



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Manejo de alternativas biológicas para el control de *Coptoborus ochromactonus* en el cultivo de balsa (Zambrano M. 2017)”

AUTOR:

Wilmer Jhon López Meza

TUTOR:

Ing. Agr. Carlos Barros Veas, M.Sc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

La balsa, es actualmente un producto de exportación de gran importancia para el país, ya que Ecuador es uno de los principales exportadores, principalmente a destinos como Asia, Europa y Norteamérica. Existen en el país, aproximadamente 20.000 hectáreas de plantaciones de balsa que sirven para este propósito y para el uso nacional. Por su parte, el *C. ochromactonus* es un insecto plaga, llamado comúnmente como la polilla de la balsa, que viene destruyendo los árboles, con un 58% de incidencia y hasta un 25% de mortalidad en plantaciones. El presente estudio es una revisión documental de información secundaria en diversos buscadores académicos para determinar las alternativas biológicas más adecuadas para el manejo y control del *C. ochromactonus* para promover su uso y mitigar el daño provocado por esta plaga. Las investigaciones demuestran que la mayor tasa de incidencia de la plaga y mortalidad se dan en el árbol adulto, que ha alcanzado los 3 años, así como también recalcan el uso de *B. bassiana* y *M. anisopliae* para el control del insecto. Estas alternativas han alcanzado una efectividad de 97.5% para controlar la plaga, en dos investigaciones, las cuáles recomiendan su uso ya que igualan la efectividad proporcionada por las alternativas químicas que se usan actualmente.

Palabras clave: Balsa, alternativas biológicas, Hongos de ambrosia, Hongos entomopatógenos, plaga.

ABSTRACT

The “balsa” is currently an export product of great importance for the country, since Ecuador is one of the main exporters, mainly to Asia, Europe and North America as frequent destinations. There are approximately 20,000 hectares of raft plantations in the country that serve this purpose and for national use. Also, the *Coptoborus ochromactonus* is an insect pest, commonly called the moth of balsa, which has been destroying trees, with a 58% incidence and up to 25% of mortality in plantations. This study is a documentary review of secondary information in different academic search engines to determine the most appropriate biological alternatives for the management and control of *Coptoborus ochromactonus* and to promote its use and mitigate the damage caused by this pest. Several research shows that the highest rate of pest incidence and mortality occurs in the adult tree, which has reached 3 years, and also emphasizes the use of *beauveria bassiana* and *metarhizium anisopliae* for insect control. These alternatives have reached an effectiveness of 97.5% to the plague control, in two investigations, which recommend their use since they are highly effective as the chemical alternatives that are currently used.

Keywords: Raft, biological alternatives, ragweed fungi, entomopathogenic fungi, plague.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	II
ABSTRACT	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
• Determinar el mejor control biológico para el <i>C. ochromactonus</i>	5
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	6
2. DESARROLLO	7
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	7
2.1.1. Origen de la Balsa	7
2.1.2. Clasificación botánica y familia	7
2.1.3. Descripción general de la balsa.....	7
2.1.4. Características edafoclimáticas	9
2.1.5. Propagación de la especie	9
2.1.6. Usos principales de la balsa	10
2.1.7. Comercialización de la madera de balsa.....	11
2.1.8. Escarabajo de la balsa <i>C. ochromactonus</i>	12
2.1.9. Descripción general.....	13
2.1.10. Daños en el árbol de balsa.....	13
2.1.11. Control Biológico del <i>C. ochromactonus</i>	14
2.1.12. <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> y su potencial para el manejo y control de <i>C. ochromactonus</i>	16
2.2. MARCO METODOLÓGICO	18
2.3. RESULTADOS.....	19
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	22
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
3.1. CONCLUSIONES.....	23
3.2. RECOMENDACIONES.....	24
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	25
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	25
4.2. ANEXOS.....	29

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La balsa es una madera blanda y ligera de grano fino que puede utilizarse para muchos fines, las plantaciones de balsa se encuentran principalmente en Sudamérica, donde hay grandes plantaciones tanto de bosques naturales como de reforestación. Los árboles de balsa crecen en los bosques nublados de la cordillera de los Andes en Sudamérica, en el pasado, la gente talaba estos árboles para utilizar su madera como alimento y refugio (Bravo et al. 2021).

Las plantaciones de balsa en la actualidad se encuentran en todo el mundo y están creciendo a un ritmo muy rápido debido a la demanda de China, India y otros países asiáticos a los que se dirige la mayor parte de las exportaciones de este producto. Por su parte, el mayor productor y exportador de balsa del mundo es Ecuador con aproximadamente el 78% del total mundial. Por su parte, en Ecuador, el árbol de la balsa es una importante fuente de ingresos para muchas comunidades locales (Ponce Manrique 2022).

Ecuador cuenta con grandes plantaciones que supera las 20.000 hectáreas entre bosques tanto naturales como reforestados. El árbol se utiliza para fabricar diversos productos, como paletas, muebles e instrumentos musicales. Además de este uso, la madera de balsa tiene una amplia gama de aplicaciones en la construcción porque tiene excelentes propiedades mecánicas. Su dureza y resistencia a la putrefacción la hacen adecuada para la construcción de puentes y edificios como casas o escuelas. Sin embargo, su ligereza la hace ideal para su uso en aviones y barcos (Castro et al. 2019).

También es importante mencionar que sólo el 10% del producto se utiliza internamente para usos artesanales, mientras que el 90% restante se destina a la exportación. El árbol de la balsa es un árbol originario de Sudamérica (Ecuador en particular) con un tronco leñoso de hasta 30 metros de altura y ramas de hasta 15 metros de largo. Sus hojas tienen forma ovalada y son de color verde oscuro con pequeñas manchas blancas (Doumet-Párraga et al. 2021).

La producción de madera balsa se da principalmente en Ecuador, donde se considera uno de los principales productos de exportación del país, junto con los plátanos o los granos de café. Dado que Ecuador es el primer productor y exportador mundial de madera de balsa, el *C. ochromactonus* se ha convertido en un gran problema para los productores locales (Zambrano-Monserrate 2017).

