intervalo de confianza.

Relación biomasa seca aérea/biomasa seca radical (R BSA/ BSR)

Uno de los indicadores de la calidad de planta producida en vivero es el coeficiente que resulta de dividir el peso seco de la parte aérea (PSPA) entre el peso seco de la raíz (PSR). En la Figura 8, se muestra el comportamiento estadístico del efecto de los diferentes tratamientos estudiados, clara mente se puede observar que entre las dosis de los fertilizantes no existe deferencia estadística significativa, siendo la dosis alta de Basacote el tratamiento que presenta el intervalo de calidad más bajo (valor más alto de R BSA/BSR), el valor obtenido en el tratamiento testigo, presenta la mejor característica de calidad (menor valor de R BSA/BSR), aunque estadísticamente igual a los demás tratamientos, excepto el del Basacote en su dosis alta. Sáenz *et al.* (2010) indican que los índices con mayor calidad se encuentran en valores entre 1.5 y 2, seguidos de 2.0 y 2.5 que indican una calidad media y los de baja calidad son los índices mayores a 2.5. Para el presente estudio la R BSA/ BSR es baja ya que los valores medios (3.8 a 6.4) están por encima del mínimo requerido (Prieto y Sáenz, 2011). Los valores aparentemente altos de la relación BSA/BSR, encontrados en el presente estudio pueden deberse al tipo de contenedor utilizado. Esto también podría deberse a que algunos fertilizantes, liberan los nutrientes más rápidamente en la primera etapa de su proceso de liberación, además de ser más sensibles a la temperatura, quizás por ello, al aumentar el aporte de nitrógeno hubo un mayor crecimiento en la parte aérea, lo que

provoca un desbalance entre la parte aérea y la parte radical (Escamilla-Hernández *et al.*, 2015; Aguilera-Rodríguez *et al.*, 2016).

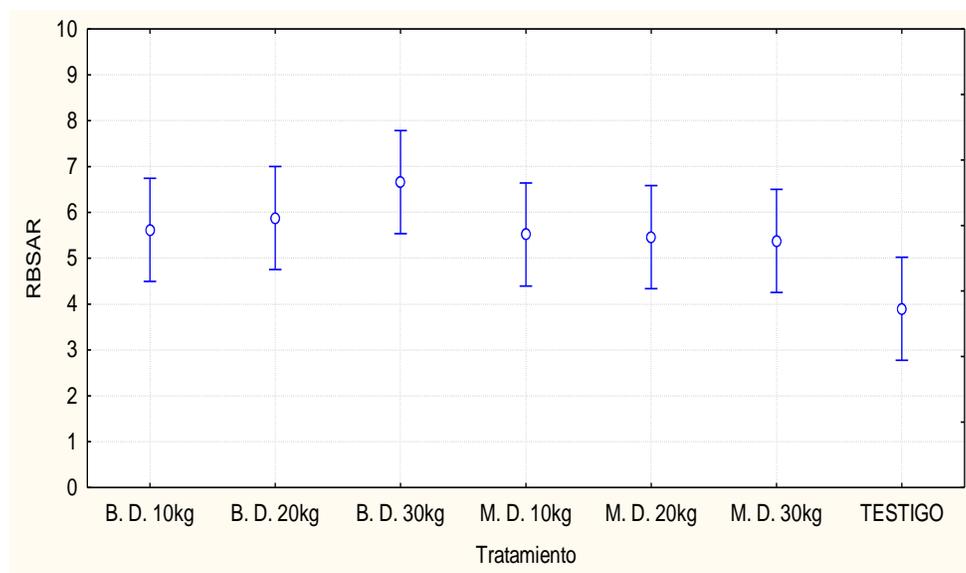


Figura 8. Efecto de las dosis de fertilizante en la relación biomasa seca aérea/biomasa seca radical de plantas de caracolillo etapa vivero, en la semana 15, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).

Índice de Calidad de Dickson (ICD)

Una variable considerada importante para la evaluación de la calidad de plantas es el índice de calidad de Dickson, siendo mencionado como el parámetro más completo. Los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, (Figura 9), todos correspondieron a plantas de alta calidad; sin embargo, con Basacote en sus dosis baja y media se obtuvieron los mejores resultados, siendo la dosis baja con la que se obtuvo el mejor valor promedio, seguido del Multicote en su dosis baja y el testigo, los cuales presentan valores dentro de los intervalos sugeridos por Sáenz *et al.* (2010), quienes indican que las plantas de alta calidad son aquellas que presentan índices >0.5 . Resultados similares fueron los reportados para *Cedrela odorata* L, *Cabralea canjerana* y *Genipa americana* L. con el uso de Osmocote en dosis baja (10 g L⁻¹) (Mateo-Sánchez *et al.*, 2011; Carpenedo *et al.*, 2016; Reyes-Castro *et al.*, 2020). Oliet (2000) menciona que un buen índice de Dickson implica que el desarrollo de la planta es grande, y que los componentes aéreos y radical están equilibrados, al producir

en vivero plantas en sustratos semitecnificados, utilizando los FLC Basacote y Multicote basta aplicar 10 o 20 kg m⁻³ para obtener plantas vigorosas promisoras para la siguiente etapa.

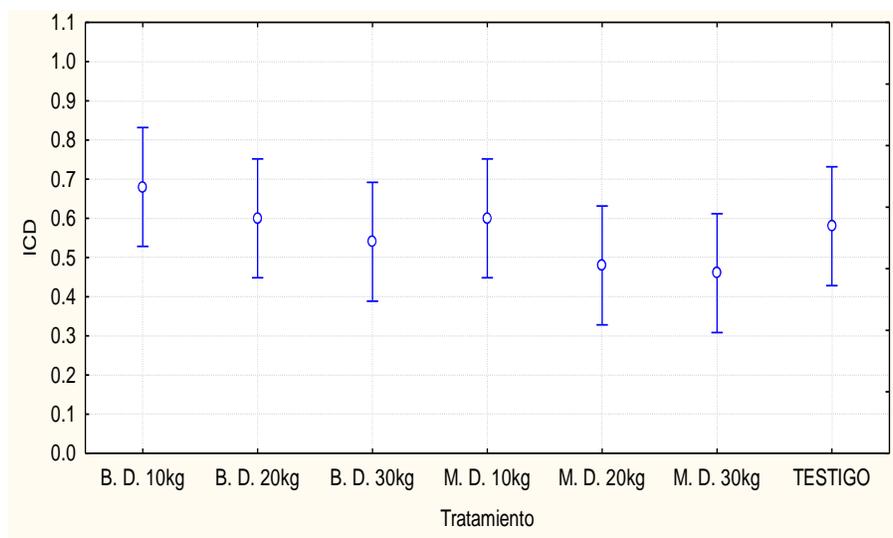


Figura 9. Efecto de las dosis de fertilizante en la relación al ICD en plantas de caracolillo etapa vivero, en la semana 15, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).

Atributos fisiológicos

Los resultados demuestran que la concentración de nutrimentos tendió a aumentar con forme a la dosis de fertilización y con diferencias estadísticas significativas por efecto del factor dosis con respecto al tratamiento testigo. Obteniendo los mejores resultados en las dosis altas de ambos fertilizantes para Nitrógeno (N) y Fosforo (P) en relación al tratamiento testigo, a excepción del potasio (K) el cual fue estadísticamente igual en todos los tratamientos. Con respecto al efecto del tipo de fertilizante utilizado sobre las concentraciones de nutrientes, en la mayor parte de los tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas significativas, no así en el caso específico del Fosforo (P) el cual es estadísticamente más alto en el fertilizante Multicote (Figura 10).

Los valores de los macronutrientes presentan los siguientes porcentajes en todos los tratamientos: N (0.52-0.84), P (0.05-0.18) y K (0.33-0.53), los cuales se encuentran por debajo del intervalo de suficiencia para todo tipo de cultivos (Correndo y García, 2017), esto puede ser debido a la demanda específica de la especie en estudio (Aguilera-

Rodríguez *et al.*, 2015). La cual, para poder elaborar su madera, realiza una absorción relativamente lenta y gradual de los nutrientes en comparación con los cultivos agrícolas semestrales. La velocidad de absorción probablemente resulte bastante acorde con las velocidades naturales de suplemento de nutrientes disponibles en el sustrato, e incluso en ciertos momentos la planta puede demandar y absorber los nutrimentos, acumularlos y luego traslocarlos internamente de manera gradual (Jairo-Zuluaga *et al.*, 2010). Otro factor importante es que pudo deberse a que la adsorción en el complejo de cambio o las interacciones entre estos y otros cationes en la solución del sustrato pudieron dificultar la absorción por la planta, haciendo que tan sólo con los altos aportes se aprecie una respuesta creciente a la dosis suministrada (Oliet *et al.*, 1999).

En un estudio sobre indicadores de calidad de planta para viveros forestales, Prieto y Sáenz (2011), propusieron las siguientes concentraciones de nutrimentos para pinos nativos: 1.1 a 3.5 % N; 0.1 a 0.6 % P y 0.2 a 2.5 % K. Con esta escala es posible establecer que la planta producida presentó las concentraciones recomendadas de P y K, pero no para el N el cual está por debajo de este intervalo.

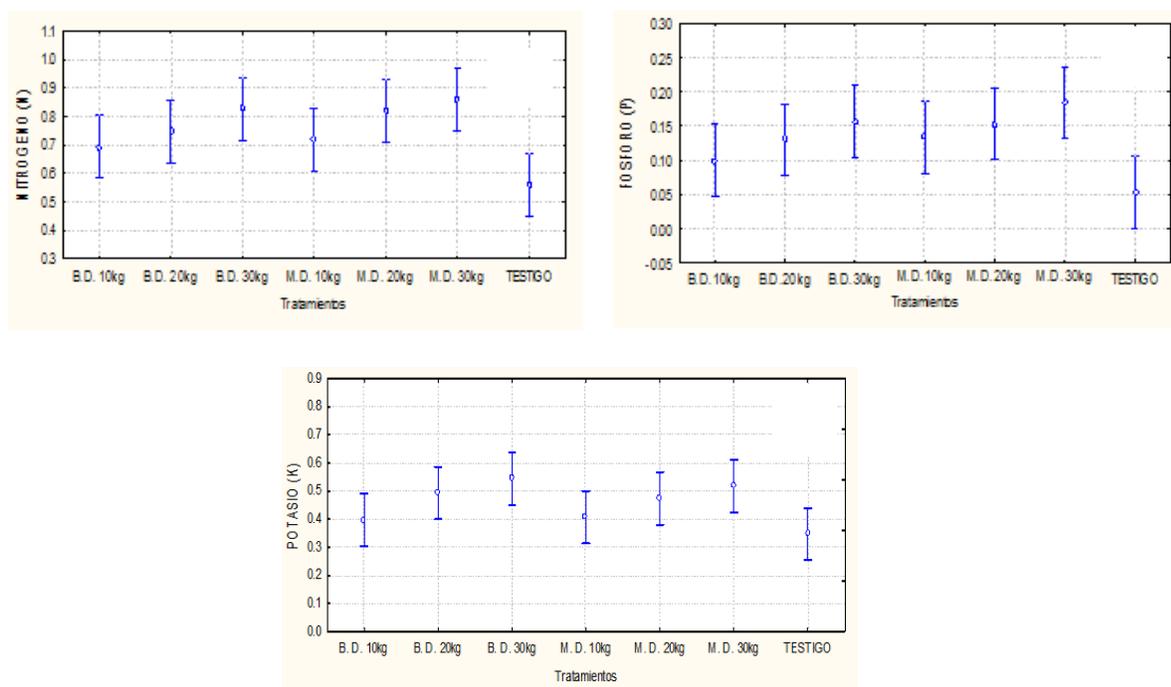


Figura 10. Efecto de las dosis de fertilizante en la concentración de nutrientes: A) Nitrógeno (N), B) Fosforo (P) y C) Potasio (K) en plantas de caracolillo etapa vivero, en la semana 15, las barras verticales indican el intervalo de confianza (95%).

1.4 CONCLUSIONES

Los componentes del rendimiento, diámetro y número de hojas presentaron mejores resultados con el tratamiento Basacote 10 kg m⁻³, seguido de Multicote en la misma dosis, mientras que en altura los mejores resultados se obtuvieron en las dosis 10 y 20 kg m⁻³ de Basacote seguidos de Multicote en su dosis baja (10 kg m⁻³).

Los índices de calidad de planta manejada en vivero variaron dependiendo del tipo de fertilizante utilizado. Los índices de calidad IR y ICD fueron mejores en las concentraciones 10 y 20 kg m⁻³ de Basacote, seguido por la dosis 10 kg m⁻³ de Multicote; sin embargo, éstos no presentaron diferencias estadísticas entre sí. Para la variable de calidad R BSA/BSR, los resultados fueron elevados en todas las dosis y estuvieron fuera de los rangos sugeridos, por lo cual es importante evaluar niveles de fertilización más bajos con contenedores diferentes.

Aunque las dosis bajas (10 kg m⁻³) de los dos fertilizantes utilizados son adecuados para el desarrollo y crecimiento de *O. macrocalyx* a nivel vivero, la mejor resultó ser el Basacote, la cual garantiza una planta de calidad en un periodo de tres meses.

