



EL CULTIVO DE LA BALSA (*Ochroma pyramidale*  
(Cav. ex Lam.) Urb.) Y SU PRINCIPAL PLAGA:  
*Coptoborus ochromactonus* Smith y Cognato

Malena Martínez Chévez  
Herminio Boira Tortajada



EL CULTIVO DE LA Balsa (*Ochroma pyramidale*  
(Cav. ex Lam.) Urb.) Y SU PRINCIPAL PLAGA:  
*Coptoborus ochromactonus* Smith y Cognato

EL CULTIVO DE LA BALSA (*Ochroma pyramidale*  
(Cav. ex Lam.) Urb.) Y SU PRINCIPAL PLAGA:  
*Coptoborus ochromactonus* Smith y Cognato

Malena Martínez Chévez  
Herminio Boira Tortajada

EL CULTIVO DE LA Balsa (*Ochroma pyramidale*  
(Cav. ex Lam.) Urb.) Y SU PRINCIPAL PLAGA:  
Coptoborus ochromactonus Smith y Cognato

© Malena Martínez Chévez  
Herminio Boira Tortajada  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

2021,  
Publicado por acuerdo con los autores.  
© 2021, Editorial Grupo Compás  
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador  
Primera edición

ISBN: 978-9942-33-458-9

Cita.

Martínez, M., Boira, H. (2021) EL CULTIVO DE LA Balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.) Y SU PRINCIPAL PLAGA: *Coptoborus ochromactonus* Smith y Cognato. Editorial Grupo Compás.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de la presente publicación expresan una profunda gratitud a las autoridades de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo - UTEQ, Dr. Eduardo Díaz Ocampo (Rector), Dra. Yenny Torres Navarrete (Vicerrectora académica), Dr. Roberto Pico (Vicerrector administrativo), Dr. Carlos Zambrano (Director de Investigación), Ing. Gonzalo Leonardo (Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias) y al Ing. Elías Cuasquer Fuel (ex decano de la Facultad de Ciencias Ambientales), por su acogida y apoyo en la elaboración del libro “**El cultivo de la balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb.) y su principal plaga: *Coptoborus ochromactonus* Smith y Cognato**”.

Agradecimientos también a los investigadores Dr. Thomas Boivin (INRA-Avignon-Francia), Dr. Anthony Cognato y Dra. Sarah Smith (Michigan State University-USD), Dr. Wills Flowers (ex prometeo de la Senescyt-Ecuador), Dra. Jessenia Castro Olaya (UTM-Ecuador) y al Dr. Louis Mareschal (CIRAD-Montpellier-Francia). Cada uno de ellos contribuyó indistintamente en varias temáticas que sirvió de base para la redacción del presente documento.

A la empresa 3A Composites CORE MATERIALS, PLANTABAL, Ing. Marcelino Guachambala Candos, director de investigación, Ing. Bernardo Castro, Ing. Álvaro Navia, y a sus técnicos por coordinar y permitir el acceso a las plantaciones de balsa para la realización de los trabajos de campo.

Una especial gratitud a los revisores externos por sus observaciones y pertinente contribución en el enriquecimiento de este libro.

Y sobre todo a los estudiantes colaboradores de la UTEQ, ya ingenieros, por su gran labor, interés y entusiasmo mostrado durante el desarrollo de este trabajo, asumiendo el valor enriquecedor para ellos y para nosotros.

## PROLOGO

Es un honor para mí referirme al contenido de este texto cuyos autores son de reconocida trayectoria en el campo de la ciencia y que sin duda alguna llenan un vacío en cuanto a conocimientos para silvicultores, investigadores y estudiantes.

La balsa (*Ochroma pyramidale*) es considerada una especie nativa del Ecuador, donde las características bioclimáticas favorecen su desarrollo y calidad de la madera, cuya característica principal es su crecimiento precoz; la relación entre su peso extremadamente liviano, alta resistencia y estabilidad la hacen superior al resto del mundo.

Este texto ofrece información relevante sobre la biología, la ecología y el daño provocado por *Coptoborus ochromactonus* (Smith y Cognato) en árboles de balsa y se expone con claridad las principales medidas preventivas y estrategias de manejo válidas para plantaciones en Ecuador y otros países productores de balsa; se pone mucho énfasis en las relaciones entre las variables bioclimáticas y la edad de las plantaciones con la biología, reproducción, actividad de vuelo del insecto, la prevalencia e intensidad de infestación por el monocultivo y el poco o inadecuado manejo sanitario. Por esta razón es primordial aumentar la defensa en todo el ecosistema con mejores prácticas sostenibles, y que al mismo tiempo proporcione beneficios ambientales.

Una mayor diversidad de especies forestales tiende a ser sanitariamente más resistentes que las masas monoespecíficas, logrando sufrir 20% menos daños por insectos herbívoros y hongos patógenos que en plantaciones puras (Jactel, H. et al. 2021). La diversidad específica aumenta la heterogeneidad de recursos para los bio-agresores y favorece los mecanismos de control por niveles tróficos superiores, además mantiene el equilibrio ecológico y la sostenibilidad del cultivo.

Debido a que el ciclo de vida de *C. ochromactonus* se desarrolla en el interior de las galerías en la madera resulta difícil realizar el control químico de los escolítidos. Por esta razón es primordial considerar la calidad del suelo, aumentar la defensa en todo el ecosistema con mejores prácticas sostenibles y uso de bioestimulantes. Otra estrategia para limitar la propagación de *C. ochromactonus* es la determinación de los enemigos naturales como predadores, parasitoides y los microorganismos entomopatógenos, los mismos que juegan un papel preponderante en la regulación de los escolítidos y tienen una alta utilidad en el control biológico.

Finalmente, en el campo de la fitosociología la información obliga a la academia a continuar investigando en el mejoramiento entre las asociaciones de especies arbóreas y la conservación de plantas arvenses para maximizar la resistencia asociativa y la gestión integral del cultivo. Investigar el efecto de la diversidad de plantas arvenses sobre los insectos benéficos a fin de disponer de información

relevante para un manejo integrado de las plagas y disminuir el uso indiscriminado de los herbicidas.

Con esta información disponible para productores y estudiosos, tengo la seguridad que las empresas forestales dedicadas a la silvicultura aportarán con recursos para continuar encontrando respuestas a los múltiples problemas que enfrenta el sector forestal a fin de reducir costos de producción y maximizar los beneficios económicos y ecológicos.

Ing. For. José Elías Cuásquer Fúel M.Sc  
**EX - DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**  
**UTEQ**

## RESUMEN

La balsa es un importante recurso económico forestal, siendo Ecuador el primer país productor y exportador de su madera a nivel mundial, lo que representa un verdadero motor en la economía del país. Uno de los principales factores que altera el rendimiento de las plantaciones es la frecuente incidencia de la plaga del escolítido *Coptoborus ochromactonus* (Smith y Cognato), ocasionando importantes mermas económicas a los productores balseiros. Con la finalidad de conocer el impacto de este insecto sobre las plantaciones comerciales de balsa, nos interesamos en aportar información sobre los efectos de las variaciones bioclimáticas y la edad de las plantaciones sobre la actividad del vuelo del insecto, la prevalencia y la intensidad de infestación. Los experimentos se desarrollaron en áreas con plantaciones de 1, 2 y 3 años de edad, bajo clima húmedo y seco, en ambas áreas con precipitación estacional bimodal. La actividad de vuelo monitoreada mediante la instalación de trampas cebadas con etanol difirió entre las áreas y los periodos seco y lluvioso. El aumento de la actividad de vuelo se correlaciona positivamente con la humedad relativa y la temperatura media, y negativamente con la precipitación durante el periodo seco en el área húmeda. Por otra parte, en el área seca, presenta correlación positiva con la precipitación y las temperaturas media y mínima, durante la época lluviosa. La prevalencia de infestación y mortalidad aumenta significativamente con la edad de las plantaciones, especialmente en hábitats húmedos. La intensidad de infestación alcanza los mayores índices en árboles adultos desarrollados bajo clima seco. Asimismo, el porcentaje de pérdida del follaje aumenta significativamente con la intensidad de la infestación. En general, el presente trabajo ofrece información relevante sobre la biología, ecología y daños provocados por *C. ochromactonus* en árboles de balsa y poder diseñar, a partir de ella, medidas preventivas y estrategias de manejo adecuadas en plantaciones de Ecuador y en los principales países productores de balsa.

## INDICE

1.- INTRODUCCION.....	7
2.- LA Balsa ( <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.), ESPECIE TROPICAL DE INTERÉS ECONÓMICO .....	10
2.1.- Generalidades .....	10
2.2.- Características botánicas y ecológicas. Áreas de dispersión natural. ....	10
Hábitat y ecología.....	11
La balsa en los bosques primarios. Caracterización ecológica.....	13
La balsa en los bosques secundarios. ....	15
2.3.- Manejo del cultivo de la balsa en Ecuador. ....	17
2.4.- Sostenibilidad ambiental .....	18
2.5.- Usos y aprovechamientos de la balsa. ....	18
2.6.- Características del ecosistema forestal del cultivo de la balsa.....	19
2.6.1.- Suelos .....	19
2.6.2.- Arvenses.....	20
2.6.3.- Plagas y enfermedades .....	20
3.- LOS ESCOLITIDOS Y SU ASOCIACION SIMBIOTICA CON LOS HONGOS. ....	24
3.1. Los escolítidos.....	24
3.1.1.- Biología. ....	24
3.1.2.- Hábitos alimenticios y especificidad .....	25
3.1.3.- Diversidad y ecología. ....	26
3.2 Asociación simbiótica entre los escolítidos y los hongos. ....	28
3.2.1.- Simbiosis con hongos ambrosia. ....	28
3.2.2.- Hongos ambrosia asociados a las especies Xyleborini. ....	31
3.2.3.- Consecuencias de los hongos ambrosia en la sanidad forestal.....	31
4.- PRINCIPAL PLAGA QUE AFECTA AL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA Balsa: <i>Coptoborus ochromactonus</i> Smith y Cognato .....	33
4.1 Generalidades. ....	33
4.2 Taxonomía, descripción morfológica, biología y ecología de <i>Coptoborus ochromactonus</i> Smith y Cognato.....	34
4.2.1.- Taxonomía y descripción morfológica. ....	34
4.2.2.- Biología .....	35
4.2.3.- Ecología. ....	36
4.3.- Daños provocados por <i>Coptoborus ochromactonus</i> Smith y Cognato....	37

4.4.- Ataque de <i>Coptoborus ochromactonus</i> en plantaciones comerciales de balsa. ....	38
5.- IMPACTO DE <i>Coptoborus ochromactonus</i> EN PLANTACIONES COMERCIALES DE Balsa .....	40
5.1. Descripción y características del área de experimentación. ....	40
5.1.1.- Localización y características climáticas. ....	40
5.1.2.- Característica de la plantación.....	42
5.2.- Abundancia y dinámica estacional de vuelo de <i>C. ochromactonus</i> . ....	43
5.3.- Prevalencia de infestación y mortalidad de los árboles. ....	47
5.4.- Intensidad de infestación y su relación con el nivel de defoliación. ....	49
6.- ESTRATEGIAS DE CONTROL SOSTENIBLE EN PLANTACIONES DE Balsa FRENTE EL IMPACTO DE <i>Coptoborus ochromactonus</i> .....	53
6.1.- Limitación de la propagación de los insectos. ....	54
6.2.- Contribución a la diversificación del hábitat.....	55
7.- CONSIDERACIONES FINALES .....	58
8.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	59

## **1.- INTRODUCCION**

El Ecuador, debido a sus características geográficas, geomorfológicas y bioclimáticas, es uno de los países con mayores índices de biodiversidad a nivel mundial. Con una superficie de aproximadamente 256.370 km<sup>2</sup>, presenta cuatro regiones biogeográficas distribuidas a lo largo de la costa, los Andes, el valle del río Amazonas y las Islas Galápagos. Debido a su posición geográfica y a su topografía, con un fuerte gradiente altitudinal, el clima del país está fuertemente influenciado, además, por las corrientes oceánicas frías (Corriente de Humboldt), cálidas (vinculadas al fenómeno de El Niño) y la Cordillera de los Andes. Con esta diversidad climática y geográfica, se produce un notable nivel de diversificación de las especies vegetales y animales, estableciéndose una impresionante variedad de ecosistemas, propias, por otra parte, de climas tropicales.

La superficie forestal total del Ecuador es de aproximadamente de 12.793.462 hectárea (ha) (45% de la superficie del país), de las cuales el 98,5% son bosques naturales primarios o secundarios; sólo el 1,5% es objeto de explotaciones forestales. Una gran parte de los ecosistemas naturales se auto regeneran tras una perturbación ocasionada por tormentas, incendios o actividades antropogénicas. El bosque primario, a diferencia del secundario, constituye una serie de vegetación natural en la que las cadenas y pirámides tróficas optimizan los recursos naturales en perfecto equilibrio sin ningún tipo de intervención humana. El bosque secundario de origen antrópico, por el contrario, presenta rastros de actividades humanas con perturbaciones que interfieren en la presencia de elementos, el equilibrio ecológico y, lo que es peor, en la alteración de factores tan frágiles como el suelo (Velázquez, 2014).

En la costa ecuatoriana, casi el 70% de la vegetación natural original ha sido destruida o severamente alterada en su extensión y riqueza de especies. Los cambios en el uso de la tierra con monocultivos, de tipo forestal o agrícola, o la ganadería, están dando lugar, de forma progresiva, a una deforestación masiva con una tasa anual media estimada del 1,81% para el período 2000-2015. La principal consecuencia de estos procesos de fragmentación de los bosques es la desaparición de hábitats clave que afectan particularmente a la diversidad biológica, incluidas las comunidades de insectos, que pueden mostrar especies en declive o la aparición de nuevas especies nativas o exóticas que son perjudiciales para la economía de las explotaciones forestales y la salud e integridad de los bosques naturales.

La provincia de Los Ríos, situada en el centro del litoral de Ecuador, es una de las regiones con mayor tasa de productividad de madera de balsa. La superficie de plantaciones forestales en el Ecuador alcanza 160.000 ha. de las cuales el 43,5% corresponde al cultivo de la balsa. Entre 2013 y 2017 la superficie se incrementó en unas 4.300 ha como resultado del Plan de Incentivos del Programa de Reactivación Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería; no se incluyen las superficies plantadas por los agricultores balseros ajenos al plan gubernamental.

En 2016, Ecuador alcanzó más del 76% de la producción mundial, siendo los principales países destino de las exportaciones China (33%), Estados Unidos (25%) y Brasil (14%). En 2018 se exportaron 18.000 toneladas métricas (Tm), lo que contribuyó a unos ingresos de 66.900 millones de dólares representando una participación del 3,59 % en el grupo de exportación de libre a bordo (FOB) (Banco Central del Ecuador, 2019).

Las plantaciones de balsa fueron inicialmente establecidas en áreas similares a las de su origen natural: zonas tropicales húmedas y subhúmedas y en elevadas altitudes beneficiándose de la alta precipitación, nubosidad y menores temperaturas. Actualmente, solo el 6% de las plantaciones forestales reciben

asistencia técnica en la gestión de los riesgos sanitarios, lo que repercute en una merma de la productividad forestal. La expansión del monocultivo hacia grandes superficies y el poco o inadecuado manejo sanitario son las principales causas del aumento de riesgos.

Bajo estas condiciones de explotación forestal, uno de los principales factores que afecta al rendimiento de las plantaciones es la frecuente incidencia de la plaga del escolítido *Coptoborus ochromactonus* (Smith y Cognato), ocasionando importantes descensos en los rendimientos económicos a los productores balseros. Dadas las mayores incidencias en plantaciones bajo clima húmedo, las plantaciones comerciales se fueron expandiendo hacia áreas de condiciones de clima seco con la finalidad de limitar el impacto causado por los insectos y las enfermedades.

El principal contenido de este libro se centra en aportar información sobre las relaciones entre las variables bioclimáticas y la edad de las plantaciones con la biología, reproducción, actividad de vuelo del insecto, prevalencia e intensidad de infestación. Para ello se desarrolló un plan de investigación sobre plantaciones de 1, 2 y 3 años de edad, en áreas de clima húmedo y seco. El monitoreo del comportamiento del insecto proporcionó los datos necesarios para el conocimiento de sus procesos reproductivos, condiciones óptimas para su desarrollo y formas de ataque. Con todo ello, y mediante el procesamiento de datos, se aportan medidas tecnológicas para la mejora de la productividad y los rendimientos.