El *C. ochromactonus* es un vector escarabajo o polilla xileborino ambrosía nativo neotropical, que ha sido recientemente investigado después de grandes infestaciones de plantaciones de balsa (*O. pyramidale*) a partir de 2006 en las provincias occidentales de Cotopaxi en Ecuador, Guayas, Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas (Stilwell et al. 2014). La especie ha sido evaluada como una importante plaga de la balsa en Ecuador, Bolivia y Perú. El insecto también es conocido por su capacidad de transmitir la mosca blanca de la balsa, que es una importante plaga de este cultivo.

El *C. ochromactonus* 2017 es parte de la familia del *Coptoborus Hopkins*, que contiene 22 especies endémicas de los bosques tropicales y subtropicales de las cuales 18 están presentes en América del Sur. Al igual que otros *xileborinos*, las especies de *Coptoborus* excavan galerías en la albura de sus árboles hospedantes y cultivan un hongo que sirve de alimento a los adultos y larvas. Las especies de *Coptoborus* son generalmente descomponedores benignos y colonizan árboles muertos y moribundos. Mientras que *ochromactonus* parece preferir árboles vivos de pequeño diámetro, así como árboles por humedad y luz (Stilwell et al. 2014).

Para evitar que *C. ochromatus* destruya los cultivos, hay que aplicar métodos de control antes de que sea demasiado tarde para que los productores puedan actuar, entre las medidas de control más eficaces se encuentran la eliminación física, el control biológico y el control químico (Martínez et al. 2020). El impacto económico de esta plaga de insectos puede ser considerable para los productores locales, ya que daña la calidad y la cantidad del árbol (Castro Olaya et al. 2017). Sin embargo, en la actualidad no existen métodos de control de esta plaga que puedan combatirla a un coste económico.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ecuador es uno de los principales productores y exportadores a nivel mundial de madera de balsa con más de 20.000 hectáreas de plantaciones, por lo que el *C. ochromactonus*, es un insecto plaga que se ha convertido en un problema de gran magnitud para los productores locales. Los daños causados por el escarabajo de la madera balsa *C. ochromactonus* son un problema generalizado en las plantaciones de madera balsa, especialmente en Ecuador y Perú.

Este insecto tiene dos generaciones al año: una de verano, que causa daños en las hojas y reduce las tasas de crecimiento, y otra de invierno, que daña las ramas y las raíces, causando la mortalidad de los árboles y el eventual colapso de los rodales. Este insecto plaga provoca daños en su etapa adulta cuando excavan galerías en las ramas superiores de un árbol de balsa, y a medida que aumenta la densidad, las ramas comienzan a marchitarse y el árbol finalmente muere (Castro Olaya et al. 2017).

Es así como los árboles de balsa en las plantaciones infestadas pueden sufrir altas tasas de ataque de hasta el 58% con una tasa de mortalidad de aproximadamente 25% de la plantación. Los síntomas iniciales de la infestación incluyen una progresión de follaje clorótico, desarrollo reducido de hojas y hojas marchitas. Por lo que, un mayor estudio sobre el manejo y control del *C. ochromactonus* se vuelve cada vez más importante para detener este problema, y lograr un manejo eficiente del cultivo de balsa, mitigando el ataque de esta plaga para obtener árboles sanos que puedan servir para su uso final (Stilwell et al. 2014).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Dada la importancia económica que representa el cultivo de balsa para el país, tanto para los productores, comunidades y exportadores y dado los precedentes presentados se ha planteado que esta investigación puede aportar a evaluar e identificar sobre el comportamiento de esta plaga y buscar más alternativas biológicas tanto para manejo y control, que ayuden a disminuir o mitigar el daño que causado por este insecto.

El presente trabajo busca conocer técnicas de control del insecto y mejores fuentes de manejo para el manejo de balsa que sean más sostenibles en el tiempo, debido a que este insecto es una potencial plaga forestalmente que puede provocar la muerte de gran parte del cultivo. Por otro lado, se puede dar mayor soporte a los productores de balsa conociendo el proceso productivo de la balsa y las fuentes de control de esta plaga.

Es así como el conocimiento de la plaga y sobre el control y mitigación de la misma, se vuelve cada vez más importante para tener un manejo eficiente del cultivo de balsa y lograr mantener un árbol sano y que pueda servir para su uso final. Es importante también resaltar el potencial económico que representa este producto ya que es una de las principales especies que nuestro país exporta.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Establecer las alternativas biológicas para el control del *C. ochromactonus* en el cultivo de balsa.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el mejor control biológico para el *C. ochromactonus*
- Establecer la eficacia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como agentes de control biológico para *C. ochromactonus*.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación pretende realizar un estudio sobre el manejo y control del *C. ochromactonus* en el cultivo de balsa basado principalmente en el desarrollo agropecuario sostenible y sustentable. Esto puede hacerse mediante la conservación de la biodiversidad y la eficiencia en obtener recursos productivos agrícolas.

Mayor investigación sobre el manejo de alternativas biológicas para el control de *C. ochromactonus* desde su etapa adulta, es crucial para promover el desarrollo sostenible, particularmente en las áreas rurales, ya que su situación particular esta desencadenando problemas económicos, y el árbol de balsa se está deteriorando y como recurso natural ha ido disminuyendo.

La propuesta de esta investigación está relacionada con los recursos agrícolas, específicamente con la agricultura sostenible y sustentable, esto debido a que la balsa (*Ochroma pyramidale*), que es una especie arbórea autóctona del Pacífico, ha desempeñado un importante papel en el paisaje y la producción. Se utiliza para construir casas y otros edificios y sirve de apoyo a la alimentación y los medios de vida en las zonas rurales.

Se pretende así mejorar el conocimiento de la plaga para mejorar la producción de balsa, y buscando también generar mayor investigación que pueda ser aplicable en el sector agropecuario, y que beneficie a productores, academia y sector privado, y sobre todo al país, que es uno de los mayores exportadores de balsa.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

En el presente capítulo se abordarán las principales teorías referentes tanto al crecimiento y producción de la balsa y su principal enemigo, el *C. ochromactonus* como línea base de esta investigación.

2.1.1. Origen de la Balsa

La balsa es una planta que crece en las selvas tropicales de Ecuador. Su origen es incierto y no se sabe si procede de África o de Asia. La balsa fue descubierta por los científicos en la década de 1980 y su presencia en Sudamérica se confirmó mediante un análisis de ADN (Doumet-Párraga et al. 2021).

