



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

## **DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

### **Trabajo de Tesis**

**Distribución temporal de ataques de  
*Hypsipyla grandella* Zeller, 1848 en plantaciones de  
*Cedrela odorata* L. establecidos bajo dos condiciones  
de sombra**

**Autora**

**Br. Katerine Ubania Herrera Zelaya**

**Asesor**

**MSc. Oswaldo Rodríguez Flores**

Presentado a la consideración del honorable comité  
evaluador como requisito final para optar al grado de  
Ingeniero en Sanidad Vegetal

**Managua, Nicaragua**  
**Junio, 2024**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero en Sanidad Vegetal

---

Miembros del Comité Evaluador

---

MSc. Víctor Monzón Ruiz  
Presidente

---

MSc. Jorge Gómez Martínez  
Secretario

---

MSc. Markelyn Rodríguez Zamora  
Vocal

Lugar y fecha: 

---

Managua, Nicaragua, 26/04/2024

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios por brindarme vida, salud, sabiduría e inteligencia para culminar mis estudios, por la fuerza que me brinda cada día para enfrentar las dificultades que se presentan en el día a día.

A mis padres, Jasmina del Carmen Zelaya García y Carlos Porfirio Herrera por su amor infinito y apoyo incondicional, por el apoyo tanto económico y emocional; por formar en mí una persona de bien y de valores.

A mis hermanas, Wendy Isamara Herrera Zelaya y Genesis Fernanda Herrera Zelaya por estar siempre para mí en los momentos difíciles, por su apoyo y confianza que me brindan.

A mi abuelita, Blasina Herrera por los consejos y motivación de cada día.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, quiero agradecer a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias.

A mis padres, Jasmina del Carmen Zelaya García y Carlos Porfirio Herrera es todo mi agradecimiento, así como el haberme apoyado durante toda mi carrera profesional. De ustedes he recibido apoyo y afecto que han sido suficientes para impulsarme a seguir adelante sin mirar los obstáculos en el camino.

A mis hermanas, Wendy Isamara Herrera Zelaya y Genesis Fernanda Herrera Zelaya les agradezco por estar siempre en mi vida no sólo aportando buenas cosas, sino también por su gran apoyo que me brindaron en esta etapa de mi vida.

A mi asesor, MSc. Oswaldo Rene Rodríguez Flores por su dedicación y paciencia; en guiarme en este proceso tan importante en mi vida académica, por ser un mentor ejemplar, por compartir su sabiduría y experiencia conmigo.

A los estudiantes de las cohortes (2020-2024 y 2021-2025) de la carrera Ingeniería en Sanidad Vegetal por contribuir en la recopilación de datos (mediante muestreos) y mantenimiento de las plantas. A los profesores Ixpayacat Bustillo Tinoco, Eliezer Lanuza Rodríguez, Markelyn Rodríguez Zamora por haber guiado y dado seguimiento a los estudiantes involucrados en la recopilación de los datos utilizados en la presente investigación. Al Ingeniero Elvin Lagos Pineda por facilitarme los registros ambientales de la estación agrometeorológica de la Finca El Plantel de la Universidad Nacional Agraria.

A la Universidad Nacional Agraria por haberme permitido ser parte de esta gran casa de estudio. Por compartir dificultades, retos, grandes, por haberme formado en mí un profesional.

A todos los profesores que me brindaron su conocimiento a lo largo de estos cuatro años y medio gracias por su dedicación, por sus esfuerzos, por su paciencia y compromiso, es mi base fundamental de mi desarrollo como persona.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>5</b>
3.1. <i>Cedrela odorata</i> L. (Meliaceae)	5
3.1.1 Principales usos de <i>C. odorata</i>	6
3.1.2 Importancia de <i>C. odorata</i>	6
3.1.3 Situación ecológica en Nicaragua	7
3.2. <i>Hypsipyla grandella</i> Zeller, 1848 (Lepidoptera, Pyralidae)	7
3.2.1 Importancia de <i>H. grandella</i>	8
3.2.2 Problemática que ocasiona <i>H. grandella</i>	8
3.2.3 Aspectos bioecológicos de <i>H. grandella</i>	8
3.2.4 Descripción biológica de <i>H. grandella</i>	9
3.2.5 Afectaciones que ocasiona <i>H. grandella</i>	10
3.2.6 Comportamiento en vuelo y selección de hospedero	10
3.3. Influencia de la sombra en los ataques de <i>H. grandella</i> en cedro	10
3.4. Distribución temporal de ataques de <i>H. grandella</i> en meliáceas	11
3.5. Influencia de los factores ambientales en los ataques y biología de <i>H. grandella</i>	11
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>13</b>
4.1. Ubicación del estudio	13

4.2. Diseño metodológico	14
4.2.1 Descripción de los sistemas forestales muestreados	14
4.2.2 Manejo de los sistemas forestales	15
4.2.3 Métodos y técnicas de muestreo	15
4.3. Variables evaluadas	16
4.4. Análisis de datos	17
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>18</b>
5.1. Ataques de <i>H. grandella</i> en las plantaciones estudiadas	18
5.2. Distribución temporal de los ataques de <i>H. grandella</i> en las plantaciones estudiadas	19
5.3. Influencia de la temperatura y la precipitación en los ataques de <i>H. grandella</i>	22
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>27</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>27</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	<b>29</b>
<b>IX. ANEXOS</b>	<b>34</b>

---

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Ataque del barrenador del brote ( <i>H. grandella</i> ) de las meliáceas en plantaciones de cedro ( <i>C. odorata</i> ) establecidas bajo dos condiciones de sombra	17
2.	Distribución temporal de ataque del barrenador del brote ( <i>H. grandella</i> ) de las meliáceas en plantaciones de cedro ( <i>C. odorata</i> ) establecidas bajo dos condiciones de sombra	20
3.	Influencia de la temperatura y la precipitación en los ataques del barrenador del brote ( <i>H. grandella</i> ) de las meliáceas en la plantación de cedro ( <i>C. odorata</i> ) establecida sin sombra	22
4.	Influencia de las variables con correlación significativas en los ataques del barrenador del brote ( <i>H. grandella</i> ) de las meliáceas en la plantación de cedro ( <i>C. odorata</i> ) establecida sin sombra	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Ubicación de las plantaciones en los departamentos de Managua y Masaya, Nicaragua.	12
2.	Distribución temporal de los ataques del barrenador del brote ( <i>H. grandella</i> ) de las meliáceas en plantaciones de cedro ( <i>C. odorata</i> ) establecidas bajo dos condiciones de sombra.	19
3.	Representación gráfica de los ataques de <i>H. grandella</i> y su relación con la precipitación durante los meses de muestreo en la plantación sin sombra.	23
4.	Representación gráfica de los ataques de <i>H. grandella</i> y su relación con la temperatura mínima durante los meses de muestreo en la plantación sin sombra.	24

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Estadísticos descriptivos para la variable afectaciones en las plantas de Cedro ( <i>C. odorata</i> ) establecido bajo dos condiciones de sombra	33
2.	Comparación de la variable afectaciones en las plantas de Cedro ( <i>C. odorata</i> ) establecido bajo dos condiciones de sombra por medio de la prueba U de Mann-Whitney ( $p=0.05$ )	33
3.	Análisis de variancia de medidas repetidas ( $p=0.05$ ) para comparación de los ataques del barrenador del brote ( <i>H. grandella</i> ) de las meliáceas por meses y sistemas muestreados	33
4.	Pruebas de los efectos entre meses (Post-hoc) para la variable ataque en el sistema bajo sombra por medio de la prueba Tukey HSD ( $p=0.05$ )	33
5.	Pruebas de los efectos entre meses (Post-hoc) para la variable ataque en el sistema sin sombra por medio de la prueba Tukey HSD ( $p=0.05$ )	34
6.	Pruebas de los efectos entre meses (Post-hoc) para la variable ataque entre los sistemas sin sombra y con sombra por medio de la prueba Tukey HSD ( $p=0.05$ )	34
7.	Coefficientes para los modelos de predicción de la influencia de las variables con correlación significativas en los ataques del barrenador del brote ( <i>H. grandella</i> ) de las meliáceas en la plantación de cedro ( <i>C. odorata</i> ) establecida sin sombra	35
8.	Pruebas para cumplimiento de supuestos para los modelos de regresión para las variables temperatura y la precipitación en los ataques del barrenador del brote ( <i>H. grandella</i> ) de las meliáceas en la plantación de cedro ( <i>C. odorata</i> ) establecida sin sombra	35

## RESUMEN

El *Cedrela odorata* es una especie forestal con uso industrial y excelente mercado internacional. Su establecimiento exitoso en plantaciones ha sido limitado por los daños del insecto *Hypsipyla grandella*. Se han hecho investigaciones de la bioecología de este insecto, pero se han enfocado principalmente en caoba (*Swietenia macrophylla*) y en ecosistemas de pluviselvas del continente americano. Son pocas las investigaciones de *C. odorata* creciendo en plantaciones establecidas en el bosque seco, siendo esto un problema para los programas de prevención y manejo exitoso de esta plaga en este ecosistema. Por consiguiente, la presente investigación tiene el propósito de contribuir al conocimiento de la bioecología de *H. grandella* en el bosque seco neotropical, por medio de la descripción de su distribución temporal y la determinación del efecto de los factores abióticos (sombra, temperatura y precipitación) en los ataques de este insecto. La investigación se realizó en dos localidades de la región pacífica de Nicaragua (Managua y Masaya) entre febrero del 2021 a enero del 2022 en dos plantaciones de *C. odorata* manejadas bajo dos condiciones de sombra (sin sombra y con sombra de origen vegetal). Los muestreos se realizaron semanalmente en estaciones de muestreos permanentes durante 12 meses. El método de muestreo fue visual y se registraron semanalmente la cantidad de ataques encontrados. Los resultados indican que los ataques de *H. grandella* fueron mayores en las plantas establecidas sin sombra. Los ataques, en ambas plantaciones, ocurrieron de mayo a enero, coincidiendo con el periodo de precipitaciones, sin embargo, en la plantación sin sombra los periodos de mayores ataques fueron más prolongados que los del sistema bajo sombra. Se determinó que la precipitación y las temperaturas bajas en la plantación sin sombra son dos factores abióticos que influyen en el aumento de los ataques de *H. grandella*, siendo la precipitación el factor abiótico con mayor influencia en la predicción de ataques. Se concluye que los ataques de *H. grandella* se caracterizaron por ser mayores en la plantación sin sombra, por presentarse en los meses del periodo lluvioso y por estar influenciados positivamente por la precipitación y temperatura mínima.