## **2.- LA BALSA (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.), ESPECIE TROPICAL DE INTERÉS ECONÓMICO**

### **2.- LA BALSA (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.), ESPECIE TROPICAL DE INTERÉS ECONÓMICO**

#### **2.1.- Generalidades**

Las características específicas de la madera de balsa, en particular su ligereza y elasticidad, las condiciones de explotación y su elevada productividad primaria, la han convertido en una fuente de recursos económicos para los países cuyos territorios reúnen las condiciones para el desarrollo de los bosques naturales de los que forma parte o áreas degradadas en las que las técnicas de cultivo, unidas a condiciones adecuadas de humedad, determinados tipos de suelo e iluminación le permiten un rápido crecimiento.

Tanto en las poblaciones naturales como en las explotaciones agroforestales, el desarrollo está condicionado no solo por los factores edáficos y bioclimáticos sino por ciertos componentes del ecosistema en el que se integra, en especial arvenses, plagas y enfermedades.

#### **2.2.- Características botánicas y ecológicas. Áreas de dispersión natural**

La balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex. Lam.) Urb., 1920) es una especie arbórea perteneciente a la familia Malvaceae; posee un crecimiento rápido, pudiendo alcanzar hasta los 25- 30 m de altura en tres o cuatro años.

Es de tronco columnar, sin espinas, con fuerte ramificación en el tercio superior. Las hojas son simples, grandes, ampliamente cordadas, más o menos trilobuladas, adquiriendo un color rojo oxidado en su senescencia; los peciolo son de un verde profundo en la parte superior y amarillo pálido en la parte

inferior. Las flores son grandes, de hasta 15 cm de largo, rígidamente erectas, solitarias, con cinco sépalos aterciopelados (veloso seríceos), y cinco enormes pétalos de color blanco cremoso, arrugados y succulentos, unidos a la base de la columna estaminal; estambres monadelfos; ovario supero, sincárpico que se resuelve en un fruto en cápsula angulada dehiscente, fuertemente lanuda por dentro, con numerosas semillas (Fig. 1.1). La balsa se reproduce sexualmente por alogamia, siendo los murciélagos los principales agentes polinizadores (quiropterofilia); las semillas poseen dispersión anemócora. De su ciclo biológico destaca la alta temperatura requerida por las semillas para su germinación y su elevada tasa de crecimiento.



**Fig. 1.1.-** Hojas y flor de *Ochroma pyramidale*

### **Hábitat y ecología**

Originario de los bosques tropicales de América Latina, su distribución natural se extiende desde México hasta Bolivia y las Antillas incluyendo el sur de México, América Central, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil.

Alcanza su óptimo ecológico en áreas propias de los bosques secos pluviestacionales, hasta 1200 m; en pie de monte de los bosques andinos pluviestacionales, siempre verdes de la Amazonía y en las estribaciones occidentales de los Andes (Chocó ecuatoriano).

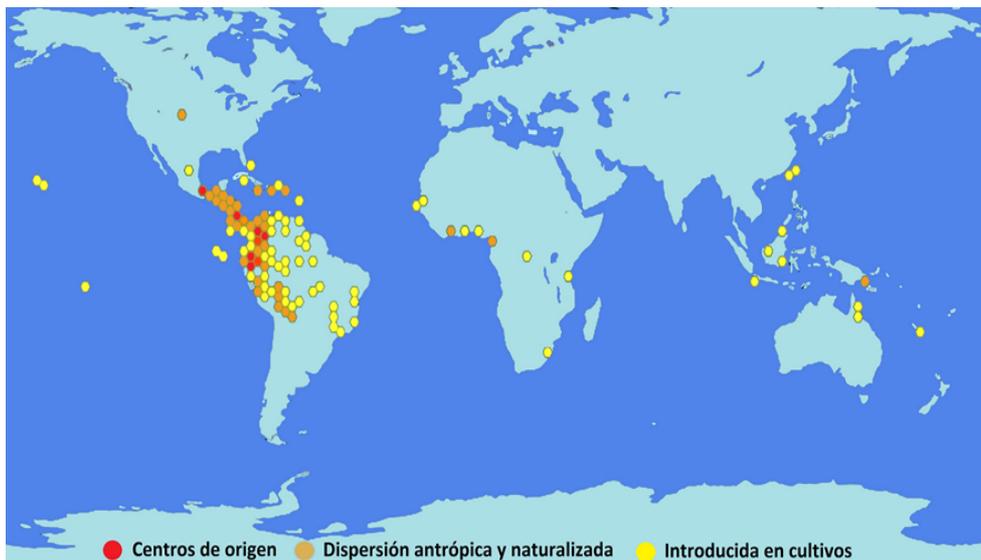
En Ecuador forma parte de los bosques secos montano subhúmedos, semidecíduos, frecuentes en estribaciones y valles de las provincias de El Oro, Guayas, Manabí y Los Ríos y en el bosque seco interandino oriental por lo general sobre suelos profundos de origen aluvial, con buena aireación y en ningún caso anegado o bien en suelos arenosos o levemente arcillosos, producto de la meteorización de rocas ricas en bases.

Actualmente, y debido a la domesticación y aprovechamiento como recurso forestal, ha sido introducida en numerosos países de bioclima similar, extendiéndose por algunas áreas paleotropicales de África Central (Camerún, Costa de Marfil, Ghana), Sudáfrica, Sudeste asiático (Taiwán, Indonesia, Papúa - Nueva Guinea) y N. de Australia (Fig. 1.2).

En Camerún se halla, fuera de las plantaciones, integrada en los bosques abiertos secundarios como especie naturalizada.

A nivel mundial, los países con mayor superficie destinada al cultivo de la balsa, como recurso maderable, son Ecuador y Papúa Nueva Guinea, alcanzando el 89 % y el 8% respectivamente de la producción total. Aportaciones menores son las correspondientes a los cultivos o extracciones de bosques llevadas a cabo en Colombia, Brasil, Venezuela, Costa Rica e Indonesia.

Las especies frecuentes de estos bosques, formando parte del climax de la etapa serial, son *Tabebuia bilbergii* (Bur & Schumann) Standley,



**Fig. 1.2.-** Origen y dispersión mundial de la balsa.

*Cordia*

*alliodora* (Ruiz & Pavón) Cham., *Bahuinia aculeata* L., *Senna mollissima* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H. S. Irwin & Barneby, *Centrolobium ochroxylon* Rose ex Rudd, *Prosopis pallida* (Willd.) Kunth y *Triplaris cunningamia* Fisch. & CA.Mey, entre otras.

## **La balsa en los bosques primarios. Caracterización ecológica**

### **Bioclima**

En el Ecuador, la balsa se integra en los bosques secos semidecíduos generalmente densos, con alta productividad primaria bajo un clima húmedo, pluviestacional y suelos desarrollados eutrofos de textura arcillosa.

La temperatura media anual oscila en torno a los 25,1°C, con una precipitación media anual en torno a los 2.800 mm de carácter bimodal, correspondiendo la mayor parte al primer semestre del año (Tab.1.1). En particular, son formidables reservas de agua para mantener la evapotranspiración, recurriendo al aprovechamiento de casi una cuarta parte de la lluvia y la niebla.

**Tab. 1.1 Índices bioclimáticos de las áreas de desarrollo de la balsa en condiciones de bosques naturales y cultivo, (Ecuador).**

<u>Localidad</u>	<u>It</u>	<u>Pp</u> <u>mm.</u>	<u>Tp</u>	<u>Io</u>	<u>Ic</u>	<u>Clasificación</u>
<b>Bosque Primario</b>	697,1	3019,0	2761,3	10,9	7,4	Thermotropical inferior pluviestacional
<b>Bosque Secundario</b>	804,5	3129,8	3148,2	9,9	17,6	
<b>Bosque Balsa</b>	796,8	2778,0	3116,5	8,9	16,0	Infratropical superior pluviestacional
<b>Plantac. Área húmeda</b>	784,4	2744,2	3070,6	8,9	17,2	
<b>Plantac. Área seca</b>	774,5	1058,8	3056,8	3,5	16,5	Infratropical superior xérico
It=Índice de termicidad: $It = (T + m + M) \times 10$ (en décimas de °C); Pp= Precipitación media positiva de cualquier mes del año (mm); i = del 1 de enero al 12 de diciembre; Tp= Temperaturas positivas anuales (décimas de °C): suma de las temperaturas medias mensuales de los meses con temperaturas medias >0°C; Io= Índice ombrotérmico anual: $Io = (Pp/Tp) \times 10$ ; Ic= Índice de continentalidad simple: $Ic = Tmax - Tmin$ (°C). m= temperatura media de los mínimos; M= temperatura media de los máximos; T= temperatura media de los medios. P= Precipitación media.						

Constituyen los ecosistemas con mayor biodiversidad arbórea, llegando a alcanzar más de 100 especies por hectárea; muchas de estas especies pueden sobrepasar los 30 metros de altura, soportando la asociación de numerosas lianas y epífitas propias del bosque tropical.

Las familias, en la que se incluyen las especies arbóreas más comunes en estos bosques secos semidecuidos son:

Anacardiaceae (*Schinus molle* L., *Mauria heterophylla* Kunth, *M.*

*membranifolia* Barfod y Holm-Niels

Bignoniaceas (*Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) SOGrose, *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth.)

Boraginaceae (*Cordia alliodora*, (Ruiz & Pav.) Oken; *C. lutea*, Lam.;

*Tournefortia bicolor* Sw.)

Bombacaceae (*Cavanillesia platanifolia* (Humb. y Bonpl.) Kunth, *Ceiba*

*trichistandra* (A. Gray) Bakh. , *Pseudobambax millei* (Standl.) A. Robyns.)

Burseraceae (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch)

Euphorbiaceae (*Croton* sp., *Ricinus comunis* L., *Jatropha curcas* L.)

Lauraceae (*Nectandra acutifolia* (Ruiz & Pav.) Mez.)

Leguminosae (*Acacia macracantha* Willd., *Inga sapindoides* Willd, *I. ornata* Kunth, *Mimosa caduca* Poir.)  
Malvaceae (*Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb.)  
Meliaceae (*Cedrela odorata* L.)  
Moraceae (*Brosimum alicastrum* Sw., *Ficus citrifolia* Mill, *F. obtusifolia*, Kunth, *F. máxima* Mill.),  
Phytolacaceae (*Phytolaca dioica* L.),  
Rutaceae (*Zanthoxylum rigidum* Humb. & Bonpl. ex Willd.)  
Sapindaceae (*Cupanea cinérea* Poepp.),  
Urticaceas (*Cecropia litoralis* Snethl, *Urera caracasana* (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.).

Los bosques tropicales semidecíduos de Ecuador registran una marcada heterogeneidad espacial debido a la gran diversidad de nichos ecológicos, lo que propicia el establecimiento, sobre la masa forestal, de cadenas y pirámides tróficas de elevada riqueza en especies de hongos, insectos, aves, mamíferos etc.

La balsa se caracteriza, dentro del marco climático general, por ser una especie heliófila preferente que requiere un alto grado de insolación; su crecimiento es extremadamente rápido en el Ecuador gracias a condiciones bioclimáticas y edáficas muy favorables. En efecto, un individuo puede alcanzar entre 20 - 30 metros de altura y 50 - 90 cm de diámetro con un pequeño espesor de corteza (de 0,5 a 1 cm), en tan sólo cinco o seis años.

Estas características le permiten tomar cierto protagonismo en la recuperación de los bosques degradados, comportándose como especie arbórea pionera y abundante, con excelente capacidad de regeneración en toda su área de distribución natural.

### **La balsa en los bosques secundarios**

El bosque secundario se origina a partir de los restos de vegetación de bosques primarios en los que el aprovechamiento de los recursos forestales, fundamentalmente, ha eliminado los principales elementos arbóreos dominantes prístinos, alterando las condiciones ecológicas originales (vegetación, suelo, pendientes, introducción de especies ruderales, arvenses etc.), dando lugar a una

recuperación con marcada huella antrópica tanto en la calidad de la biodiversidad como en la productividad.

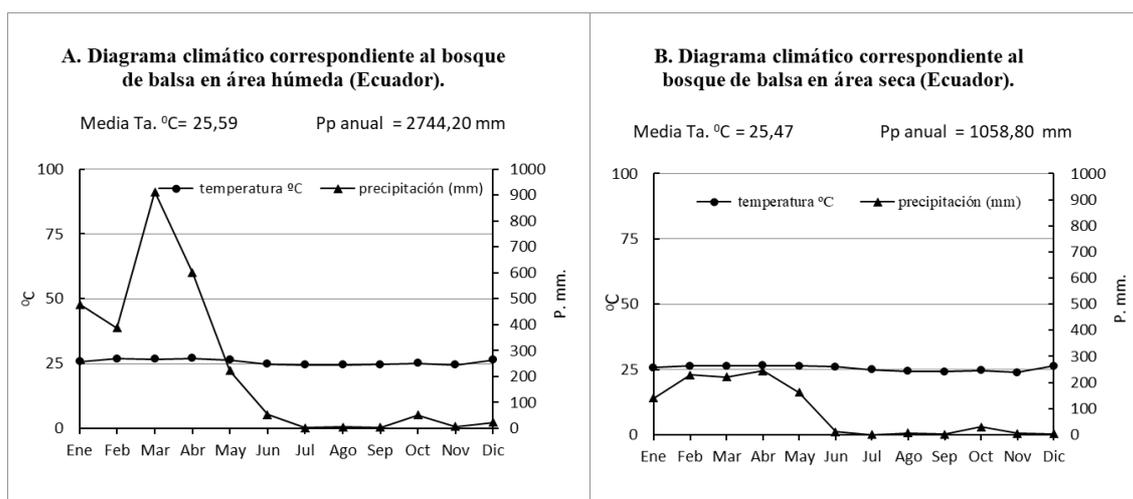
La recuperación de un bosque primario degradado tiene lugar a partir de un bosque secundario bajo las mismas condiciones climatológicas. La evolución toma por lo general un largo periodo de tiempo y puede darse de forma natural o mediante una manipulación para obtener beneficios de algunos elementos.

Las primeras plantas pioneras son por lo general heliófilas, herbáceas o arbustivas y de rápido crecimiento. Dan paso de forma inmediata a una segunda etapa serial arbórea de carácter también heliófilo y ambiente cálido. Como ejemplo, y dependiendo de la región donde se asienta el bosque, géneros como *Myroxylon*, *Schizolobium*, *Ochroma* o *Cecropia* aparecen de forma inmediata. El proceso de colonización puede alcanzar a formar un estrato leñoso más o menos continuo en periodos de 3 a 5 años. Esta fase puede durar hasta 15 años, no obstante, es aprovechada por el hombre para la obtención de madera en especial de la balsa y prolongarla en el tiempo. Ello impide avanzar hacia la fase tercera del bosque secundario, que se iniciaría a los 30 años y podría durar de 75 a 150 años, reduciendo o anulando la aparición de especies de vida larga (heliófilas tardías) de géneros como *Cedrela*, *Tababuia*, *Ficus*, *Ceiba*, *Cupanea*, etc.

La balsa encuentra su óptimo en las primeras fases de desarrollo del bosque secundario, con unas características térmicas y pluviométricas superiores a las registradas en áreas de cultivo tradicional. Bajo estas condiciones se alcanza un inmediato aprovechamiento y explotación desde el punto de vista natural, retardando la aparición del bosque natural primario.

### 2.3.- Manejo del cultivo de la balsa en Ecuador

El corte de la balsa se realiza tradicionalmente a partir de los 5 ó 6 años de edad en la que los árboles pueden alcanzar el volumen de madera óptimo para la explotación de acuerdo a las medidas de los troncos citadas anteriormente. Sin embargo, hay una tendencia a adelantar el corte en árboles entre los 3 o 4 años de edad, dependiendo del estado de salud de los ejemplares. Los indicadores en el bienestar de la sociedad muestran un rango de 83 y 89, lo que le permite al productor tener fuentes de ingresos a corto y mediano plazo. La extracción de la madera se puede realizar tanto a partir de plantaciones comerciales como de rodales naturales debido a su adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y clima, en especial a los valores de precipitación característicos del bosque natural (Fig. 1.3) y a su capacidad de auto-poda en respuesta a la competencia por la luz a altas densidades.