La balsa se encuentra en toda la América tropical. Se la puede encontrar en el norte en México, también en Centroamérica y el Caribe, y Sudamérica tropical. En Ecuador se distribuye principalmente en la región costera. En Sudamérica, aparte de Ecuador se ha introducido en otras zonas como Perú y Colombia, donde se llama "balsa" en español y "balsas" en quechua. El árbol también se encuentra en otras partes de Brasil, Panamá y el norte de Argentina (Doumet-Párraga et al. 2021).

2.1.2. Clasificación botánica y familia

La Balsa es una especie pionera miembro de la familia *Malvaceae* y pertenece al género *Ochroma* y de orden *Malvales*. Este género contiene unas 15 especies, entre ellas la Balsa. Su nombre científico es *Ochroma pyramidale*, y su nombre común es balsa; también se puede conocer como palo de balsa o boya (Rocafuerte Vergara 2021).

2.1.3. Descripción general de la balsa

La balsa es un árbol mediano - grande que puede alcanzar una altura de 25 a 30 metros y hasta 70 centímetros de diámetro. La madera de esta especie

es muy pesada, dura y duradera, con una densidad de unos 1,8 kg por metro cúbico. El duramen es de color marrón amarillento a pardo y se oscurece con la edad hasta alcanzar el marrón rojizo o el negro. La albura es blanca o amarillenta. Esta especie se ha utilizado para fabricar muebles, instrumentos musicales y materiales de construcción naval desde la época precolonial por su durabilidad y resistencia a la descomposición a nivel del mar (González et al. 2018).

El árbol de la balsa, puede alcanzar los 30 metros de altura cuando es maduro, pero normalmente sólo llega a la mitad de esa altura cuando es joven debido a la competencia de otras plantas de su entorno. El árbol de balsa en su hábitat nativo se encuentra a menudo en las laderas junto a los ríos o las orillas de los lagos. Se ha adaptado bien a la vida cerca del agua y se dispara directamente al agua cuando llueve o se moja por las tormentas (González et al. 2018).

La copa del árbol es muy amplia, redondeada, de gran tamaño, el tamaño de la copa puede variar en función de su altura y de otros factores como el condicionamiento del aislamiento y la competencia. La balsa tiene una copa muy densa, con muchas ramas en diferentes direcciones. Su tronco tiene una corteza lisa y las ramas son erectas o curvadas hacia atrás con una ligera inclinación (Zambrano Monserrate 2017).

Las hojas son grandes y gruesas, de unos 75 cm de largo y 20 cm de ancho en la base. Están dispuestas de dos en dos o de tres en tres sobre largos pecíolos (tallos de las hojas). Los márgenes son ligeramente aserrados y pubescentes (peludos). El tallo de la hoja es grueso y rígido, con un anillo distintivo en la base; está armado con espinas cortas que ayudan a protegerlo contra los herbívoros como los monos, los osos hormigueros o las iguanas.

Las flores de la balsa (*Ochroma pyramidale*) son pequeñas y de color amarillo verdoso, con cinco pétalos caídos sobre un corto pedúnculo en cuya base hay cinco sépalos. Los frutos son pequeñas drupas que adquieren un color marrón oscuro al madurar. Las semillas del árbol de la balsa son pequeñas, duras y de color marrón oscuro, lo que las hace difíciles de ver incluso cuando caen desde lo alto o cuando han sido esparcidas por el suelo por animales o pájaros que se las comen (Hoyos Sanchez et al. 2020).

2.1.4. Características edafoclimáticas

Las temperaturas óptimas para el desarrollo fisiológico y productivo de *O. pyramidale* se encuentran en las zonas con un rango de 22 a 26 °C. En la zona con una temperatura más alta, el desarrollo de la balsa es más rápido y su altura es mayor. La temperatura más baja se encuentra en la zona situada entre 15 y 20 °C. En esta época, la balsa comienza a morir debido a su escasa resistencia al frío. En las zonas en las que no hay temporada de lluvias, muere durante los periodos secos o después de estar sumergida en el agua durante varios días (Zambrano Monserrate 2017).

El árbol de la balsa necesita mucha agua, pero no es una planta grande y puede sobrevivir en condiciones de suelo seco. Se considera que la temperatura óptima para el desarrollo fisiológico y productivo de *O. pyramidale* es de 22-26°C, así como la temperatura óptima para la fructificación y la brotación. Los suelos recomendados para este cultivo deben tener un buen drenaje. El suelo debe estar bien drenado, con un pH de 6 a 7,5, y el análisis del suelo debe indicar un alto contenido de nitrógeno. Son preferibles los suelos con alto contenido en materia orgánica y fertilidad, o se puede añadir materia orgánica incorporando compost o musgo de turba al suelo antes de plantar (Monteros Unda 2021).

La balsa puede crecer en suelos mayoritariamente arenosos, pero le va mejor cuando hay algo de arcilla en el suelo. La balsa prefiere un suelo con un pH entre 5 y 6, pero puede tolerar niveles más altos de alcalinidad si se le proporciona mucha materia orgánica. Los árboles de balsa prosperan en zonas de clima mediterráneo, pero también pueden crecer bien en entornos más secos. Son plantas que toleran la sequía y no necesitan riego suplementario durante la temporada de crecimiento (Cañadas-López et al. 2019).

2.1.5. Propagación de la especie

El sistema de propagación de la balsa es únicamente sexual, es decir, por semillas, siendo el único método conocido y recomendado para las plantaciones de esta especie. Las semillas germinan en plántulas 5 a 25 días de crecimiento en vivero. El tiempo de recolección depende de la especie y de las

condiciones de su producción. El árbol de balsa crece muy rápidamente en sus primeros años y luego alcanzar una altura de 30 m en 3 a 4 años (Rodríguez Estrada 2021).

En el cultivo, el árbol de la balsa suele propagarse mediante semillas o esquejes. Las semillas se recogen durante su primer año de crecimiento y se almacenan en recipientes secos hasta que se plantan al suelo. Entonces germinan muy rápidamente durante 25 días hasta que maduran lo suficiente para plantarlas en su ubicación definitiva (3 años).

