



UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

**EFFECTO DE FERTILIZANTE, BIOESTIMULANTES Y HONGOS
BENÉFICOS EN EL CRECIMIENTO INICIAL Y CALIDAD DE PLANTA DE
CEDRO (*Cedrela odorata* L.)**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA FORESTAL**

**PRESENTA
MARIA GUADALUPE OLIVERA BORJA**

**DIRECTOR
DR. ERIK PABLO CARRILLO**

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA A OCTUBRE 2017

DEDICATORIA

Con todo el cariño la presente tesis la dedico a mis padres, hermanos y sobrinas; en general a toda mi familia, gracias a la participación de cada uno de ustedes en mi vida y su apoyo incondicional pude concluir uno de mis objetivos.

No hay palabras mamá para agradecerte la vida, el amor, comprensión y todo lo que me has brindado, gracias a tu valentía y la manera en que enfrentaste a la vida para sacar adelante a Mí y mis hermanos, dándonos la mejor herencia “EDUCACIÓN”... TE AMO MAMÁ!

Papá gracias por ser la compañía de mamá y formar esta familia, trabajando siempre juntos para que nada hiciera falta en casa. Por todo tú tiempo y paciencia que tuviste y sigues teniendo conmigo, tú junto con mi mamá son el motor de mi vida.

Almiux gracias por tú tiempo, paciencia y sobre todo el amor que me tienes, gracias por estar en mi vida, ser mi segunda mamá, sabes que para mí eso eres y te lo eh dicho, te quiero mucho...

Sandy tú carácter me enseña a no tener miedo, gracias por todas esas prácticas de valentía que viví a tu lado, hoy me son de mucha ayuda.

Neto gracias por tus consejos y el ánimo que me dabas para seguir adelante con esté trabajo, me fueron de gran ayuda.

Mario gracias por ser más que mi hermano, mi mejor amigo. Agradezco tú apoyo, tiempo y compañía en la fase experimental de mi trabajo de tesis.

A mis sobrinas Zoé, Khiara e Itzae porque cada sonrisa de ustedes fue un alivio a mi estrés y un impulso más para continuar.

Con amor ... LUPITA

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su cariño, apoyo y esfuerzo que me brindaron para terminar mis estudios.

A la Universidad del Mar Campus Puerto Escondido, por ser mi casa de estudios.

Al Dr. Erik Pablo Carrillo por la dedicación y el tiempo que me brindo para culminar con el presente trabajo, sinceramente agradezco su apoyo incondicional.

Al M. en C. Rolando Galán Larrea, por sus palabras de aliento que me brindo para seguir adelante; además, que fue un excelente profesor durante mi formación académica.

Al Dr. José Luis Arcos García y el Dr. Roberto López Pozos por aceptar ser mis revisores, les agradezco infinitamente su tiempo, sugerencias y sobre todo el ánimo que me brindaban para continuar trabajando, no tengo como agradecerles.

Al M. en C. Celestino Sandoval García por contribuir con el presente trabajo con sus observaciones.

A mis compañeros de generación 2011-2016 con quienes compartí gratos momentos durante mi formación académica, en especial a Pablo López Hernández por las risas y buenos momentos que pasamos juntos y haberme brindando tú amistad incondicional.

A mi mejor amiga María de los Ángeles Luis Reyna por haberme brindado su amistad durante y después de la carrera, contando siempre con su apoyo.

A Don Chente por su apoyo en la recolección de semillas.

A todas las personas que laboran en el Campo Experimental, agradezco el apoyo brindado que recibí para culminar con el presente trabajo.