**Fig. 1.3.-** Diagramas climáticos correspondientes a las áreas naturales de balsa. A, bosque húmedo. B, bosque seco.

El método más común utilizado para establecer una plantación se lleva a cabo mediante trasplante a partir de plántulas obtenidas en vivero. Aunque con mayores costos, también se puede realizar mediante siembra directa y cuidados especiales hasta la nascencia. Actualmente no se conoce la variabilidad genética de la balsa, pero su amplia distribución en América Central y del Sur y sus variaciones morfológicas sugieren que los rasgos relacionados con el crecimiento,

la forma, la densidad de la madera o la resistencia a las plagas y enfermedades, muestran una alta variabilidad genética.

#### **2.4.- Sostenibilidad ambiental**

La balsa es un cultivo de gran interés medioambiental, aporta 107 Tm ha<sup>-1</sup> de materia orgánica y almacena 58,07 % de carbono en el suelo, preferentemente en menores profundidades (0 – 20 cm.). Además, la fracción promedio de carbono en el follaje, ramas, fuste, raíz, necromasa fina y gruesa varía entre 52 y 62 %. Puede ser utilizado para la rehabilitación ecológica de tierras agrícolas. Con frecuencia crece en suelos degradados y en barbechos. Y es muy utilizado para restaurar los ecosistemas forestales nativos (Fig. 1.4, a). Los indicadores de los componentes ambientales y de biodiversidad la hacen ser parte importante para mantener la salud del ambiente.



**Fig. 1.4.-** Plantación (a) y corte longitudinal del tallo, con parénquima cortical y floema de escaso espesor y xilema uniforme (madera) (b).

#### **2.5.- Usos y aprovechamientos de la balsa**

La madera de la balsa, junto con la de cuipo o bonga (*Cavanillesia platanifolia* (Humb. & Bonpl.) Kunth, (Malvaceas), también neotropical, es la más ligera

dentro de las especies arbóreas a nivel mundial, con una baja densidad (0,06 y 0,38 g/cm<sup>3</sup>), posee la médula uniforme y un fino parénquima cortical y corteza (Fig. 1.4, b). Su rápido crecimiento no le permite desarrollar madera dura pesada.

Aunque es permeable, la madera es ligeramente resistente a la tracción. Debido a su peso, resistencia mecánica y versatilidad es usada principalmente para la construcción de aspas de turbinas eólicas, tablas de surf, embarcaciones y aviones. De forma secundaria se utiliza también para el aislamiento, fabricación de flotadores de redes de pesca, botes de peso ligero, cinturones salvavidas, maquetas en diseños arquitectónicos, etc. La fibra lanuda de las vainas de las semillas se ha utilizado para el relleno de almohadas y colchones en la India y otros países orientales.

## **2.6.- Características del ecosistema forestal del cultivo de la balsa**

### **2.6.1.- Suelos**

Los terrenos adecuados para el cultivo deben ser llanos, aunque tolera pendientes suaves no superiores al 10%. La balsa requiere suelos de origen aluvial, arcillosos o arcillo limosos, bien drenados y con alta provisión de nutrientes y buena aireación; sin embargo, se muestra muy sensible a los suelos con alta salinidad o inundados. Prefiere suelos de reacción ligeramente ácida (pH entre 5,5 a 6,2), con una profundidad efectiva superior a los 100 cm y un contenido de materia orgánica en torno al 3%.

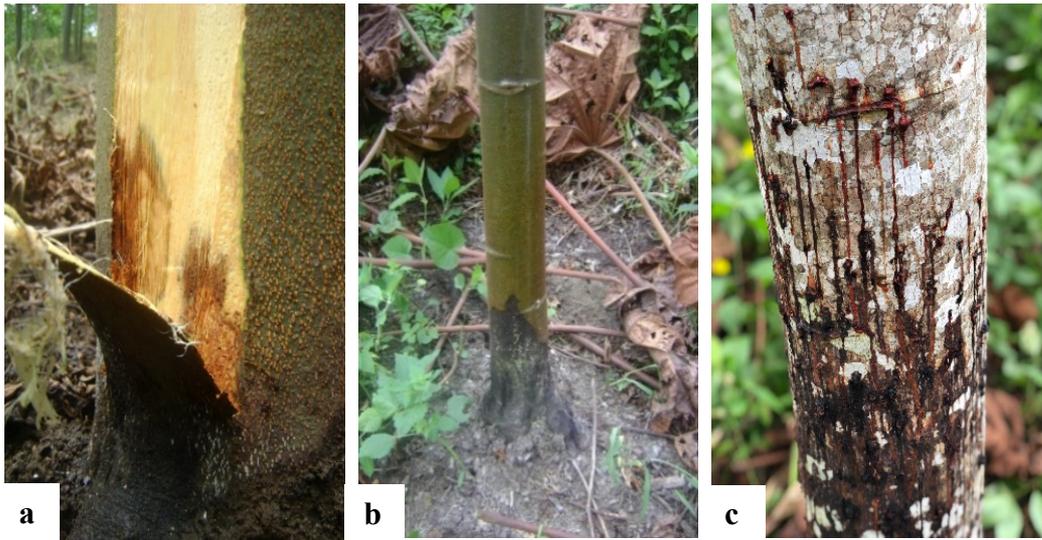
La provincia de Los Ríos (Ecuador) comprende las mejores zonas para la producción de la madera de balsa por el nivel de fertilidad natural media, caracterizada por una capacidad de intercambio catiónico alta (25 meq/100 g) y baja saturación de bases (29%). Son suelos moderadamente profundos (95 cm), bien drenados, de textura franca limosa y ligeramente ácido (pH 6.2). Poseen una alta proporción de materia orgánica (8,73%) en el horizonte A. Clasificados dentro del orden de los Andisoles (GAD, Valencia 2014, IEE y MAGAP, 2013).

### 2.6.2.- Arvenses

La vegetación arvense constituye uno de los principales factores determinantes de la disminución del rendimiento por su competencia en el aprovechamiento de nutrientes y agua. En el Litoral ecuatoriano, donde se llevan a cabo las más extensas superficies de explotación de balsa, es frecuente encontrar especies de arvenses en especial ciperáceas y gramíneas como *Cyperus rotundus* L. (coquito), *Panicum maximum* Jacq. (saboya), *Rottboellia exaltata* L. (caminadora), y *Murdannia nudiflora* (L.) Brenan (pinita), esta última de presencia más discreta. Las técnicas de cultivo, como marcos de plantación, laboreos previos y tratamientos de escarda, influyen notablemente en la diversidad de malezas y en la densidad de las mismas. Hay que resaltar los escasos estudios que hasta la fecha se han llevado a cabo en las plantaciones de balsa del trópico ecuatoriano referidos a este componente del ecosistema agroforestal tanto desde el punto de vista florístico como fitosociológico y ecológico.

### 2.6.3.- Plagas y enfermedades

La expansión del monocultivo hacia grandes superficies, la sequía y el poco o inadecuado manejo sanitario son las principales causas del aumento de riesgos, en especial por hongos patógenos, alteraciones fisiológicas y plagas. Entre los primeros cabe destacar la enfermedad conocida localmente como “**la pata roja**”, provocada por los microorganismos *Phytophthora palmivora* (Butler) y *Phythium vexans* (de Bary) pertenecientes al reino Stramenopila (Fig. 1.5, A). Además, es frecuente encontrar en las plantaciones adultas el trastorno conocido vulgarmente como “**corazón de agua**” provocado por una alteración fisiológica del árbol asociada al exceso de agua en el xilema y exudación en la corteza. (Fig. 1.5, B).



**Fig. 1.5. A.-** Síntomas de la enfermedad “pata roja”. Coloración rojiza en la madera (a); necrosis en la parte basal del fuste (b); exudación de sustancia en la corteza infectada (c).



**Fig. 1.5. B.-** Síntomas del “corazón de agua”. Presencia del contenido acuoso en el xilema del fuste.

Con respecto a los ataques de insectos cabe destacar las especies:

*Heilipodus unifasciatus* (Champion, 1902) (Curculionidae), conocido comúnmente por “picudo”. Este insecto ataca las ramas y el tallo principal de los árboles a partir de los seis meses de edad (Cedeño y Flowers, 2012) (Fig. 1.6); *Euchroma gigantean* (Linnaeus, 1758) (Buprestidae), con impacto generalmente en la base del tronco de árboles adultos (Fig. 1.7) y *Coptoborus ochromactonus*

(Smith y Cognato, 2014) (Curculionidae), sobre las ramas y fuste (Fig. 1.8), con fuertes repercusiones económicas (Stilwell et al., 2014), constituyendo la principal plaga del cultivo y el objetivo primordial del presente tratado.



**Fig. 1.6.-** Daño provocado por el picudo *Heilipodus unifasciatus*. Protuberancia en los tejidos de crecimiento.



**Fig. 1.7.-** Daño provocado por el escarabajo *Euchroma gigantean*. a) Presencia de aserrín, de color rojizo en la galería (a); estadio larval (b); adulto (c).



**Fig. 1.8.-** Daños provocados por la polilla de la balsa *Coptoborus ochromactonus*. Perforaciones y necrosis (a); defoliación y muerte regresiva de árboles de balsa (b).

### **3.- LOS ESCOLITIDOS Y SU ASOCIACION SIMBIOTICA CON LOS HONGOS**

#### **3.- LOS ESCOLITIDOS Y SU ASOCIACION SIMBIOTICA CON LOS HONGOS**

##### **3.1. Los escolítidos**

La subfamilia Scolytinae (Coleóptera: Curculionidae) incluye insectos conocidos como escarabajos descortezadores y escarabajos ambrosiales (se encuentran asociados a los hongos), pertenecen a un grupo de insectos muy diverso. A nivel mundial se han descrito alrededor de 6.000 especies, agrupados en 26 tribus y 247 géneros.

Una gran proporción de especies tienen amplia distribución en la región neotropical (38% de la diversidad mundial) y menos del 1% son especies plagas. La distribución de estos insectos depende mucho de sus hospedantes y en su mayoría son especies polífagas citadas en los bosques tropicales.

##### **3.1.1.- Biología**

De acuerdo con su biología, los escolítidos son exclusivamente diurnos y existe una gran diversidad en el ciclo biológico. La hembra es la encargada de la dispersión y de la colonización de nuevos hospederos; la larva construye un sistema de galería en el floema y/o en el xilema. En general los escarabajos ambrosia depositan en las paredes de los túneles de excavación estructuras reproductivas de su hongo simbionte, del cual el insecto obtiene los nutrientes directamente. En el sistema de galerías tiene lugar el apareamiento entre individuos con el mismo origen parental, e incluso entre individuos y sus progenitores. Todo el ciclo de vida transcurre dentro de los túneles, donde las hembras ovipositan y cuidan sus crías. El proceso de emergencia de los escolítidos, es decir, la salida de la galería natal de los adultos de la nueva

descendencia ocurre mediante la perforación de la corteza, permitiendo el inicio de su vuelo y la colonización hacia otros árboles hospedantes.

### **3.1.2.- Hábitos alimenticios y especificidad**

De acuerdo con sus hábitos alimenticios, los escolítidos presentan varios patrones, el principal es el consumo del tejido del floema (floeofagia), es por lo que este grupo de insectos son los llamados descortezadores ya que construyen galerías entre la corteza y la albura. El otro grupo en importancia es el de los escarabajos ambrosiales (xilomicetofagia), los cuales excavan sus túneles hasta el xilema. Son llamados así debido que consumen hongos ecto-simbióticos cultivados en las paredes de sus túneles. Otros hábitos menos frecuentes incluyen la xilofagia (consumo de madera muerta o en descomposición), la mielofagia (consumo de las médulas de brotes jóvenes), la espermatofagia (consumo de las semillas) y la herbifagia (consumo de plantas herbáceas).

Con respecto al grado de especificidad hacia las plantas hospedantes incluyen: monofagia (utilización de un solo género o especie de planta), oligofagia (limitado a algunos géneros o especies, por lo general de la misma familia) y polifagia (varias familias de las plantas). Las especies monófagas se encuentran con frecuencia en los bosques templados y en los desiertos, mientras que las especies polífagas son propias, en su mayoría, en los bosques tropicales. Aparentemente existe una relación muy estrecha entre el régimen alimenticio y el grado de especificidad, encontrándose especies xilomicetófagas y mielófagas generalmente polífagas mientras que las especies fleófagas son generalmente monófagas u oligófagas. Esto podría explicar en parte el consumo sobre plantas hospedantes sintetizadoras de resinas o látex, antagonista de los escolítidos, fruto de una co-evolución entre el insecto y su hospedante específico, restringiendo a las especies polífagas.

### 3.1.3.- Diversidad y ecología

En Ecuador, y hasta principios de siglo, se han llevado a cabo muy pocos estudios sobre la diversidad de los escolítidos integrados en los ecosistemas forestales del país (Tab. 2.1).

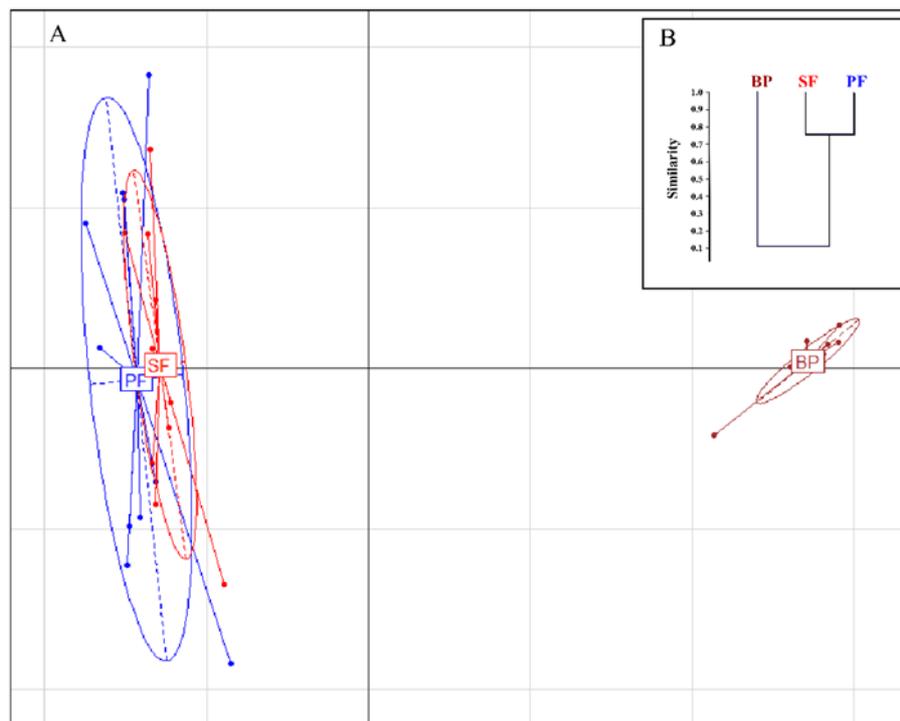
Sin embargo, recientemente, a partir de las dos últimas décadas, han experimentado un notable incremento.