**Palabras clave:** Plantaciones forestales, plantaciones puras, sombra natural, factores abióticos, barrenador del brote, Meliaceae, estación lluviosa.

## ABSTRACT

*Cedrela odorata* is a forest species with industrial use and an excellent international market. It has been established in forest plantations; however, its successful establishment has been limited by damage from the insect *Hypsipyla grandella*. Although research on the bioecology of this insect has been conducted, it has focused mainly on mahogany (*Swietenia macrophylla*) and rainforest ecosystems in the Americas. There is little research on *C. odorata* growing in plantations established in the dry forest, which is part of its habitat, which is a problem for prevention programs and successful management of this pest in this ecosystem. Therefore, the present research aims to contribute to the knowledge of the bioecology of *H. grandella* in the neotropical dry forest, by describing its temporal distribution and determining the effect of abiotic factors (shade, temperature and precipitation) on the attacks of this insect. The research was conducted in two locations in the Pacific region of Nicaragua (Managua and Masaya) between February 2021 and January 2022 in two plantations of *C. odorata* managed under two levels of shade (no shade and shade of vegetable origin). Sampling was carried out weekly in permanent sampling stations, the total number of plants sampled was 108, being 60 plants for the plantation without shade and 48 for the plantation with shade, using visual sampling and recording the number of attacks found. The results indicate that the attacks of *H. grandella* were higher in the plants established without shade. The attacks, in both plantations, occurred from May to January, coinciding with the rainfall period, however, in the unshaded plantation the periods of greater attacks were longer than those in the shaded system. It was determined that precipitation and low temperatures in the unshaded plantation are two abiotic factors that influence the increase in *H. grandella* attacks, with precipitation being the abiotic factor with the greatest influence in the prediction of attacks. It is concluded that *H. grandella* attacks were characterized by being higher in the unshaded plantation, by occurring in the months of the rainy period and by being positively influenced by precipitation and minimum temperature.

**Keywords:** Forest plantations, pure plantations, natural shade, abiotic factors, shoot borer, Meliaceae, rainy season.

## I. INTRODUCCIÓN

El *Cedrela odorata* Zeller, 1848 conocido principalmente como cedro real es una especie vegetal perteneciente a la familia de las Meliaceae, su distribución geográfica es desde México hasta Argentina, también en las Antillas (Missouri Botanical Garden [MBG], 2023). Es una especie ambientada a casi toda Nicaragua, se adapta a climas secos a muy húmedos (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales [MARENA] e Instituto Nacional Forestal [INAFOR], 2002), creciendo desde cero hasta 1200 msnm (MBG, 2003).

Produce una madera utilizada para fabricar muebles y diferentes estructuras utilizadas en la construcción de casas, también varias partes de la planta son de uso medicinal y el fruto sirve de alimento para algunos animales silvestres (González y Cruz, 2021). La madera es muy fácil de trabajar y no sufre torceduras, además tiene un excelente mercado internacional comparable con la Caoba (MARENA e INAFOR, 2002). *C. odorata* es una especie de importancia forestal, la sobreexplotación de su madera ha puesto en peligro su futuro y existencia (Tijerino, 2016).

Algunas especies de cedros (*Cedrela* spp.) son aptas para ser cultivadas en plantaciones (Hilje y Cornelius, 2001), esto ha promovido la utilización de *C. odorata* en plantaciones en muchos países de América (Dupuy y Mille, 1993). En Nicaragua el *C. odorata* es una especie prioritaria para ser utilizada en la reforestación de las zonas degradadas, debido a su catalogación en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como especie vulnerable (Altamira et al., 2015). Sin embargo, la capacidad de producirlo en plantaciones no se ha podido aprovechar debido al ataque de las larvas del barrenador del brote *Hypsipyla grandella* Zeller, 1848 (Hilje y Cornelius, 2001).

El daño de *H. grandella* es causado en su etapa larval, barrenando el meristemo principal de plantas jóvenes, las cuales son obligadas a emitir brotes laterales, con la consecuente deformación del fuste (Howard y Merida, 2021). Los daños que ocasiona este insecto son muy elevados y las pérdidas que provocan limitan las plantaciones de *C. odorata* a gran escala en los países tropicales (Murgas et al., 2015). Por tanto, el nivel de tolerancia es sumamente bajo (Hilje, 2020). En Nicaragua *H. grandella* se ha reportado afectando a árboles de *C. odorata*,

*Carapa slateri* Standl. y *Swietenia* spp. (Instituto Nacional Forestal [INF], 2020; Maes y Tellez, 1988; Maes, 1998; Nunes y Dávila, 2004).

Debido a la importancia de *H. grandella* en los sistemas productivos que involucran caobas y cedros, se han realizado investigaciones para el conocimiento de su bioecología y manejo (Hilje y Cornelius, 2001). Estas investigaciones han estudiado conductas poblacionales de *H. grandella* y han analizado como los factores naturales del ambiente influyen su bioecología, sin embargo, estas investigaciones se han enfocado principalmente en caoba del atlántico *Swietenia macrophylla* King. (FHIA, 2011; Sánchez-Soto et al., 2009; Taveras et al., 2004a; Taveras et al., 2004b). Con respecto a *C. odorata*, sólo dos investigaciones se han publicado que abordan aspectos bioecológicos de *H. grandella* creciendo sobre esta especie vegetal. Ambas investigaciones fueron realizadas en plantaciones y bosque establecidos en biomas de pluviselva de Perú (Yamazaki et al., 1990) y Panamá (Murgas et al., 2015).

Las investigaciones realizadas con *H. grandella* han aportado a comprender que, este insecto en plantaciones de *S. macrophylla*, ataca menos en condiciones de sombra, sus ataques ocurren en la estación lluviosa, la temperatura es un factor determinante en el desarrollo de sus poblaciones y la precipitación, en localidades con marcada estacionalidad, tiene influencia en sus poblaciones. Con respecto a *C. odorata* se ha identificado que, en ecosistemas de pluviselvas, la sombra tiene influencia en los ataques, estos ocurren en la estación lluviosa y la precipitación influye en el desarrollo de la población. Sin embargo, estudios de *H. grandella* afectando *C. odorata* que relacionen o asocien otros factores ambientales, así como en localidades ubicadas en zonas secas tropicales son prácticamente nulas.

Según Taveras et al., (2004b), los enfoques de Manejo Integrado de Plagas (MIP) para combatir a *H. grandella* se deben basar en datos confiables y conocimientos básicos de su biología y ecología. Sin embargo, generalizar la información de esta especie para aplicarla en otros contextos, cuando esto incluye especies vegetales y ecosistemas diferentes, puede ocasionar errores en aspectos de prevención y control. Además, es importante considerar la plasticidad fenotípica de *H. grandella*, característica biológica que, según Duncan et al., (2022) le permite al genoma animal producir múltiples fenotipos.

La presente investigación tiene el propósito de ampliar la información sobre aspectos bioecológicos de *H. grandella* en *C. odorata* creciendo en plantaciones establecidas en el bosque

seco tropical del pacifico de Nicaragua. Lo cual contribuye a los fundamentos ecológicos con que se deben sustentar los programas de prevención y manejo de esta plaga.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de sombra, temperatura, precipitación y estacionalidad en los ataques del barrenador del brote de las meliáceas (*Hypsipyla grandella*) en plantaciones de cedro real (*Cedrela odorata*) establecidas bajo dos condiciones de sombra.

### **2.2. Objetivos específicos**

Determinar los ataques de *Hypsipyla grandella* en plantaciones de cedro establecidas bajo dos condiciones de sombra.

Describir la distribución temporal anual de los ataques de *Hypsipyla grandella* en plantaciones de cedro establecidas bajo dos condiciones de sombra.

Determinar la influencia de la temperatura y la precipitación en los ataques de *Hypsipyla grandella* en las plantaciones de cedro afectadas.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1. *Cedrela odorata* L. (Meliaceae)

Es un árbol grande con una altura de 40 m y un diámetro de dos metros. Es un árbol caducifolio de copa ancha, follaje ralo y textura media. Tiene raíces anchas y poco profundas y bases de tallos con contrafuerte bien desarrollados en suelos poco profundos, y raíces con base y rugosas en suelos fértiles. El tallo es cilíndrico, la corteza muerta se agrieta y se descascara para formar grandes manchas grises. La corteza viva es fibrosa, de color rosa a marrón rojizo, y confiere cierta resistencia a las infestaciones de los hongos e insecto. (Instituto Nacional de Bosques [INB], 2017, p. 1).

De acuerdo con (INB, 2017) afirma que:

Las hojas son alternas, pares, sin estipulas, agrupadas al final de la rama, de cinco a 11 pares de foliolos opuestos, de lanceoladas a ovadas. Las flores son ideales, blancas, recogidas en inflorescencias o grandes panojas de 30 a 50 cm, con cáliz desigualmente dentado, son unisexuales y tienen cinco pétalos pubescentes color crema verdoso. En las flores femeninas, las anteras son delgadas, el estigma es verde, esférico y capitado. La cápsula leñosa está redondeada en ambos extremos, es fácil de mecanizar, cepillar, tallar, tornear y lijar. Tiene un peso específico de 0.36 g por cm<sup>3</sup>; su peso húmedo promedio es de 620 kg por cm<sup>3</sup> al 74% de humedad. (p. 1).