Una vez establecidas en su posición permanente, requerirán pocos cuidados y atenciones. Sin embargo, si necesitan una aplicación de fertilizante, ésta debe darse aproximadamente una vez al mes durante las condiciones de clima seco. El periodo de floración se produce entre diciembre y febrero, dependiendo de la ubicación. La mejor época para plantar la balsa es durante la temporada de lluvias o después de lluvias intensas, ya que permite que el agua penetre más fácilmente en el suelo. Es muy importante no cortar los árboles maduros y evitar dañarlos porque son muy sensibles al estrés (Rodríguez Estrada 2021).

2.1.6. Usos principales de la balsa

La industria de la madera balsa es una de las más importantes de Ecuador. Tiene un alto nivel de mecanización y está muy integrada con otros sectores, como el agroforestal, la transformación de la madera y la fabricación de muebles (Doumet-Párraga et al. 2021).

La industria de la madera balsa ha crecido muy rápidamente en las últimas décadas debido a la gran demanda de China y otros países asiáticos. Esto se debe a que China se ha convertido en uno de los mayores importadores de muebles de madera de balsa del mundo. De hecho, se informó de que China importó aproximadamente 300 toneladas de madera de balsa al día en 2008-2009 (Ponce Manrique 2022). La mayor parte de la producción total (90%) procede de pequeños agricultores que dependen de sus ingresos o estrategias de supervivencia.

La hoja de balsa se utiliza para fabricar platos, tazas y otros artículos domésticos. La madera de balsa se utiliza para diferentes fines. Se puede utilizar para fabricar muebles, juguetes, instrumentos musicales y artículos de decoración. La madera de balsa también se utiliza en la fabricación de maquetas de coches y barcos (Pan et al. 2021).

Con la madera de balsa se pueden fabricar sillas de comedor, mesas, bancos y otros artículos domésticos. También se pueden fabricar objetos decorativos como máscaras o cajas para guardar pequeños objetos como joyas. Maquetas se hacen a menudo con madera de balsa, lo que las hace muy prácticas para las casas de juego de los niños o las casas de muñecas.

Debido a que la madera de balsa es una madera muy ligera y blanda, fácil de trabajar, se utiliza también para fines industriales, la madera de balsa se utiliza para hacer modelos de aviones, barcos, aviones y otras naves espaciales, en instrumentos de construcción, en la construcción de puentes y barcos (Álvarez-Deulofeu et al. 2019), o en instrumentos musicales.

La balsa también se puede utilizar para crear embarcaciones ligeras pero lo suficientemente fuertes como para resistir las duras condiciones meteorológicas. La madera de balsa tiene una gran cantidad de celulosa que la hace más duradera que cualquier otro material disponible en la actualidad (Liu et al. 2021) .

2.1.7. Comercialización de la madera de balsa

La madera de balsa en Ecuador tiene dos fines comerciales principales. La industria manufacturera y de exportación, que es una de la más importante actividad económica en Ecuador. Esto es resultado de su alta calidad y precios competitivos, así como de la disponibilidad de materia prima y que ha crecido a un ritmo muy alto desde finales de los años 90, y que ha incrementado sus exportaciones a más de 20 países (Doumet-Párraga et al. 2021).

La industria de la madera de balsa en Ecuador comenzó a principios del siglo XX, cuando esta especie de árbol fue introducida por primera vez por los colonos franceses en el país. Se utilizaba como material de construcción porque

era ligero y fácil de transportar, pero con el tiempo este recurso se volvió escaso y caro debido a la sobreexplotación. Para solucionar este problema, los productores empezaron a desarrollar nuevas tecnologías que les permitieran producir madera de balsa con menos mano de obra y de forma rentable (Doumet-Párraga et al. 2021).

El segundo es el mercado interno, que cuenta con pequeños productores que las venden a empresas e industrias, donde la madera de balsa se utiliza como material de construcción para casas, muebles y otros productos.

En Ecuador los productores principales de madera balsa se ubican en Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí y Esmeraldas, provincias que tienen sus propias empresas productoras como 3A Composites, Sino Composites, Diab Composites, Gurit Balsa y Balsasud. La provincia de Los Ríos también cuenta con empresas exportadoras de balsa como BALSAFLEX, PLANTABAL E INMAIA. Los principales destinos son Europa, Asia y Norteamérica (Zambrano-Monserrate 2017, Chevez Zambrano 2017).

2.1.8. Escarabajo de la balsa *C. ochromactonus*

La polilla perforadora de la balsa *C. ochromactonus*, conocida comúnmente como "polilla de la balsa", es una especie de polilla de la familia *Erebidae*. Fue descrita por Gottlieb August Wilhelm Herrich-Schäffer en 1854 (Castro Olaya et al. 2017). En la figura 1 se presenta este insecto:

Figura 1: Polilla de la balsa (*C. ochromactonus*): (Castro 2018)



Fuente: (Castro 2018)

La polilla adulta tiene una envergadura de unos 2 cm y es de color marrón grisáceo con dos rayas oscuras en las alas delanteras. La parte inferior es más pálida, con marcas más oscuras. Las antenas son cortas y las patas largas y delgadas (Castro et al. 2019).

El *C. ochromactonus* tiene dos generaciones al año durante las cuales los adultos aparecen entre marzo y julio. La primera generación consiste en adultos que son hembras sin alas que ponen huevos en la planta huésped. La segunda generación consiste en hembras con alas que realizan puestas de 100-200 huevos cada una en hojas alternas de su planta huésped. Estas crías eclosionan al cabo de unas 3 semanas y las ninfas resultantes pasan por cinco instares antes de alcanzar la madurez a los 13-14 días de edad. Los adultos comienzan a emerger entre mayo y septiembre, cuando se produce el apareamiento, seguido de un breve período de descanso hasta noviembre, cuando comienzan a poner huevos de nuevo (Castro et al. 2019).

2.1.9. Descripción general

De acuerdo con Stilwell et al (2014) esta plaga es de orden *Coleoptera*, cuya familia es la *Scolytidae* y su subfamilia es *Scolytinae*. El *C. ochromactonus* pertenece a la tribu *Xyleborini*, es de género *Coptoborus* y de especie *ochromactonus* (Rocafuerte Vergara 2021).