**Tab. 2.1. Citas de escolítidos en los ecosistemas forestales de Ecuador**

<b>Especies</b>	<b>Hábitat</b>	<b>Referencia</b>
50 especies de Scolytinae	Selva Amazónica	Wood, 2007
<i>Callibora</i> spp. (Cognato)	Dosel de árboles en el PN Yasuní	Cognato, 2018
<i>Cnestus schoenmanni</i> (Petrov & Mandelshtam)	PN Yasuní	Petrov y Mandelshtam, 2018
<i>Premnobius perezdelacrucei</i> (Petrov & Atkinson)	PN Yasuní	Petrov y Atkinson, 2018
<i>Coptonotus uteq</i> (Smith & Cognato)	Bosque protector Murucumba	Smith y Cognato, 2016
<i>Coptoborus ochromactonus</i> (Smith & Cognato)	Bosques de balsa	Stilwell et al. 2014
35 morfo-especies	Bosques primario, secundario y de balsa	Martínez et al. 2019
55 especies género <i>Scolytodes</i> (Ferrari)	Bosques húmedos tropicales del Ecuador	Jordal y Smith, 2020

Así mismo, en los bosques húmedos tropicales del Ecuador se han registrado 40 nuevas especies pertenecientes al género *Scolytodes*. Otros estudios, en la zona centro del litoral ecuatoriano han registrado un total de 85 especies de las cuales, y teniendo en cuenta la amplitud ecológica de algunas de ellas, 57 fueron asociadas al bosque primario, 48 al bosque secundario y 56 en plantaciones de balsa (Martínez et al. 2019). Esto nos demuestra que el número de especies reportadas por los primeros estudios representa una sub-estimación significativa de la diversidad de escolítidos presentes en Ecuador.

Los bosques primarios y secundarios comparten más especies de escolítidos en común (75,8%) que con las registradas en las plantaciones de balsa (Fig. 2.1), asumiendo que estos bosques naturales comparten similares nichos ecológicos para albergar a los insectos que en monocultivos (Martínez et al. 2019).



**Fig. 2.1.-** Distribución de las comunidades de escolítidos muestreados en bosque primario (PF), secundario (SF) y plantación de balsa (BP), en base a los dos primeros ejes extraídos F1 (69,7%) y F2 (12,4%) del Análisis de Componentes Principales (CPA). B: Dendrograma de similitud mediante el índice de Bray-Curtis (coeficiente de correlación cophenetic: 0,99).

Las especies *Xylosandrus compactus* (Eichhoff, 1876), *Xylosandrus morigerus* (Blandford, 1894) y *Premnobium cavipennis* (Eichhoff, 1878) son indicadores del tipo de bosque natural, en particular *P. cavipennis* por su relativa abundancia. Estas especies son exóticas y se consideran insectos plagas en otras especies forestales.

Por lo tanto, la alta diversidad de escolítidos en las plantaciones de balsa y la presencia de especies exóticas representan un riesgo potencial de plagas emergentes en el cultivo. Además estas especies exóticas pueden desplazar a las nativas, alterando la biodiversidad del ecosistema forestal.

La tribu Xyleborini es la que predomina en estos ecosistemas (36,55 % del total de captura). Las especies de esta tribu tienen una amplia gama de plantas hospedantes asegurándoles la posibilidad de poderse instalar fácilmente en nuevas plantas. Además, la gran mayoría son consideradas como oportunistas, ya que viven y se reproducen en plantas estresadas, moribundas o muertas.

A pesar de aquello, una nueva especie emergente *C. ochromactonus* reportada en el 2014 está asociada exclusivamente a la balsa. En un estudio sobre la diversidad de los escolítidos en bosques tropicales y en plantaciones forestales demuestra que existe un grado de especificidad en este cultivo, lo que indica ser una especie aparentemente monófaga (Martínez et al. 2019). Sin embargo, esta hipótesis debe confirmarse abarcando otras áreas naturales.

### **3.2 Asociación simbiótica entre los escolítidos y los hongos**

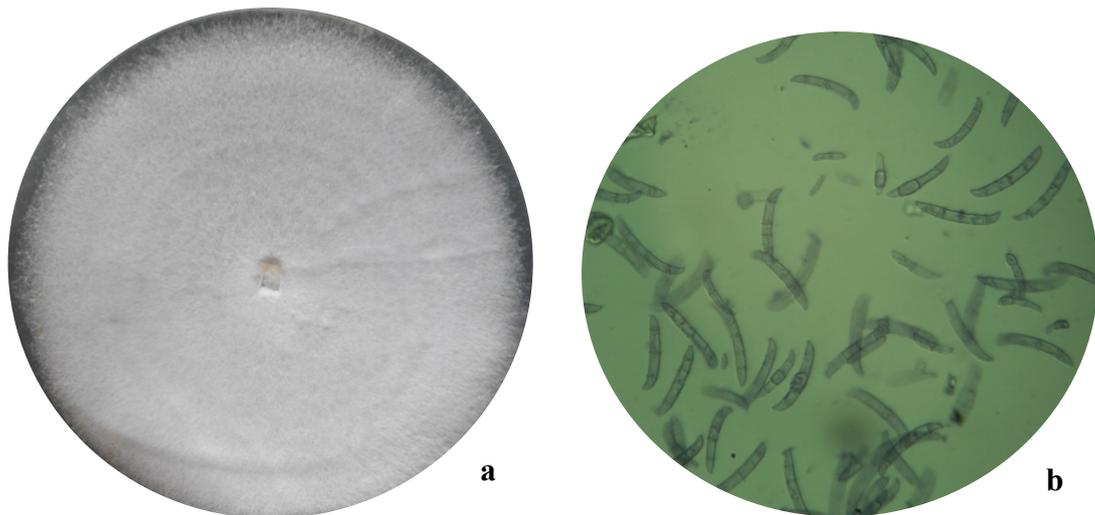
#### **3.2.1.- Simbiosis con hongos ambrosia**

Los escolítidos ambrosia o xilomicetófagos pertenecen a un grupo muy particular de insectos dentro de la subfamilia Scolytinae, los cuales no tienen la capacidad de digerir y extraer directamente las sustancias nutritivas contenidas en la madera donde ellos se desarrollan. Mediante su evolución se originaron asociaciones simbióticas con hongos denominados **ambrosia**, palabra griega que significa “*alimento de los dioses*”. Esta denominación fue dada por primera vez por Schidberger (1836), cuando remarcó la presencia de una sustancia viscosa cubriendo las galerías, de la cual los insectos se alimentaban. Sin embargo,

Harting (1944) identificó que se trataba de hongos asociados a los insectos, constituyendo la fuente nutricional exclusiva para las larvas y los insectos adultos (Beaver, 1989).

Existe 3400 especies de escolítidos ambrosia, entre ellas se encuentra *C. ochromactonus*. El tipo de asociación que presentan es simbiótica con beneficio mutuo para ambos organismos. Los hongos logran colonizar las plantas hospedantes gracias a los insectos que los transportan, mientras que ellos se benefician de la obtención de sustancias orgánicas ricas en nitrógeno, vitaminas, esteroides como el ergosterol y de aminoácidos concentrados en los micelios de los hongos. Todos estos compuestos son esenciales para la fisiología y el desarrollo de sus poblaciones. Además, los hongos ambrosia sintetizan enzimas que degradan la celulosa, la hemicelulosa y la lignina de la madera y los convierten en azúcares.

Los hongos son transportados en cavidades o invaginaciones del exoesqueleto del insecto denominadas: **micangios**. Estas estructuras poseen glándulas de secreción especializadas en proteger las células fúngicas contra la desecación durante su dispersión, como también regulan la composición de las especies y determinan su forma de crecimiento. Los micangios presentan una diversidad considerable en tamaño, forma y localización en el cuerpo de diferentes especies de los escolítidos y generalmente son transportados por un solo sexo. En la tribu Xyleborini; las hembras poseen los micangios, y pueden estar localizados en la base de las mandíbulas (mandibular), o entre el meso y el metonotum de insecto (meso-torácicos) o localizados en la base de los élitros (elital).



**Fig. 2.2.-** Hongo simbiote primario de *C. ochromactonus*. Micelio (a), macroconidias (b) de *F. ambrosium*.

Un estudio reciente menciona que *C. ochromactonus* se encuentra asociado a los hongos *Fusarium ambrosium* (Gad y Loos) Agnihothr & Nirenberg cepa SMH1999 y *Graphium fabiforme* Cruywagen y Z. W. de Beer cepa CMW 30626. Análisis microbiológicos en diferentes secciones del cuerpo (cabeza, tórax y abdomen) muestran una elevada carga microbiana del 93% obtenida en la sección de la cabeza en las hembras del insecto (Fig. 2.2). Se considera a *F. ambrosium* como el hongo simbiote primario debido a que fue frecuentemente más aislado (Castro, 2016).

Por lo tanto esta especie presenta micangios de tipo mandibular y solo las hembras los poseen (Fig.2.3).



**Fig. 2.3.-** Localización de micangios en *C. ochromactonus*.

### **3.2.2.- Hongos ambrosia asociados a las especies Xyleborini**

Los hongos ambrosia se asocian principalmente a los Ascomycetos, de los órdenes Ophiostomatales, Microascales, Hypocreales y Saccharomycotina, y pocos a los Basidiomicetos. Los géneros los más comunes son *Raffaelea*, *Ambrosiella*, *Phialophoropsis*, *Ascoide*, *Fusarium*, *Dryadomyces*, *Entomocorticium*, *Geosmithia*, *Meredithiella*, *Monilia*, y *Cephalosporium*. El género *Gondwanamyces* y las especies *Flavodon flavus* (Klotzsch) y *Afroraffaelea ambrosiae* gen. nov.et sp. nov. han sido recientemente descritos. Se caracterizan particularmente por su pleomorfismo, es decir, pueden presentarse en forma de micelio (en filamentos) en las galerías y en forma de ambrosia (apariencia de levaduras) en los micangios. Batra (1985) clasifica en dos categorías a los hongos ambrosia: primario y facultativo. El primario presenta una simbiosis obligatoria y específica a un solo insecto vector, y generalmente son aislados a partir de los micangios; mientras que el facultativo es considerado oportunista, transitorio, no es específico, y puede ser transportado por diversas especies de insectos vectores.

La mayoría de los hongos ambrosia son transmitidos verticalmente, es decir de sus progenitores a sus descendientes; pocos presentan una transmisión horizontal, es decir los descendientes adquieren los hongos a través de la alimentación, lo que conduce a una simbiosis obligatoria y a una importante diversificación de especies (Kasson et al. 2013).

### **3.2.3.- Consecuencias de los hongos ambrosia en la sanidad forestal**

Durante la colonización, los escolítidos muestran una preferencia según la especie de los árboles considerando su estado sanitario, el nivel de estrés o descomposición, el diámetro del fuste o de las ramas, la abundancia de sus follajes, o el contenido de humedad en la madera (Wood, 1982).

Menos el 1% de la asociación entre los escolítidos y los hongos ambrosia provocan un impacto económico nefasto para la industria forestal. Tales son los casos de las asociaciones de *Xyleborus glabratus* Eichhoff con el hongo *Raffaelea*

*lauricola* T.C. Harr., Fraedrich & Aghayeva, y *Euwallacea fornicatus* Eichhoff con *Fusarium euwallaceae* S. Freeman, provocando daños severos en plantaciones de aguacate (*Persea americana* Miller) en Israel y en California (Freeman et al. 2013). La asociación entre el escolítido *Xylosandrus compactus* Eichhoff con los hongos *Ambrosiella xylebori* Brader ex Arx y *Fusarium solani* Mart. afectan gravemente a los algarrobos (*Ceratonia siliqua* L.) en el mediterráneo principalmente en Italia, Francia y España (Gugliuzzo et al. 2020). Y probablemente *Coptoborus ochromactonus* con *Fusarium ambrosium* están asociados a los daños en árboles de balsa en Ecuador (Castro, 2016). Estudios recientes han detectado la asociación entre *Xyleborus ferrugineus* con *F. ambrosium* colectados en árboles de balsa (Martínez, 2019). A pesar que *X. ferrugineus* no está implicado en los daños sanitarios en las plantaciones, sin embargo esta especie forestal hospedante de ambas especies de escolítidos, nos da una alerta en el futuro que *X. ferrugineus* podría convertirse en un posible vector suplementario en el patosistema de la balsa.

#### **4.- PRINCIPAL PLAGA QUE AFECTA AL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA Balsa: *Coptoborus ochromactonus* Smith y Cognato**

#### **4.- PRINCIPAL PLAGA QUE AFECTA AL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LA Balsa: *Coptoborus ochromactonus* Smith y Cognato**

##### **4.1 Generalidades**

A finales del siglo pasado, fueron reportados los primeros casos de infestación y mortalidad de ejemplares del cultivo de la balsa en una plantación comercial localizada a 40 Km al norte de la ciudad de Quevedo. Desde entonces, los ataques se han ido incrementando en su intensidad debido principalmente a la extensa superficie de producción, la uniformidad espacial del cultivo, la baja biodiversidad y por los efectos de las condiciones climáticas, convirtiéndose en un problema grave para la producción balseira. De hecho, en el 2006 se detectaron importantes daños en las plantaciones, alcanzando una incidencia entorno al 58%. Esta crisis sanitaria fue debida a la presencia de *C. ochromactonus* localmente conocida como la “polilla de la balsa” atacando árboles aparentemente sanos y preferentemente de pequeño diámetro.

En un estudio posterior se identificó el hongo *Fusarium ambrosium* (Gadd & Loos) asociado a *C. ochromactonus* (Castro, 2016), lo que indicaba ser un insecto vector de este hongo. Los parámetros climáticos han favorecido el buen desarrollo del hongo simbiótico lo que le permite poder atacar plantas en buen estado sanitario. Esta asociación provoca la decoloración y pérdida de calidad de la madera, contribuyendo a la mortalidad de los árboles.

Las plantaciones más afectadas han correspondido a las provincias del Cotopaxi, Guayas y Santo Domingo de los Tsáchilas, sin embargo con el transcurso del tiempo, este insecto se ha extendido a otras áreas.

La interacción entre la balsa, *C. ochromactonus* y los hongos asociados es el principal factor que afecta al rendimiento, por ello justifica el plan de investigación desarrollado para conocer la dinámica y sus efectos y poder sugerir alternativas de control adecuadas para mantener la población en bajos niveles de infestación.

## **4.2 Taxonomía, descripción morfológica, biología y ecología de *Coptoborus ochromactonus* Smith y Cognato**

### **4.2.1.- Taxonomía y descripción morfológica**

*C. ochromactonus* fue descrita en 2014 por Smith y Cognato (Stilwell et al. 2014). Es una especie neotropical, cuyo epíteto específico se debe al nombre del género de su planta hospedera *Ochroma*. Taxonómicamente se incluye dentro del orden Coleoptera, familia Curculionidae, sub-familia Scolytinae, tribu Xyleborini.

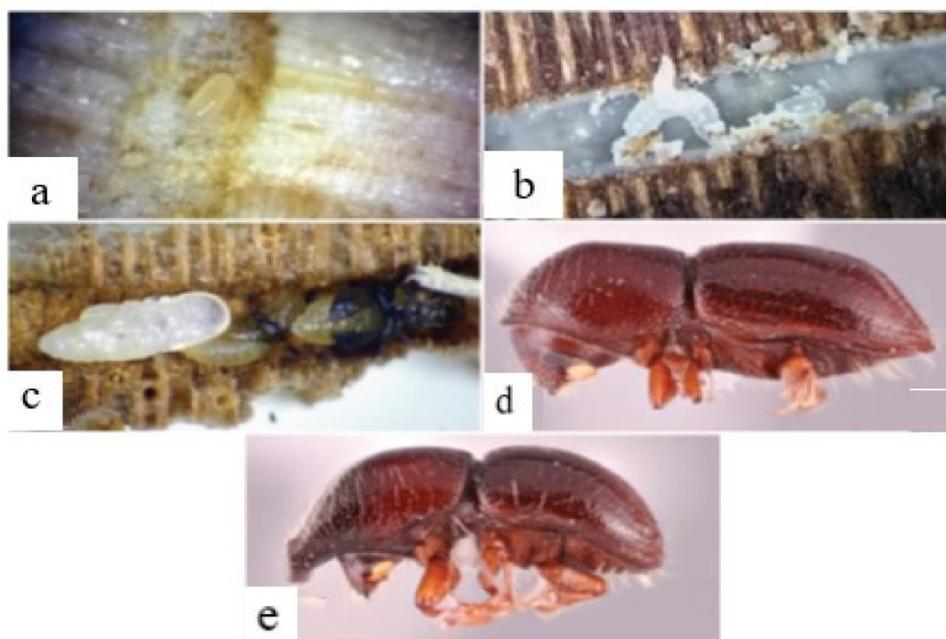
*C. ochromactonus* presenta dimorfismo sexual. Los machos son muy diferentes a las hembras, presentando un pronoto o protórax cuadrado y cóncavo, y de tamaños muy pequeños con una longitud del cuerpo que oscila alrededor de 2 mm mientras que en la hembra su pronoto es redondo y cuerpo en torno a 2,6 mm de longitud. Los machos además son ápteros y haploides. El color del insecto adulto es de marrón brillante oscuro a negro (Fig. 3.1).