Paladinez (2011), describe que:

En 1950 en *Index Kewensis*, se han reconocido un total de 66 especies del género *Cedrela* con la siguiente distribución: 49 especies en América tropical y subtropical, una especie en África tropical *C. kotshyi* *Sweinf.* Hay 14 en Asia, una sin distribución para *C. amara* *Goebel* y una para *C. toona* en Asia y Australia. Además, las especies de *C. toona* se enumeran en el índice 10, de las cuales solo tres pertenecen a especies no descritas previamente en el género *Cedrela*.

El género *Cedrela* fue establecido por Browne en 1756, para el árbol *C. odorata* que se encuentra en Jamaica y fue descrito y publicado por Linnaeus en 1759. Desde entonces, los botánicos han asignado 69 especies de este género. Es una de las maderas con mayor valor económico porque se considera una madera preciosa y se utiliza

principalmente para la fabricación de muebles de alta gama. Al igual que la caoba es un pilar de la producción forestal. (p. 4).

La explotación de cedro fue y es excesiva, tanto en América Latina como en la zona del Caribe, son escasos los especímenes utilizables, por lo que actualmente se le sustituye en la industria por otras especies y materiales; no obstante, la madera de cedro es más liviana y durable que la del pino y la caoba, es más fácil de trabajar. (Arnáez y Flores, 2016, p. 67).

### **3.1.1 Principales usos de *C. odorata***

En términos de uso, la demanda de cedro sigue siendo alta donde quiera que esté disponible en América tropical; hoy en día se utiliza principalmente para muebles del hogar (Citrón, 1990).

Morales y Herrera, (2009) determinan que:

Los usos que le podemos dar esta madera son para la fabricación de muebles de lujo, chapa plano decorativas, artículos torneados, gabinetes de primera clase, ebanistería, puertas y ventanas, puertas talladas, contrachapados, botes (partes internas), molduras y paneles, palillos y cajas de fósforos, regular para la producción de pulpa para papel y carpintería.

Otros usos son como árbol ornamental en parques y espacios verdes, como árbol que da sombra en los pastos y como planta medicinal, ya que la corteza puede reducir la fiebre (contra la fiebre) y como decocción de las hojas y la corteza puede aliviar el dolor y es contra la malaria. Se considera una planta melífera porque es visitada por las abejas durante el período de floración. (p. 5).

### **3.1.2 Importancia de *C. odorata***

Según Gómez et al., (2007) *C. odorata* es la especie del género *Cedrela* de mayor importancia comercial y de mayor distribución. Este mismo autor indica que su madera aromática tiene una gran demanda en los trópicos americanos porque es naturalmente resistente a las termitas y la podredumbre.

Debido a esto, el cedro es una de las especies de madera más importantes que se utilizan y comercializan actualmente en todo el mundo. Estas especies son valiosas, muy apreciadas y tienen un precio más alto que otras. Es cotizada en el mercado nacional e

internacional. Actualmente su principal importancia hoy radica más en las reservas de la especie en el bosque natural y su conservación, y además se caracterizan por una gran importancia ecológica y económica. (Instituto Nacional de Bosque [INB], 2019, p. 10).

Además, es una especie con potencial de conversión productiva y plantación comercial ya que ofrece atractivos rendimientos económicos y buena viabilidad social (Díaz, 2015).

### **3.1.3 Situación ecológica en Nicaragua**

Según Tijerino (2016):

Cabe señalar que la diversidad genética en los bosques tropicales se está perdiendo rápidamente debido a la deforestación, la reducción del tamaño de las comunidades de árboles naturales existentes y la destrucción o fragmentación de las poblaciones locales. Según algunos estudios, quedan poblaciones de *C. odorata* en algunos departamentos de Nicaragua.

El uso comercial promedio de *C. odorata* por hectárea es de 0.28 m<sup>3</sup> de las 33 especies más utilizadas por la industria en Nicaragua según datos del INAFOR. También informa sobre la situación en *C. odorata* en la ciudad de El Castillo, Río San Juan. Hay en promedio de un árbol cada 100 hectáreas, con un volumen promedio de 3 m<sup>3</sup> árbol<sup>-1</sup>, debido a la sobreexplotación. Esta especie cae dentro de la categoría de especies en peligro de extinción. (p. 14).

### **3.2. *Hypsipyla grandella* Zeller, 1848 (Lepidoptera, Pyralidae)**

Básicamente es una de las plagas que más comúnmente afecta a *C. odorata*, el problema de esta plaga es que se asocia con deformidad del tronco o alta mortalidad en rodales jóvenes si no cesan sus ataques, se han observado que fuertes infestaciones de insectos en vivero pueden provocar la muerte de la planta durante los primeros dos años en campo. En la mayoría de los casos, sin embargo, las plantas no mueren, pero la pérdida de la dominancia apical y la formación de ramas laterales impiden la formación de tallos comercializables. Es la única especie que restringe el crecimiento en plantaciones de caoba y cedro. (Valencia, 2020, p. 6).

### **3.2.1 Importancia de *H. grandella***

Según Newton et al., (1993) en los trópicos, *H. grandella* se conoce comúnmente como barrenador de Meliácea porque es un factor biológico altamente restrictivo en el establecimiento de plantaciones de especies maderables importantes como la caoba (*Swietenia* spp.), y cedro (*Cedrela* spp.).

Así mismo es una plaga potencial y económicamente importante por derecho propio, infesta las tiernas yemas apicales y, a veces, los tallos durante los primeros tres años después del establecimiento, y la proporción de plantas afectadas dentro del sistema de plantación utilizado supera el 90%. Debido a que la capacidad reproductiva de *H. grandella* es modesta en comparación con otras plagas forestales, no se requieren grandes poblaciones para que esta especie de insecto causa daños graves. (Ruiz et al., 2016, p. 13).

### **3.2.2 Problemática que ocasiona *H. grandella***

La larva de *H. grandella* parasitan especies como la caoba y el cedro rojo (*Swietenia* spp. y *Cedrela* spp.). Su principal daño es el barrenado de los brotes nuevos, especialmente los brotes terminales, lo que resulta en su deformación y ramificación, e incluso mata el árbol en crecimiento, lo que reduce su valor comercial. A pesar de los extensos esfuerzos de investigación para encontrar nuevos métodos para el control de esta plaga, la alta prevalencia y severidad observada en campo ha llevado al cierre de plantaciones de estas especies, siendo imposible establecer. (Cauich, 2004, p. 29).

### **3.2.3 Aspectos bioecológicos de *H. grandella***

Se han observado afectando algunas especies de caoba (*Swietenia* spp.) y cedro (*Cedrela* spp.) que pueden alcanzar 40 m de altura y dos metros de diámetro en condiciones favorables. Sin embargo, esta rara vez se alcanzan porque la invasión ocurre en la etapa de plántula y con frecuencia se repite, interfiriendo con la formación normal del árbol. La resistencia al daño se limita a una larva por árbol, las hembras tienen una fecundidad de alrededor de 200 a 300 huevos y ponen huevos en grupos de uno a siete por árbol, por lo que solo unas pocas hembras pueden infectar una plantación completa. Esto ha dificultado el cultivo de caoba y cedro en todo el continente, con países como

Puerto Rico, Guatemala, Perú y Cuba registrando pérdidas muy altas. (Taveras, 1999, p. 5).

### **3.2.4 Descripción biológica de *H. grandella***

#### ***Huevo***

Son ovalados y planos, de unos 0.9 mm de largo y unos 0.5 mm de ancho, recién puesto y de color blanco puro, si es fértil, tarda 24 horas en volverse rojo. Después de eso, tarda de tres a cuatro días en eclosionar. La eclosión de los huevos también ocurre por la noche, más a menudo temprano en la mañana. (López, 2012, p. 15).

#### ***Larva***

La larva tiene tres segmentos en el tórax y diez en el abdomen, tres pares de patas torácicas, cuatro pares de pseudopatas (abdomen) y un par anal. La cabeza es marrón, el color del cuerpo cambia a medida que se desarrolla el insecto. Los estadios larvales constan de seis instares (mudas de crecimiento), en los primeros instares (I - IV) la larva es color crema y en el último instar (V-VI) se torna azul-verde. La vida de las larvas varía de 30 a 104 días dependiendo de las condiciones ambientales (Perez, 2021, p. 10).

#### ***Pupa***

Es color café oscuro, de tipo obtecta, con una longitud de 13-19 mm de largo, encerrado en un capullo de seda, superficie escasamente punteada excepto el lado ventral liso del tórax, antenas externas a las patas medianas, hocico y las patas medianas alcanzan el ápice de las alas. Las patas posteriores debajo de la proboscis, poco visibles en los extremos. Larvópodos visibles en las somitas cinco y seis, con estigmas sobresalientes y bien desarrollados, setas pequeñas y discretas, cremáster ligeramente sobresaliente con ocho setas distintas, extremos ganchudos, arqueados. En las hembras el VIII segmento abdominal está dividido en la mitad por su apertura genital. En los machos se desplaza hacia el IX segmento y se acompaña de dos pequeñas protuberancias. (Pineda, 2014, p. 5).

#### ***Adulto***

Es de color marrón a marrón grisáceo y tiene una longitud de alas anteriores de aproximadamente 23 a 45 mm. Las alas posteriores son tonos de gris zorro y ladrillo,

con las partes central y exterior de las alas anteriores cubiertas de escamas, salpicadas de negro hacia las puntas de las alas y las venas cubiertas de escamas negras, alas posteriores blancas a translúcidas con márgenes oscuros, cabeza, cuerpo y patas marrón grisáceo. (Howard y Merida, 2021, p. 2).