El *C. ochromactonus* se encuentra en la región neotropical, donde se ha registrado en Ecuador, Perú y Brasil. En Ecuador se encuentra sobre todo en plantaciones de árboles de balsa. Las larvas perforan las ramas y los troncos de los árboles; se alimentan de la corteza y dejan grandes agujeros. También se ha informado de que algunos individuos dañan árboles frutales como el plátano y la piña (Rocafuerte Vergara 2021).

2.1.10. Daños en el árbol de balsa

El *C. ochromactonus* es una plaga muy destructiva para las plantaciones de balsa en toda América Central. Sus daños se deben principalmente a que puede vivir en el tejido vivo de sus plantas hospedantes. Esto hace que el control de *C. ochromactonus* sea muy difícil porque es imposible encontrar un solo parásito que pueda eliminar todas sus infestaciones en un año. Además, tiene

varias generaciones por año y, por tanto, requiere muchos años para su completa eliminación de las plantaciones de balsa (Chevez Zambrano 2017).

El *C. ochromactonus* afecta al crecimiento, rendimiento y calidad de la balsa. Estos escarabajos también se consideran una especie invasora en otros países, causa daños en la balsa al comerse las hojas y las ramas de los árboles, lo que provoca el debilitamiento de los mismos y la reducción de la producción. Este insecto se alimenta de los brotes jóvenes, las flores y los frutos, así como de las hojas y los tallos de los árboles más grandes (Stilwell et al. 2014).

2.1.11. Control Biológico del *C. ochromactonus*

El cultivo de la balsa es una importante fuente de ingresos para las comunidades rurales y la principal actividad económica en la mayoría de los pueblos. Las polillas del balsero son las plagas de insectos más perjudiciales para el cultivo de la balsa. Causan daños directos y retrasos en la cosecha en forma de defoliación y reducción del rendimiento (Rocafuerte Vergara 2021).

El control de la polilla de balsa es importante para reducir su impacto negativo en la economía y el medio ambiente. Se recomienda la eliminación y destrucción de los árboles afectados, ya que sirven de plantas huésped para estos insectos. Los árboles afectados por factores abióticos (estrés hídrico por déficit o por exceso, mutilados por la acción del viento parcial o totalmente o por la compactación del suelo) y bióticos, como gorgojos, chicharritas, salivazos y trips, también pueden controlarse con insecticidas biológicos (Rocafuerte Vergara 2021).

Es importante tener en cuenta los insectos, ya que pueden ser una fuente de daños para el cultivo de la balsa; esto se debe a su capacidad para atacar las semillas y provocar una germinación prematura. Además, existen otros insectos que son también una importante fuente de nutrientes para muchas otras especies que viven en el ecosistema forestal. Los insectos prestan servicios esenciales como la descomposición de la materia orgánica muerta, la polinización, la dispersión de semillas y la creación de hábitat. Por lo tanto, es importante entender la importancia de los insectos en nuestro ecosistema forestal para poder desarrollar métodos para su conservación y conocer que se puede

utilizarlos como agentes de control biológico contra especies invasoras como *C. ochromactonus* (Chevez Zambrano 2017).

Las medidas de control adoptadas normalmente incluyen:

Control Químico

- a. El uso de plaguicidas sintéticos de diversas formas, como pulverizador manual, pulverizador de bomba, espuma concentrada y espolvoreo con insecticidas.

Autores como Chevez Zambrano (2017) recomienda sin embargo los siguientes métodos:

Control biológico

- a. Mediante el uso de depredadores como hormigas y escarabajos, que suelen encontrarse cerca de los árboles que albergan a las polillas (especies de eucaliptos). Se pueden utilizar insecticidas para evitar que estos insectos pongan huevos en los árboles hospederos de las polillas de balsa, pero su aplicación no debe exceder de 10 días, a ser posible cuando las plagas estén todavía activas; de lo contrario, puede hacer que no se consigan niveles adecuados.

Control Mecánico

- a. Como la fumigación o la eliminación mecánica (como la tala de árboles muertos).
- b. Eliminación y destrucción de los árboles afectados. Esto puede hacerse cortando el árbol en pequeños trozos y retirándolos de la explotación, o quemándolos. En ambos casos, debe seguirse un procedimiento de eliminación adecuado para garantizar que no se arroje material contaminado al suelo.

2.1.12. *B. bassiana* y *M. anisopliae* y su potencial para el manejo y control de *C. ochromactonus*.

El método más eficaz para controlar la polilla del bacalao es el uso de enemigos naturales. Los agentes de control biológico más eficaces son *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Estos organismos infectan tanto los huevos como las larvas, provocando su muerte o inmovilización (Zambrano-Monserrate 2017).

La *B. bassiana* es un hongo filamentoso blanco que provoca la muerte de las orugas e insecto, mientras que el *M. anisopliae* es un patógeno fúngico zoófilo que se alimenta de múltiples nutrientes y que infecta y mata a las polillas adultas. *B. bassiana* se ha utilizado en muchos países, incluido Estados Unidos, donde se ha registrado problemas de plagas en diversas especies (Chevez Zambrano 2017).

La eficacia de *B. bassiana* contra la polilla del bacalao está bien documentada y muchos informes muestran una mortalidad superior al 99% a las 72 horas de la exposición (Castro 2018).

El control con *B. bassiana* y *M. anisopliae* requiere un seguimiento de las poblaciones cada dos semanas desde mediados de mayo hasta mediados de septiembre. Durante este periodo, debe aplicar un insecticida a base de piretrina a todos los árboles en los que se haya encontrado el insecto. Según Castro (2018) la *B. bassiana* es uno de los agentes de control biológico más eficaces para esta plaga. Es resistente a los fungicidas, insecticidas y reguladores del crecimiento. Cuando se aplica a los árboles, mata las larvas y las pupas de la polilla. Tiene un efecto residual prolongado sobre los adultos. La dosis de aplicación debe ser de unos 100-200 g/ha, dependiendo de la gravedad de la infestación.

Es importante mencionar que la *B. bassiana* también se conoce como *B. bassiana* var. *occidentalis* o *B. bassiana* subsp. *occidentalis*; a menudo se le llama hongo de la enfermedad de Bass porque se aisló por primera vez en la familia Bass, que tenía una granja en Webster, Massachusetts, a principios del siglo XX. Este hongo puede cultivarse en medios artificiales o en manzanos en un invernadero. El hongo es relativamente fácil de identificar porque produce

conidios de color marrón oscuro que miden entre 5 y 8 μm de largo cuando se observan con un microscopio (Zambrano-Monserrate 2017).