Los huevos son de forma ovoide, translúcida y de color blanco o crema, miden  $0,66 \pm 0,03$  mm de largo y  $0,31 \pm 0,02$  mm de ancho. Las larvas son apodas, de color blanco, con la presencia de una capsula cefálica de coloración marrón oscuro provistas de mandíbulas (Fig. 3.1).

La larva presenta tres estadios a través de los cuales se observa el crecimiento progresivo del ancho de la capsula cefálica (0,23, 0,33 y 0,42 mm respectivamente). La pupa es de color blanco y exarata. El adulto inmaduro es de color marrón claro (Fig. 3.1).

#### 4.2.2.- Biología

El ciclo biológico de esta especie ocurre dentro de la madera. Las hembras adultas, con capacidad de vuelo son las que inician el ataque. Además, son las



**Fig. 3.1** Etapas de desarrollo de *Coptoborus ochromactonus*; huevo (a); larva (b); pupa (c); hembra adulta (d); macho adulto (e). Foto de Jessenia Castro.

responsables en construir el sistema de galería que consiste de un túnel primario que se extiende hasta el floema y tres túneles secundarios que se extiende entre el floema y el xilema. En este sistema, la galería es generalmente de forma estrellada, en la cual se pueden apreciar los diferentes estados de desarrollo del insecto. Las paredes de las galerías están cubiertas por una capa del micelio del hongo *Fusarium* sp. (Fig. 3.2). Debido a su prevalencia en las galerías, la larva y el adulto inmaduro consumen las estructuras reproductivas y el micelio para completar su desarrollo.

El ciclo de vida de *C. ochromactonus* tiene una duración aproximada de 30 días, en un ambiente de 25° de temperatura. La duración del estado embrionario es de 6 días, el periodo larval entre 10 a 14 días y el de la pupa de 6 días. Finalmente la maduración del adulto alcanza los 4 días. En las poblaciones, la proporción sexual hembra- macho es de 7:1. Este desequilibrio en favor de las hembras, es muy normal en la tribu Xyleborini, debido a que presentan un sistema de reproducción haplo-diploide (endogamia polígama), en el cual, las hembras diploides producen muy pocos machos haploides incapaces de volar a partir de huevos no fecundados (Cognato et al. 2011, Kirkendall, 2015).

#### **4.2.3.- Ecología**

La colonización y el desarrollo de *C. ochromactonus* comienza con **la dispersión** de las hembras adultas portadoras de hongos a través de sus micangias (invaginaciones del exoesqueleto). Posterior a ello, inicia **la fase del ataque** que consiste en la selección del árbol atraídas por compuestos volátiles, como el etanol, que son liberados por ejemplares estresados o debilitados. El insecto pionero realiza el orificio de entrada en ramas o en el tallo del árbol. Un mecanismo de defensa de la balsa es la acumulación de sustancia resinosa en el orificio de entrada. Una vez que los insectos construyen las galerías tiene lugar **la fase de colonización** favorecida por la liberación de feromonas de agregación. En esta fase tiene lugar el desarrollo de los diferentes estadios del insecto y la inoculación de los hongos en las paredes de los túneles. Es allí donde las larvas o los adultos inmaduros se alimentan de las esporas o las hifas del hongo ambrosia para completar sus etapas de desarrollo.

Cuando el árbol se debilita y sus defensas no pueden afrontar la situación, acontece inmediatamente el ataque masivo, y por lo tanto ataque exitoso, provocando muchas veces la muerte del árbol. Esta fase de colonización puede ocurrir tanto en árboles erectos, vivos, como en los residuos o árboles muertos sobre el suelo. Finalmente las hembras adultas emergen para invadir nuevos árboles hospedantes (Fig. 3.2).

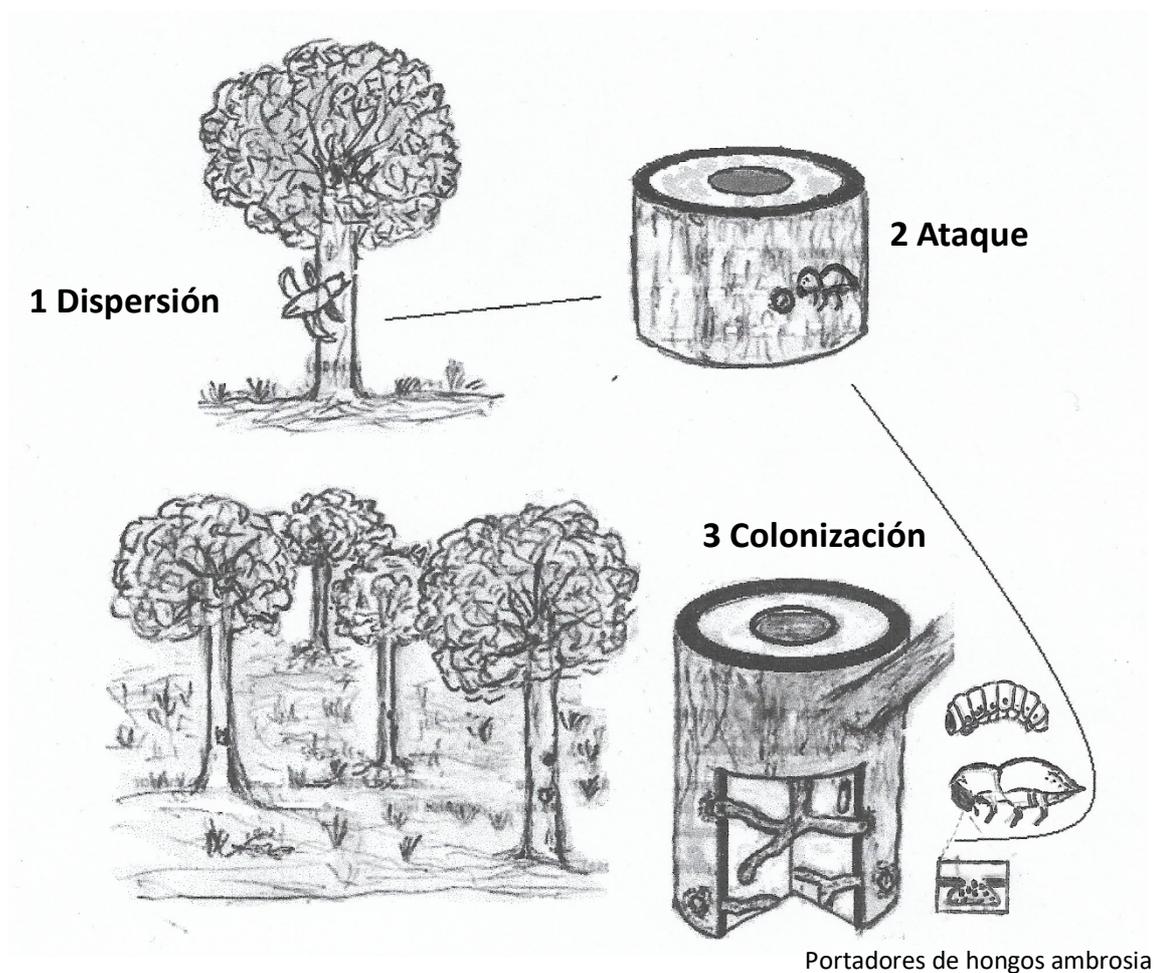


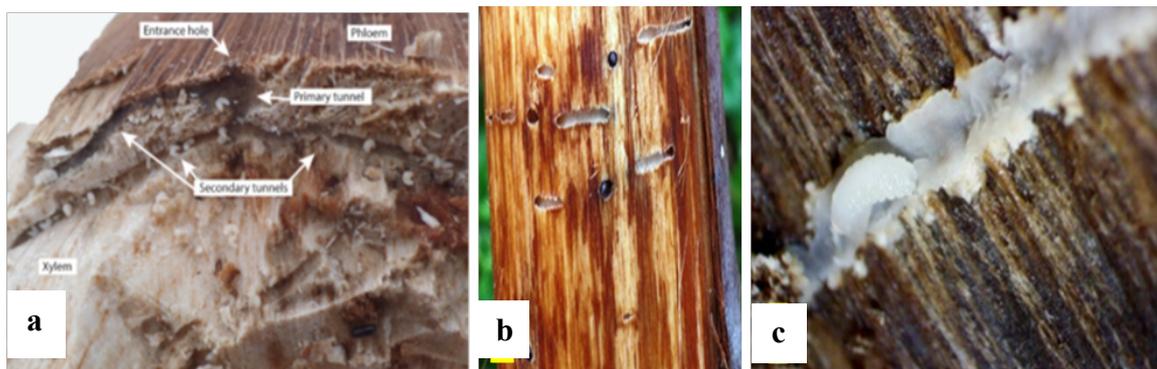
Fig. 3.2.- Etapas de colonización de *C. ochromactonus* en árboles de balsa.

#### 4.3.- Daños provocados por *Coptoborus ochromactonus* Smith y Cognato

El ataque del escarabajo se manifiesta por la presencia de orificios de entradas circulares (~ 2.0 mm de diámetro) en ramas y troncos de los árboles, con la expulsión del aserrín de sus excavaciones y la presencia de una exudación resinosa blanquecina, que las hace fácilmente detectables (Castro, 2016).

Estos ataques están asociados a la presencia de zonas necrosadas en el tejido conductor y la presencia de micelio fúngico de color azulado oscuro que rodea a las galerías.

Los primeros síntomas se manifiestan por la presencia de la clorosis o amarilleamiento y escaso desarrollo de las hojas jóvenes. Debido al debilitamiento del árbol y la proliferación masiva del insecto, iniciada en las ramas superiores y continuando hacia las ramas inferiores hasta infestar todo el fuste, tiene lugar la marchitez y la defoliación total y por consecuencia su muerte. Esta especie ataca, por lo general, a los árboles estresados, sin embargo, también lo hace sobre árboles sanos, siendo el escarabajo el que disemina las estructuras fúngicas (Fig. 3.3).



**Fig. 3.3.-** Sistema de galería provocada por *C. ochromactonus* y jardín de hongos en las galerías. Fotos de Jessenia Castro. Sistema de galería (a); vista externa de las galerías con la extracción de la corteza (b); presencia de hongos en las galerías de la corteza (c).

#### **4.4.- Ataque de *Coptoborus ochromactonus* en plantaciones comerciales de balsa**

El impacto de los ataques de *C. ochromactonus* sobre la balsa; así como la dinámica y las secuencias del mismo están ligadas, como todos los procesos biológicos, a las condiciones del medio y en especial al clima.

Por ello se presta a establecer una descripción más detallada sobre la influencia de los factores climáticos y la edad de los árboles sobre la dinámica y el impacto de las poblaciones en plantaciones de balsa. Este estudio fue realizado basando la hipótesis de trabajo sobre los datos climáticos correspondientes a los años 2016 y 2017.

El objetivo fundamental fue determinar las posibles relaciones entre el clima del área del cultivo de la balsa y el grado de presión parasitaria dado que, en las

plantaciones bajo clima húmedo, donde fueron inicialmente establecidas las plantaciones, se habían registrado los daños más importantes.

Correspondía por consiguiente comprobar si el establecimiento de plantaciones de balsa en hábitats de clima seco, presentaría resistencia o reducirían la presión parasitaria con respecto a las plantaciones en áreas de clima húmedo. Para ello, se eligieron dos áreas de cultivo correspondientes a clima seco y húmedo respectivamente.

Al diseño de los ensayos se incorporó el factor edad de la plantación, estableciéndose tres niveles de edad (1, 2 y 3 años) como factor determinante, y el clima.

En cada una de las zonas o áreas se establecieron 3 parcelas de ensayo correspondientes a las edades de la plantación. Bajo este contexto, y con 9 repeticiones de muestreo por niveles de edad se valoró la dinámica estacional de vuelo del insecto adulto y la prevalencia (proporción de árboles infestados y muertos con respecto al número total en cada parcela). Además, partiendo de un muestreo de 15 árboles por edad se evaluó la intensidad de infestación (número total de perforaciones por árbol) y la relación con la defoliación.

Los datos de las variables estudiadas (dinámica estacional de vuelo, prevalencia e intensidad de infestación) fueron sometidos a un análisis estadístico para establecer la escala de valores significativa entre los distintos factores considerados. Con los datos obtenidos, se procedió al análisis de la varianza (ANOVA, intervalos LSD  $P < 0.05$ ) y comparación de las medias. Previamente se aplicó el test de normalidad de los datos referentes a cada variable. La relación entre las variables climáticas mensuales y la abundancia mensual de *C. ochromactonus* fue establecido mediante el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman ( $n=12$ ;  $\alpha= 0.05$ ).

## **5.- IMPACTO DE *Coptoborus ochromactonus* EN PLANTACIONES COMERCIALES DE Balsa**

### **5.- IMPACTO DE *Coptoborus ochromactonus* EN PLANTACIONES COMERCIALES DE Balsa**

#### **5.1. Descripción y características del área de experimentación**

##### **5.1.1.- Localización y características climáticas**

El estudio fue llevado a cabo en plantaciones comerciales de balsa situadas en la zona central del litoral ecuatoriano. La primera ubicada en el recinto El Vergel, perteneciente al cantón Valencia, provincia Los Ríos ( $00^{\circ}47'42''S$  y  $79^{\circ}21'20''O$ ; 164 m.s.n.m). La plantación se encuentra dentro de una tipificación bioclimática Infratropical superior pluviestacional, correspondiente a un bosque húmedo tropical (Fig. 4.1). La segunda plantación está ubicada en el cantón El Empalme, provincia El Guayas ( $00^{\circ}57'08''S$  y  $79^{\circ}34'43''O$ ; 95 m.s.n.m), se encuentra dentro del tipo bioclimático Infratropical superior xérico, correspondiente a un bosque seco tropical (Fig. 4.1).



**Fig. 4.1.-** Localización de las áreas de estudio en plantaciones de clima húmedo (A: 00°47'42''S y 79°21'20''O) y seco (B: 00°57'08''S y 79°34'43''O), Provincias de Los Ríos y El Guayas (Ecuador).

Ambas zonas se caracterizan por registrar periodos bioclimáticos bien marcados, de régimen pluviométrico bimodal, con un periodo seco que transcurre desde junio hasta noviembre y de un periodo lluvioso que se extiende desde mediados de diciembre hasta mediados de mayo. A pesar de la coincidencia en la época de mayores lluvias, los registros pluviométricos (Pp) e índices basados en la precipitación (Io. Índice ombrotérmico), son muy diferentes (Tab. 4.1)

En base a los índices bioclimáticos, las plantaciones situadas en el cantón El Empalme fueron tipificadas como de hábitat seco, en base a la precipitación anual (Pp), y al índice ombrotérmico (Io); las plantaciones situadas en el cantón Valencia fueron categorizadas como de hábitat húmedo debido a que presenta aproximadamente una precipitación de 2,5 veces mayor que la del área seca y con las mismas consideraciones por lo que respecta al Io (Tab. 4.1). Con respecto a la temperatura media y el porcentaje de la humedad relativa anual no se registran diferencias significativas entre las dos áreas (Martínez et al. 2020).

**Tab. 4.1. Índices bioclimáticos de las áreas húmeda y seca del cultivo de la balsa en Ecuador**

<u>Área</u>	<u>It</u>	<u>Termotipo</u>	<u>Pp</u>	<u>Tp</u>	<u>Io</u>	<u>Ic</u>
<b>Plantac. Habitat húmedo</b>	784,4	Infratropical superior pluviestacio nal	2744,2	3070,6	8,9	17,2
<b>Plantac. Habitat seco</b>	774,5	Infratropical superior xérico	1058,8	3056,8	3,5	16,5

It-Índice de termicidad:  $It = (T + m + M) \times 10$  (en décimas de °C); Pp= Precipitación positiva media de cualquier mes del año (mm); i del 1 de Enero al 12 de Diciembre; Tp= Temperaturas positivas anuales (décimas de °C): suma de las temperaturas medias mensuales de meses con temperaturas medias >0 °C; Io= índice ombrotérmico anual:  $Io = (Pp/Tp) \times 10$ ; Ic- índice de continentalidad simple:  $Ic = Tmax - Tmin$  (°C). M= temperatura media de las máximas; m= temperatura media de la mínimas; T= Temperatura media de las medias; P= Precipitación media.