### **3.2.5 Afectaciones que ocasiona *H. grandella***

El Instituto Nacional de Bosques [INB], (2022) afirma que:

Las larvas se alimentan primero en la superficie del árbol, especialmente en los brotes centrales, y excavan ahí, formando túneles varios centímetros por debajo. Esta plaga puede atacar una variedad de estructuras arbóreas (ramas, tronco, frutos), pero el daño principal es por los brotes excavadores, especialmente en el tronco principal. La invasión de esta plaga es evidente cuando los árboles jóvenes desarrollan brotes laterales para reemplazar los brotes terminales dañados, lo que resulta en la flexión del tronco principal y el desarrollo de un exceso de brotes laterales.

La infestación de barrenadores reduce el valor monetario de los árboles en el futuro. Esto se debe a que, aunque está activa todo el año, suele infectarse durante la temporada de lluvias, cuando crecen los brotes de caoba y los cedros. (p. 1).

### **3.2.6 Comportamiento en vuelo y selección de hospedero**

Los adultos de *H. grandella* son nocturnos, los vuelos en busca de huéspedes lo realizan en la noche, principalmente entre la media noche y las cinco de la mañana cuando las temperaturas alcanzan los 15-24°C (Pinto, 2003).

### **3.3. Influencia de la sombra en los ataques de *H. grandella* en cedro**

De acuerdo con Howard y Mérida, (2021) describe que:

Los cedros que crecen en bosques naturales a menudo se encuentran en densidades escasas y se mezclan con muchas otras especies. Bajo tales condiciones, son menos susceptibles a la infestación por las polillas de las Meliácea. Se ha observado que los cedros de sombra tienden a ser menos susceptibles al ataque de *H. grandella*. (p. 7).

Dado que las altas temperaturas favorecen la propagación de la plaga, es posible que la menor incidencia de enfermedades en las plantas con sombra también se deba a las

temperaturas más frías en estos microclimas en comparación con las plantas expuestas a pleno sol. Existen diferencias de temperatura dentro de la galería que hace la larva y en el ambiente cercano al tallo, lo que podría afectar el desarrollo del insecto. (Sánchez-Soto et al., 2009, p. 227).

### **3.4. Distribución temporal de ataques de *H. grandella* en meliáceas**

Los ataques son menos frecuentes con climas altamente estacionales, donde el ciclo de reproducción del insecto se interrumpe naturalmente al menos una vez al año. Incluso en los bosques naturales donde hay pocos árboles huéspedes, los ataques ocurren con menos frecuencia, por lo que nunca hay grandes concentraciones de poblaciones de insectos. Además, ocurre con menos frecuencia bajo sombra que bajo sol pleno, así como en plántulas inactivas. (INB, 2019, p. 51).

De acuerdo con la investigación de Murgas et al., (2015) plantea que:

La cantidad de *H. grandella* en plantaciones de cedro varían a lo largo del año, dependiendo de diversos factores como la lluvia y la luz solar, dicha investigación expresa que la época del año en que mayor ataque de *H. grandella* se obtuvo, fue durante la estación lluviosa. (p. 105).

La FHIA (2011) identificó que los ataques de *H. grandella* en *S. macrophylla* se dieron entre los meses de julio a diciembre, (junio y julio mayores cantidad de ataques) en plantaciones establecidas en la Costa Atlántica de Honduras. Pinto (2003) indica que los ataques se dan en la época lluviosa porque el ciclo corto del insecto y por la abundancia de los brotes tiernos.

### **3.5. Influencia de los factores ambientales en los ataques y biología de *H. grandella***

Taveras et al., (2004) encontraron que las variables precipitación, humedad relativa y temperatura influyen en la abundancia de *H. grandella*. Estos autores encontraron una relación inversa entre la precipitación y la abundancia, sin embargo, la abundancia de este insecto estuvo determinada por el efecto combinado de factores siendo importante, dentro de los factores abióticos, la temperatura. Taveras et al., (2004b) identificaron que la temperatura influye significativamente en el desarrollo de los inmaduros y la emergencia de adultos de *H. grandella*, encontrado que el ciclo de vida y la mortalidad larval de este insecto incrementan a temperaturas cercanas a 15°C y se reducen a medida que se acerca a los 30°C.

Investigaciones realizadas en Perú (Yamazaki et al., 1990), Venezuela (Tillmanns, 1964) y Florida-Estados Unidos (Howard, 1991) encontraron que la población y daños por larvas de *H. grandella* incrementaron fuertemente por durante los meses de la estación lluviosa, así como una fuerte relación entre los brotes nuevos de las plantas de cedro y caoba. Sin embargo, Yamazaki et al., (1990) identificaron que con el tiempo la población de *H. grandella* disminuyó, atribuyendo esto, posiblemente, a las interferencias por las continuas y fuertes lluvias que impiden el apareamiento exitoso de los adultos.

En Costa Rica, Taveras et al., (2004b) encontraron una relación entre los brotes nuevos de caoba e *H. grandella*, pero no con las precipitaciones. Estos autores asocian estos resultados por la ubicación de las plantaciones estudiadas, la cuenca del Caribe de Costa Rica, caracterizada por la prevalencia de un patrón climático no estacional, con la presencia de precipitaciones durante todo el año, que podría promover una producción constante de brotes. Contrario a la localidad de los estudios de Yamazaki et al., (1990) caracterizada por un clima estacional.

Los adultos de *H. grandella* son de hábitos nocturnos (Gómez, 2014). De acuerdo con Azocar et al., (2014) las temperaturas menores a 16°C, inciden en el desarrollo embrionario, la larva se ralentiza y se vuelve más vulnerable al ambiente. Sin embargo, las temperaturas mayores a 16°C, la tasa de desarrollo aumenta.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en dos plantaciones de cedro (*Cedrela odorata*) establecidas bajo dos condiciones de manejo, las cuales están ubicadas en dos propiedades de la Universidad Nacional Agraria (UNA). Una plantación establecida bajo sombra ubicada en el campo central de la UNA ubicada en Managua, Nicaragua, específicamente en el sector norte, en las coordenadas correspondientes son 12°09'02" latitud norte y 86°09'36" latitud oeste. La altitud de esta localidad es de 64 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Google, 2024). La plantación establecida sin sombra estaba ubicada en la finca El Plantel, ubicada en el kilómetro 31 de la carretera Tipitapa, en el departamento de Masaya. Las coordenadas correspondientes son 12°06'59"N latitud norte y 86°05'28"W latitud oeste. Esta finca se encuentra a una altitud de 96 msnm (Pérez, 2018).

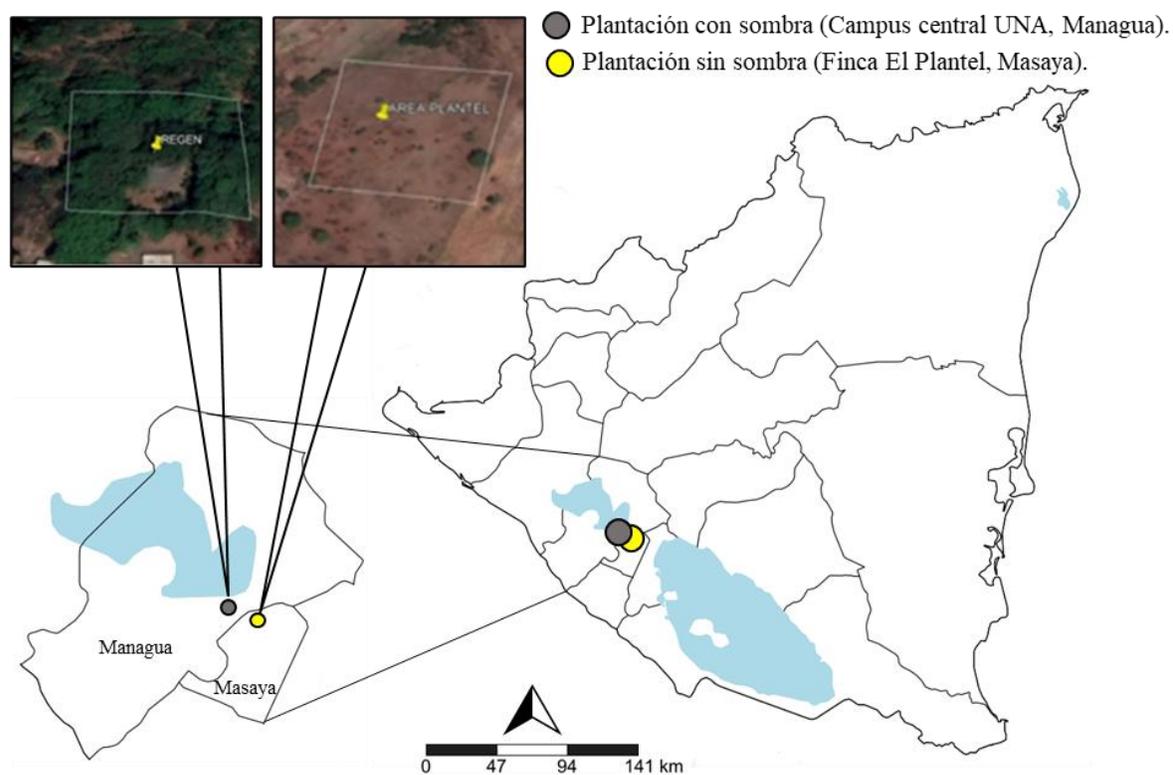


Figura 1. Ubicación de las plantaciones en los departamentos de Managua y Masaya, Nicaragua.