ÍNDICE

	ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
	ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
	RESUMEN.....	vi
	ABSTRACT.....	viii
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS.....	3
2.1.	Objetivo general.....	3
2.2.	Objetivos específicos.....	3
III.	HIPÓTESIS.....	3
IV.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
4.1.	Generalidades de <i>Cedrela odorata</i> L.....	4
4.2.	Nutrientes esenciales.....	5
4.2.1.	Función del nitrógeno, fósforo y potasio en las plantas.....	6
4.3.	Fertilizantes de liberación controlada.....	7
4.4.	Reguladores de crecimiento y/o fitohormonas	8
4.4.1.	Fitohormonas relacionados con el crecimiento vegetativo	8
4.5.	Bioestimulantes.....	10
4.5.1.	Productos a base de bioestimulantes.....	12
4.6.	Hongos benéficos.....	13
4.6.1.	Micorrizas.....	13
4.6.2.	<i>Trichoderma</i>	15
4.7.	Calidad de planta.....	16
4.7.1.	Atributos morfológicos e índices de calidad de planta.....	16
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5.1.	Ubicación geográfica del sitio de colecta de semillas.....	19
5.2.	Clima y suelo del sitio de colecta.....	19
5.3.	Colecta de semillas.....	20
5.4.	Tratamientos evaluados en el crecimiento inicial y calidad de planta en cedro....	20
5.5.	Crecimiento inicial de la parte aérea y radical.....	21

5.6.	Calidad de planta	22
5.6.1.	Modelo estadístico para evaluar crecimiento inicial y calidad de planta	23
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
6.1.	Crecimiento inicial <i>Cedrela odorata</i> L.....	25
6.1.1.	Análisis de varianza y comparación de medias de Tukey en variables de crecimiento inicial de cedro.....	25
6.1.2.	Efecto de fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos en el crecimiento de la parte aérea de cedro.....	32
6.1.3.	Crecimiento inicial de la parte radical de plantas de cedro por el efecto de fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos.....	38
6.2.	Calidad de planta de <i>Cedrela odorata</i> L.....	44
6.2.1.	Análisis de varianza y comparación de medias de Tukey en índices de calidad de planta.....	44
6.2.2.	Índices de calidad de planta en los tratamientos a base de fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos.....	46
VII.	CONCLUSIONES.....	52
VIII.	RECOMENDACIONES.....	53
IX.	LITERATURA CITADA.....	54
X.	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Comparaciones de medias de Tukey por el efecto de fertilizante (F), Bioestimulantes(B), hongos benéficos (HB) en el crecimiento inicial de planta de <i>Cedrela odorata</i> L. a los 21 días después de la siembra.....	26
Cuadro 2.	Medias de Tukey del efecto de fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos en el crecimiento inicial de planta de <i>Cedrela odorata</i> L. a los 35 días después de la siembra.....	27
Cuadro 3.	Comparación de medias por el método de Tukey para el efecto de fertilizantes (F), bioestimulantes (B), hongos benéficos (HB) en el crecimiento inicial de planta de <i>Cedrela odorata</i> L. a los 49 días después de la siembra.....	28
Cuadro 4.	Comparaciones de medias de Tukey en el crecimiento inicial de planta de <i>Cedrela odorata</i> L. debido al efecto de fertilizante (A), bioestimulantes (B) y hongos benéficos (HB) a los 63 días después de la siembra.....	29
Cuadro 5.	Medias de Tukey a los 77 días después de la siembra de <i>Cedrela odorata</i> L. para crecimiento inicial de planta debido al efecto de fertilizante (F), bioestimulantes (B) y hongos benéficos (HB).....	31
Cuadro 6.	Análisis de varianza para índices de calidad de planta de <i>Cedrela odorata</i> L. a base de fertilizante (F), bioestimulantes (B) y hongos benéficos (HB) a 77 días después de la siembra.....	45
Cuadro 7.	Comparaciones de medias por el método de Tukey del efecto de fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos en índices calidad de planta de <i>Cedrela odorata</i> L. a los 77 días después de la siembra.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de distribución de <i>Cedrela odorata</i> L. en México:	5
Figura 2.	Ubicación del sitio de colecta. Fuente: INEGI 2015.....	19
Figura 3.	Crecimiento de la parte aérea de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluados durante 77 días después de la siembra.....	33
Figura 4.	Incremento del número de hojas de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluados durante 77 días después de la siembra.....	34
Figura 5.	Incremento en el peso fresco de la parte aérea de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluados durante 77 días después de la siembra.....	34
Figura 6.	Incremento del peso seco de la parte aérea de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluados durante 77 días después de la siembra.....	35
Figura 7.	Plantas de cedro a las 77 días después de la siembra	37
Figura 8.	Crecimiento de la longitud de la raíz de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluados durante 77 días después de la siembra.....	39
Figura 9.	Incremento del peso fresco de la raíz de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluados durante 77 días después de la siembra.....	39
Figura 10.	Incremento del peso seco de la raíz de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluados durante 77 días después de la siembra.....	40
Figura 11.	Vesículas de <i>Glomus fasciculatum</i> en las raíces de <i>Cedrela odorata</i> L.....	43
Figura 12.	Incremento del diámetro del cuello de raíz de <i>Cedrela odorata</i> evaluados durante 77 días después de la siembra.....	43
Figura 13.	Índice de robustez de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluados a los 77 días después de la siembra.....	47
Figura 14.	Relación biomasa seca aérea/biomasa seca radical de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluado a los 77 días después de la siembra.....	48
Figura 15.	Índice de calidad de Dickson de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluado a los 77 días después de la siembra.....	49
Figura 16.	Índice de lignificación de <i>Cedrela odorata</i> L. evaluado a los 77 días después de la siembra.....	50