Al aumentar la dosis de fertilización en los diferentes tratamientos la concentración de N, P y K aumentó en el tejido vegetal de las plantas. Sin embargo, estas estuvieron por debajo del intervalo de suficiencia reportado para todo tipo de cultivos. Lo cual no fue limitante para el desarrollo de las plantas de caracolillo en etapa de vivero.

1.5. LITERATURA CITADA

- Aguilera-Rodríguez M., A. Aldrete., T. Martínez-Trinidad., y V.M. Ordáz-Chaparro. 2015. Production of *Pinus pseudostrobus* Lindl. with sawdust substrates and controlled release fertilizers. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 7(34):7-19.
- Aguilera-Rodríguez M., A. Aldrete., T. Martínez-Trinidad., y V.M. Ordáz-Chaparro. 2016. Producción de *Pinus montezumae* Lamb. con diferentes sustratos y fertilizantes de liberación controlada. *Agrociencia*. 50:107-118.

- Ávila-Ayala R. 2015. Producción de planta forestal con sustrato alternativo y fertilizante de liberación controlada. Tesis. Montecillo, Texcoco, estado de México. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 50 pp.
- Bustos F., M. González E., P. Donoso., V. Gerding., C. Donoso., B. Escobara. 2008. Efectos de distintas dosis de fertilizante de liberación controlada (Osmocote®) en el desarrollo de plantas de coigüe, raulí y ulmo. *Bosque*. 29(2): 155-161.
- Carpenedo A.S., M. Machado A., E. Benítez L., G. Gómez O., y F. da Silva C. 2016. Volumen de contenedores y dosis de fertilizante de liberación controlada en el crecimiento de plantas de *Cabralea canjerana* producidas en vivero. *Bosque*. 37(2): 401-407.
- Castro C., F. Enríquez., P. Jiménez., V. Uday. 2014. Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao*), en vivero, en Santo Domingo de los Tsáchilas. Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas. Departamento De Ciencias de la Vida y Agricultura. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Santo Domingo. Ecuador 17 pp.
- Castro-Garibay S.L., A. Aldrete., J. López-Upton., y V.M. Ordáz-Chaparro. 2018. Efecto del envase, sustrato y fertilización en el crecimiento de *Pinus greggii* var. australis en vivero. *Agrociencia*. 52: 115-127.
- CONAFOR. 2009. Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto (rápido crecimiento), con fines de restauración. 9 pp.
- Correndo A. A. y García O. F. 2012. Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos. Archivo agronómico # 14. IPNI. International Plant Nutrition Institute. 8 pp.
- Da Silva B. G. R., M. Da Silva R., and Simões D. 2014. Substrates and controlled-release fertilizations on the quality of *eucalyptus cuttings*. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*. 18(11):1124-1129.

- Dickson, A., A. Leaf and J. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. *Forest Chronicle*. 36(1):10-13.
- Escamilla-Hernández N., 2014. Efectos de fertilizantes de liberación controlada en el crecimiento de *Tectona grandis*, etapa vivero. Tesis. H. Cárdenas, Tabasco, México. Colegio de Postgraduados Campus, Tabasco. 52 pp.
- Escamilla-Hernández N., J.J. Obrador-Olán, E. Carrillo-Ávila y D.J. Palma-López. 2015. Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. *Fitotec. Mex.* 38(3):329-333.
- Gasparin E., M. Machado A., C. Witt S., y C. Viñas T. 2015. Controlled release fertilizer and container volumes in the production of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan seedlings. Maringá, *Acta Scientiarum. Agronomy*. 37(4):473-481.
- González-Orozco M.M., J.Á. Prieto R., A. Aldrete., J.C. Hernández D., J.A. Chávez S., R. Rodríguez L. 2018. Raw sawdust substrates and fertilization in the plant quality of *Pinus cooperi* Blanco seedlings grown at the nursery. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(48):1-23.
- Greene-Vázquez M.Á. 2017. Crecimiento y desarrollo de caracolillo (*Ormosia macrocalix* D.) en etapa vivero, con dosis de fertilizantes de liberación controlada. Tesis. H. Cárdenas Tabasco, México. Universidad Popular de la Chontalpa. División Académica de Ciencias Básicas de Ingenierías. 75 pp.
- Guillermo-Ramírez J. 2017. Desarrollo en etapa de vivero de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. sometida a tres dosis de fertilización y dos sustratos. *Cultivos Tropicales*. 38(2):45-52.
- Jairo-Zuluaga J., Eugenia-Osorio V., Albeiro-Gutiérrez B., Luis Romero J., Rodríguez M., Pérez D y Solipa F. 2010. Niveles nutricionales en vivero y en establecimiento de plantaciones de dos especies forestales (*Gmelina arborea* y *Pachira quinata*) en el caribe colombiano. Cereté, Córdoba, Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 39 pp.

Judith Martínez⁸, Cesar Baquero⁹, Margarita Ramírez¹⁰ y Gabriel Roveda¹¹

Landis, T. D., R. W. Tinus., S. E. MacDonald., J. P. Barnett., R. G. Nisley., D. T. Rodríguez., R. V. Sánchez y R. B. Aldana. 2004. Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor. Dpto. de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. Portland, Oregon, USA. 192 pp.

Magaña-Torres O., M. Venegas L., M. Castillo C., P. Lozano C., C. Hernández G. y B. Gamas Z. 2007. Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Ejercicio Fiscal 2006. Universidad Autónoma Chapingo-Gerencia de Servicios Profesionales. Disponible en:http://148.223.105.188:2222/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20#divEvaluaciones5. Consultado el 17 de junio de 2020.

Maldonado-Benitez K.R., A. Aldrete., J. López-Upton., H. Vaquera-Huerta., y V.M. Cetina-Alcalá. 2011. Nursery production of *Pinus greggii* Engelm. in mixtures of substrate with hydrogel and irrigation levels. *Agrociencia*. 45:389-398.

Marana J.P., É. Miglioranza., É. de Pádua F. R. Hiroshi K. 2008. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. *Ciencia Rural*. 38(1):39-45.

Mateo-Sánchez J.J., R. Bonifacio-Vázquez., S.R. Pérez-Ríos., J. Capulín-Grande., L. Mohedano-Caballero. 2011. Producción de (*Cedrela odorata* L.) en aserrín crudo con diferentes dosis de fertilización, en Tecpan de Galeana, Guerrero. *Ra Ximhai*. 7(2):195-204.

Mexal, J. G. y T. D. Landis. 1990. Target seedlings concepts: Height and diameter. In: Rose, R., S.J. Campbell and T.D. Landis (eds.). Target Seedlings Symposium: Proceedings, combined meeting of the western forest nursery associations. General technical report. RM-200. USDA, Forest Service. Ft. Collins. CO. 17-36 pp.

- Morales-Pérez E. 2013. Indicadores de calidad de planta en cuatro viveros forestales del estado de Tamaulipas. Seminarios de Posgrado. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 56-62 pp.
- Morales-Pérez E. 2018. Indicadores de calidad de planta en viveros forestales del estado de Tamaulipas. Tesis. Linares, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad De Ciencias Forestales. 103 pp.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres: Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Ciudad de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación.
- Oliet J., M.L. Segura., F.M. Domínguez., E. Blanco., R. Serrada., M. López A., y F. Artero. 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. Invest. Agr. Sist. Recur. For. 8(1):208-228.
- Oliet, J. 2000. La calidad de la postura forestal en vivero. Escuela Técnica Superior de ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. España. 93 pp.
- Orozco-Gutiérrez G., H.J. Muñoz F., A. Rueda S., J.Á. Sígala R., J. Á. Prieto R. y F. Villaseñor R. 2010. Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. Folleto Técnico Núm. 1. Campo Experimental Uruapan. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 47 pp.
- Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J.A. Rincón-Ramírez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. COLEGIO DE POSTGRADUADOS-ISPOTAB-FUNDACION PRODUCE TABASCO. Villahermosa, Tabasco, México.

- Pérez-Hernández I., S. Ochoa-Gaona, G. Vargas-Simón, M. Mendoza-Carranza., y N. A. González-Valdivia. 2011. Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. *Madera y Bosques*. 17(1):71-91.
- Prieto, J.A., García, J.L., Mejía, J.M., Huchin, A.S., y Aguilar, J.L. 2009. Producción de planta del Género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, Dgo. México. 47 pp.
- Prieto, J.A., y Sáenz, J. T. 2011. Indicadores de la calidad de planta en viveros de la sierra madre occidental. Libro Técnico Núm. 3. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, Dgo. México. 212 pp.
- Prieto, R. J. A., Vera C. G. y Merlín B. E. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango, Dgo. México. 24 pp.
- Reyes-Castro R., J. Arreola-Enríquez., E. Carrillo-Ávila., J.J. Obrador-Olán., 2020. Evaluation of the conventional and controlled release fertilization, on the quality of jagua plants (*Genipa americana* L.) in nursery. *Agro productividad*. 13 (5):43-49.
- Rueda-Sánchez A., J. de D. Benavides-Solorio, J.T. Saenz-Reyez, H.J. Muñoz- Flores, J.Á. Prieto-Ruiz, G. Orozco-Gutiérrez. 2013. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Cien. For.* 22(5):59-73.
- Sáenz, R. J. T., Villaseñor R. F. J., Muñoz F. H. J., Rueda S. A. y Prieto R. J. A. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico No. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 pp.
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal). 2016. Metodología para la determinación del valor al estado natural de la madera para el pago de derecho del aprovechamiento” y

- los "Valores al estado natural de la madera. Resolución de dirección ejecutiva N° 241-2016. El Peruano. Normas Legales. 4 pp.
- Terán S.A.C. 2018. Efecto de dos fertilizantes de liberación controlada sobre el crecimiento de *Pinus tecunumanii* en la etapa de vivero Oxapampa. Tesis. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Ciencias Forestales. 77 pp.
- Thompson, B. 1985. Seedling morphological evaluation- what you can tell by looking In: *Duryea, M. L. (ed.). Proceedings: evaluation seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of mayor test. Oregon State University. Corvallis, OR, USA. 59-71 pp.*
- Vargas-Simón G., M.L. Núñez-Piedra., M. Domínguez-Domínguez., W.R. Alegría-González., P. Martínez-Zurimendi. 2018. Distribución de *Ormosia macrocalyx* en México y delimitación de sus áreas de ocupación. *Revista Mexicana de Biodiversidad. 89: 1201- 211.*
- Villalón-Mendoza H., J.C. Ramos-Reyes., J.A. Vega-López., B. Marino., M.A. Muños-Palomino., y F. Garza-Ocañas. 2016. Indicadores de calidad de la planta de *Quercus canby* Trel. (encino) en vivero forestal. *Latinoamericana de Recursos Naturales 12(1): 46-52.*

CAPITULO II. COMPORTAMIENTO DEL CARACOLILLO (*Ormosia macrocalyx* Ducke) BAJO DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN CAMPO.

RESUMEN

El éxito de las plantaciones forestales está dado por factores como la densidad, presencia de plagas, competencia con la vegetación herbácea, disponibilidad de luz, agua, temperatura, nutrientes del suelo y fertilización. Respecto a lo último, existen muchos estudios encaminados a analizar el efecto de la fertilización mineral convencional sobre las variables dasométricas en el establecimiento de plantaciones forestales, lo que no ocurre con el uso de fertilizantes de liberación controlada (FLC), el cual es incipiente, por lo que existe muy poca información. En la presente investigación, se evaluó el efecto de los fertilizantes de liberación controlada (FLC), Basacote y Multicote a tres dosis: baja, media y alta (10, 20 y 30 kg m⁻³) en el establecimiento en campo de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke), sobre las variables morfológicas, altura, diámetro y número de hojas, se evaluó también la sobrevivencia, la composición de la flora asociada a la plantación y las condiciones climatológicas a partir de datos históricos de temperatura y precipitación. El experimento se realizó en el periodo marzo-junio de 2020, en un suelo Fluvisol éútrico (FLeu). Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2x3. El análisis climático demuestra que el crecimiento del caracolillo fue favorecido tanto por la temperatura (29.3 °C), como por la precipitación (180 mm), lo cual se vio reflejado al presentar 95.8 % de sobrevivencia. Las plantas fertilizadas con Basacote en dosis baja y media presentaron el mayor crecimiento en todas las variables morfológicas. La composición florística del área muestreada consistió de 13 especies que corresponden a 13 géneros y nueve familias botánicas. Ocho especies (61.5%) corresponden al grupo de las dicotiledóneas y el resto (38.5%) a las de monocotiledóneas. Las especies más importantes fueron *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn y *Paspalum conjugatum* P.J. Bergius.

Palabras clave: Basacote, Multicote, flora asociada, sobrevivencia, climatología.