El hongo puede aplicarse a las plantas de varias maneras, puede ser directamente sobre las hojas o pulverizado sobre el follaje mediante un aplicador. La forma más sencilla de aplicar *B. bassiana* es pulverizándola (Zambrano-Monserrate 2017).

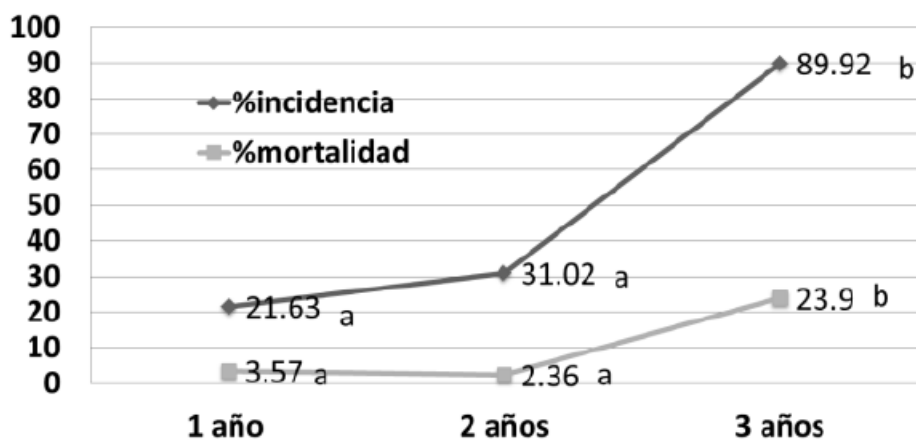
2.2. MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio es una investigación de tipo bibliográfico que se enfoca en el cultivo de balsa y una de sus principales plagas que es el *C. ochromactonus*. En la presente investigación se pretende realizar una revisión de información secundaria detallada, proveniente de diversas fuentes de interés científico, entre ellas artículos de revistas indexadas, libros, publicaciones, tesis de grado, entre otras.

2.3. RESULTADOS

Tanto Castro (2018) como Zambrano-Monserrate (2017) utilizaron *B. bassiana* y *M. anisopliae* como método biológico de control contra el *C. ochromactonus*. Los resultados se resumen a continuación:

Figura 2: Incidencia y mortalidad en plantaciones de Balsa

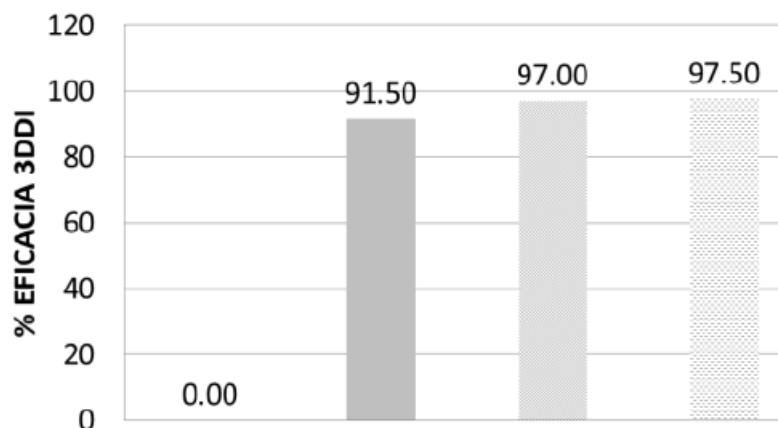


Fuente: Plantablal del estudio de Castro (2018)

Según su estudio, se puede observar que mientras más adulto el árbol, mayor es la incidencia que alcanza hasta el 89.92% del árbol de balsa en árboles de tres años. Por otro lado, la mayor mortalidad de la plaga se da de la misma forma, alcanzando hasta el 23.9% en árboles de 3 años.

En el estudio realizado por Castro (2018) introdujo el tratamiento de *B. bassiana* y *M. anisopliae* durante 3 días, para analizar si el uso biológico igualaba de alguna forma al tratamiento químico. La Figura 3, nos muestra lo siguiente:

Figura 3: Eficiencia de los tratamientos de *B. bassiana* y *M. anisopliae*



Fuente: Plantablal del estudio de Castro (2018)

Se puede observar en la Figura 3, que el tratamiento de 3 días alcanzó un 97.50% de eficiencia, lo que lo lleva a indicar que llega a igualar al tratamiento químico, y explica Castro (2018) también que: “Los entomopatógenos aislados son una potencial alternativa y preventiva de control biológico, para evitar grandes infestaciones de *C. ochromactonus*”.

Por su parte, Zambrano-Monserrate (2017) utilizó el siguiente tratamiento en las dos plantaciones estudiadas que se detalla en la Tabla 1:

Tabla 1: Tratamiento biológico utilizados en la prueba de control del *C. ochromactonus*

Nº	TRATAMIENTOS CEPAS	CONCENTRACIÓN	ORIGEN
1	Testigo (agua)	-----	-----
2	<i>Beauveria bassiana</i> , aislamiento de <i>Coptoborus ochromactonus</i> .	1x10 ⁸ Conidias /ml	PLANTABAL S.A.
3	<i>Metarhizium anisopliae</i> , aislamiento <i>Cosmopolites sordidus</i> .	1x10 ⁸ Conidias /ml	CINCAE
4	<i>Beauveria bassiana</i> , aislamiento de <i>Perkinsiella saccharicida</i> .	1x10 ⁸ Conidias /ml	CINCAE
5	Insecticida Cypermetrina	1.25 cc/ L. agua	CASA COMERCIAL

Fuente: (Zambrano-Monserrate 2017)

Es importante entonces evaluar los resultados obtenidos, para lo que se detallan las Figuras 4 y 5 a continuación.