Figura 17. Plantas de cedro a los 77 días después de la siembra. A) tratamientos sin fertilizante. B) tratamientos con fertilizante..... 51

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos en el crecimiento inicial y calidad de planta de *Cedrela odorata*. Para crecimiento inicial se utilizaron charolas de plástico de 28 cavidades y para calidad de planta fueron de 15 cavidades empleando como sustrato peat moss, vermiculita y agrolita en la proporción 70%, 15% y 15% respectivamente. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial con tres factores: fertilizantes, bioestimulantes y hongos benéficos, con dos niveles para cada factor, las combinaciones dieron como resultado ocho tratamientos: T: testigo; HB: hongos benéficos; B: bioestimulantes; B-HB: bioestimulantes-hongos benéficos; F: fertilizante; F-HB: fertilizante-hongos benéficos; F-B: fertilizante-bioestimulantes; F-B-HB: fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos, para ambas evaluaciones. En el crecimiento inicial a los 21, 35, 49, 63 y 77 días después de la siembra se eligieron al azar tres plántulas por tratamiento para la evaluación de las siguientes variables: altura de planta, longitud de raíz, diámetro al cuello de raíz, número de hojas, peso fresco y seco de planta y de raíz. Se realizó un análisis de varianza para cada una de las cinco mediciones, cuando el valor de F fue significativo, las medias se compararon con la prueba de Tukey. Se encontraron diferencias significativas para fertilizante con $\alpha=0.01$ en las variables evaluadas. Las variables longitud y peso seco de la parte aérea presentaron mayor crecimiento e incremento con el tratamiento fertilizante-bioestimulantes con 50.75 cm y 2.718 g; respectivamente. Los tratamientos que presentaron el mayor peso fresco de la parte aérea fueron: fertilizante con 17.068 g. y fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos con 14.410 g. Los tratamientos con el mayor número de hojas fueron fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos con 69.75 y fertilizantes- bioestimulantes con 69.25; en la parte radical los mejores tratamientos fueron: para longitud de raíz: fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos 14.08 cm y fertilizante-hongos benéficos con 13.71 cm; peso fresco de raíz fueron: fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos y fertilizante-bioestimulantes con 1.24 g y 1.09 g, respectivamente; para peso seco de raíz fueron: fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos y fertilizante-bioestimulantes con 0.48 g y 0.31 g, respectivamente. Los tratamientos con los mayores diámetros al cuello de raíz fueron: fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos 0.54 cm y fertilizante-hongos benéficos con 0.50 cm.

Para calidad de planta a las once semanas después de la siembra se eligieron al azar tres plantas por tratamiento en cada repetición. Las variables que se midieron para estimar los índices de calidad de planta fueron: longitud de la parte aérea y raíz, diámetro de cuello, peso fresco y seco de raíz y parte aérea. Los índices de calidad de planta estimados fueron: índice de robustez (IR), biomasa seca aérea entre biomasa seca radical (BSA/BSR), índice de calidad de Dickson (ICD) e índice de lignificación (IL). Se realizó un análisis de varianza, cuando el valor de F fue significativo se realizó la comparación de las medias con la prueba de Tukey. Se encontraron diferencias significativas para fertilizante con ($\alpha=0.01$) en todos los índices de calidad de planta. Los mejores tratamientos fueron para el IR: fertilizante-bioestimulantes (F-B) con 10.149 y fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos (F-B-HB) con 9.296; para BSA/BSR: fertilizante-bioestimulantes (F-B) con 10.096 y fertilizante-hongos benéficos (F-HB) con 9.877. Para el ICD fueron: fertilizante (F) con 0.3524 y fertilizante-hongos benéficos (F-HB) con 0.3169. Asimismo, para el IL los mejores tratamientos fueron hongos benéficos (HB) con 29.61% y bioestimulantes (B) con 28.99%.