Behavior of caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) under different doses of controlled release fertilizers in the field

ABSTRACT

The success of forest plantations is determined by factors such as density, presence of pests, competition with herbaceous vegetation, availability of light, water, temperature, soil nutrients and fertilization. Regarding the latter, there are many studies aimed at analyze the effect of conventional mineral fertilization on the dasometric variables in the establishment of forest plantations, which does not occur with the use of controlled release fertilizers (CRF), which is incipient, so there is very little information. In the present investigation, the effect of CRF, Basacote and Multicote at three doses: low, medium and high (10, 20 and 30 kg m⁻³) on caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) field establishment, the morphological variables, height, diameter and number of leaves, survival, the composition of the flora associated to the plantation and the weather conditions were also evaluated from historical data of temperature and precipitation. Climate analysis shows that caracolillo growth was favored both by temperature (29.3 ° C) and by precipitation (180 mm), which was reflected by presenting 95.8% survival. Plants fertilized with Basacote in low and medium doses presented the highest growth in all morphological variables. The floristic composition of the sampled area consisted of 13 species corresponding to 13 genus and nine botanical families. Eight species (61.5%) correspond to the group of dicots and the rest (38.5%) to those of monocots. The most important species were *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn and *Paspalum conjugatum* P.J. Bergius.

Key words: Basacote, Multicote, associated flora, survival, climatology.

2.1. INTRODUCCIÓN

En el medio natural, el éxito del establecimiento de plántulas está determinado por factores bióticos como la densidad, la presencia de depredadores y patógenos (especialmente hongos), y la competencia con otras plantas; y por factores abióticos como la disponibilidad de luz, agua, temperatura y nutrientes del suelo (Harms y Paine, 2003). Sólo cuando estas condiciones son aptas, las plantas pueden crecer adecuadamente (Figueroa, 2000). En la actualidad estos factores se han visto gravemente afectados debido a la transformación de los bosques y selvas para adaptarlos a áreas ganaderas, agrícolas y urbanas, lo que ha ocasionado la simplificación, degradación y desaparición del bosque y del ecosistema en su conjunto (Lanly, 2003); lo que ha puesto en riesgo a algunas especies animales y arbóreas. Un claro ejemplo es el caso del caracolillo, un árbol de la familia Fabaceae que en la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2010), se ubica en la categoría “en peligro de extinción” Esta fabácea es importante porque alcanza una tasa de nodulación por bacterias nitrificantes de 48.9 mg g^{-1} , lo que da como resultado un importante aporte al suelo de N disponible, y como plántula responde favorablemente a concentraciones elevadas de CO_2 (700 ppm aproximadamente), lo que le provee una ventaja competitiva en el ecosistema donde se desarrolla (Vargas-Simón *et al.*, 2018), lo que justifica su propagación para el enriquecimiento, reforestación y restauración de las áreas afectadas (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).

Las nuevas experiencias en reforestación han mostrado que el éxito de las plantaciones forestales depende del clima y del tipo de suelo, así como también de un apropiado manejo silvícola y una fertilización adecuada (Gómez-Mego, 2009; Ramírez-Rengifo, 2015). El uso de fertilizantes en plantaciones forestales es cada vez más común, siguiéndose criterios de fertilización similares a los empleados en la agricultura (Paillacho-Cedeño, 2010).

Uno de los periodos más críticos para el desarrollo de las plantaciones es su establecimiento, durante el cual existe una demanda nutritiva creciente (Miller, 1981). Por ello, durante dicho periodo, la fertilización y el control de malezas se constituyen como prácticas silviculturales necesarias. La fertilización estimula el crecimiento de los árboles y los hace más competitivos frente a las malezas, siempre y cuando se realice

un control adecuado de éstas (Venegas y Palazuelos, 1999). Por otra parte, estimula el desarrollo de las raíces, optimiza el uso eficiente del agua con la captación de nutrientes de manera eficaz, lo que garantiza una ocupación óptima del suelo (Corporación Nacional Forestal, 2013). La acción combinada de estas dos prácticas provoca un mejor crecimiento y sobrevivencia de los árboles (Reyes-Millalón *et al.*, 2012). Además de los ya mencionados, otros beneficios que puede conllevar una adecuada fertilización son brindar la posibilidad de un rápido crecimiento y cierre de las copas, lo cual disminuye o elimina la competencia al obtenerse un rodal más uniforme y un mayor rendimiento al momento de la cosecha (García *et al.*, 2000).

El estado nutricional afecta los procesos fisiológicos de las plantas, tales como la regulación del crecimiento, el flujo de energía y la síntesis de los complejos orgánicos moleculares que las componen (Peñuelas y Ocaña, 1996), un incremento de la fertilización puede producir plantas más desarrolladas, con mayor contenido de nutrientes y capacidad de producción de nuevas raíces (Ramírez-Rengifo, 2015).

La aplicación de fertilizantes hidrosolubles, cuyas dosis dependen de la demanda de los árboles, la oferta nutritiva del suelo y la eficiencia del fertilizante, presentan eficiencia baja y variable según el nutrimento y las condiciones del sitio (Álvarez *et al.*, 1999). Por ello, como una buena alternativa a dicho problema se presentan los fertilizantes de liberación controlada (FLC), que se utilizan en diversos cultivos, debido a que liberan los nutrimentos de forma gradual (Landis *et al.*, 2009). El polímero que recubre al fertilizante es sensible a los factores ambientales (temperatura y humedad del suelo) y la reacción depende de la tecnología utilizada en cada producto (Jacobs *et al.*, 2005). Este tipo de fertilizantes aumenta el crecimiento longitudinal de la planta al menos durante los dos años siguientes a la plantación, por lo que puede ser interesante su uso en terrenos muy pobres o con abundante competencia con la vegetación herbácea (León-Sánchez *et al.*, 2016).

La tasa de liberación de nutrimentos se puede controlar buscando cubrir la demanda de las plantas con los elementos nutritivos necesarios (Landis *et al.*, 2009). Por ello, la aplicación de estos fertilizantes se realiza normalmente con dosis inferiores a aquellas de los fertilizantes hidrosolubles tradicionales. Por otra parte, los FLC pueden disminuir el impacto ambiental por lixiviación o volatilización de elementos nutritivos y, dada su

relación costo-eficiencia, también son económicamente rentables en muchos cultivos (Reyes-Millalón *et al.*, 2012).

El objetivo del presente estudio fue evaluar, después del trasplante y bajo la adición de distintas dosis de fertilizantes de liberación controlada, el crecimiento y desarrollo del caracolillo, así como la sobrevivencia, la composición de la flora asociada a la plantación y las condiciones climatológicas a partir de datos históricos de temperatura y precipitación

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo un lote ubicado en el Fraccionamiento los Reyes Loma Alta, perteneciente al Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, ubicado en el municipio de Cárdenas, Tabasco, México (Figura 10), en los meses de marzo a junio de 2020. De acuerdo al sistema de Köppen, el clima se clasifica como Am(g)w”, tropical húmedo con lluvias abundantes en el verano y sequía prolongada en los meses de marzo-abril, con presencia de nortes a finales del año (García, 1988).

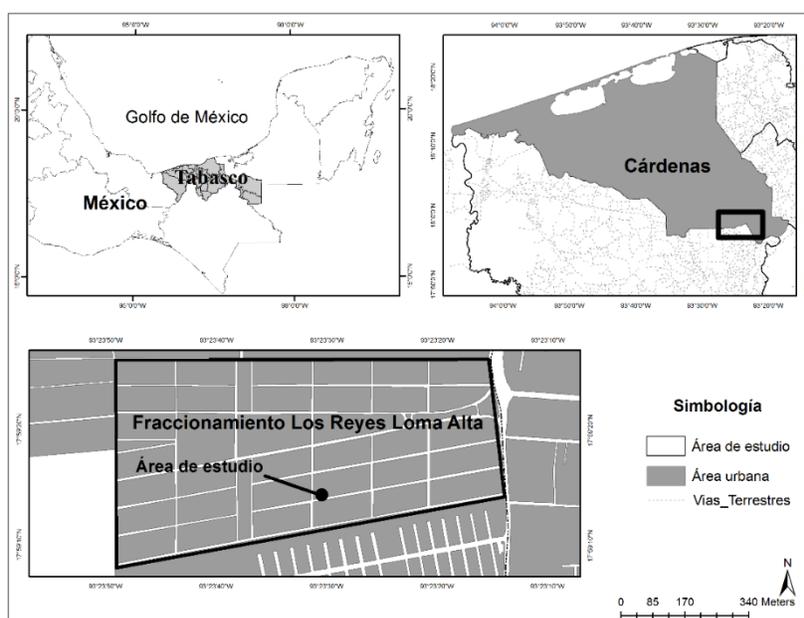


Figura 10. Ubicación del Área de Estudio en el Fraccionamiento los Reyes Loma Alta, Cárdenas, Tabasco.

Preparación del terreno y muestreo de suelo

La preparación del terreno se efectuó el 10 de marzo del 2020, se realizó chapeo manual para el control de arvenses (Ramírez-Rengifo, 2015). Posteriormente se tomaron muestras compuestas de suelo con barrena tipo holandesa a la profundidad de 0-30 cm, las muestras se conformaron de 15 submuestras tomadas aleatoriamente en zig-zag, abarcando todo el terreno, los muestreos de suelo se realizaron al establecer el experimento y al final del mismo (NRCCA, 2008). Para conocer las propiedades del suelo las muestras resultantes se tamizaron en una malla número 2 y se realizaron los análisis químicos: pH en agua relación 1:2, materia orgánica (MO), textura, capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno total (Nt), fósforo Olsen (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), de acuerdo con la metodología de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (2002), en Centro de Análisis de Plantas, Aguas, Suelos y otros (CAPASO).

Plantación de árboles

Las plántulas plantados provinieron de la primera etapa de este trabajo y contaban con una edad de aproximadamente 3.5 meses al día de ser sembrados, y habían sido previamente fertilizados con FLC.

La siembra se realizó a una distancia de 3 x 3 m. que corresponde a una densidad de plantación de 1,100 plantas por hectárea (Figura 11), cada unidad experimental tuvo 3 metros de largo por 3 metros de ancho, resultando una superficie útil de 756 m² con espaciamientos de 3 metros entre cada tratamiento (Arteaga y Castelán, 2008).

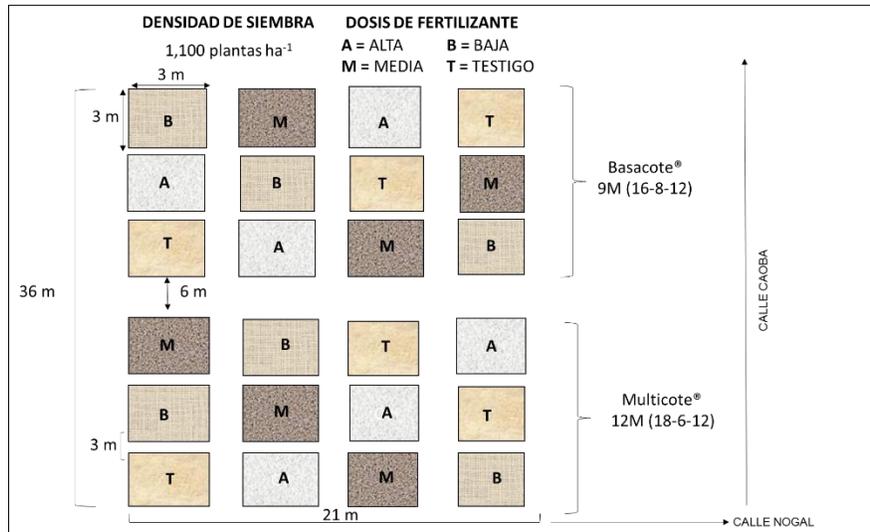


Figura 11. Establecimiento en campo de las unidades experimentales estudiadas.

Diseño experimental y tratamientos

Para generar los tratamientos se utilizó un arreglo factorial (2 x 3), los cuales se distribuyeron en campo en un diseño de bloques completamente al azar, con siete tratamientos, de los cuales seis resultan de la combinación factorial de dos fertilizantes de liberación controlada: Basacote 9M (16-8-12) y Multicote 8M (18-6-12), Considerando para cada uno de estos, tres dosis alta, media y baja (10, 20 y 30 kg m³, respectivamente), más un testigo sin fertilización. Con tres repeticiones por tratamiento, resultando en 24 parcelas que constaron de cuatro árboles, los cuales fueron tomados cada uno como una unidad experimental, haciendo un total de 96 árboles.

Variables de estudio

Cada árbol ubicado dentro del sitio fue medido en sus variables cuantitativas: sobrevivencia, diámetro, altura y número de hojas.

Sobrevivencia (%) y número de hojas. Se contó el número de plantas vivas de cada tratamiento y se calculó el porcentaje por medio de la siguiente fórmula (Paillacho-Cedeño, 2010; Sáenz *et al.*, 2013).

$$\% \text{ sv} = \frac{\# \text{ Plantas vivas}}{\# \text{ Plantas sembradas}} \times 100$$

Donde:

- ✓ # Plantas vivas: fue el número de plantas vivas al momento de cada evaluación
- ✓ # Plantas sembradas: correspondió al número de plantas sembradas inicialmente.

El número de hojas al igual que la supervivencia se constató por conteo en cada una de las plantas de los diferentes tratamientos. Este dato, a diferencia de la variable anterior se tomó cada 15 días (Escamilla-Hernández *et al.*, 2015).