Figura 4: Incidencia en plantación

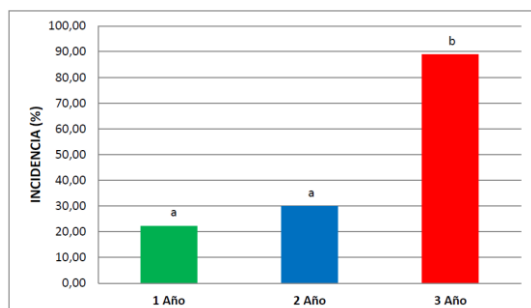
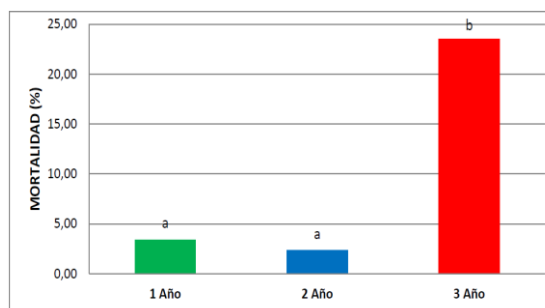


Figura 4: Mortalidad en plantación

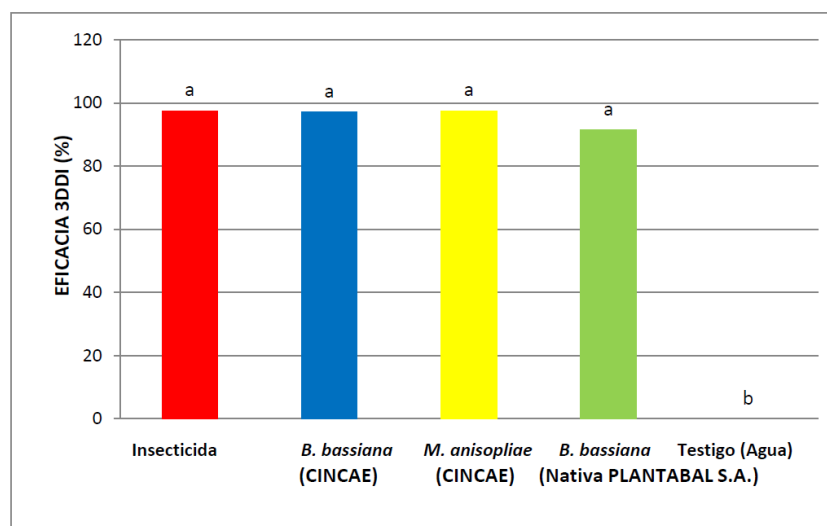


Fuente: Estudio de Zambrano-Monserrate (2017)

Al igual que se encontró en el estudio de Castro (2018), el estudio de Zambrano-Monserrate (2017) muestra que la mayor incidencia se encuentra en los árboles adultos, puesto que al año alcanzaron un porcentaje de 88.82%, y una tasa de mortalidad de 23.53%, ambos estudios tienen mucha similitud en resultados obtenidos.

Por otro lado, en la Figura 6 se muestra la eficiencia del tratamiento que se obtuvo en la investigación:

Figura 4: Incidencia en plantación



Fuente: Estudio de Zambrano-Monserrate (2017)

Finalmente, este estudio muestra que *B. bassiana* y *M. anisopliae* durante 3 días alcanzó porcentajes de eficiencia que van de 91.5% a 97.5% en todas las plantaciones por lo que recomiendan su uso debido a la eficacia obtenida.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Es importante primero recalcar la poca información existente sobre el uso de alternativas biológicas contra la plaga del *C. ochromactonus* dentro de la investigación científica actual, lo que ha hecho que este trabajo se base en las alternativas más recientes encontradas y que han la calidad adecuada para la elaboración de este caso de estudio.

Las plantaciones de balsa, son una fuente de ingresos económicas importante para el Ecuador, ya que es uno de los mayores exportadores de este producto a Europa, Asia y Norte América. Sin embargo, la plaga del *C. ochromactonus* ha sido un grave problema para los productores, puesto que tiene una tasa de mortalidad que alcanza el 25% de la población total y puede infestar hasta el 58% del árbol.

Para evitar que *C. ochromactonus* destruya los cultivos, hay que aplicar métodos de control antes de que sea demasiado tarde para que los productores puedan actuar, entre las medidas de control más eficaces se encuentran la eliminación física, el control biológico y el control químico (Martínez et al. 2020).

El estudio presentado por Castro (2018) muestra una alta eficiencia en el control del *C. ochromactonus* alcanzando hasta el 97.5% de eficiencia en tres días de tratamiento, el mismo resultado obtuvo Zambrano-Monserrate (2017), mencionando incluso que el tratamiento biológico efectuado puede ser tan efectivo como el tratamiento químico que se realiza generalmente, por lo que ambos autores lo recomiendan para su control.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Para el control del *C. ochromactonus* se utilizó *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Estos microorganismos pueden obtenerse en las casas de suministros biológicos o comprarse a los minoristas en forma líquida.

B. bassiana es muy eficaz contra una amplia gama de insectos, incluida la polilla de la balsa, como comúnmente se la conoce y otras plagas de polillas. Sin embargo, puede no ser eficaz contra otras plagas.

M. anisopliae es muy bueno para controlar las larvas (huevos) y los adultos de la polilla. Sin embargo, si se va a utilizar *B. bassiana* o *M. anisopliae* es importante que se utilice un producto que contenga ambos organismos, ya que funcionan muy bien juntos.

Los niveles de eficacia de estos productos han alcanzado hasta el 97.5% en solo tres días de tratamiento, lo que los hace altamente comparables con las alternativas químicas que son las más utilizadas y que pueden destruir tanto la planta, como la biodiversidad existente en el medio de la plantación.

3.2. RECOMENDACIONES

Finalmente, la *B. bassiana* y *M. anisopliae* se recomiendan para el control del *C. ochromactonus*. Ambas han demostrado su eficacia en el control de este insecto en diversas pruebas de laboratorio.

Sin embargo, no se han encontrado muchos estudios sobre este tema en los buscadores revisados, por lo que se propone mayor investigación que puedan analizar profundamente el uso de estas alternativas biológicas, considerando:

- a. La población objetivo y la distribución de la polilla;
- b. La eficacia de *B. bassiana* y *M. anisopliae* en poblaciones de la plaga;
- c. Considerar evaluar la eficacia de *B. bassiana* y *M. anisopliae* en poblaciones de la polilla del bacalao con otras plantas hospedantes;
- d. Evaluar su eficacia con diferentes ciclos de vida tanto del insecto como de la vida de los árboles.