Palabras clave: *bioestimulantes, crecimiento inicial, hongos benéficos, índices de calidad*

ABSTRACT

The present work was carried out with the objective of evaluating the effect of fertilizer, biostimulants and beneficial fungi on the initial growth and quality of *Cedrela odorata* plant. For initial growth, 28-well plastic trays were used and 15 wells were used for plant quality, using as substrate peat moss, vermiculite and agrolite in the proportion of 70%, 15% and 15%, respectively. The experimental design used was completely randomized with factorial arrangement with three factors: fertilizers, biostimulants and beneficial fungi, with two levels for each factor, the combinations resulted in eight treatments: C: control; BF: beneficial fungi; B: biostimulants; B-BF: beneficial biostimulants-fungi; F: fertilizer; F-BF: fertilizer beneficial fungi; F-B: fertilizer-biostimulants; F-B-BF: fertilizer-biostimulants-beneficial fungi, for both evaluations. At initial growth at 21, 35, 49, 63 and 77 days after planting, three seedlings per treatment were randomly chosen for evaluation of the following traits: plant height, root length, root neck diameter, number of leaves, fresh and dry weight of plant and root. An analysis of variance was performed for each of the five measurements, when the F value was significant, the means were compared with the Tukey test. Significant differences were found for fertilizer with $\alpha = 0.01$ in the evaluated traits. The traits length and dry weight of the aerial part presented greater growth and increase with the treatment fertilizer-biostimulants with 50.7 cm and 2.7 g; respectively. The treatments that presented the highest fresh weight of the aerial part were: fertilizer with 17 g. and fertilizer-biostimulants-beneficial fungi with 14.4 g. The treatments with the highest number of leaves were fertilizer-biostimulants-beneficial fungi with 69.7 and fertilizers-biostimulants with 69.2; in the radical part the best treatments were: for root length: fertilizer-biostimulants-beneficial fungi 14.1 cm and fertilizer-beneficial fungi with 13.7 cm; Fresh root weight were: fertilizer-biostimulants-beneficial fungi and fertilizer biostimulants with 1.2 g and 1.1 g, respectively; for root dry weight were: fertilizer biostimulants-beneficial fungi and fertilizer-biostimulants with 0.5 g and 0.3 g, respectively. The treatments with the highest diameters to the root neck were: fertilizer biostimulants-beneficial fungi 0.54 cm and fertilizer-beneficial fungi with 0.50 cm. For plant quality at eleven weeks after sowing, three plants per treatment were chosen at random in each replication. The traits that were measured to estimate the plant quality indexes were: shoot length and root, neck diameter, fresh and dry weight of root and shoot. The estimated plant quality indexes were: robustness index (RI), dry aerial biomass between dry root biomass (DAB/DRB), Dickson

quality index (DQI) and lignification index (LI). An analysis of variance was performed, when the F value was significant, the means were compared with the Tukey test. Significant differences were found for fertilizer with ($\alpha = 0.01$) in all plant quality indices. The best treatments were for RI: fertilizer-biostimulants (F-B) with 10.14 and fertilizer-biostimulants-beneficial fungi (F-B-HB) with 9.3; for BSA/BSR: fertilizer-biostimulants (F-B) with 10.09 and fertilizer-beneficial fungi (F-HB) with 9.9. For the ICD were: fertilizer (F) with 0.35 and fertilizer-beneficial fungi (F-HB) with 0.31. Also, for the IL the best treatments were beneficial fungi (HB) with 29.6% and biostimulants (B) with 29%.

Key words: *biostimulants, initial growth, beneficial fungi, quality index*