Altura de las plantas. La altura de las plantas se midió con una regla casera de madera graduada en cm (± 0.2), a partir del cuello del tallo hasta el ápice de crecimiento, esto se realizó durante los tres meses de evaluación de la plantación, cada 15 días, después del establecimiento de la plantación (Rueda-Sánchez *et al.*, 2011; Alba-Landa *et al.*, 2016).

Diámetro basal de las plantas. Los diámetros se midieron con la ayuda de un calibrador digital (vernier) serie L-V de 0-150 mm/0-6 in, resolución 0.01 mm, y exactitud de ± 0.02 mm a la altura del cuello de la base de la planta (Paillacho-Cedeño, 2010; Hernández-Valera *et al.*, 2018).

Análisis estadístico

Para todos los datos se aplicó un análisis de varianza con diseño factorial 2x3. Para aquellas variables donde se encontraron diferencias estadísticas significativas se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos los procedimientos se realizaron en el programa Statistica 2003.

Evaluación climatológica

Se realizó una evaluación de las condiciones climáticas (temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y precipitación (mm)), del área de estudio de los últimos 20 años (Serrano-Vincenti *et al.*, 2012) haciendo una comparación de las condiciones del tiempo meteorológico ocurridas durante el año (fecha de siembra) y años anteriores, para determinar el desempeño de la plantación y el comportamiento climatológico del año en particular (Arguijo-Portillo *et al.*, 2016).

Se utilizaron datos históricos diarios de precipitación y temperatura de tres estaciones meteorológicas que se obtuvieron de la base de datos ERIC III v. 3.2 (IMTA, 2013). En el Cuadro 6 se muestra el nombre, la clave y las coordenadas geográficas de cada una de las estaciones seleccionadas conforme a su distribución dentro del área de influencia donde se estableció la plantación (Rivera-Hernández *et al.*, 2016).

Cuadro 6. Nombre, clave y coordenadas de las estaciones climáticas seleccionadas.

Nombre de la estación	Clave	Longitud (O)	Latitud (N)
Cárdenas (DGE)	27008	-93.384	17.983
C-29	27079	-93.445	18.052
C-32	27080	-93.512	17.972

Procedimiento estadístico. Para cada año de registro del periodo 1972 a 2006, en cada una de las tres estaciones meteorológicas seleccionadas, se obtuvo el promedio anual correspondiente a la temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación total, contados a partir de la fecha de plantación del experimento y tres meses después. Los datos se ordenaron y se les determinó su función de distribución probabilística correspondiente, para de allí *seleccionar* aquel valor con el 75 % de probabilidad de excedencia como valor representativo para determinar qué tan parecido fue el año de siembra a años anteriores en base a datos climatológicos (Brizuela y Saluso, 1995; Arguijo-Portillo *et al.*, 2016; Rivera-Hernández *et al.*, 2016; Mercado-Mancera *et al.*, 2014; Hernández y Guevara, 2012).

Evaluación de los cambios en la composición de la flora asociada a la plantación de caracolillo

Se realizaron muestreos de arvenses dentro de la plantación usando cuadros de metal de 50 x 50 cm, siguiendo el método de cuadrantes (Mostacedo y Fredericksen, 2000), una vez establecida la plantación. Para cada una de las especies presentes en los cuadros de muestreo se registró el nombre (común y/o científico), número de individuos y porcentaje de cobertura. Se colectaron todas las plantas que quedaron dentro de los cuadros, para ser llevadas al Herbario CSAT, donde se verificó su identidad taxonómica mediante el uso de bibliografía especializada y con el apoyo de un microscopio estereoscopio. Los datos registrados fueron sistematizados y analizados a través de Excel 2007, y a partir de ellos se calcularon los índices de riqueza específica (S), de Diversidad de Shannon (H') y de Equitabilidad (E) (Magurran, 1988), así como también el índice de valor de importancia (IVI) de las arvenses, sus componentes: Densidad (De),

Frecuencia (Fr), Dominancia (Do) y sus valores relativos (rDe, rFr y rDo) (Gómez-López *et al.*, 2011; Concenco *et al.*, 2016), mediante las siguientes fórmulas:

S= Número de especies

$$H' = -\sum[pi * \ln(pi)]$$

$$E = H'/\ln S$$

De = N° de individuos de una especie/área muestreada (m²)

$$rDe = De/Det^*$$

Fr = N° de ocurrencias de una especie/N° total de sitios muestreados

$$rFr = Fr/Frt^*$$

Do = Cobertura de una especie (%)/Área muestreada (m²).

$$rDo = Do/Dot^*$$

$$IVI = rDe + rFr + rDo.$$

*..t= total

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades químicas del suelo

Los resultados del análisis químico del suelo antes de la siembra de las plantas de caracolillo se muestran en el Cuadro 7. El suelo en estudio es un Fluvisol éutrico (FLeu) considerado de los mejores suelos del estado de Tabasco, suelo de primera clase (Clase I), ya que no presenta ninguna restricción para su uso agrícola o forestal (Palma-López *et al.*, 2007).

Cuadro 7. Análisis de fertilidad del suelo de la parcela en estudio (0-30 cm de profundidad).

Muestreo	pH (H ₂ O)	CE dS m ⁻¹	MO	Nt	P mg kg ⁻¹	K	Ca	Mg	Na	CIC	Ar	Li	Are	Clasif. Textural
			Cmol ₍₊₎ kg ⁻¹											
ASC	6.5	0.13	2.4	0.10	9.0	0.19	10.7	0.67	0.12	21.6	25	44.5	30	Franco-Limoso

Nt=nitrógeno total; P: fósforo-Olsen; Ar=arcilla; Li=limo; Are=arena;

Los resultados del diagnóstico de fertilidad, con base en la NOM-021-SEMARNAT-2000 (2002), mostraron contenidos de MO y N en niveles medios. Por su parte la relación C/N

fue de 12.2, lo que indica que existe mineralización de residuos y por ende una disponibilidad pronta de N orgánico, aunque en cantidades insuficientes para las plantas de caracolillo, lo cual no fue un inconveniente para ellas puesto que tenían la ventaja de haber sido fertilizadas en la etapa de vivero (Gamarra *et al.*, 2017). El pH fue moderadamente ácido, aunque a este valor la mayoría de los nutrientes están disponibles para la planta en estudio (Salgado-García *et al.*, 2013), además de que el caracolillo es una planta que crece bien en pH ligeramente ácidos a neutros (Vargas-Simón *et al.*, 2018).

El P-Olsen encontrado fue de 9.0 ppm, clasificado como medio, coincide con los valores reportados por Palma-López *et al.*, (2007) para este tipo de suelos, en los cuales los contenidos varían mayormente, de medios a bajos. Suelos con contenidos de fósforo de medios a altos indican que existe un manejo de la fertilización acorde con las extracciones del cultivo, si el pH es muy básico o ácido se deberán abonar cantidades adicionales, debido a la química de este nutriente y a la alta cantidad de arcillas presentes en el suelo (García-Serrano *et al.*, 2009).

El valor de la CIC fue medio, lo que indica que es un suelo de mediana fertilidad (Salgado-García *et al.*, 2013) con importantes contenidos de arcillas, el contenido de K fue de 0.19 $\text{Cmol}_{(+)} \text{kg}^{-1}$, clasifica como bajo, coincide con los valores reportados por Palma-López *et al.* (2007) en suelos de este tipo, donde probablemente la mineralización esté siendo condicionada por la humedad del sitio, por eso los contenidos bajos y medios (Salgado-García *et al.*, 2013). El valor de 10.7 de Ca se clasifica como altos, en tanto que el de Mg se clasifica como bajo. El K y el Mg son elementos considerados como bases intercambiables, ambos muestran ser deficitarios en suelos de la zona de estudio, por lo que deben ser aplicados a través de la fertilización química (Guerrero-Peña *et al.*, 2017).

Sobrevivencia

A tres meses de establecida la plantación, la sobrevivencia (SV) registrada fue de 95.8 % (Cuadro 8), con solo cuatro plantas muestras durante este periodo. Autores como Vásquez-García *et al.* (2016) indican que 60 % de supervivencia en una plantación es aceptable. La alta supervivencia de las plantas de caracolillo estuvo influenciada por sus características morfológicas iniciales además de la adecuada selección de las plantas,

ya que éstas estaban adaptadas a las condiciones del medio en que se plantaron (Ruíz *et al.*, 2003).

Cuadro 8. Supervivencia (%) de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) registrada a los tres meses de haberse establecido la plantación.

Tratamiento				
	Testigo	Basacote	Multicote	Total
No. plantas	24	36	36	96
Plantas muertas	0	1	3	4
% SV	100	97.2	91.7	95.8

En cuanto al tipo de fertilizante, los resultados indican que con Basacote se tiene un porcentaje de SV, más alto con un 97.2 %, al presentarse solo un deceso en la dosis media (20 kg m⁻³), mientras que con el fertilizante Multicote el porcentaje de SV fue de 91.7 %, al presentar 3 plantas muertas, dos en la dosis alta (30 kg m⁻³) y una en la dosis media (20 kg m⁻³). Por otro lado, el testigo no presentó ningún deceso teniendo un 100% de SV. Esta alta tasa de supervivencia, independientemente del tratamiento, demuestra que no hubo efecto de toxicidad de los fertilizantes. Esto es especialmente importante porque el fertilizante estuvo en contacto directo con las raíces (Reyes-Millalón *et al.*, 2012). Valores más bajos que los de esta investigación fueron reportados por Arteaga y Castelán (2008), al evaluar una plantación agroforestal temprana, obteniendo 83 % de supervivencia, el mismo porcentaje fue reportado por Robles-Villanueva *et al.* (2017), al evaluar la supervivencia en reforestación de *Pinus montezumae* Lamb. En tanto que Prieto *et al.* (2018), en *Pinus cooperi* encontraron porcentajes de supervivencia superiores a 90 %, muy similares a los de Gallardo-Salazar *et al.* (2019), al evaluar una plantación de *Abies religiosa* (Kunth) Schldl. et Cham. con porcentajes de supervivencia de 98 y 100 %. Por su parte, González *et al.* (2010), al estudiar el crecimiento inicial de *Tabebuia chrysantha* obtuvieron supervivencias del 97.5 %, a los 60 meses de haberse establecido la plantación.

En general, los valores de supervivencia fueron altos y sugieren que el caracolillo responde positivamente a las condiciones de clima y suelo en el que se estableció la plantación.

Atributos morfológicos

Altura

La aplicación de fertilizante en sus diferentes dosis, ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre el crecimiento en altura en las plantas de caracolillo. En la Figura 12, se muestra el comportamiento de esta variable en la última medición (tercer mes), en donde se puede observar claramente que el mayor crecimiento en altura, con diferencias estadísticas significativas, se obtuvo con las dosis: baja (10 kg m^{-3}) y media (20 kg m^{-3}) de los dos fertilizantes Basacote y Multicote, con alturas promedio entre 28 y 32 cm. El tratamiento testigo fue estadísticamente similar a los tratamientos restantes. Mendoza y León (2011), mencionan que el crecimiento de las especies es muy voluble por lo que no hay una regla general para esta variable, depende de la especie y de las condiciones de sitio en que son plantadas. Frecuentemente el crecimiento es menor en la primera fase, debido a que sufren estrés durante la adaptación y prendimiento en el lugar definitivo, para luego empezar su desarrollo normal. En general las plantas de caracolillo presentaron un incremento medio mensual de 3.6 cm. Ramírez-Contreras y Rodríguez-Trejo (2004), al evaluar una plantación de *Quercus rugosa*, durante un año obtuvieron tasas de crecimiento medio anual de 1.7 a 5.1 cm.

La alta eficiencia de los FLC en sus diferentes dosis, estaría dada por su sistema de entrega, donde la planta responde mejor a pequeñas cantidades periódicas que frente a una mayor cantidad al inicio del periodo de crecimiento (Reyes-Millalón *et al.* (2012).

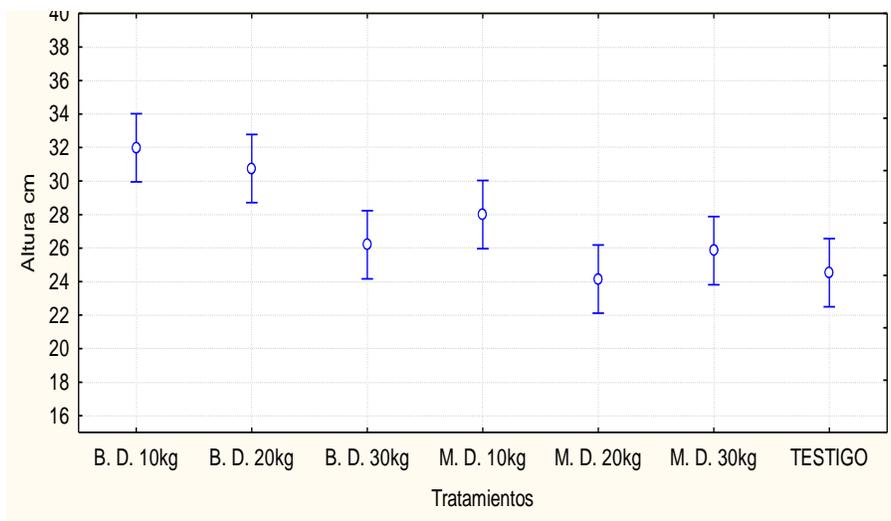


Figura 12. Comportamiento de la altura (cm) en plantas de caracolillo (etapa campo) al tercer mes de establecidas con diferentes dosis de fertilizante de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).