### 5.1.2.- Característica de la plantación

Las explotaciones de balsa en ambas zonas registran áreas de superficies similares (El Vergel: 98 ha, El Empalme: 100 ha), con un marco de plantación de 4 x 3,5 m. Todas las plantaciones son mono-específicas, con similares manejo silvícola. La vegetación adyacente está constituida por cultivos agrícolas tradicionales de la región como el cacao, café, frutales, entre otros.

Desde el punto de vista geomorfológico los terrenos de las parcelas son generalmente planos. Solo en determinados puntos poseen ligera pendiente (< 10%) (Fig. 4.2).



**Fig. 4.2.-** Plantaciones comerciales de balsa sobre terreno con ligera pendiente.

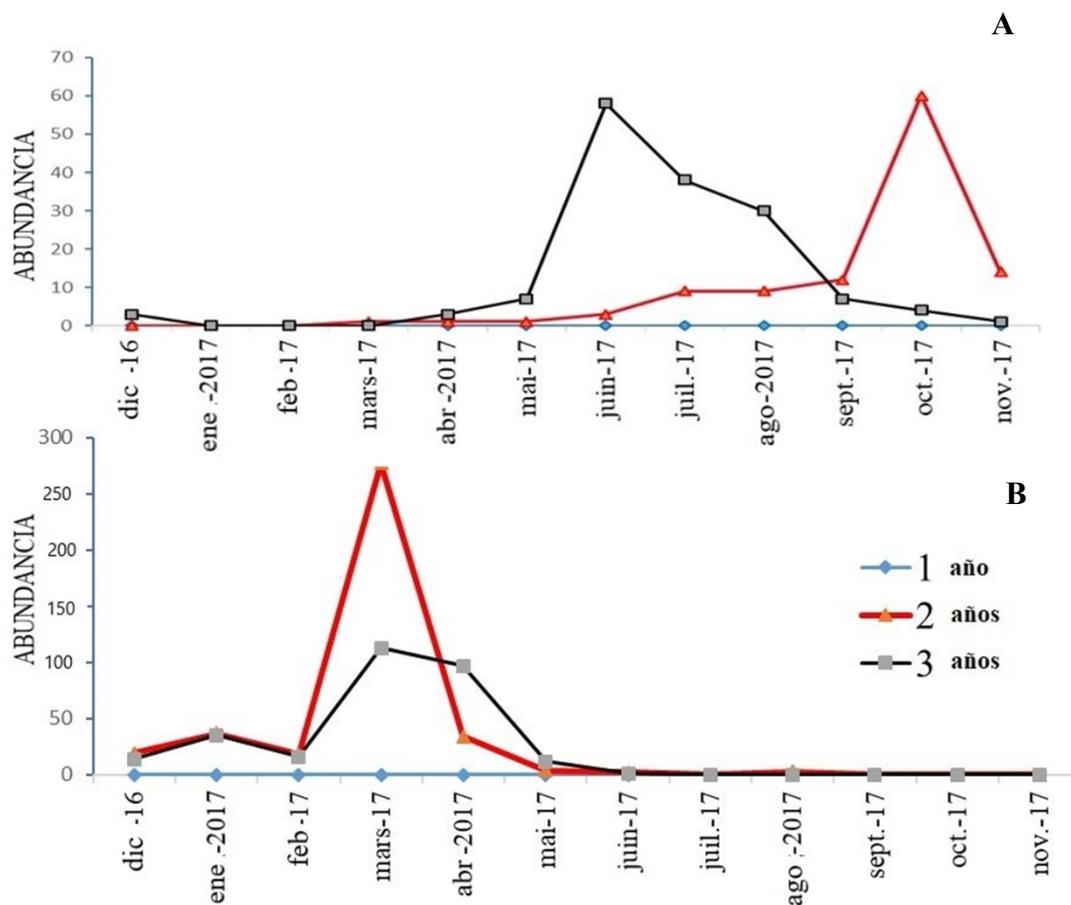
### **5.2.- Abundancia y dinámica estacional de vuelo de *C. ochromactonus***

Para evaluar la densidad de población y la dinámica de vuelo del insecto adulto se establecieron tres parcelas de 500 m<sup>2</sup> en cada área, correspondientes a las tres edades de los árboles. En cada una de las parcelas se dispusieron nueve trampas de insectos, con un total de 27 trampas por área. A partir de datos previos sobre hábitos de vuelo en relación con altura y edad de los árboles, las trampas fueron instaladas a 14 metros de altura, sujetas por tubos galvanizados. Las trampas consistieron en recipientes plásticos cilíndricos de 1 litro de volumen, con una abertura para el acceso de los insectos (Fig. 4.3), y cebadas con 250 ml de una mezcla de 200 ml etanol al 90% y 50 ml de gel desinfectante de manos (Purell Hand Sanitizer, Purell, Akron, OH). Este tipo de trampa es la más adecuada para la captura a gran escala y monitoreo de especies de escolítidos que no disponen de un atrayente específico, como el caso de *C. ochromactonus*. Las capturas se recogieron a intervalos de 15 días durante un año (de diciembre 2016 hasta noviembre 2017). Las muestras de insectos se conservaron en viales de 50 ml con etanol al 70% para su posterior identificación.



**Fig. 4.3.-** Tipo de trampa para la colecta de escolítidos

A lo largo del periodo anual de seguimiento se capturó un total de 943 individuos: 261 en la zona húmeda, representando el 27,7% del total de captura, y 682 en la seca, representando el 72,3 %. La mayor densidad de población en cada una de las áreas estudiadas se produjo en diferentes épocas del año, siendo en el área húmeda en el periodo de menor pluviometría (abril a noviembre 2017) mientras que en el área seca, por el contrario, la actividad tuvo lugar en el periodo lluvioso (febrero a mayo 2017) (Fig. 4.4).



**Fig. 4.4.-** Abundancia estacional de vuelo de *C. ochromactonus* en plantaciones de balsa de 1, 2 y 3 años de edad, en sitio húmedo (A) y seco (B) de Ecuador, desde diciembre 2016 hasta noviembre 2017.

A pesar de las marcadas diferencias en los valores de precipitación y humedad entre las dos áreas, la abundancia poblacional del escoltído, no registra diferencias significativas entre las áreas (Tab. 4.2). Hay que destacar la ausencia de vuelo sobre plantaciones jóvenes de 1 año y el máximo registro sobre árboles de 2 años en el área seca (43%).

**Tab. 4.2 Abundancia de *C. ochromactonus* en función del área (H= Húmeda; S= Seca) y la edad de los árboles (1, joven; 2, medio; 3 adulto).**

Area_Edad	Media n= 9	Err. Est.	(*)
S1	0	0	X
H1	0	0	X
H2	12,22	3,92	XX
H3	16,78	3,12	XXX
S3	32	2,87	XX
S2	43,78	26,17	X

Método: 95,0 porcentaje LSD; (\*).- Grupos homogéneos.

Por otra parte, los patrones de variación de abundancia mensual se correlacionan significativamente con las variables climáticas, indicando que la dinámica estacional de vuelo de *C. ochromactonus* se debe en parte a las condiciones del clima.

En el área húmeda, la abundancia mensual se correlaciona positivamente con la humedad relativa y la temperatura media, y negativamente con la precipitación. No presenta relación con las temperaturas máximas y mínimas. Por otra parte, en el área seca, la abundancia mensual presenta correlación positiva con la precipitación y la temperatura media y mínima (Tab. 4.3). Sin embargo, es necesario considerar, que además del factor climático, existe otros factores que pueden influir en la abundancia poblacional de *C. ochromactonus*, siendo la condiciones fisiológica del árbol, el contenido de humedad de la madera, la hora e intensidad de luz. Además, la presencia de ramas o árboles caídos en el suelo por efecto del viento o las tormentas en la época lluviosa pueden constituir un recurso favorable para el crecimiento de las poblaciones de los escolítidos.

**Tab. 4.3. Coeficiente de correlación (Spearman) entre las abundancias mensuales de *C. ochromactonus* y las correspondientes variables climáticas en las dos áreas de plantaciones (húmeda y seca).**

	Plantación húmeda		Plantación seca	
	rs	P	rs	P
Humedad relativa (%)	0.86	0.000	0.28	0.380
Temperatura máxima (°C)	-0.45	0.140	-0.55	0.063
Temperatura media (°C)	0.68	0.015	0.83	0.000
Temperatura mínima (°C)	-0.36	0.245	0.79	0.002
<u>Precipitación (mm)</u>	-0.63	0.029	0.76	0.004

### 5.3.- Prevalencia de infestación y mortalidad de los árboles

En cada zona se establecieron 9 parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup> por cada nivel de edad. Dentro de cada parcela se evaluaron visualmente los indicadores confiables del ataque exitoso por *C. ochromactonus* (perforaciones con la presencia de aserrín y exudaciones en el fuste y en las ramas). La evaluación fue realizada al final de vuelo; en diciembre en el área húmeda y abril en el área seca.

Un total de 1609 árboles fueron evaluados con respecto a la infestación y mortalidad. De ellos, 735 correspondientes al área húmeda, con el 37,24 % de infestados y 10,29 % de mortalidad; en el área seca fueron 874, correspondiendo un 16,94% de infestados y 4,80% de mortalidad. Con respecto a la prevalencia, las plantaciones de 3 años de edad en el área húmeda registran un elevado y significativo porcentaje de infestación (64,99%) y mortalidad (24%) frente los menores índices correspondientes al área seca tanto en la infestación (8,46%) como en mortalidad (0,87%) en arboles jóvenes (Tab. 4.4 y 4.5, Fig. 4.5 y Fig. 4.6).

**Tab. 4.4.- Prevalencia de infestación por *C. ochromactonus* en función del sitio (H= Húmedo; S= Seco) y la edad de los árboles (1, joven; 2, media; 3 adulta).**

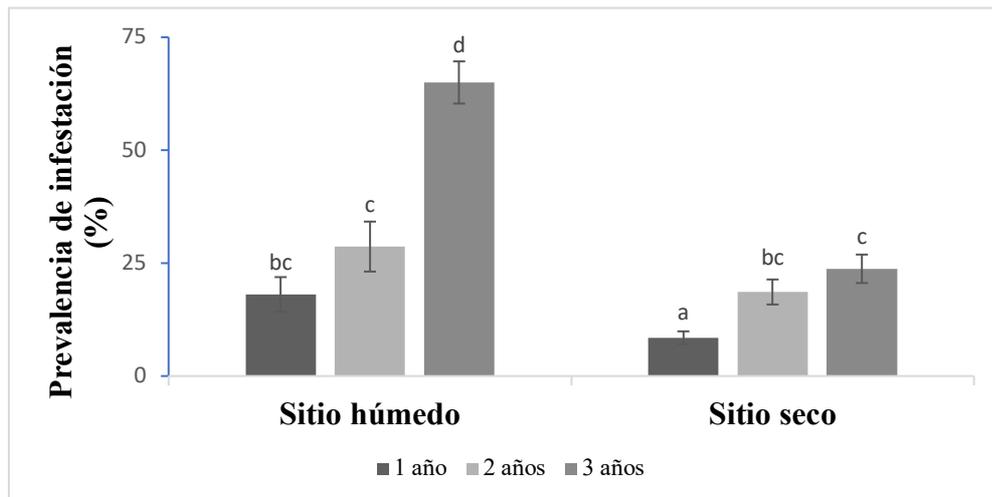
<i>Sitio_Edad</i>	<i>Media</i> <i>n=9</i>	<i>Error Est.</i>	<i>(*)</i>
H1	18,05	3,85	XX
H2	28,66	5,53	X
H3	64,99	4,67	X
S1	8,46	1,43	X
S2	18,61	2,77	X
S3	23,74	3,15	X

n= número de parcelas. Ejemplares evaluados en el área húmeda (H), 735 y en área seca (S), 874.

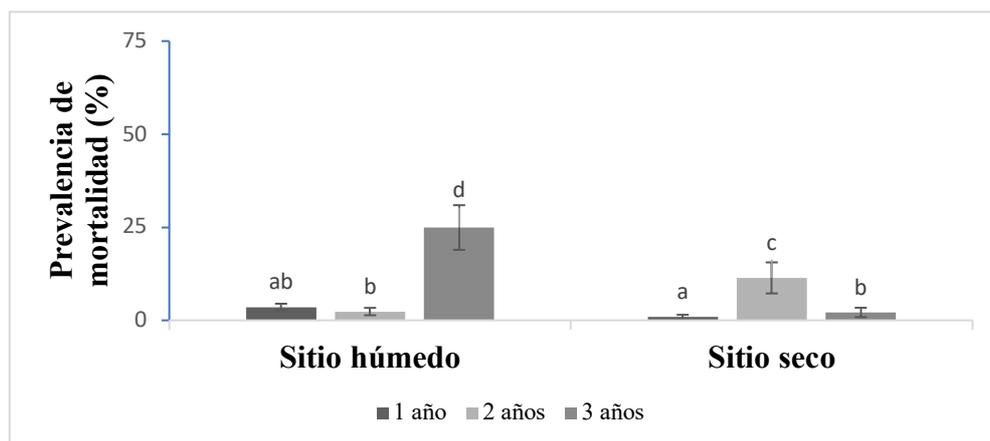
**Tab. 4.5.- Mortalidad provocada por *C. ochromactonus* en función del área (H= Húmedo; S= Seco) y la edad de los árboles (1, joven; 2, media; 3 adulta).**

<i>Sitio_Edad</i>	<i>Media</i> <i>(n=9)</i>	<i>Error Est.</i>	<i>(*)</i>
H1	3,57	0,89	XX
H2	2,36	0,99	X
H3	24,93	6,01	X
S1	0,87	0,63	X
S2	11,45	4,18	X
S3	2,12	1,27	X

n= número de parcelas. Ejemplares evaluados en el área húmeda (H), 735 y en área seca (S), 874. Método: 95,0 porcentaje LSD (\*).- Grupos homogéneos; factores en la misma columna no presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )



**Fig. 4.5.-** Prevalencia de infestación por *C. ochromactonus* en función del sitio (H= Húmedo; S= Seco) y la edad de los árboles (1, joven; 2, media; 3 adulta) en plantaciones de balsa.



**Fig. 4.6.-** Prevalencia de mortalidad de los árboles en función del sitio (H= Húmedo; S= Seco) y la edad (1, joven; 2, media; 3 adulta) en plantaciones de balsa.

#### 5.4.- Intensidad de infestación y su relación con el nivel de defoliación

Las parcelas establecidas para evaluar la prevalencia de infestación fueron utilizadas asimismo para estimar la intensidad de infestación. En cada nivel de edad se seleccionaron quince árboles para evaluar la pérdida del follaje mediante una escala visual de 0 a 100, considerando la notación más alta la correspondiente a una mayor pérdida de la masa foliar.

Posterior a esta evaluación, los árboles fueron talados, descortezados y evaluados directamente mediante un registro exhaustivo del número total de perforaciones en el tronco y en las ramas (Fig. 4.7).

La prueba de múltiples rangos indica un mayor número promedio de perforaciones exitosas por árbol en el sitio seco ( $1590,6 \pm 545,4$  perforaciones) que en el sitio húmedo ( $417,3 \pm 72,1$  perforaciones). Dentro de cada área, hubo un efecto significativo de la edad, siendo los árboles de 3 años los más intensamente infestados frente a los árboles de 1 y 2 años. Esta variable alcanza los mayores índices en árboles adultos desarrollados bajo clima seco (Tab. 4.6, Fig. 4.8).