En las plantaciones bajo sombra, ubicadas en el campus central de la UNA, las temperaturas a lo largo del año oscilan desde 27 a 34 °C, la precipitación anual promedio para Managua es de 1100 a 1600 mm, el suelo es de textura franco arenoso (Ortega, 2021). Las plantaciones sin sombra, ubicadas en la finca El plantel, según datos del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INATER] (2008) tiene una temperatura promedio de 28°C, la precipitación anual oscila entre los 796-800 mm, la humedad relativa es de 71% y la velocidad viento es de 3.5 ms<sup>-1</sup>. La textura del suelo varía desde arenosa a franco (González y López, 2006).

Los muestreos se realizaron en plantas con tres meses posterior al trasplante (7 meses de edad) en los sitios antes mencionados. El periodo de recolección de datos fue entre los meses de febrero del 2021 a enero del 2022.

## **4.2. Diseño metodológico**

La presente investigación es denominada experimental, utilizándose datos registrados por estudiantes de la carrera Ingeniería en Sanidad Vegetal de la UNA (cohortes 2020-2024 y 2021-2025), como parte de los trabajos académicos de los módulos: Plagas Agrícolas y Forestales I y II, Bioecología y Dinámica Poblacional de Plagas, Métodos y Técnicas de Diagnóstico Fitosanitario I y II. Los registros se obtuvieron de dos parcelas forestales establecidas bajo dos condiciones de sombra, una parcela con sombra establecida en el campus central de la Universidad Nacional Agraria y otra sin sombra en la Finca El Plantel. La recolección de datos fue durante un año, con una frecuencia semanal.

### **4.2.1 Descripción de los sistemas forestales muestreados**

Los sistemas estaban distribuidos por el sistema forestal con sombra natural, el cual estaba integrado por 111 plantas y el sistema forestal sin sombra por 317 plantas. El total de plantas de los dos sistemas forestales establecidos fue de 428 plantas. Para ambas plantaciones el marco de siembra fue un sistema de 4 x 4 metros. La plantación con sombra consistía en que dentro del sistema existían especies de árboles nativos dispersos con la copa desarrollada, con predominancia de: guanacaste de oreja (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), guanacaste blanco (*Albizia niopoides* (Spruce ex Benth.) Burkart) y espino playero (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.). La plantación sin sombra era de un sistema donde las plantas recibían directamente la luz solar, sin árboles dentro del sistema, ni otro tipo de cobertura

que produjera sombra. Las dimensiones de las parcelas fueron de 0.1 ha y 0.25 ha para el área con sombra y sin sombra respectivamente.

#### 4.2.2 Manejo de los sistemas forestales

Las plantas de *C. odorata* establecidas en los sistemas forestales estudiados procedían de semillas recolectadas de frutos de árboles que se habían desarrollado en la finca el Plantel. Las plantas primero fueron crecidas en condiciones de invernadero durante cuatro meses en el vivero de la UNA. El sustrato utilizado fue tierra y aserrín en proporciones 75 y 25% respectivamente. Con el propósito de reducir los ataques de hongos causantes del mal del talluelo al sustrato se le aplicó el hongo *Trichoderma harzianum*, lo cual se hizo mezclando en seco 600 g de producto en 0.5 m<sup>3</sup> de sustrato.

Las plantas fueron trasplantadas a la edad de 120 días. Al momento del trasplante en el agujero donde las plantas serían alojadas se les aplicó 250 ml de solución iniciadora (disolución de 2.72 gramos de 18-46-0 en 250 litros de agua). Durante el periodo de sequía (enero-abril) se les suministró agua semanalmente por medio de riego con regaderas (15 litros de agua por planta). Los controles de arvenses se realizaron al inicio de la estación lluviosa (junio) y a mediados de (septiembre). El control de arvenses fue mecánico utilizando azadones y machetes.

#### 4.2.3 Métodos y técnicas de muestreo

Para lograr la mayor representatividad posible y obtener datos confiables se determinó el tamaño de la muestra basado en la cantidad de plantas disponibles dentro de área útil de las parcelas, así como distribuyendo las estaciones de muestreos al azar procurando que estas cubrieran la mayor parte de las parcelas. Para estimar la cantidad de plantas a muestrear se utilizó la fórmula del tamaño de muestra para una población finita (Levy y Lemeshow, 2013).

$$n = \frac{N * \Sigma_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + \Sigma_{\alpha}^2 * p * q}$$

n=tamaño de la muestra buscar

N=tamaño de la población o universo a muestrear

Σ= nivel de confianza (95% para este estudio=1.96)

e=error estadístico aceptado (5%)

$p$ =probabilidad de que ocurra el evento (50% para este estudio)

$q$ = probabilidad de que no ocurra el evento (50% para este estudio)

En el sistema bajo sombra se establecieron cuatro estaciones de muestreo, mientras que en las plantaciones sin sombra se establecieron cinco. En cada estación seleccionada se muestrearon 12 plantas, en el sistema bajo sombra se muestrearon 48 plantas, en el sistema sin sombra se muestrearon 60 plantas. Los muestreos, en ambos sistemas, se realizaron cada ocho días durante un año, entre los meses de febrero del 2021 a enero del 2022. Para el presente estudio se utilizaron datos provenientes de 108 plantas, las plantas que se muestrearon en ambas plantaciones eran de puntos fijos.

En el sistema sin sombra ubicado en la finca El Plantel, además de los muestreos semanales relacionados con los ataques de *H. grandella*, se registró la precipitación y las temperaturas (máxima, mínima y media) que se presentó en las inmediaciones del sistema forestal. Las mediciones de estas variables se obtuvieron por medio de los registros diarios que realizó la Estación Agrometeorológica ubicada en la finca El Plantel.

El muestreo realizado fue del tipo inspección visual, el cual consistió en observar toda la planta (revisión del meristemo apical, tallo y foliolo de las plantas) para la búsqueda de larvas de *H. grandella*. Los registros en campo se realizaron en una hoja de muestreo desarrollada para un muestreo visual integral de agentes causantes de daños en *C. odorata*. Los muestreos se realizaron semanalmente, comenzando a las nueve de la mañana. Para la confirmación de *H. grandella* se tomaron muestras de diferentes estadios larvales y se llevaron al Museo de Entomología de la UNA para su identificación taxonómica por medio de la clave dicotómica de Solís (2006).

#### **4.3. Variables evaluadas**

- **Plantas afectadas por *H. grandella* en cada sistema forestal:** se contabilizaron las plantas semanalmente (entre febrero del 2021 a enero del 2022) con presencia de *H. grandella* en cada uno de los sistemas evaluados: con sombra natural y sin sombra.
- **Plantas afectadas por *H. grandella* por estación climática en cada sistema:** se contabilizaron las plantas totales afectadas en las estaciones de verano e invierno (entre febrero del 2021 a enero del 2022) por cada sistema forestal muestreado.

- **Plantas afectadas por *H. grandella* en cada mes de muestreo en cada sistema forestal:** se contabilizaron las plantas afectadas mensualmente (desde febrero del 2021 a enero del 2022) en cada sistema forestal muestreado.
- **Precipitación, temperaturas máximas, mínimas y medias:** los registros diarios de precipitación temperaturas máximas, mínimas y medias fueron totalizados y promediados semanalmente, según la semana asociada a la fecha de los muestreos (entre febrero del 2021 a enero del 2022) realizados en el sistema sin sombra. Esta variable sólo fue medida y tiene validez para la plantación sin sombra.

#### **4.4. Análisis de datos**

Todos los valores de las variables fueron calculados con estadística descriptiva, que incluyó sumatoria, media y error estándar (semanal y mensual) los muestreos realizados. Para realizar los estadísticos descriptivos se utilizó el programa IBM SPSS Statistics versión 27.

Las variables de plantas afectadas por tipo de plantación y afectaciones por mes de muestreo fueron analizadas con la prueba U de Mann-Whitney y con un Análisis de Varianza de Medidas Repetidas (ANOVAMR). La prueba utilizada para la separación de medias para el ANOVAMR fue la prueba Tukey HSD. Para cada prueba utilizada se consideraron los supuestos estadísticos que cada una de ellas requerían (normalidad de datos y homogeneidad de la varianza). Para confirmar los supuestos y las pruebas estadísticas U de Mann-Whitney, ANOVAMR y Tukey HSD se utilizó el programa STATISTICA versión 8.

Las variables utilizadas para determinar la influencia de la precipitación y las temperaturas se analizaron por medio de un Análisis de Regresión Múltiple (ARM). Donde se consideró como variable dependiente la cantidad de ataques de *H. grandella* por fecha de muestreo y como variables predictoras la temperatura semanal en sus tres mediciones: mínima, máxima y media. Para el ARM se comprobaron el cumplimiento de supuestos estadísticos (normalidad e independencia de residuales, colinealidad) con el propósito de otorgar credibilidad al análisis y a los modelos predictivos generados. El ARM y la comprobación de los supuestos que requiere se realizaron con el programa IBM SPSS Statistics versión 27.

Para todas las pruebas de hipótesis estadísticas realizadas en el presente estudio se consideraron con probabilidad de 0.05.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Ataques de *H. grandella* en las plantaciones estudiadas

Se realizaron un total de 48 muestreos en cada una de las plantaciones. En ambas plantaciones se presentaron los ataques del barrenador del brote *H. grandella*. Los ataques fueron entre los meses de mayo del 2021 a enero del 2022.

Durante el periodo de ataques en la plantación con sombra se registraron 128 ataques con un promedio de  $4.26 \pm 0.31$  ataques por muestreo (Cuadro 1). En la plantación sin sombra los ataques fueron mayores en comparación a la plantación bajo sombra, registrándose 230 ataques con un promedio de  $7.41 \pm 0.58$  ataques por muestreo. Las comparaciones estadísticas indicaron diferencias significativas (Mann-Whitney  $U=179.50$ ,  $p= 0.00003$ ) entre la cantidad de ataques registrados entre los sistemas muestreados. La cantidad de ataques fue mayor estadísticamente en la plantación sin sombra.