Diámetro

En la Figura 13, se puede observar el comportamiento estadístico del diámetro de las plantas de caracolillo (etapa campo) con tres diferentes dosis de los fertilizantes de liberación controlada Basacote y Multicote. En esta última medición (tercer mes), las dosis baja y media de Basacote (10 y 20 kg m⁻³) y la dosis baja de Multicote presentaron diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos, a excepción de la dosis alta Multicote (30 kg m⁻³) que fue similar con todos los tratamientos.

La adición y utilización de fertilizantes de liberación controlada en plantaciones recién establecidas muestran un mayor diámetro basal y volumen del tallo, con incrementos de hasta 19, 21 y 73%, respectivamente, en comparación con las plántulas fertilizadas convencionalmente (Haase *et al.*, 2006). Aunado e ello los fertilizantes de liberación controlada, mantienen de forma continua y uniforme, una concentración moderada de nutrientes en el suelo disponible para las plantas, que permiten mantener niveles aceptables de nutrientes en épocas lluviosas, además de ser independientes de la calidad del agua para desarrollar su mecanismo de liberación, características que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, obteniéndose consecuentemente, un mejor crecimiento en diámetro (Ubidia-Valencia, 2014).

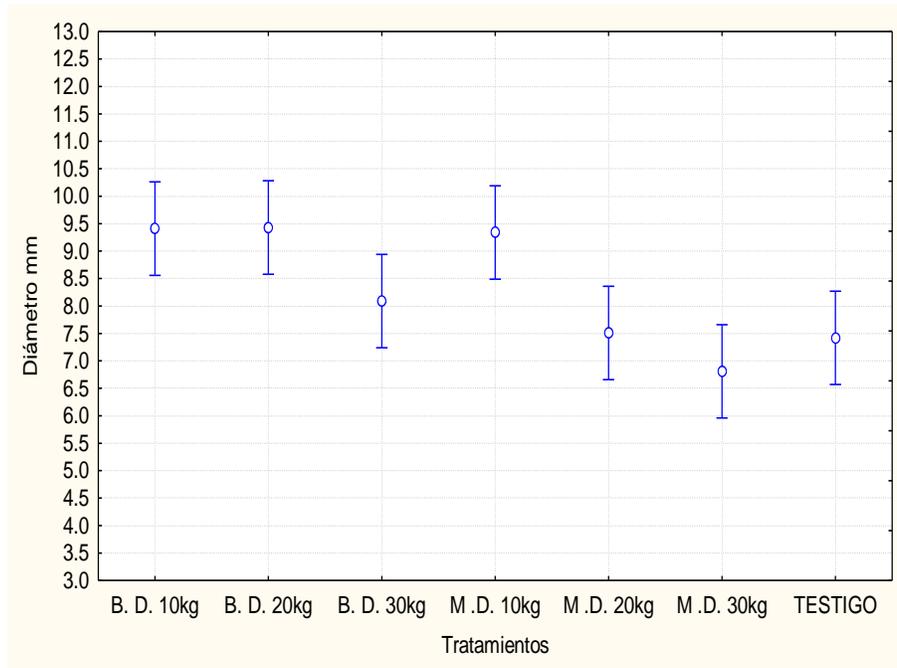


Figura 13. Comportamiento del diámetro (cm) en plantas de caracolillo (etapa campo) al tercer mes de establecidas con diferente dosis de fertilizante de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).

Número de hojas

En la Figura 14, se observa el comportamiento y el efecto de las diferentes dosis de FLC. No hubo diferencias estadísticas significativas entre las dosis bajas de los fertilizantes y el tratamiento testigo, pero sí de éstos ante las dosis medias y altas de ambos fertilizantes. A pesar de ello se puede apreciar como la dosis baja (10 kg m⁻³) del fertilizante Basacote presentó un mayor número de hojas, en promedio de 15. De acuerdo a Compo Expert (2010), la liberación de nutrientes contenidos en el gránulo ocurre en función de la temperatura, cuando es alta aumenta la liberación, y siendo baja ésta disminuye, de esta forma se consigue una liberación según la actividad metabólica de las plantas. El agua penetra a través de los microporos de la cubierta, disuelve los nutrientes formando una solución concentrada y se inicia la liberación controlada de nutrientes, lo que permite su disponibilidad durante la etapa de crecimiento de las plantas, consiguiéndose mayor número de hojas, especialmente con la concentración de 10 kg m⁻³ del fertilizante Basacote. Prieto *et al.* (2009), mencionan que el número de

hojas se relaciona con diversos procesos fisiológicos como la eficiencia fotosintética y del área de transpiración, además de representar la capacidad de la planta para almacenar carbohidratos y desarrollarse adecuadamente.

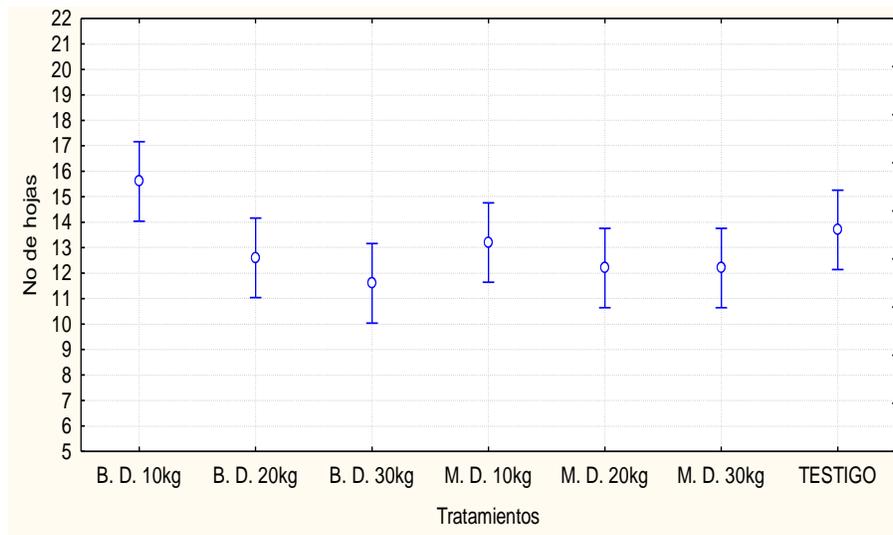


Figura 14. Análisis estadístico de Número de hojas en plantas de caracolillo (etapa campo) al tercer mes, con diferente dosis de fertilizante de liberación controlada, Basacote y Multicote. Las barras verticales indican el intervalo de confianza (0.95).

Comportamiento climatológico

Los resultados del análisis de las tres estaciones meteorológicas indican que, históricamente, durante el periodo de marzo a junio se tiene una precipitación promedio mensual de 46.9 mm (Figura 15a) y de 180.23 mm en promedio anual (Figura 15b). De acuerdo a datos reportados por la CONAGUA (2020), durante el año en curso la precipitación promedio durante este mismo periodo se mantuvo en el rango de 180 mm, valor que, de manera general, fue alto y beneficioso para la plantación, pues en los meses de marzo-abril, se presenta la temporada de sequía prolongada, donde caen menos de 50 mm mensuales (García, 1988; Palma-López *et al.*, 2007).

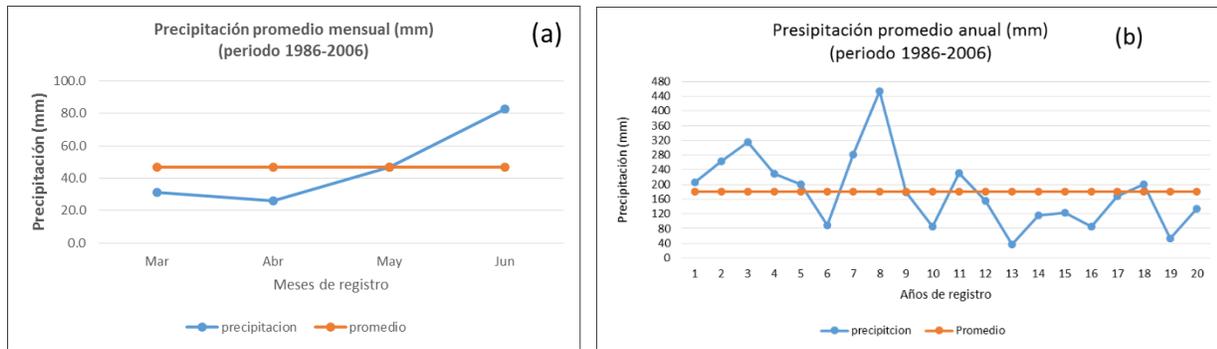


Figura 15. Comportamiento de la precipitación histórica promedio (20 años de registro a) mensual y b) anual.

Por otro lado, al calcular la probabilidad de ocurrencia o probabilidad empírica observada al 75 %, se tiene que las precipitaciones no deben exceder los 70 mm (Figura 16) en un periodo de cuatro meses, los cuales se asocian a los meses más secos y calurosos del año, por lo que escasez de precipitaciones en el periodo inmediatamente posterior a la plantación es el factor que produce mayor riesgo para la supervivencia de la planta (Navarro *et al.*, 2006). Vargas-Simón *et al.* (2018) indican que el caracolillo se desarrolla en áreas donde las precipitaciones promedio varían de 800 a 2500 mm anuales, ya que necesita grandes cantidades de agua durante la fase inicial de su establecimiento.

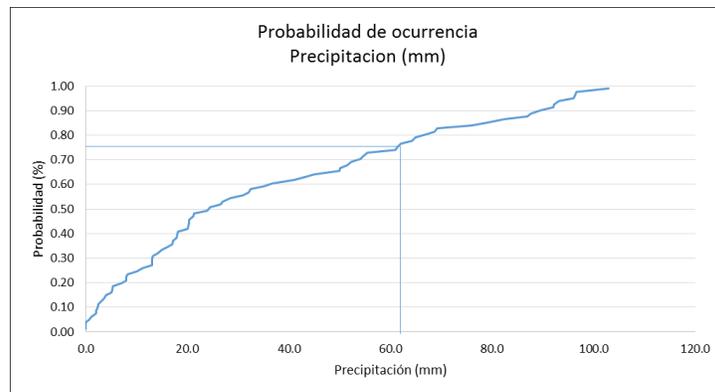


Figura 16. Probabilidad de ocurrencia al 75 %, de datos históricos (20 años) de precipitación.

Para el caso de las temperaturas, la media histórica fue de 27.7 °C, la máxima histórica estuvo en promedio de 33.9 °C (Figura 17a) para las tres estaciones, con una probabilidad al 75 % de que ésta varíe entre 33.3 y 35.8 °C (Figura 17b).

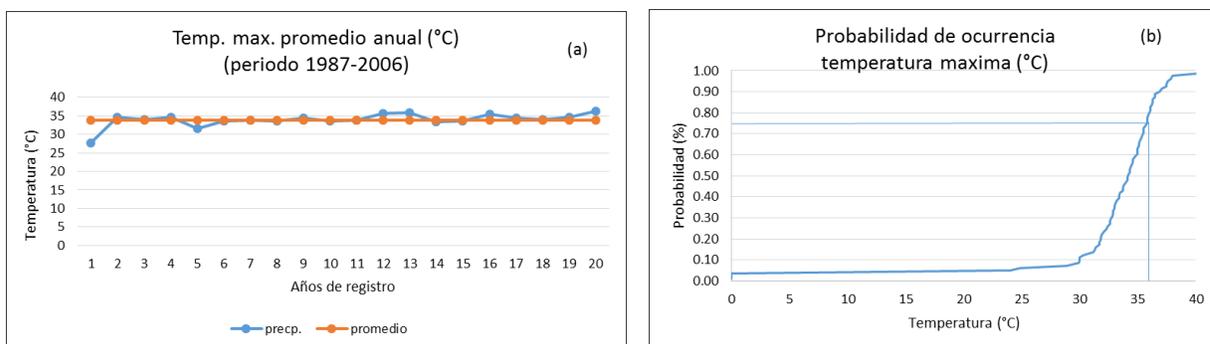


Figura 17. a) Comportamiento histórico (20 años) de la temperatura máxima anual de los meses de marzo a abril, b) probabilidad de ocurrencia de la temperatura máxima al 75%.

Para el caso de la temperatura mínima, el promedio fue de 21.5 °C (Figura 18a), con probabilidad del 75% de que fluctúe entre 20.5 y 24 °C (Figura 18b). De acuerdo a CONAGUA (2020), durante este año, para los cuatro meses se tiene que las temperaturas oscilaron entre 23.8 la mínima y 34.8 la máxima, mientras que la media se mantuvo en el rango de los 29.3 °C, Alegría-González (2014) indica que para que el caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) crezca y se desarrolle se requieren temperaturas que oscilen entre los 18 y 28°C.