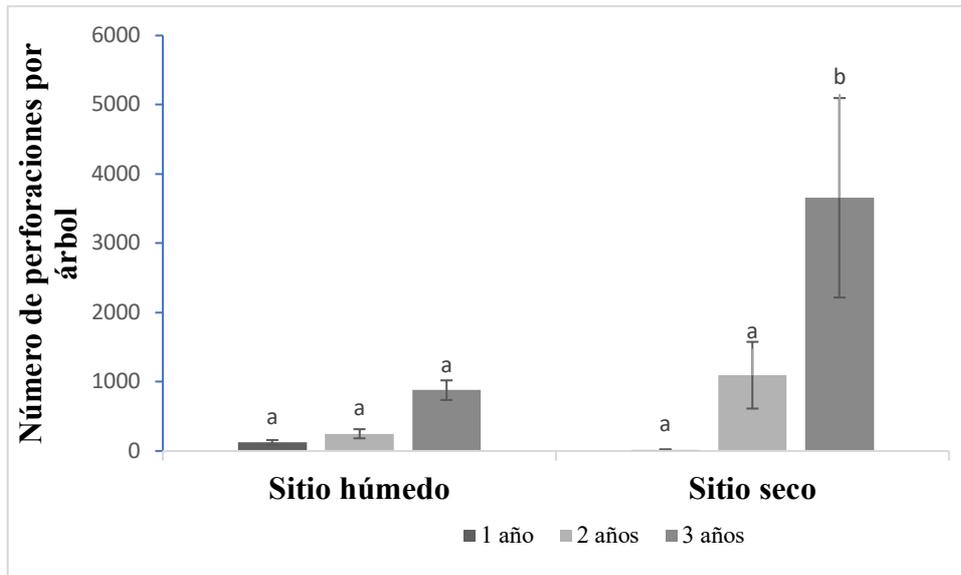


**Fig. 4.7.-** Proceso de la evaluación: Descortezamiento (a); conteo exhaustivo del número total de perforaciones (b); agrupaciones de ramas y fuste de árboles (c); marcaciones de las perforaciones (d).

**Tab. 4.6.- Severidad del daño provocado por *C. ochromactonus* en función del área (H= húmeda; S= seca) y la edad de los árboles (1, joven; 2, media; 3 adulta).**

Sitio_Edad	Media (n=15)	Error Est.	(*)
S1	19,73	6,28	X
H1	123,07	35,82	X
H2	249,8	65,81	X
H3	879,07	141,53	X
S2	1095,07	482,02	X
<b>S3</b>	<b>3657</b>	1440,02	X

Ejemplares evaluados en el área húmeda (H), 735 y en área seca (S), 874. Método: 95,0 porcentaje LSD. (\*)- Grupos homogéneos; factores en la misma columna no presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )



**Fig. 4.8.- Intensidad de infestación provocada por *C. ochromactonus* en función del sitio (húmedo y seco) y la edad de los árboles (1, joven; 2, media; 3 adulta) en plantaciones de balsa.**

El porcentaje de pérdida del follaje está significativamente influenciado por la intensidad de infestación en ambas zonas, húmeda y seca (Tab. 4.7), lo que indica

que el aumento del porcentaje individual de la defoliación se debe a un incremento del número total de perforaciones por árbol.

**Tab. 4.7 Prueba de múltiples rangos (ANOVA) para la defoliación (%) de árboles de balsa en función del área (H= húmeda; S= seca) y la edad de los árboles (1, joven; 2, media; 3 adulta).**

Loc_Edad	Media (n=15)	Err. Std.	(*)
H1	56,67	8,38	x
H2	56,67	8,38	x
H3	49	8,38	x
S1	56	8,38	x
S2	56,67	8,38	x
S3	54,33	8,38	x

Método: 95,0 % LSD. (\*).- Grupos homogéneos

## **6.- ESTRATEGIAS DE CONTROL SOSTENIBLE EN PLANTACIONES DE BALSA FRENTE EL IMPACTO DE *Coptoborus ochromactonus***

### **6.- ESTRATEGIAS DE CONTROL SOSTENIBLE EN PLANTACIONES DE BALSA FRENTE EL IMPACTO DE *Coptoborus ochromactonus***

Los resultados del estudio nos permiten disponer de los conocimientos necesarios sobre la biología y la ecología de *C. ochromactonus*, y en especial, los factores clave más importantes que le hacen fluctuar y provocar daños severos en árboles de balsa. El manejo de las poblaciones de los escolítidos ambrosiales se basa en dos enfoques principales que incluyen el monitoreo de las plantaciones forestales y la detección temprana de nuevas infestaciones y su control (Lieutier et al. 2016). Para la prevención y la protección, un paso esencial es el reconocimiento eficaz e inmediato del ataque.

Debido a que el ciclo de vida de *C. ochromactonus* se desarrolla en el interior de las galerías en la madera resulta difícil realizar el control químico de los escolítidos. Por esta razón es primordial aumentar la defensa en todo el ecosistema con mejores prácticas sostenibles, y que al mismo tiempo proporcione beneficios ambientales.

En Ecuador no existe información sobre los avances en la búsqueda y reconocimiento de los enemigos naturales, tales como los predadores de las plagas potenciales de la balsa, la riqueza de especies arbóreas adecuadas, las propiedades biogeoquímicos del suelo que interactúan sobre las poblaciones de las plagas y enfermedades en los ecosistemas forestales y, sobre todo, en las plantaciones de balsa. Por esta razón se proponen dos acciones dentro del método integral para reducir el impacto de los bio-agresores en el cultivo forestal:

- 1) Limitar la propagación de los insectos.
- 2) Promover la diversificación del hábitat.

## 6.1.- Limitación de la propagación de los insectos

Los escolítidos ambrosiales, potencialmente transmisores de enfermedades deben ser considerados con mayor atención, dándoles la importancia que requieren dentro de un sistema de detección temprana altamente eficiente.

El mapeo de la distribución y la determinación de la densidad poblacional, basado en la instalación de trampas ayudan a tomar acciones oportunas para alertar nuevas invasiones. Además, un trampeo masivo reduce las poblaciones de las hembras adultas, teniendo mayor efecto sobre la reproducción y reduciendo el impacto sobre la balsa.

Otra estrategia a considerar para limitar la propagación de *C. ochromactonus* es la determinación de los enemigos naturales. Los predadores, parasitoides y los microorganismos entomopatógenos juegan un papel crucial en la regulación de los escolítidos y tienen una alta utilidad en el control biológico.

De manera general los predadores de los escolítidos pertenecen a los géneros *Thanasimus*, *Axina*, *Priocera*, *Epiphloeus*, *Ichnea*, *Cregya*, *Pelonium*, *Enoclerus*, *Colydium*, *Aulonium*, *Oxylaemus*, *Platysoma*, *Trypanaeus*, *Plegaderus*, entre otros.

Estudios realizados en bosques tropicales del Perú reportan cinco especies del orden Coleóptera: *Aulonium oblitum* (Pascoe, 1863), *Nematidium cylindricum* (Fabricius, 1801), *Nematidium filiforme* (Le Conte, 1863), *Coptotrophis proboscideus* (Fabricius, 1801) y *Sosylus duplicatus* (Pascoe, 1863) como predadores de *Euplatypus paralellus* (Fabricius, 1801), *Xyleborus affinis* (Eichhoff, 1868) y *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius, 1801) (Huanca et al. 2017).

Además, los géneros *Laemophloeus* (Laporte, 1840), *Microsicus* (Sharp, 1894) y *Europs* (Wollaston, 1854) son predadores de *Xyleborus glabratus* Eichhoff (Peña et al. 2015).

Todos los estadios de los escolítidos pueden ser parasitados, principalmente en los estados inmaduros, y sus predadores presentan adaptaciones morfológicas para vivir en las galerías alimentándose de sus presas. Se involucran varios géneros parasitoides del orden Hymenóptera como *Coeloides*, *Dendrosoter*,

*Cecidostiba*, *Perniphora*, *Pachyceras*, *Metacolus*, *Dinotiscus*, *Roptrocerus*, *Ipideurytoma*, entre otros.

Entre las especies de hongos entomopatógenos las más frecuentes se destacan *Beauveria bassiana* (Bals. Criv.) y Vuill. y *Metarhizium brunneum* (Petch) capaz de infectar las especies *Xylosandrus compactus* y *Xylosandrus crassiusculus* (Gugliuzzo *et al.* 2019). Los géneros *Xyleborus*, *Xylosandrus* y *Coptoborus* pertenecen a la misma tribu Xyleborini, por lo tanto, sería interesante determinar los insectos predadores y parasitoides naturales, y la efectividad de estos hongos para conocer su impacto real frente a *C. ochromactonus* en condiciones naturales.

Con respecto a otros factores ecológico, la calidad del suelo aumenta la resiliencia del cultivo, manteniendo la salud de las plantas y aumentando su sistema inmunológico contra los problemas fitosanitarios. Un suelo saludable presenta mayor abundancia de microorganismos antagonistas, emitiendo sustancias con efecto tóxico frente a los bio-agresores (plagas y patógenos) o incluso modificando las propiedades del suelo (pH, estructura del suelo, etc.) (Zaccardelli *et al.* 2013).

La asociación de las plantas con microorganismos benéficos (bacterias, micorrizas) a nivel de rizosfera constituye una estrategia vital y complementaria para incrementar su capacidad de defensa y controlar los fitoparásitos. Además, conocer la biodiversidad de la microbiología del suelo y su funcionalidad y el papel de los bioestimulantes innovadores permitirá aumentar la calidad del suelo y demostrar sus efectos sobre la salud de las plantas. De esta manera, se aplicarán técnicas que no obstaculizan la capacidad de producción, sino que optimizarán los insumos minimizando así las huellas ambientales de estos sistemas y mitigando el impacto del cambio climático en el futuro.

## **6.2.- Contribución a la diversificación del hábitat**

Un enfoque de cultivo y explotación óptimo contempla no solo la productividad sino el mantenimiento de la biodiversidad y la optimización de todos los recursos. El manejo del agroecosistema debe, desde este punto de vista, contemplar el

establecimiento de plantaciones mixtas, el aprovechamiento de algunas especies arvenses y el mantenimiento de barreras naturales o cobertura vegetal diversificada, prescindiendo ciertas especies que puedan ejercer una elevada competencia por los elementos nutritivos o por el agua. Este fenómeno, denominado resistencia por asociación conlleva aumentar la resiliencia en el cultivo.

Poblaciones con una mayor diversidad de especies forestales tienden a ser sanitariamente más resistentes que las masas monoespecíficas, logrando sufrir 20 % menos daños por insectos herbívoros y hongos patógenos que en plantaciones puras (Jactel et al. 2021).

En un cultivo mixto, las señales olfativas o visuales emitidas por ciertas especies vegetales interfieren o disimulan a las emitidas por la especie vegetal hospedante del insecto plaga, influyendo positivamente en la reducción de los ataques. Otras, a su vez, emiten metabolitos secundarios que actúan como tóxicos o repelentes (ej. fitoanticipinas, terpenos, látex, compuestos fenólicos, alcaloides, ligninas) como el caso de la especie del neem *Azadirachta indica* (Constantino, 2020). Además proporcionan fuentes de alimento como néctar, polen y favorecen refugios para el establecimiento de insectos predadores o parasitoides, aves, murciélagos o arañas que posteriormente podrían controlar las poblaciones de plagas.

Para una resistencia por asociación contra los bio-agresores se debe considerar la combinación de especies forestales, en particular con las nativas, o las exóticas pero con bajo grado de competencia. La mezcla de especies filogenéticamente distantes entre sí es mucho más relevante que el número de especie presentes dentro de la plantación (Jactel et al. 2021).

Por otra parte, la asociación de cultivos puede brindar servicios ambientales diversos como el mejoramiento del suelo aportado por la materia orgánica, secuestro del carbono, reduce las temperaturas, evita la erosión, entre otros.

El uso de prácticas dirigidas a la diversificación del medio ecológico y conservación de la biodiversidad protege y aumenta la abundancia y la diversidad de los insectos benéficos. Se ha demostrado que la utilización intensiva de los herbicidas y de forma generalizada, establece unas condiciones favorables al

ataque de plagas. Un manejo adecuado de las arvenses o malezas como parte del agro-ecosistema provee alimento y refugio a la fauna benéfica y promueve la restauración ecológica de ecosistemas degradados. Por lo tanto, se recomienda dejar cobertura vegetal, denominada comúnmente “mulching” y realizar una desyerba mecánica en el plato del árbol. Esta práctica permite que se restablezca el equilibrio ecológico y mantiene las poblaciones de la plaga bajo un control natural (Constantino, 2020).

Realizar un estudio del efecto de la diversidad de plantas arvenses sobre los insectos benéficos en plantaciones de balsa aportaría información relevante para un manejo integrado de las plagas, con la finalidad de disminuir el uso indiscriminado de los herbicidas, y minimizar el impacto sobre la fauna benéfica y sobre la biodiversidad, además de reducir los costos de producción.

Por lo tanto, fomentar planes de gestión forestal que preserven la biodiversidad, en contraposición al establecimiento de monocultivos tendrá efectos positivos sobre la lucha contra plagas y enfermedades, y ayudará preservar la funcionalidad ecológica de los bosques. Por esta razón, se debería llevar a cabo investigaciones para evaluar la mejor asociación entre las especies de árboles y la conservación de plantas arvenses para maximizar la resistencia asociativa, y la gestión integral del cultivo. Así como también, poner a prueba prácticas adecuadas de gestión forestal de las plantaciones mixtas con diferente crecimiento y manejo.

## 7.- CONSIDERACIONES FINALES

El manejo integrado de los escolítidos puede involucrar métodos directos de regulación de la población, que son utilizados en particular en Europa y en América del Norte. Estos métodos también se basan en prácticas silvícolas relacionadas con la eliminación y remoción de árboles muertos o altamente infestados con el fin de destruir los estadios larvarios y púpales antes de la emergencia de los insectos adultos y nuevos ataques. Los árboles removidos deben ser retirados de las plantaciones, quemados o triturados con la finalidad de eliminar focos de infestación.

En general los escolítidos se desarrollan primero en restos de madera presentes en el suelo y luego atacan a los árboles vivos, por lo tanto, desde el primer año de la plantación se deberá eliminar todo sustratos de reproducción, como también destruir los árboles infestados en pie, este método preventivo es un primer paso clave para controlar la epidemia de los insectos en las plantaciones de balsa. No obstante, esta práctica es eficaz previo al conocimiento de la fenología y biología de los escolítidos.

Finalmente, hay muchos factores que contribuyen a la epidemia de los escolítidos, que son difíciles de controlar, por ejemplo los factores climáticos y de estrés para el crecimiento y las defensas de los árboles. Por lo tanto, antes de establecer nuevas plantaciones es fundamental tomar en cuenta las características bioclimáticas del área y la calidad del suelo, evitar el riesgo de inundación, pendientes muy pronunciadas y exposición a la sequía en el periodo seco. Esto probablemente permitirá anticipar mejor los posibles niveles epidémicos de *C. ochromactonus* en países productores de la balsa.