Cuadro 1. Ataques del barrenador del brote (*H. grandella*) de las meliáceas en dos plantaciones de cedro (*C. odorata*) establecidas bajo dos condiciones de sombra

Nivel de sombra	Variables			
	Muestreos realizados	Número de puntos muestreados	Cantidad de ataques totales	Cantidad promedio de ataques por muestreo*
Con sombra	48	4	128	$4.26 \pm 0.31b$
Sin sombra	48	5	230	$7.41 \pm 0.58a$

\* Letras diferentes en la misma columna indican diferentes significativas ( $p < 0.05$ ); para estos promedios sólo se consideraron los meses donde se registraron ataques (entre mayo del 2021 a enero del 2022).

Los resultados indican que las plantas con alta exposición de luz solar son más atacadas por *H. grandella* en comparación a las establecidas en sistemas bajo sombra. Los mayores daños ocasionados por *H. grandella* se produjeron en las plantas establecidas sin sombra, que en plantaciones con sombra.

La influencia negativa de la sombra en los ataques de *H. grandella* fue evidenciada en *S. macrophylla* por Sánchez-Soto et al., (2009) en México. Estos autores evaluaron los ataques de este insecto bajo tres niveles de sombra (0, 40 y 80%) encontrado que los ataques fueron mayores y estadísticamente significativos en la plantación con cero por ciento de sombra. La sombra utilizada por estos autores era de origen vegetal caracterizada por la presencia de plantas adultas de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) y mango (*Mangifera indica* L.).

La sombra utilizada en las plantas de *S. macrophylla* en la investigación de Sánchez-Soto et al., (2009) es similar a la utilizada en el sistema forestal establecido bajo sombra en el presente estudio, porque la sombra era de origen vegetal suministrada por plantas adultas nativas del bosque seco.

Otros estudios han revelado que la presencia de otras especies vegetales diferentes taxonómicamente a la familia Meliaceae influyen en los ataques de *H. grandella* en *C. odorata* y *S. macrophylla*. Hilje (2020) indica que experiencias en Costa Rica y Guatemala han demostrado que, aumentando la sombra lateral en plantaciones mixtas de meliáceas con otras especies forestales de crecimiento rápido y establecida previamente, se presentan bajos niveles de ataques de *H. grandella*. De igual forma, Murgas et al., (2015) encontraron mayor ataque de *H. grandella* en plantaciones monocultivos de *C. odorata* en comparación de plantaciones mixtas.

Hilje (2020) indica que, además de la sombra lateral, en los sistemas diversificados que incluyen a caobas y cedros, algunas de las especies forestales que los integran pueden actuar como una barrera física, que dificultan a las hembras de *H. grandella* localizar a los árboles de caoba o cedro, para ovipositar. También, este autor indica que existe la posibilidad de que también funcionen como una barrera olfativa para disuadir la atracción de las hembras e incluso que, algunas especies del sistema puedan aportar refugio y alimento (néctar) para los adultos de parasitoides y se incremente el control biológico de la plaga.

La prevalencia de ataques de *H. grandella* en plantas con mayor exposición a la luz solar se ha encontrado en otras investigaciones (Dourojeanni, 1963; Yamazaki et al., 1990). Dourojeanni (1963) indica que la falta de luminosidad puede alterar la humedad, lo cual ocasiona que el hábitat sea poco favorable por el exceso de humedad, o que existan deficiencias nutricionales en los brotes por desarrollarse bajo poca luz. Yamazaki et al., (1990) mencionan que la falta de brotes nuevos en las plantas sombreadas, por la baja intensidad luminosa, puede llevar a bajos ataques de *H. grandella*, y que los árboles que proporcionan la sombra pueden tener un efecto de barrera para las hembras cuando localizan al hospedero.

## **5.2. Distribución temporal de los ataques de *H. grandella* en las plantaciones estudiadas**

Los ataques, en la plantación con sombra y sin sombra, iniciaron en mayo del 2021 y finalizaron en enero del 2022. En ambas plantaciones, durante los meses de febrero a abril del 2021, no se

registraron ataques (Figura 2). En la plantación bajo sombra los mayores ataques ocurrieron entre los meses de junio a octubre, siendo durante el mes de septiembre cuando se registró la mayor cantidad de ataques. De igual forma, en la plantación sin sombra, se registraron las mayores cantidades de plantas afectadas en los meses de junio a octubre, siendo también en el mes de septiembre cuando se registraron la mayor cantidad de ataques. Sin embargo, en los meses de junio a agosto, en el sistema sin sombra, se caracterizaron por valores próximos a los registros de ataque de septiembre (Cuadro 2).

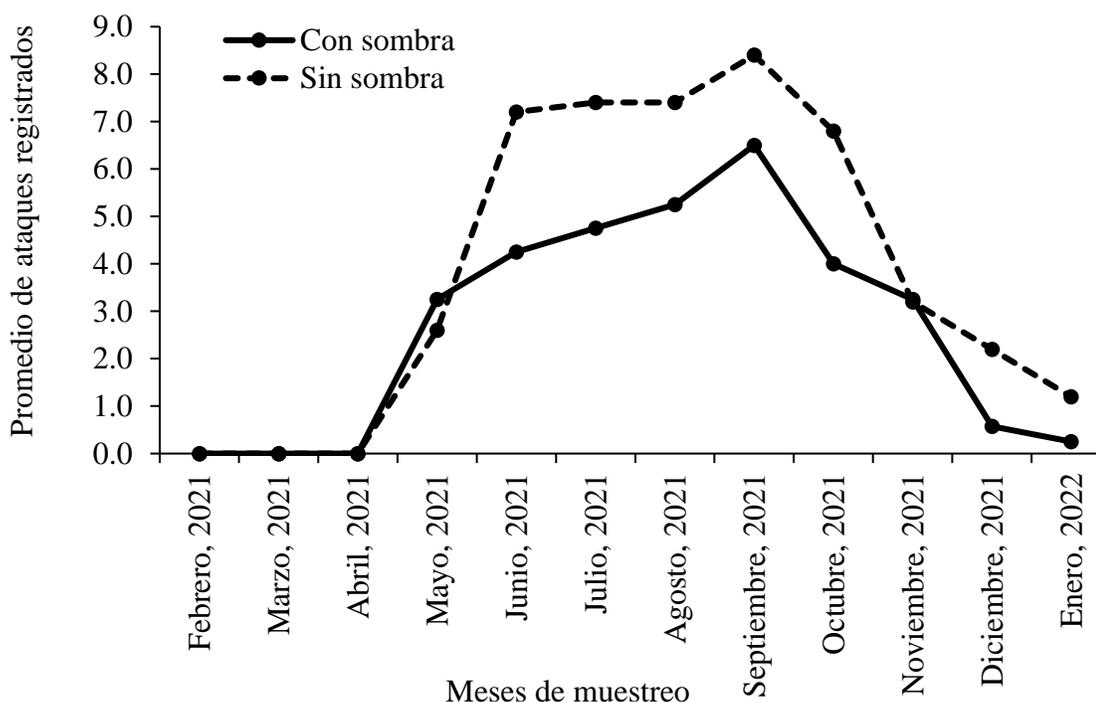


Figura 2. Distribución temporal de los ataques del barrenador del brote (*H. grandella*) de las meliáceas en plantaciones de cedro (*C. odorata*) establecidas bajo dos condiciones de sombra.

Aunque numéricamente, en el sistema con sombra, los mayores ataques de *H. grandella* fueron en el mes de septiembre (Cuadro 2), sin embargo, por medio del ANOVAMR se determinó que no existen diferencias significativas entre septiembre y los meses de julio (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.2711$ ) y agosto (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.8096$ ). Pero las cantidades de ataques de septiembre si presentaron diferencias significativas con el mes de mayo (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.0003$ ), junio (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.0373$ ), octubre (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.0111$ ),

noviembre (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.0003$ ), diciembre (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.0002$ ) y enero (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.0002$ ). (Anexo 4).

En el sistema sin sombra, los mayores ataques de *H. grandella* también fueron en el mes de septiembre (Cuadro 2), pero, por medio del ANOVAMR, se determinó que no existen diferencias significativas entre septiembre y los meses de junio (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.7166$ ), julio (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.9107$ ), agosto (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.9107$ ) y octubre (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.2388$ ). con respecto a los demás meses, las cantidades de ataques de septiembre si presentaron diferencias significativas con el mes de mayo (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.0002$ ), noviembre (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.0002$ ), diciembre (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.0002$ ) y enero (MS=0.828, gl= 54.71,  $p=0.0002$ ). (Anexo 5).

Cuadro 2. Distribución temporal de ataques del barrenador del brote (*H. grandella*) de las meliáceas en plantaciones de cedro (*C. odorata*) establecidas bajo dos condiciones de sombra

Meses <sup>a</sup>	Cantidad promedio de ataques por plantación			
	Con sombra		Sin sombra	
	Promedio de Ataques	Diferencias estadísticas entre meses <sup>b</sup>	Promedio de Ataques	Diferencias estadísticas entre meses <sup>b</sup>
Febrero	0.00±0.00	NA	0.00±0.00	NA
Marzo	0.00±0.00	NA	0.00±0.00	NA
Abril	0.00±0.00	NA	0.00±0.00	NA
Mayo	3,25±0.47	sep, dic, ene	2.60±0.40	jun-oct
Junio*	4,25±0.47	sep, dic, ene	7.20±0.58	may, nov, dic, ene
Julio*	4,75±0.47	dic, ene	7.40±0.67	may, nov, dic, ene
Agosto	5,25±0.62	dic, ene	7.40±0.24	may, nov, dic, ene
Septiembre	6,50±0.28	may, jun, oct-dic, ene	8.40±0.24	may, nov, dic, ene
Octubre*	4,00±0.40	sep, dic, ene	6.80±0.58	may, nov, dic, ene
Noviembre	3,25±0.47	sep, dic, ene	3.20±0.37	jun-oct, ene
Diciembre	0.57±0.62	may-dic, ene	2.20±0.20	jun-oct
Enero	0.25±0.64	may-dic, ene	1.20±0.25	jun-nov

<sup>a</sup> Meses señalados con asterisco (\*) indican diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre los ataques en el mes señalado entre sistemas de plantación (anexo 6).