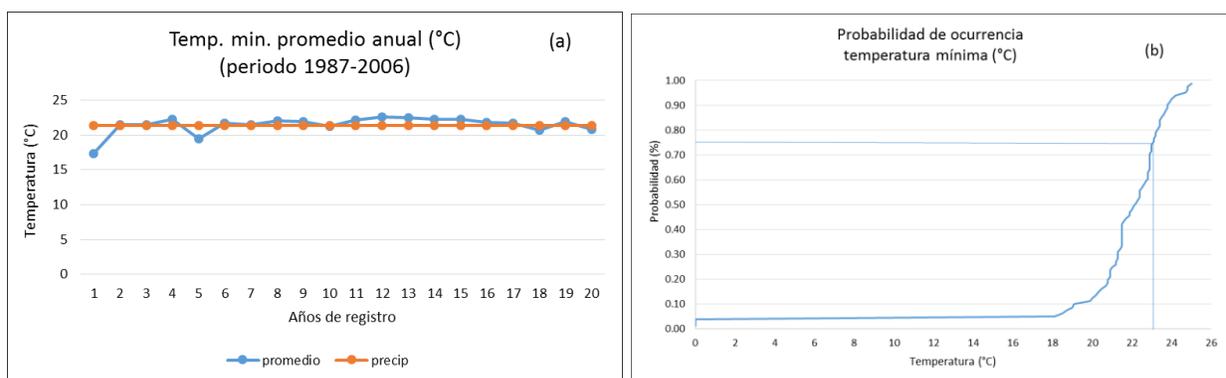


Figura 18. a) Comportamiento histórico (20 años) de la temperatura mínima anual de los meses de marzo a abril, b) probabilidad de ocurrencia de temperatura mínima al 75%.

El análisis climático demuestra que el crecimiento de *Ormosia macrocalyx* fue favorecido tanto por la temperatura como por la precipitación, lo cual se vio reflejado en el crecimiento de la especie al presentar una tasa relativa de crecimiento mensual en altura y diámetro de 3.6 cm y 1.1 mm de manera general y una supervivencia del 95.8 %, valores relativamente altos (González *et al.*, 2010), al haberse establecido la plantación en temporada de sequía, donde se esperan temperaturas elevadas y poca precipitación (Palma-López *et al.*, 2007). Jonson *et al.* (1985), mencionan que el diámetro se relaciona con la resistencia de las plantas a factores ambientales difíciles. Al evaluar la influencia de la precipitación y temperatura en el crecimiento de especies tropicales algunos autores han llegado a la conclusión de que existe una alta correlación entre estos factores y el crecimiento en altura y diámetro de los árboles ya que son afectados directa o indirectamente por los factores ambientales del sitio en donde son establecidas (Toral *et al.*, 2005; Villaseñor-López *et al.*, 2012; Zúñiga-Carrillo, 2012).

No obstante, las variables temperatura y precipitación por sí solas no determinan la productividad, calidad, crecimiento en diámetro y altura, y la supervivencia de las plantas en campo, pero es necesario tomarlas en cuenta, en conjunto con otras variables como el control de malezas y la fertilización, para poder entender mejor su crecimiento y desarrollo (Vaidés-López, 2004).

Análisis de la comunidad de Arvenses

Composición florística

De las arvenses registradas en el muestreo se generó una lista que incluyó 13 especies que corresponden a 13 géneros y 9 familias botánicas (Cuadro 9). De ellas, 8 especies (61.5%) pertenecen a las dicotiledóneas (malezas de hoja ancha) el resto (38.5 %) son monocotiledóneas. Respecto a su ciclo de vida, 61.5 % correspondió a plantas perennes y 38.5 % por plantas anuales. El porcentaje de las primeras es bajo en comparación a los reportados por Obrador-Olán *et al.* (2019) y García-Jiménez (2015) en el cultivo de caña de azúcar y Sánchez-Blanco y Guevara-Fefer (2013) para maíz, al igual que los

reportados por Arévalo-Cedeño (2018) en plantaciones de *Tectona grandis* en época seca.

Las familias mejor representadas fueron: Asteraceae y Poaceae con tres especies cada una, en tanto que Convolvulaceae, Amaryllidaceae, Acanthaceae, Commelinaceae, Malvaceae, Rubiaceae y Fabaceae estuvieron representadas por una sola especie, El número de especies de Asteraceae y Poaceae en este estudio corrobora las referencias existentes sobre estas familias botánicas consideradas entre las más diversificadas del mundo (Gámez-López *et al.*, 2011). De Asteraceae se estima que a nivel mundial existen alrededor de 1,535 géneros y de 23,000 a 32,000 especies; para México, Villaseñor (2016) y Carrasco-Ortiz *et al.* (2019) reportan alrededor de 362 géneros y 3351 especies. Aunque desde el punto de vista económico Asteraceae no tiene mucha relevancia, el gran volumen de especies hace que incluya una gran variedad de plantas de uso como: comestibles, ornamentales, medicinales y muchas plantas melíferas (Tapia-Muñoz, 2010). Por su parte, Poaceae consta de 771 géneros y unas 12,074 especies, de las cuales en México se encuentran cerca de 205 géneros, y un poco más de 1,216 especies (Dávila *et al.*, 2018). Se calcula que las gramíneas ocupan un 20% de la superficie vegetal del mundo, es la tercera familia en importancia por el número de especies, y sin duda la primera por su interés económico (Medrano *et al.*, 2007; Pacheco *et al.*, 2006).

Cuadro 9. Lista florística de las de las especies de arvenses asociadas a la plantación de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke).

No.	Familia		Especie (sp)	Nombre común	Ciclo de vida
DICOTILEDONEAS (Magnoliopsida)					
1	Acanthaceae	1	<i>Ruellia nudiflora</i> (Engelm. & A, Gray) Urb.	Petunia silvestre	Perenne
2	Asteraceae	2	<i>Acmella repens</i> (Walter) Rich.	botón de oro	Perenne
		3	<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn.	Cerbatana	Añual
		4	<i>Tridax procumbens</i> L.	Hierba de San Juan	Perenne
3	Convolvulaceae	5	<i>Ipomoea trifida</i> G. Don	Campanita	Añual
4	Fabaceae	6	<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	Cadillo	Perenne
5	Malvaceae	7	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malva de puerco	Perenne
6	Rubiaceae	8	<i>Spermacoce laevis</i> Lam.	Tomillo silvestre	Añual
MONOCOTILEDONEAS (Liliopsida)					
7	Commelinaceae	9	<i>Callisia serrulata</i> (Vahl) Christenh. & Byng	Commelinaceae hoja angosta	Añual
8	Amaryllidaceae	10	<i>Zephyranthes miradorensis</i> (Kraenzl.)	Falso coquillo	Perenne
9	Poaceae	11	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Pasto estrella	Perenne
		12	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	gramilla de rastrojo	Añual
		13	<i>Paspalum conjugatum</i> P.J. Bergius	Pasto amargo	Perenne

Atributos de la diversidad y valor de importancia de la comunidad de arvenses

En el análisis de la diversidad de la comunidad de arvenses asociadas al caracolillo a tres meses de establecida la plantación, la riqueza (S), correspondió a 13 especies, habiéndose registrado un total de 1,049 individuos (Figura 19). Las especies que presentaron el mayor número fueron *S. nodiflora*. y *P. conjugatum* con 753 y 132 individuos, las cuales pertenecen a las familias Asteraceae y Poaceae, respectivamente. Romero-García y Moraga-Quezada (2009) encontraron que *M. divaricatum* y *D. sanguinalis*, especies de estas dos familias presentaron el mayor número de individuos en el cultivo de frijol. La importancia y diversidad de estas dos familias, localizadas en la zona de estudio, ha sido destacada en nuestro país por Rzedowski (1991) y Villaseñor (2003).

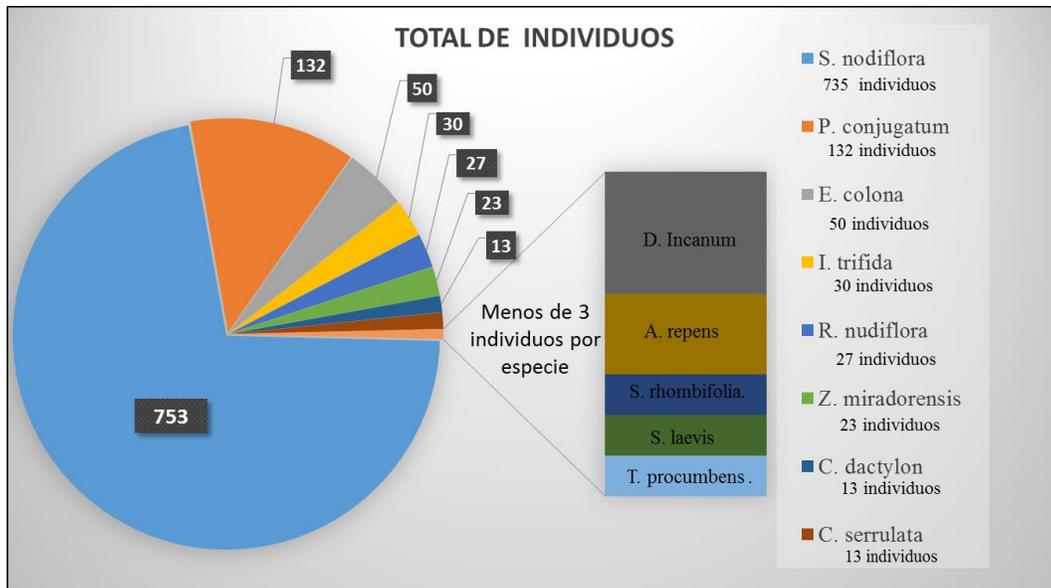


Figura 19. Número de individuos por especie registrados en el muestreo de arvenses en la plantación de caracolillo a los tres meses de haberse establecido en campo.

La diversidad (H') de la comunidad de arvenses en la parcela de estudio tuvo un valor de $H'=1.1$, catalogada por Magurran (1988) como baja, y refleja la dominancia de las dos especies mencionadas *S. nodiflora* y *P. conjugatum*. Valores más bajos (0.24 a 0.42) fueron reportados por Fernández-Méndez *et al.* (2012) en plantaciones de pino (*Pinus caribaea*), de sabana y bosque en galería Colombia. En tanto que Vera *et al.* (2018), al evaluar la diversidad de malezas en un cultivo de musáceas encontró valores de $H'=3.22$. Ríos y Giménez (1992), mencionan que valores bajos en esta variable se puede deber a la disposición de una mayor superficie, la cual suele ser ocupada por plantas competidoras capaces de invadir grandes áreas, excluyendo a otras especies, y que se caracterizan por su capacidad de capturar y utilizar eficientemente recursos abióticos para favorecer el crecimiento vegetativo en ambientes productivos. Otro factor puede estar relacionado con valores bajos de diversidad es un mayor desarrollo de las plantas cultivadas, lo que ocasiona incremento en el porcentaje de sombreado, que finalmente afecta a la comunidad de arvenses (Aristizábal *et al.*, 2007).

La Uniformidad (E) de la comunidad de arvenses del área de estudio fue de $E=0.42$, un valor más bien bajo, que indica que unas pocas arvenses del área son muy abundantes. Valores mucho más bajos (0.05 a 0.09) reportaron Fernández-Méndez *et al.* (2012) en

plantaciones de pino (*Pinus caribaea*), de sabana y bosque en galería Colombia. Perdomo *et al.* (2004) menciona que, de forma general, cuando los valores de S aumentan, los de E disminuyen debido a la dominancia de unas cuantas especies.

El Cuadro 10 contiene los resultados de los cálculos del índice de valor de importancia y los valores relativos de sus componentes, de las 13 especies de arvenses presentes en el área de estudio. *S. nodiflora* presenta el mayor IVI, fuertemente determinado por la alta densidad que presenta en la comunidad, ya que en dominancia fue superada por los pastos amargo (*P. conjugatum*) y gramilla (*E. colona*); y en frecuencia por las mañanitas veracruzanas (*Z. miradorensis*), campanita (*I. trifida*), petunia silvestre (*R. nudiflora*), tripa de pollo o calisia (*C. serrulata*) y el pasto amargo (*P. conjugatum*) y estrella (*C. dactylon*). En el análisis de la comunidad de malezas en el cultivo de musáceas del trópico ecuatoriano, realizado por Vera *et al.* (2018), *S. nodiflora* y *T. procumbens* se ubicaron entre las cinco más importantes. A continuación, se discuten algunos aspectos de la ecología de las especies que presentaron los IVI más altos.

Cuadro 10. Índice de valor de importancia (IVI) y valores relativos de la Densidad (DeR), Frecuencia (FR) y Dominancia (DoR) de las 13 especies de arvenses en una plantación de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) en Tabasco, México.

Especie	DeR	FR	DoR	IVI
<i>Synedrella nodiflora nodiflora</i> (L.) Gaertn.	47.26	8.47	19.01	74.74
<i>Paspalum conjugatum</i> P.J. Bergius	23.03	10.44	28.84	62.30
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	10.08	7.37	21.66	39.11
<i>Ipomoea trifida</i> G. Don	5.44	13.46	14.39	33.29
<i>Zephyranthes miradorensis</i> (Kraenzl.)	5.19	14.80	4.91	24.90
<i>Ruellia nudiflora</i> (Engelm. & A, Gray) Urb.	4.24	11.59	4.11	19.95

Continuación Cuadro 10. Índice de valor de importancia (IVI) y valores relativos de la Densidad (DeR), Frecuencia (FR) y Dominancia (DoR) de las 13 especies de arvenses en una plantación de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) en Tabasco, México.