Promover estos estudios adicionales para aumentar el conocimiento del uso de alternativas biológicas sobre las alternativas químicas que pueden ser mucho más dañinas en el medio ambiente.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Álvarez-Deulofeu, ER; Beira-Fontaine, E; Cabrera-Castro, PM; Reyes-Pérez, O. 2019. Comparación de métodos geotécnicos para la evaluación de asentamientos por consolidación primaria para cimentaciones en balsa. *Minería y Geología* 35(4):369-383.

Bravo, E; Yáñez, I; Bonilla, F. 2021. La extracción de balsa en el Ecuador: Nuevas geografías y naturalezas. Sobre los bosques del Ecuador, zona de sacrificio de la industria eólica china. *Anahí URQUIZA• Chile* 3:39.

Cañadas-López, Á; Rade-Loor, D; Siegmund-Schultze, M; Moreira-Muñoz, G; Vargas-Hernández, JJ; Wehenkel, C. 2019. Growth and yield models for balsa wood plantations in the coastal lowlands of Ecuador. *Forests* 10(9):733.

Castro, B. 2018. Potencial de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de *Coptoborus ochromactonus*, n. sp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). s.l., s.e.

Castro, J; Smith, SM; Cognato, AI; Lanfranco, D; Martinez, M; Guachambala, M. 2019. Life Cycle and Development of *Coptoborus ochromactonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), a pest of balsa. *Journal of Economic Entomology* 112(2):729-735.

2019. Life Cycle and Development of *Coptoborus ochromactonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), a pest of balsa (en línea). *Journal of Economic Entomology* 112(2):729-735. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy403>.

Castro Olaya, J; Lanfranco Levertón, D; Martínez Chévez, M; Guachambala, M; Belezaca Pinargote, C; Obrebska, AA. 2017. Ataque de *Coptoborus ochromactonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en plantaciones de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) (en línea). *Ciencia y Tecnología* 10(2):19-23.

DOI: <https://doi.org/10.18779/cyt.v10i2.203>.

Chevez Zambrano, JD. 2017. Fluctuación poblacional de *Coptoborus ochromactonus* n.sp.y su asociación con escolitidos, en plantaciones de balsa (*Ochroma pyramidale*, Cav. Ex. Lam). Quevedo, Universidad Técnica de Quevedo.

Doumet-Párraga, AS; Ruiz-Cedeño, AB; Sánchez-Briones, A. 2021. Cadena de valor del cultivo del árbol de balsa. *Dominio de las Ciencias* 7(3):539-551.

2021. Cadena de valor del cultivo del árbol de balsa. *Dominio de las Ciencias* 7(3):539-551.

González, B; Oviedo, B; Simba, L. 2018. Un cultivo resiliente para enfrentar el cambio climático, la balsa (*Ochroma pyramidale* sw). *Revista Científica Ciencia y Tecnología* 18(20).

Hoyos Sanchez, RA; Chicaíza Finley, D; Zambrano Arteaga, JC. 2020. In vitro Multiplication of Iraca palm (*Carludovica palmata* Ruíz & Pavón) (en línea). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 73(1):9039-9046. DOI: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.80139>.

Liu, S; Wu, H; Du, Y; Lu, X; Qu, J. 2021. Shape-stable composite phase change materials encapsulated by bio-based balsa wood for thermal energy storage. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 230:111187.

Martínez, M; Cognato, AI; Guachambala, M; Urdanigo, JP; Boivin, T. 2020. Effects of climate and host age on flight activity, infestation percentage, and intensity by *Coptoborus ochromactonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in commercial balsa plantations of Ecuador. *Journal of Economic Entomology* 113(2):824-831.

Monteros Unda, BI. 2021. Evaluación de tres tipos de sustratos en la propagación sexual de (balsa) *Ochroma pyramidale* en las colinas del Chigüilpe, cantón Santo Domingo de los Colorados. Riobamba, Escuela Superior Politécnica del

Chimborazo.

Pan, X; Zhang, N; Yuan, Y; Shao, X; Zhong, W; Yang, L. 2021. Balsa-based porous carbon composite phase change material with photo-thermal conversion performance for thermal energy storage. *Solar Energy* 230:269-277.

Ponce Manrique, JL. 2022. Análisis de las exportaciones de madera de balsa y su aporte al Producto Interno Bruto. Periodo 2015-2019. Tesis de Licenciatura. Guayaquil, ULVR.

Rocafuerte Vergara, JL. 2021. Alternativas biológicas para el manejo de *Coptoborus ochromactonus* en el cultivo de Balsa (*Ochroma pyramidale*). Babahoyo, Universidad Técnica de Babahoyo.

Rodríguez Estrada, ÁF. 2021. Producción de plántulas de *Ochroma pyramidale* (Cay. ex Lam.) Urb. (balsa) y *Tectona grandis* L.f. (teca) a nivel de vivero con sustratos de carbón activado provenientes de residuos de cosechas agrícolas y forestales. Quevedo, Universidad Estatal de Quevedo.

Stilwell, AR; Smith, SM; Cognato, AI; Martinez, M; Flowers, RW. 2014. *Coptoborus ochromactonus*, n. sp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), an Emerging Pest of Cultivated Balsa (Malvales: Malvaceae) in Ecuador (en línea). *Journal of Economic Entomology* 107(2):675-683. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC13559>.

Zambrano Monserrate, AJ. 2017. Incidencia y severidad de *Coptoborus ochromactonus* en plantaciones de balsa *Ochroma pyramidale* (Cax. Ex Lam) y alternativas biológicas para su manejo. Quevedo, Universidad Estatal de Quevedo.

Zambrano-Monserrate, AJ. 2017. Incidencia y severidad de *Coptoborus ochromactonus* en plantaciones de balsa *Ochroma pyramidale* (Cax. Ex Lam) y alternativas biológicas para su manejo (en línea). Proyecto de Investigación. Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Consultado 29 may 2022.

Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3323/1/T-UTEQ-0152.pdf>.

4.2. ANEXOS

(Es el detalle de información presentada en forma de: gráficos, matrices, encuestas, entrevistas, índices, estadísticas, etc., que el autor considere pertinente adjuntar al estudio de caso).

Colocar lo que utilizó como instrumento de recopilación de información y demás documentos necesarios para sustentar su caso de estudio (carta de autorización, análisis Urkund que le da su tutor)