<sup>b</sup> Los meses indicados en esta columna fueron diferentes significativamente ( $p<0.05$ ) al ser comparados entre ellos en el mismo sistema forestal muestreado. Los meses con siglas NA (No Aplica) indican que no fueron incluidos en el análisis estadístico por no haberse registrados datos durante los muestreos.

En ambas plantaciones los ataques iniciaron en los meses del periodo lluvioso. Tanto Managua, como Masaya, están ubicados en la Región del Pacífico de Nicaragua. Esta región se caracteriza por presentar dos estaciones bien marcadas: la estación lluviosa (de mayo a octubre) y la estación seca (de noviembre a abril) (Instituto Nicaragüense Estudios Territoriales [INETER],

2024), sin embargo, en el municipio de managua la estación lluviosa puede incluir el mes de noviembre (Martínez y Traña, 2016). Para el año 2021, en la plantación sin sombra, las precipitaciones constantes, según la estación meteorológica de la UNA, se registraron entre los meses de junio a octubre.

Aunque los ataques de *H. grandella* se registraron en ambas plantaciones durante los meses de la estación lluviosa, por medio de las comparaciones estadísticas entre los meses en un mismo sistema, se encontró que el periodo de alta cantidad de ataques de *H. grandella* fue mayor en el sistema sin sombra (cinco meses), en comparación con el sistema con sombra (tres meses). Este patrón de ataque de *H. grandella* ya se ha reportado de otras investigaciones realizadas en la región centroamericana en las cuales se han evaluado los ataques en *C. odorata* y *S. macrophylla*.

Murgas et al., (2015), en plantaciones de *C. odorata* ubicadas en la vertiente atlántica de Panamá, identificaron que los mayores ataques de *H. grandella* ocurrió en los meses de la época lluviosa. En la Costa Atlántica de Honduras, FHIA (2011) registró que los ataques en *S. macrophylla* también ocurrieron durante los meses de la estación lluviosa (julio a diciembre). En Perú (Yamazaki et al., 1990), Venezuela (Tillmanns, 1964) y Florida-Estados Unidos (Howard, 1991) encontraron que la población y daños por larvas de *H. grandella* incrementaron fuertemente por durante los meses de la estación lluviosa, así como una fuerte relación entre los brotes nuevos de las plantas de cedro y caoba.

El patrón de distribución temporal exhibido por *H. grandella* en el presente estudio posiblemente esté relacionado con la disponibilidad de brotes para el desarrollo de sus larvas. Esto fue identificado por Taveras et al., (2004b) en Costa Rica quienes encontraron una relación entre los brotes nuevos de *S. macrophylla* e *H. grandella*. En Perú, Yamazaki et al., (1990), observaron que la mayor oviposición ocurrió en los meses lluviosos, periodo que favoreció la abundancia de brotes nuevos de *C. odorata* y *S. macrophylla*.

### **5.3. Influencia de la temperatura y la precipitación en los ataques de *H. grandella***

El coeficiente de correlación de Person, de las cuatro variables ambientales analizadas, la precipitación ( $r=0.676$ ) y la temperatura mínima ( $r=0.497$ ) son las variables más influyentes en el aumento de los ataques de *H. grandella* en *C. odorata* en el sistema sin sombra. La

significancia de la correlación de estas variables con los ataques de *H. grandella* fue positiva y sinérgica, presentando diferencia significativa con valores  $p$  inferiores al 0.05 (Cuadro 3).

La variable temperatura máxima tuvo valores negativos ( $r=-0.404$ ) indicando que el aumento de la temperatura en el sistema sin sombra afecta o influye negativamente en la cantidad de ataques de *H. grandella*. La temperatura media fue una variable con valor correlativo cercano a 0 ( $r=0.051$ ) indicando que la relación de esta variable con los ataques no es lineal y que su influencia es muy baja. Lo cual se comprueba que no hay diferencia significativa ( $p=0.366$ ) de la correlación de esta variable con los ataques de *H. grandella*.

Cuadro 3. Influencia de la temperatura y la precipitación en los ataques del barrenador del brote (*H. grandella*) de las meliáceas en la plantación de cedro (*C. odorata*) establecida sin sombra

Parámetros estadísticos	Variables				
	Cantidad de ataques	Precipitación n (mm)	Temperatura (°C)		
			Máxima	Mínima	Media
Promedio mensual	4.79	13.91	32.37	22.99	27.68
Cantidad de datos	48	48	48	48	48
Coefficiente de correlación de Person	-	0.676	-0.404	0.497	0.051
Significancia ( $p$ )*	-	0.000	0.002	0.000	0.366

\* Valores de probabilidad ( $p$ ) menores a 0.05 indican diferencia significativa en las variables.

Según el ARM con las variables precipitación y temperatura se pueden generar tres modelos predictivos que proponen estimar el incremento de los ataques de *H. grandella* de *C. odorata* en el sistema sin sombra (Cuadro 3). Todos los modelos de predicción presentaron diferencia significativa ( $p<0.05$ ). Los coeficientes de correlación ( $R$ ) para cada modelo osciló entre 0.67 y 0.84, que incluyó desde una asociación simple de la variable ataques de *H. grandella* con la precipitación hasta la combinación de las tres variables con correlación significativa. El modelo que incluye la Precipitación + Temperatura mínima como variables predictivas de ataque presentaron el mayor cambio en el valor  $R^2$ , indicando que esta combinación de variables tiene mayor influencia en los ataques.

Cuadro 4. Influencia de las variables con correlación significativas en los ataques del barrenador del brote (*H. grandella*) de las meliáceas en la plantación de cedro (*C. odorata*) establecida sin sombra

Modelos predictivos de ataque para <i>H. grandella</i> <sup>a</sup>	R	R <sup>2</sup>	R ajustado	Cambio en R cuadrado	Grados de libertad	Significancia ( $p$ ) <sup>b</sup>
1 P	0.67	0.45	0.44	0.458	46	0.000

Cuadro 4. Continuación...

Modelos predictivos de ataque para <i>H. grandella</i> <sup>a</sup>	R	R <sup>2</sup>	R ajustado	Cambio en R cuadrado	Grados de libertad	Significancia (p) <sup>b</sup>
2 P+Tmin	0.72	0.52	0.50	0.700	45	0.013
3 P+Tmin+Tmax	0.84	0.70	0.68	0.178	44	0.000

<sup>a</sup> P=precipitación, Tmin=temperatura mínima, Tmax=temperatura máxima

<sup>b</sup> valores de probabilidad (p) menores a 0.05 indican diferencia significativa para los modelos.

Los resultados encontrados la precipitación y las temperaturas bajas en el sistema sin sombra son dos factores abióticos que influyen positivamente en el aumento de los ataques de *H. grandella* en *C. odorata*. Siendo la precipitación, por sí sola, la que tiene mayor influencia (45%) en la predicción de ataques. Las altas temperaturas en este sistema actúan como un antagonista ocasionando que no incrementen los ataques. Si bien es cierto que el ARM identificó que la combinación de estas tres variables tiene un peso de predicción de hasta un 80%, la combinación de las variables precipitación y temperaturas bajas son las que aportan más a la predicción de ataques (70%).

La influencia de la precipitación y la temperatura (específicamente las temperaturas mínimas) en los ataques de *H. grandella* se evidenció por medio del ARM. La mayor cantidad de ataques de *H. grandella* en el sistema sin sombra ocurrieron durante el periodo de mayores precipitaciones, que estuvo comprendido entre junio y octubre del 2020 (Figura 3). En este periodo las temperaturas mínimas oscilaron entre los 23.4 y 23.9°C, siendo estos los rangos térmicos donde se dio la mayor cantidad de ataques de *H. grandella* (Figura 4).

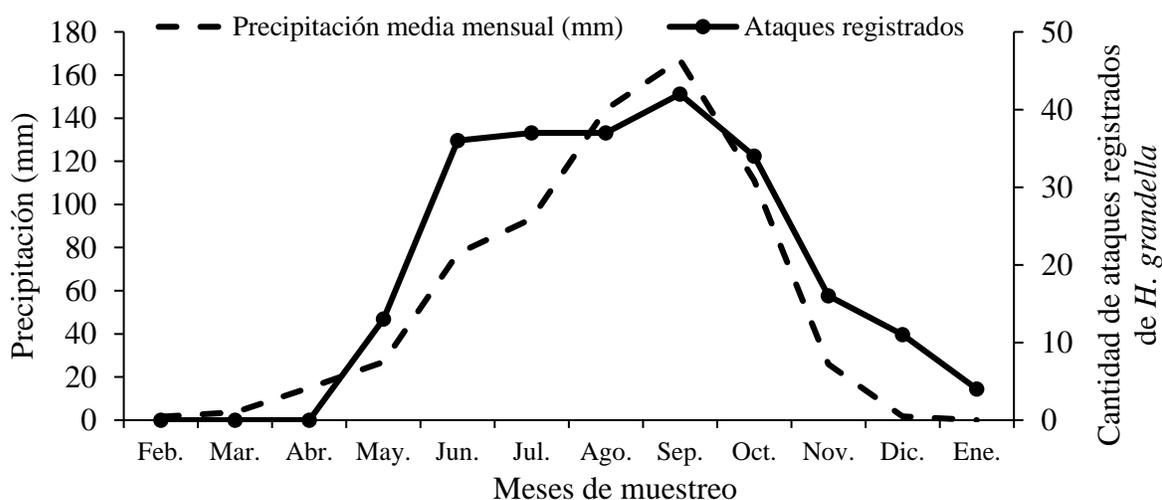


Figura 3. Representación gráfica de los ataques de *H. grandella* y su relación con la precipitación durante los meses de muestreo en la plantación sin sombra.