<i>Callisia serrulata</i> (Vahl) Christenh. & Byng	2.53	10.56	2.00	15.09
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	1.14	8.48	3.62	13.24
<i>Sida rhombifolia</i> L.	0.03	4.76	0.14	4.92
<i>Tridax procumbens</i> L.	0.20	3.08	0.18	3.46
<i>Spermacoce laevis</i> Lam.	0.20	3.08	0.00	3.28
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	0.61	1.54	0.73	2.88
<i>Acmella repens</i> (Walter) Rich.	0.05	2.38	0.41	2.84

Synedrella nodiflora es nativa de América tropical desde donde se ha extendido a las regiones cálidas del mundo, se reporta como introducida en Asia, África y Oceanía. Crece bien en suelos húmedos, pero no saturados, de sitios perturbados, a plena luz del sol o sombreados; su corto ciclo de vida (poco más de 100 días) le permite reproducirse varias veces al año y, aunque se reproduce solo por semilla, una planta puede producir más de 6000, que pueden dispersarse en el suelo, agua, restos de plantas, en la ropa y por el viento; y germinan tanto en luz como en oscuridad continuas, y bajo una amplia gama de condiciones (CABI, 2020). Es maleza en más de 28 cultivos en 50 países (Holm *et al.*, 1977), por lo que es común encontrarla cerca de áreas de cultivos (Tapia-Muñoz, 2010).

Las tres especies de Poaceae localizadas en el área de estudio se encuentran entre las malezas más importantes del mundo (Holm *et al.*, 1977). *Paspalum conjugatum* se distribuye mayoritariamente en áreas tropicales y subtropicales, creciendo en ambientes húmedos, orillas de ríos y arroyos (Biganzoli y Zuloaga, 2015), por su rápido crecimiento es considerada una mala hierba de cultivos y plantaciones como: caña de azúcar, huertos, viñedos, parques, céspedes, bordes de carreteras, así como de sitios alterados (Queensland, 2016), aparece en praderas que han sido sobre pastoreadas o en terrenos que son sometidos a roza y quema o chapeos constantes, crece en una amplia gama de suelos incluidos los ácidos y bajos en nutrientes, resiste las quemadas y es tolerante a la sombra y a los excesos de humedad (Enríquez-Quiroz *et al.*, 2011).

Echinochloa colona es originaria de la India y se distribuye por todas las regiones tropicales, es considerada la maleza más importante en 60 países, siendo adicionalmente señalada como la cuarta entre las 10 malezas más nocivas del mundo, afectando alrededor de 32 cultivos (Daniel-Pérez, 2016). Es característica de suelos muy arcillosos y húmedos como los Vertisoles, los aluviones a orillas de ríos y las zonas bajas de los terrenos, es frecuente y a veces abundante, entre estaciones, en lotes parcialmente inundados; presentan una alta nocividad debido a su rápida adaptación a las condiciones ambientales. Su incidencia es capaz de reducir el crecimiento y desarrollo de los cultivos y plantaciones al competir por agua, espacio, nutrientes y luz (Esqueda-Esquivel y Tosquy-Valle, 2013).

Ipomoea trifida se distribuye en zonas tropicales, principalmente en zonas bajas y en hábitats modificados por la mano del hombre, es de gran importancia pues su hábito de crecimiento es rastroso y trepador, lo que facilita su desarrollo y distribución, ya que por lo regular suele encontrarse y ser abundante tanto en las cercanías de zonas agrícolas y urbanas como en orillas de caminos (Carranza, 2008). Además, se ha encontrado habitando en toda una gama de condiciones climáticas, edafológicas, topográficas y de tipos de vegetación (Carranza, 2004; Ramos-Hernández *et al.*, 2011).

Otro detalle que llama la atención es que solo se haya registrado una especie de Fabaceae (*Desmodium incanum*) ya que, según Ríos y Giménez (1992) la similitud morfológica, fenológica y la compatibilidad genética con la planta cultivada figuran entre las malezas con características más nocivas.

En general, aunque la mayoría de las arvenses registradas son perennes, varias anuales presentaron IVI alto, esto puede estar condicionado por el frecuente control químico y manual realizado en la plantación (Gámez-López *et al.*, 2011). Estas especies se han mantenido en el tiempo por un proceso de adaptación y persistencia debido a la integración de factores ecológicos, climáticos y edáficos, así como también al manejo intensivo que se mantiene en las áreas de los cultivos y plantaciones (Martínez y Alfonso, 2003).

2.4 CONCLUSIONES

El análisis climático demuestra que el crecimiento de *Ormosia macrocalyx* fue favorecido tanto por la temperatura como por la precipitación, que se reflejó en una elevada sobrevivencia (95.8 %) a los tres meses de establecida la plantación.

Las plantas fertilizadas con Basacote presentaron los mejores resultados, mayor crecimiento y desarrollo al tercer mes.

Las variables morfológicas, altura, diámetro y número de hojas, en general, presentaron mejores resultados con el fertilizante Basacote en sus dosis 10 y 20 kg m⁻³, seguido de Multicote en la dosis 10 kg m⁻³.

La composición florística incluyó 13 especies, 13 géneros y nueve familias botánicas; 61.5% son dicotiledóneas. Las familias mejor representadas fueron Asteraceae y Poaceae. Los valores de riqueza, diversidad y uniformidad fueron bajos. *S. nodiflora*, *P. conjugatum*, *E. colona*, *I. trifida* y *Z. miradorensis* fueron las especies más importantes.

2.5. LITERATURA CITADA

Alba-Landa J., L. del C. Mendizábal-Hernández., E.O. Ramírez-García., J. Márquez Ramírez., H. Cruz-Jiménez. 2016. Establecimiento y evaluación temprana de una prueba de procedencias/progenie de *Pinus greggii* Engelm. en el Progreso, Perote, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*. 18(1): 45-54.

Alegría-González W. R. 2014. Contribución al conocimiento de *Ormosia macrocalyx* Ducke: germinación y distribución en el estado de Tabasco. Tesis. Tabasco México. División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 76 pp.

Álvarez M.J., J. Rodríguez S., D. Suarez F. 1999. Mejoramiento de la productividad de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, a través de un método racional de fertilización. *Bosque*. 20(1): 23-36.

- Arévalo-Cedeño K.Y. 2018. Diversidad de especies arvenses en plantaciones de *Tectona grandis* (teca) en diferentes estadios temporales de 9 a 18 años en la época seca en la zona de los cantones Balzar y Palenque, año 2018. Tesis. Zona de los Cantones Balzar y Palenque, Quevedo, Los Ríos, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Ambientales. Carrera de Ingeniería Forestal. 46 pp.
- Arguijo-Portillo NV., G. González-Arias., A.J. Jiménez-Méndez., J.F. Juárez-López., A. Arrieta-Rivera., B. Rivera-Hernández., L.A. Aceves-Navarro. 2016. XXVIII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2016. V Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical.
- Aristizábal J., T. Sánchez y D. Mejía-Lorío. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 163. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Arteaga M.B., M. Castelán L., 2008. Evaluación dasométrica temprana de una plantación agroforestal de tres especies introducidas, en el municipio de Huehuetla, Hidalgo. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 14(2): 105-111.
- Biganzoli F. y F. Zuloaga. 2015. Análisis de diversidad de la familia Poaceae en la región austral de América del Sur. Rodriguésia. 66(2): 337-351.
- Brizuela A.B. y J.H. Saluso. 1995. Probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas y mínimas medias decádicas en Inta Paraná y zona de influencia (Entre Ríos, Argentina). Agriscientia. 12: 13-21.
- CABI. 2020. *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn. En: Compendio de especies invasoras. Wallingford, Reino Unido: CAB International. www.cabi.org/isc.
- Carranza E. 2008. Diversidad del género *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) en el estado de Michoacán, México. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo complementario 23. Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán, México. 122p.

- Carranza, E. 2004. Análisis taxonómico y fitogeográfico del género *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) en la flora del Bajío y de regiones adyacentes, México. Tesis, doctorado. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro. 247 p.
- Carrasco-Ortiz M., G. Munguía-Lino., A. Castro-Castro., G. Vargas-Amado., M. Harker., A. Rodríguez. 2019. Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género *Dahlia* (Asteraceae) en México. *Acta Botanica Mexicana*. 126:1354.
- Compo expert. 2010. Fertilizante de liberación controlada para plantaciones nuevas y viveros. En línea. Consultado el 15 de julio del 2020. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/14239074/fertilizante-de-liberacion-controlada-para-viveros-compo-expert.pdf>.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2020. Precipitación (mm) y temperatura (°C) por entidad federativa y nacional. Climatología. Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvias. En <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>. Ultima consulta 25 de octubre de 2020.
- Concenco G., R.A. Leme Filho J., J. Silva C., F. Marques R. F., B.X. Silva L, V. T. Correia I. 2016. Weed occurrence in sugarcane as function of variety and ground straw management. *Planta Daninha* 34(2):219-28.
- Corporación Nacional Forestal, CL. (2013). Guía básica de buenas prácticas para plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios. Chile.
- Daniel-Pérez P. 2016. Patrón de emergencia temporal de dos accesiones de *Echinochloa colona* (L.) Link, resistente y susceptible a herbicidas en una finca en el estado Portuguesa. Maracay Venezuela. Tesis. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Comisión de Estudios de Postgrado. Postgrado en Agronomía Maracay. 52 pp.

- Dávila P., M.T. Mejía-Saulés, A.M. Soriano-Martínez y Y. Herrera-Arrieta. 2018. Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences* 96 (3): 462-514.
- Enríquez-Quiroz J.F., Meléndez-Nava F., Bolaños-Aguilar E.D., Esqueda-Esquivel V.A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico Núm. 28. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental la Posta. Medellín de Bravo, Veracruz. 405 pp.
- Escamilla-Hernández N., J.J. Obrador-Olán, E. Carrillo-Ávila y D.J. Palma-López. 2015. Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. *Fitotec. Mex.* 38(3):329-333.
- Esqueda-Esquivel V. A y O.H. Tosquy-Valle. 2013. Chemical control of propanil-resistant *Echinochloa colona* (L.) Link and *Cyperus iria* L. in rainfed rice (*Oryza sativa* L.) in Tres Valles, Veracruz. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo.* 29(2):113-121.
- Fernández-Méndez F., Y.K. Camargo-Martínez y M.B. Sarmiento. 2012. Biodiversidad vegetal asociada a plantaciones forestales de *Pinus caribaea* Morelet y *Eucalyptus pellita* F. Muell establecidas en Villanueva, Casanare, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín.* 65(2): 6755-6770.
- Figueroa, J. 2000. Aspectos ecológicos de la germinación en especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile. *Revista Chilena de Flora y Vegetación Chloris Chilensis.* 3(2).
- Gallardo-Salazar J.L., D.A. Rodríguez-Trejo, S. Castro-Zavala. 2019. Calidad de planta y supervivencia de una plantación de oyamel [*Abies religiosa* (Kunth) Schltld. et Cham.] de dos procedencias en México central. *Agrociencia.* 53: 631-643.
- Gamarra L. C. C., Díaz L. M. I., Vera O. M., Pilar G. M. y Cabrera C. A. J. N. 2017. Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(46):4-25p.

- Gómez López A.J., M. Hernández., R. Díaz y J. Vargas. 2011. Characterization of weed flora related to maize crop under irrigation jojotos production. *Agronomía Trop.* 61(2): 133-139.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4ta. Edic. Edit. Indianápolis. D. F. México. 1-246 pp.
- García E., A. Sotomayor., S. Sila y G. Valdebenito. 2000. Establecimiento de plantaciones. Santiago de Chile: Instituto Forestal-Fondo de Desarrollo e Innovación.
- García-Jiménez P. 2015. Flora asociada al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en el municipio de Cárdenas, Tabasco. Tesis. Tabasco, México: Instituto Tecnológico de la Zona olmeca.
- García-Serrano J. P., J. J. Lucena-Marotta., S. Ruano-Criad., M. Nogales-García. 2009. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Parte I. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. 119 pp.
- Gómez-Mego D. 2009. Efecto de la aplicación de dosis de NPK en el crecimiento de *Swietenia macrophylla* king "caoba" en Tingo María. Tesis. Tingo María Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. 71 pp.
- González D., R. Poma, M. Ordóñez y N. Aguirre. 2010. Crecimiento inicial de *Tabebuia chrysantha* y *Cedrela montana* con fines de rehabilitación áreas abandonadas en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Ecología Forestal. Revista de la Carrera de Ingeniería Forestal.* 1(1): 73-80.
- Guerrero-Peña A., A. Cruz-Pons, y J. Velasco-Velasco. 2017. Interpretación del análisis de suelos cañeros basado en las relaciones entre propiedades y elementos. *Agroproductividad* 10(11):87-92.