## 8.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### 8.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, Z., Falconi, G. & Linares-Palomino, R. 2006. Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. *Woody species and vegetation formations in seasonally dry forests of Ecuador and Peru*. *Arnaldoa* 13(2):324 - 350 ISSN: 1815-8242.
- Arias, E. y Robles, M. 2011. *Aprovechamiento de recursos forestales en el Ecuador (periodo 2010)*. Proyecto PD 406/06 Establecimiento de un Sistema Nacional de Estadísticas Forestales y Comercialización de la Madera por la OIMT. Ministerio del Ambiente. Ecuador.
- Asner, G., Loarie, S. and Heyder, U. 2010. *Combined effects of climate and land-use change on the future of humid tropical forests*. *Conservation Letters*. 3: 395–403. Banco Mundial 2015.
- Banco Central del Ecuador. 2019. Información estadística mensual no. 2010 – Agosto  
2019. (<https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp?fbclid=IwAR1I-hUXkE2vfMqdI7DZLbHrRp7So784x4Yye5Ht4mQbGIJPMjPB3hHjwEY>)
- Bateman, C., Huang, Y., Simmons, D., Kasson, M., Stanley, E. and Hulcr, J. 2017. Ambrosia beetle *Premnobius cavipennis* (Scolytinae: Ipini) carries highly divergent ascomycotan ambrosia fungus, *Afroraffaelea ambrosiae* gen. nov. et sp. nov. (Ophiostomatales). *Fungal Ecology*. 25: 41–49.
- Batra, L. 1985. Ambrosia beetles and their associated fungi: research trends and techniques. *Proc. Indian Acad. Sci.* 94: 137–148.
- Beaver, R. 1989. Insect – Fungus relationships in the bark and ambrosia beetles. *In: Wilding, N., Collins, N.M., Hammond, P.M., Webber, J.F. (eds.). Insect-fungus Interactions*. Academic Press, San Diego, CA, USA, pp. 121-143.
- Brink, M. 2008. *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam) Urb. *Ressources végétales de l'Afrique tropicale*. In: D. Louppe, A. A. Oteng-Amoako and Brink M. (Editeurs). Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas. 785 p.
- Cañadas, A., Rade, D., Siegmund, M., Moreira, G., Vargas, J. & Wehenkel, Ch. 2019. *Growth and Yield Models for Balsa Wood Plantations in the Coastal Lowlands of Ecuador*. *Forests*. (ISSN 1999-4907).
- Castro, J. 2016. *Aspectos Biológicos y ecológicos de Coptoborus ochromactonus Smith y Cognato (Coleoptera: Scolytinae), y la relación de sus hongos asociados en la muerte regresiva de Ochroma pyramidale (Cav. Ex. Lam.) Urb. Urb.* 149 p. (Tesis doctoral). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

- Castro, J., Smith, S., Cognato, A., Lanfranco, D., Martínez, M. and Guachambala, M. 2019. Life cycle and development of *Coptoborus ochromactonus* Smith and Cognato (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), a pest of balsa. *J. Econ. Entomol.* 112: 729-735.
- Cedeño, P. and Flowers W. 2012. *Heilipodus unifasciatus* (Champion) (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae: Hylobiini) attacking plantations of *Ochroma pyramidale* (Cavanilles Ex Lamarck) Urban (Malvaceae) in Ecuador. *The Coleopterists Bulletin*, 66: 344–346.
- Cognato, A., Hulcr, J., Dole, S. and Jordal, B. 2011. Phylogeny of haplo-diploid, fungus-growing ambrosia beetles (Curculionidae: Scolytinae: Xyleborini) inferred from molecular and morphological data. *Zool. Scr.* 40: 174–186.
- Cognato, A. 2018. *Callibora* Cognato (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae: Xyleborini), a new genus of xyleborini ambrosia beetle from Ecuador. *Coleopt. Bull.* 72: 801-804.
- Constantino, L. 2020. EL control biológico natural. En P. Benavides Machado & C.E. Góngora (Eds.), *El Control Natural de Insectos en el Ecosistema Cafetero Colombiano* (pp. 37 – 67). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/10791/0001\\_3](https://doi.org/10.38141/10791/0001_3)
- Costa, L., Dolácio, C., Zea, J., Oliveira, R., Pelissari, A. & Maciel, M. 2020. *Variabilidad espacial de Swietenia macrophylla en sistema agroforestal de la Amazonia brasileña*. *Madera y Bosques*, 26(1), e2611937. doi: 10.21829/myb.2020.2611937.
- Cuesta, F., Peralvo M., Merino, A., Bustamante, M., Baquero, F., Freile, J., Muriel, P. and Torres, O. 2017. *Priority areas for biodiversity conservation in mainland Ecuador*. *Neotropical Biodiversity*. 3: 93–106.
- Dangles, O. and Nowicki, F. 2010. *Natura maxima Equateur, terre de biodiversité*. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers12-09/010048528.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-09/010048528.pdf).
- Francis, J. 1991. *Ochroma pyramidale Cav. Balsa Bombacaceae. Monograph SO-ITF-SM-41*, p.6. Institute of Tropical Forestry. United States Department of Agriculture (U.S. Dep. Agric.) Forest Service, Washington, DC.
- Francke-Grosman, H. 1967. Ectosymbiosis in wood-inhabiting insects. *In*: S. M. Henry (Ed.). *Symbiosis*. New York. Academic Press. 141-203.
- Fettig, C. and Hilszczański, J. 2015. Management strategies for bark beetles in conifer forests. pp. 555-584. *In* F. Vega and R. Hofstetter (eds.), *Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species*. Elsevier, San Diego, CA. USA.
- Freeman, S., Protasov, A., Sharon, M., Mohotti, K., Eliyahu, M., Okon, N., Maymon, M. and Mendel, Z. 2013. Obligate feed requirement of *Fusarium* sp. nov., an avocado wilting agent, by the ambrosia beetle *Euwallacea* aff. *fornicata*. *Symbiosis*. <https://doi.org/10.1007/s13199-013-0222-6>.

- González, B., Cervante, X., Torres, E., Sánchez, C. y Simba, L. 2010. Caracterización del cultivo de balsa (*Ochroma pyramidale*) en la provincia de Los Ríos. *Ciencia y Tecnol.* 3: 7-11.
- González, B., Simba, L. y Oviedo, B. 2018. Un cultivo resiliente para enfrentar el cambio climático, la balsa (*Ochroma pyramidale*). *Ciencia y Tecnol.* 18: 88-100.
- GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado – Municipal El Empalme). 2015 – 2024. Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/DIAGNOSTICO%20PDyOT%20EL%20EMPALME\\_15-11-2014.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/DIAGNOSTICO%20PDyOT%20EL%20EMPALME_15-11-2014.pdf)
- GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado – Municipal del cantón Valencia). 2014. Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial [file:///C:/Users/user/Desktop/Herminio/TRANSFER%20a%20Malena%2022-8\\_2020/@@@BIBLIOGRAFIA/Suelos%20Valencia.pdf](file:///C:/Users/user/Desktop/Herminio/TRANSFER%20a%20Malena%2022-8_2020/@@@BIBLIOGRAFIA/Suelos%20Valencia.pdf)
- Gugliuzzo A., Criscione, G., Biondi A., Aiello, D., Vitale, A., Polizzi, G. and Tropea, Garzia, G. 2020. Seasonal changes in populations structure of the ambrosia beetle *Xylosandrus compactus* and its associated fungi in a southern Mediterranean environment. *PLoS ONE.* 15: 1-13.
- Gugliuzzo, A., Mazzeo, G., Mansour, R. and Tropea, G. 2019. Carob pests in the Mediterranean region: bio-ecology, natural enemies and management options. *Phytoparasitica.* 47: 605-628.
- Huanca, J., Giraldo A., Vergara C. y Soudre, M. 2017. Asociación de coleópteros xilófagos y predadores en madera de “Bolaina blanca” (*Guazuma crinita* Martius) y “Cucarda” (*Hibiscus rosa-sinensis* Linnaeus). *Ecol. Apl.* 16: 83-90.
- Huler, J. and Dunn, R. 2011. The sudden emergence of pathogenicity in insect – fungus symbioses threatens naive forest ecosystems. *Proc. R. Soc. B.* 278: 2866–2873
- Huler, J., Kolarik, M. and Kirkendall, L. 2007. A new record of fungus-beetle symbiosis in Scolytodes bark beetles (Scolytinae, Curculionidae, Coleoptera). *Symbiosis.* 43: 151–159.
- IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano) y MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2013. Generación de geo información para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25000. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA5/NIVEL\\_DEL\\_PDOT\\_CANTONAL/LOS\\_RIOS/QUEVEDO/QUEVEDO\\_NORTE/MEMORIAS\\_TECNICAS/mt\\_quevedo\\_norte\\_geopedologia.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA5/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/LOS_RIOS/QUEVEDO/QUEVEDO_NORTE/MEMORIAS_TECNICAS/mt_quevedo_norte_geopedologia.pdf)
- Jactel, H., Moreira, X. and Castagnyrol, B. 2021. Tree diversity and forest resistance to insect pests: Patterns, mechanisms and prospects. *Annu. Rev. Entomol.* 66: 14.1 – 14.20.
- Jordal, B. and Smith S. 2020. *Scolytodes* Ferrari (Coleoptera, Scolytinae) from Ecuador: 40 new species, an a molecular phylogenetic guide to infer species

differences. *Zootaxa*. 1: 001 - 067.

- Kasson, M., O'Donnell, K., Rooney, A., Sink, S., Ploetz, R., Ploetz, J., Konkol, J., Carrillo, D., Freeman, S., Mendel, Z., Smith, J., Black, A., Hulcr, J., Bateman, C., Stefkova, K., Campbell, P., Geering, A., Dann, E., Eskalen, A., Mohotti, K., Short, D., Aoki, T., Fenstermacher, K., Davis, D. and Geiser, D.M. 2013. An inordinate fondness for *Fusarium*: phylogenetic diversity of fusaria cultivated by ambrosia beetles in the genus *Euwallacea* on avocado and other plant hosts. *Fungal Genet. Biol.* 56: 147-157.
- Kirkendall, L., Biedermann, P. and Jordal, B. 2015. Evolution and diversity of bark and ambrosia beetles. pp. 85-156. *In* F. E.Vega and R. W. Hofstetter (eds.), *Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species*. Elsevier, San Diego, CA. USA.
- Kirkendall, L. and Faccoli, M. 2010. Bark beetles and pinhole borers (Curculionidae, Scolytinae, Platypodinae) alien to Europe. *ZooKeys*. 56: 227-251.
- Kubicek, C., Starr, T. and Glass, N. 2014. Plant cell wall – degrading enzymes and their secretion in plant-pathogenic fungi. *Annu. Rev. Phytopathol.* 52, 427-451.
- Li, Y., Simmons, D., Bateman, C., Short, D., Kasson, M., Rabaglia, R. and Hulcr, J. 2015. New fungus-insect symbiosis: culturing, molecular and histological methods determine saprophytic Polyporales mutualists of *Ambrosiodmus* ambrosia beetles. *PLoS One*. 10: 1-13.
- Lieutier, F., Mendel, Z. and Faccoli, M. 2016. Bark beetles of Mediterranean conifers. *In* *Insects and Diseases of Mediterranean Forest Systems*, pp. 105-197. Springer, Cham.
- Lucky, A., Erwin, T. and Witman J. 2002. Temporal and spatial diversity and distribution of arboreal carabidae (Coleoptera) in a western Amazonian Rain Forest. *Biotropica*. 34: 376-386.
- Martínez, M. 2019. *Diversité des scolytes (Coléoptera : Curculionidae : Scolytinae) et de leurs champignons associés dans l'écosystème forestier d'Equateur*. 150 p. (Tesis doctoral). Universidad de Montpellier, Francia
- Martínez, M., Cognato, A., Guachambala, M. and Boivin, T. 2019. Bark and ambrosia beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) diversity in natural and plantation forests in Ecuador. *Environ. Entomol.* 48: 776-784.
- Martínez, M., Cognato, A., Guachambala, M., Urdanigo, J. and Boivin, T. 2020. Effects of climate and host age on flight activity, infestation percentage and intensity by *Coptoborus ochromactonus* Smith and Cognato (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in commercial balsa plantations of Ecuador. *J. Eco. Entomol.* 113: 824 - 831.
- Midgley, S., Blyth, M., Howcroft, N., Midgley, D. and Brown, A. (2010). *Balsa: biology, production and economics in Papua New Guinea*. pp. 98. ACIAR Technical Reports No. 73. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Morales, J., Rojas, M., Sittertz, H. and Saldana G. 2000. Symbiotic relationship

- between *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) and *Fusarium solani* (Moniliales: Tuberculariaceae). *Annals of the Entomological Society of America*. 93: 541–547.
- Pazmiño, C. 2016. *Sostenibilidad socioeconomica y ambiental de la produccion de balsa (Ochroma pyramidale) en el canton Mocache*. 86 p. (Tesis magister). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- Peña, J., Weihman, S., McLean, S., Cave, R., Carrillo, D., Duncan, R., Evans, G., Krauth, S., Thomas, M.C., Lu, S., Kendra, P. and Roda, A. 2015. Predators and Parasitoids associated with Scolytinae in *Persea* species (Laurales: Lauraceae) and other Lauraceae in Florida and Taiwan. *Florida Entomologist*. 98: 903–910.
- Petrov, A. and Mandelshtam, M. 2018. Description of a new species of *Cnestus* SAMPSON, 1911, and notes on other species from South America (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Koleopt. Rund.* 88: 269–274.
- Petrov, A. and Atkinson, T. 2018. New species of neotropical Ipini Bedel, 1888 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Russian Entomol.* 27: 41–45.
- Ploetz, R., Hulcr, J., Wingfield, M. and de Beer, W. 2013. Destructive tree diseases associated with ambrosia and bark beetles: black swan events in tree pathology? *Plant Disease*. 95: 856–872.
- Six, D. 2003. Bark-beetle fungus symbioses. In Bourtzis K, Miller T.A. (Eds.) *Insect symbiosis*. CRC, Boca Raton, pp 99–116.
- Smith, S. and Cognato, A. 2016. A revision of *Coptonotus* Chapuis, 1869 (Coleoptera: Curculionidae: Coptonotinae) with notes on its Biology. *The Coleopterists Bulletin*. 70: 409–428.
- Stilwell, A., Smith, S., Cognato, A., Martinez, M. and Flowers, W. 2014. *Coptoborus ochromactonus*, n. sp. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), an emerging pest of cultivated balsa (Malvales: Malvaceae) in Ecuador. *J. Econ. Entomol.* 107: 675–683.
- Velazques, E. 2014. *La biodiversidad en el Ecuador*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La%20Biodiversidad.pdf>
- Weber, M., Stimm, B., Lopez, M., Gerique, A., Pohle, P., Hildebrandt, P. and Kübler, D. 2013. *Conservation, management of natural forests and reforestation of pastures to retain and restore current provisioning services*. In: J. Bendix et al. (eds.) *Ecosystem services, 96 biodiversity and environmental change in a tropical mountain ecosystems of south Ecuador*, ecological Studies. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-38137-9>
- Wood, S. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. Great Basin Nat. Mem. Brigham Young University, Provo, UT. 1359p.
- Wood, S. 2007. The bark and ambrosia beetles of South America (Coleoptera: Scolytidae). Monte L. Bean Life Science Museum. Brigham Young University, Provo, Utah. 900p.

Zaccardelli, M., De Nicola, F., Vilecco, D. and Scotti, R. 2013. The development and suppressive activity of soil microbial communities under compost amendment. *J. Soil Sci. Plant. Nutr.* 13:730-742

# Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad,  
regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse>  
y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

*Malena Martinez Chevez, PhD.*

*Ingeniera Forestal, graduada en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en Ecuador. Magister en Sanidad Vegetal de la Escuela SUP AGRO Montpellier, Francia. Doctor en Ecología y Biodiversidad de la Universidad de Montpellier, Francia. Su experticia es la protección forestal con énfasis en la Interacción planta – insecto – microorganismos patógenos. Dentro de su carrera profesional ha ejecutado varios proyectos de investigación enmarcados en el manejo integral de plagas y enfermedades en plantaciones forestales tropicales. Ha trabajado en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en Ecuador durante 2 años y 8 meses; y en la Universidad de Montpellier (Francia) durante 8 meses. Desde el 2010, hasta la actual fecha es docente – investigadora en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, impartiendo las asignaturas de Entomología y Patología Forestal.*

*Herminio Boira Tortajada, PhD.*

*Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Valencia. Doctor en Botánica. Desarrolla actividades académicas e investigación en el Instituto Agroforestal Mediterráneo de la Universidad Politécnica de Valencia. Ha impartido las asignaturas de Botánica Sistemática, Botánica Agrícola y Forestal, Geobotánica, Ecología del Paisaje y Malherbología, entre otras. Se ha especializado en la vegetación costera valenciana, en la restauración de lagunas del Azarbe (Sollana, Valencia) y acondicionamiento y revegetación de áreas húmedas afectadas por los mismos. Ha trabajado en varios proyectos internacionales enmarcados al estudio de la flora y vegetación de las regiones Saheliana y Saharo-Saheliana, así como también en los humedales de Abras de Mantequilla (Ecuador) y la Isla Isabela (Galápagos, Ecuador) sobre aspectos ecológicos y fitosociológicos de los manglares, pozas (lagunas) y bosque seco.*

**compAs**  
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

ISBN: 978-9942-33-458-9



@grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

compas  
Grupo de capacitación e investigación pedagógica