- Haase L. D., R. Rose And J. Trobaugh. 2006. Field performance of three stock sizes of Douglas-fir container seedlings grown with slow-release fertilizer in the nursery growing médium. *New Forests*. 31:1-24.
- Harms, K.E. y C.E.T. Paine. 2003. Regeneración de árboles tropicales e implicaciones para el manejo de bosques naturales. *Revista Ecosistemas*. 3: 16 pp.
- Hernández D.Y. y A.V. Guevara V. 2012. Rachas, probabilidad de ocurrencia y persistencia de días con condiciones de calor intenso en Mayabeque, cuba. Instituto de Meteorología. 13 pp.
- Hernández-Valera R.R., M.Á. López-López., P. Flores-Nieves. 2018. Crecimiento y estado nutrimental de una plantación de *Pinus cooperi* Blanco fertilizada con N-P-K. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(48): 115-134.
- Holm L.G., D.L. Plucknett, J.V. Pancho, J.P. Herberger. 1977. *The World's worst weeds. Distribution and Biology*. Honolulu, Hawaii, USA: University Press of Hawaii.
- IMTA. 2013. Instituto Mexicano del Agua. 2013. ERIC III: Extractor Rápido de Información Climatológica v.3.2. CD, p. 28.
- Jacobs, D. F., F. Salifu K., y R. Seifert, J. 2005. Growth and nutritional response of hardwood seedlings to controlled-release fertilization at outplanting. *Forest Ecology and Management*. (214): 28–39.
- Jonson, J. D., M. Zedaker, S., B. Ariston A. 1985. Foliage, stem and root interrelations in young loblolly pine. *Forest Science*. 31: 891-898.
- Landis T., R. Dumroese., y R. Kasten. 2009. Using polymer-coated controlled-release fertilizers in the nursery and after outplanting. *Forest Nursery Notes* 29(1): 5-12.
- Lanly, J.P. 2003. Deforestation and forest degradation factors. Congress Proceedings B, XII World Forestry Congress, 21-28 September 2003, Quebec, Canada. 75-83 pp.

- León-Sánchez M.A., J.L. Reyes-Pozo., G. Herrero-Echevarría y V.E. Pérez-León. 2016. Efecto de la fertilización sobre el crecimiento en diámetro y altura de *Pinus caribaea* en plantaciones del occidente de Cuba. *Madera y Bosques*. 22(3): 87-101.
- Magurran A.E. 1988. *Diversidad Ecológica y su medición*. Ediciones Vedra, Barcelona, España 1-200.
- Martínez, M. y P. Alfonso. 2003. Especies de malezas más importantes en siembras hortícolas del valle de Quíbor, Estado Lara, Venezuela. *Bioagro*. 15(2):91-96.
- Medrano, C., W. Gutiérrez, B. Medina y Y. Villalobos. 2007. Composición florística de malezas más importantes en suelos de playas marinas. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. Universidad del Zulia. Venezuela. 41(3):363-375.
- Mendoza A. Z. y N. León A. 2011. Supervivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el Jardín Botánico de la quinta el Padmi, Zamora, Chichipe. *Arnaldoa*. 18(2): 115-122.
- Mercado-Mancera G., M. Ramírez-Rodríguez., I.F. Vizcarra-Hernández., H. López-Antonio., Vargas, D.M. A.K. Granados-Mayorga., D. Reyes-Landa., B.E. Chaires-Montecinos. 2014. Distribución y probabilidad de la lluvia en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Departamento de Ciencias Agrícolas. Licenciatura de Ingeniería Agrícola. 10 pp.
- Miller H. G. 1981. Forest fertilization: Some guiding concepts. *Forestry*. 54: 157-167.
- Mostacedo B., y S. Fredericksen T. 2000 *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz 21-87.
- Navarro M.R., A. del Campo D., y J. Cortina. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. Capítulo 2. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. 28 pp.

- NOM-021-SEMARNAT-2000. 2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. México. 31 de diciembre de 2002. 1-85.
- NRCCA (Northeast Region Certified Crop Adviser). 2008. Soil Fertility and Nutrient Management– Study Guide. Cornell University, USA 1-36.
- Obrador-Olán J.J., E. García-López, L.E. Almeyda-Santos, M. Castelán-Estrada, y E. Carrillo-Ávila. 2019. Weeds in a Sugar Cane Soil Cultivated with *Crotalaria juncea*. Planta Daninhas. 37:1-10.
- Pacheco, D., J. Zambrano y G. Sthormes. 2006. Las gramíneas (Poaceae) del estado Zulia, Venezuela. Lista de los géneros presentes. Rev. Fac. Agron. 23(2):225-233.
- Paillacho-Cedeño C.D. 2010. Evaluación del crecimiento inicial de *Eucalyptus urograndis*, *Gmelina arborea* Roxb y *Ochroma pyramidale* Cav bajo la aplicación de cuatro dosis de potasio en la hacienda Zoila Luz del Cantón Santo Domingo. Tesis. Santo Domingo, Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército. Ingeniería en Ciencias Agropecuarias. Santo Domingo de los Tsáchilas. 114 pp.
- Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J.A. Rincón-Ramírez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. COLEGIO DE POSTGRADUADOS- ISPROTAB-FUNDACION PRODUCE TABASCO. Villahermosa, Tabasco, México.
- Peñuelas J y L. Ocaña 1996. Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: Implicaciones prácticas. Revista Ecología 15. Lima Perú.
- Perdomo R.F., H. Vibrans L., A. Romero M., J.A. Domínguez V. y J.L. Medina P. 2004. SHE, una herramienta para estudiar la diversidad de maleza. Revista Fitotecnia Mexicana. 27(1): 57-60p.
- Pérez-Hernández I., S. Ochoa-Gaona, G. Vargas-Simón, M. Mendoza-Carranza., y N. A. González-Valdivia. 2011. Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. Madera y Bosques. 17(1):71-91.

- Prieto R.J.Á., A. Duarte S., J.R. Goche T., M.M. González O., M.Á. Pulgarín G. 2018. Supervivencia y crecimiento de dos especies forestales, con base en la morfología inicial al plantarse. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(47): 151-168.
- Prieto, J.A., García, J.L., Mejía, J.M., Huchin, A.S., y Aguilar, J.L. 2009. Producción de planta del Género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, Dgo. México. 47 pp.
- Queensland, 2016. *Paspalum conjugatum*. Hoja informativa de la edición Malezas de Australia. 2 pp. Disponible en: https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/paspalum_conjugatum.pdf.
- Ramírez-Contreras A., D.A. Rodríguez-Trejo. 2004. Efecto de calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 10(1): 5-11.
- Ramírez-Rengifo K. 2015. Efecto de dosis del fertilizante compomaster en el crecimiento de *Cedrela odorata* L. en Tingo María, Perú. Tesis. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Recursos Naturales Renovables. 80 pp.
- Ramos-Hernández E., A. Sol-Sánchez, A. Guerrero-Peña, J.J. Obrador-Olán, y E. Carrillo-Ávila. 2011. Efecto de *Arachis pintoii* sobre las arvenses asociadas al plátano macho (*Musa AAB*), Cárdenas, Tabasco, México. *Agronomía mesoamericana*. 22(1):51-62.
- Reyes-Millalón J., V. Gerding., O. Thiers-Espinoza. 2012. Fertilizantes de liberación controlada aplicados al establecimiento de *Pinus radiata* D. Don en Chile. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 18(3): 313-328.
- Ríos A. y A. Giménez. 1992. Ecofisiología de malezas. *Revista INIA de Investigación Agrícola*. 1(2):157-166p.

- Rivera-Hernández B., L.A. Aceves-Navarro., A. Arrieta Rivera, J.F. Juárez-López, J.M. Méndez-Adorno., y C. Ramos-Álvarez. 2016. Evidencias del cambio climático en el estado de Tabasco durante el periodo 1961-2010. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.14: 2645-2656.
- Robles-Villanueva F., D.A. Rodríguez-Trejo., A. Villanueva-Morales. 2017. Plant quality and survival in *Pinus montezumae* Lamb. reforestation. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 8(42): 1-19.
- Romero-García L.J. y Moraga-Quezada M.E. 2009. Muestreo y caracterización de arvenses en manejo tradicional y alternativo de frijol común, (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de Masatepe, Masaya. Tesis. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Desarrollo Rural. 44 pp.
- Rueda-Sánchez. A., J. de D. Benavides S., E. A. Rubio C., J. T. Sáenz R., J. A. Prieto R. y A. Molina C. 2011. Evaluación de plantaciones forestales Comerciales de *Tabebuia rosea* en el estado de Jalisco. Folleto Técnico Núm. 12. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. CIRPAC-INIFAP. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 63 pp.
- Ruíz A.V., M. Gómez C., S. Valencia M., E.H. Cornejo O. 2003. Ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca. Departamento forestal UAAAN. 435-440.
- Rzedowski J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. 14: 3-21.
- Sáenz R., J. T.; F. J. Villaseñor R., H. J. Muñoz F., A. Rueda S., y J. A. Prieto R. 2013. Evaluación de plantaciones de restauración en tres municipios del estado de Michoacán. Folleto Técnico Núm. 32. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 24 pp.
- Salgado-García S., Palma-López D.J., Castelán-Estrada M. y Ortíz-Laurel H. 2013. Manual para muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis para

- la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. 1-37p.
- Sánchez-Blanco J. y Guevara-Ferrer F. 2013. Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana*. 105: 107-129.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres: Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Ciudad de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación.
- Serrano-Vincenti S., D. Zuleta., V. Moscoso, P. Jácome., E. Palacios., y M. Villacís. 2012. Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el distrito Metropolitano de Quito. *La Granja, Revista de Ciencias de la Vida*, 16(2): 23-47.
- Tapia-Muñoz J. L. 2010. La familia Asteraceae. Herbario CICY, Centro de Investigación Científica de Yucatán. *Herbario CICY*. 2: 82-84.
- Toral I.M., A. Fratti B., L.A. González R. 2005. Crecimiento estacional y rentabilidad de plantaciones forestales comerciales de pino radiata en suelos de trumao según método de establecimiento. *Bosque*. 26(1): 43-54.
- Ubidia-Valencia M.M. 2014. Evaluación de la eficacia de fertilizantes de liberación controlada (CRF) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica). Tesis. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Agronómica.
- Vaides-López E.E. 2004. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*Tectona grandis* L. f.), en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. Tesis. Turrialba, Costa Rica. Centro

- Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Enseñanza Para el Desarrollo y la Conservación. Escuela de Posgrado. 81 pp.
- Vargas-Simón G., M.L. Núñez-Piedra., M. Domínguez-Domínguez., W.R. Alegría-González., P. Martínez-Zurimendi. 2018. Distribución de *Ormosia macrocalyx* en México y delimitación de sus áreas de ocupación. Revista Mexicana de Biodiversidad. 89: 1201- 211.
- Vásquez-García I. V.M. Cetina-Alcalá., R. Campos-Bolaños., L.F. Casal-Ángeles. Evaluación de plantaciones forestales en tres comunidades de la mixteca alta oaxaqueña. Agroproductividad. 9(2): 12-19.
- Venegas R. y R. Palazuelos. 1999. Control químico de malezas arbustivas y arbóreas en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Bosque, 20(1): 79-88.
- Vera A. D., M. Palacios Z., A. Liuba D., C. Suarez C. y C. Mendoza H. 2018. Diversidad y análisis fitosociológico de malezas en un cultivo de musáceas del Trópico Ecuatoriano. Agriscientia. 35(2): 43-52.
- Villaseñor J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. Interciencia. 28: 160-167.
- Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad. 87(3): 559-902.
- Villaseñor-López O.A., R.E. Cabanillas-Beltrán., L.M. Tamayo-Esquer., J.A. Fernández-Bocardo Y. García-Quintana., P. Alvarez-Olivera., M. Bonilla-Vichot. 2012. Evaluación del crecimiento de *Cedrela odorata* L. En las condiciones del Valle del Yaqui, Sonora, México. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales. 8(1):1-8.
- Zúñiga-Carrillo C.C., 2012. Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. procedente del Fundo Génova- Junín. Tesis. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Ciencias Forestales.

3. CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, la estimación del crecimiento y desarrollo de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) en etapa de vivero y campo a diferentes dosis de fertilizantes de liberación controlada:

El crecimiento y desarrollo de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) en los componentes de crecimiento e índice de calidad en plántulas en etapa de vivero mostró efectos con la utilización de los fertilizantes de liberación controlada (FLC), Basacote y Multicote en sus dosis bajas (10 kg m⁻³).

La sobrevivencia del caracolillo fue alta (95.8), por lo que se concluye que hubo una respuesta positiva a la aplicación de fertilizantes de liberación controlada en sus diferentes dosis, además de que las condiciones de clima y suelo de la plantación fueron adecuados.

En la etapa de campo el crecimiento y desarrollo de plantas de caracolillo se tuvo cuando se aplicó Basacote en su dosis aja (10 kg m⁻³).

La flora asociada a la plantación estuvo compuesta por 13 especies, 13 géneros y nueve familias botánicas; 61.5% de ellas dicotiledóneas. Asteraceae y Poaceae fueron las familias mejor representadas. Los valores de riqueza, diversidad y uniformidad fueron bajos y las especies de mayor importancia fueron *S. nodiflora*, *P. conjugatum*, *E. colona*, *I. trifida* y *Z. miradorensis*.