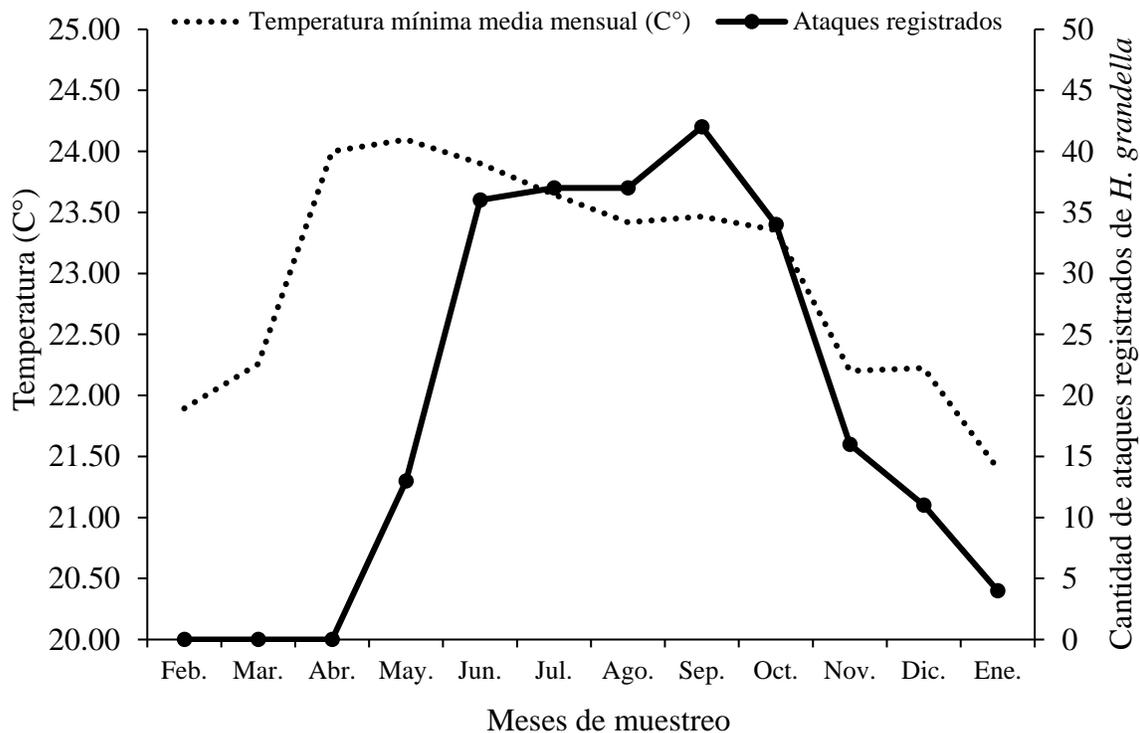


Figura 4. Representación gráfica de los ataques de *H. grandella* y su relación con la temperatura mínima durante los meses de muestreo en la plantación sin sombra.

La influencia de la precipitación y la temperatura en los ataques de *H. grandella* en la parcela sin sombra está relacionado con la dinámica poblacional y la plasticidad genotípica de este insecto. Taveras et al., (2004a) encontraron que las variables precipitación y la temperatura tienen influencia en la abundancia de *H. grandella*. Especialmente la temperatura porque, según Taveras et al., (2004b), esta influye significativamente en duración del ciclo y en la mortalidad de *H. grandella*. Estos autores encontraron que el ciclo de vida y la mortalidad larval de este insecto incrementa a temperaturas cercanas a 15°C y se reducían a medida que se acerca a los 30°C.

Investigaciones realizadas en Perú (Yamazaki et al., 1990), Venezuela (Tillmanns, 1964) y Florida-Estados Unidos (Howard, 1991) encontraron que la población y daños por larvas de *H. grandella* incrementaron fuertemente durante los meses de la estación lluviosa, así como una fuerte relación entre los brotes nuevos de las plantas de cedro y caoba. Pero en Costa Rica, Taveras et al., (2004b) encontraron una relación entre los brotes nuevos de caoba e *H. grandella*, pero no con las precipitaciones. Estos autores asocian estos resultados por la ubicación de las

plantaciones estudiadas, la cuenca del Caribe de Costa Rica, caracterizada por la prevalencia de un patrón climático no estacional, con la presencia de precipitaciones durante todo el año, que podría promover una producción constante de brotes.

Lo anterior planteado nos hace inferir que las precipitaciones en el sistema sin sombra influyen en la disponibilidad de alimento (brotes) para las larvas de *H. grandella*, mientras que la temperatura mínima entre 23.4 y 23.9°C influye positivamente en el crecimiento de la población de este insecto. Temperaturas fuera de este rango y la ausencia de precipitaciones (falta de brotes y, por consiguiente, alimento para las larvas) afectan negativamente el crecimiento de la población de *H. grandella* en el sistema sin sombra. Los resultados encontrados en la presente investigación, relacionados con la precipitación, coinciden con los hallazgos de Yamazaki et al., (1990) en Perú, pero no con los hallazgos de Taveras et al., (2004b), esto posiblemente porque los sitios con influencia de la precipitación presentan un clima estacional bien marcado, contrario a las constantes precipitaciones de la localidad de Taveras et al., (2004b).

Las variaciones en la conducta ecológica de *H. grandella* son, posiblemente, producto de las adaptaciones de este insecto a su entorno, lo cual no es extraño en los insectos. Según Rodrigues y Beldades (2020) las condiciones ambientales experimentadas durante el desarrollo de los insectos pueden alterar las tasas y/o trayectorias de desarrollo y dar como resultado la producción de diferentes fenotipos adultos a partir del mismo genotipo. Esto es parte de la plasticidad fenotípica, la cual le permite al genoma producir múltiples fenotipos, siendo esto fundamental para la capacidad de un animal para responder al cambio ambiental (Duncan et al., 2022). Con la plasticidad fenotípica los individuos pueden alterar su comportamiento, fisiología o morfología en respuesta a una señal ambiental (West-Eberhard, 2003).

## VI. CONCLUSIONES

Los ataques de *H. grandella* fueron mayores en la plantación de cedro establecida sin sombra en comparación al sistema bajo sombra de origen vegetal, porque en los sistemas bajo sombra existen factores bióticos y abióticos que limitan el desarrollo poblacional de este insecto en comparación de los sistemas de meliáceas sin sombra.

La distribución temporal de los ataques de *H. grandella* se caracterizan por presentarse en los meses del periodo lluvioso de las plantaciones evaluadas, encontrando los mayores niveles de ataques en mes de septiembre, seguido de agosto y julio.

La precipitación y temperatura mínima tuvieron influencia positiva en los ataques de *Hypsipyla grandella* en las plantaciones de cedro sin sombra. La mayor cantidad de ataques fueron en los meses con mayores precipitaciones (junio-octubre del 2020) y rangos térmicos entre los 23.4 y 23.9°C.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Realizar una investigación enfocada en identificar los factores bióticos que influyen en las poblaciones de *H. grandella* que se desarrollan en sistemas forestales de meliáceas establecidas bajo sombra.

Dentro de un programa de manejo integrado de plagas para *H. grandella* se debe considerar establecer las meliáceas (caobas y cedros) posterior a otras especies forestales (no Meliaceae) que sean de desarrollo rápido y con copas que produzcan suficiente sombra en un periodo de 3 a 4 años.

### VIII. LITERATURA CITADA

- Altamira, J., Arnal, A., Boada, M., Casanova, C., Herrero, J., Boada, M., . . . Ruiz, V. (2015). Evaluación de parámetros de crecimiento en plántulas de *Cedrela odorata* bajo diferentes condiciones hídricas y su adaptación en sustratos degradados. *Revista Científica de FAREM-Estelí*(14), 86-96. <https://repositorio.unan.edu.ni/6344/2/203-753-1-PB.pdf>
- Arnález, E., y Flores, E. (2016). Características de la madera de *Cedrela odorata* L (Cedro amargo, Meliaceae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 36(1), 67. <https://hdl.handle.net/10669/27003>
- Azocar, C., Claramunt, G., Yañez, F., y Futagawa, M. (2014). Efecto de la temperatura sobre el desarrollo embrionario y larval de *Graus nigra* (Kyphosidae) del norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(1), 177. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572014000100012>
- Cauich, R. (2004). *El barrenador de los brotes de las Meliáceas Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera Pyralidae). [Tesis de Ingeniería, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/865>
- Citrón, B. (1990). *Cedrela odorata* L. *Silvics of North America*. [https://rngr.net/publications/-arboles-de-puerto-rico/cedrela-odorata/at\\_download/file](https://rngr.net/publications/-arboles-de-puerto-rico/cedrela-odorata/at_download/file)
- Díaz, E. (2015). *Sistema de producción y manejo integral de insectos barrenadores para establecimiento exitoso de plantaciones de Meliáceas en la península de Yucatán y Veracruz, Mexico*. [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2575/Competition/INFORME%20FINAL%20del%20proyecto%20No-PD%20350-05%20Rev-3%20\(F\).pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2575/Competition/INFORME%20FINAL%20del%20proyecto%20No-PD%20350-05%20Rev-3%20(F).pdf)
- Dourojeanni, M. (1963). El barreno de los brotes (*Hypsipyla grandella*) en cedro y caoba. *Agronomía*, 30(1), 35-43.
- Duncan, E., Cunningham, C., & Dearden, P. (2022). Phenotypic plasticity: what has DNA methylation got to do with it? *Insects*, 13(2), 110. <https://doi.org/10.3390/insects13020110>
- Dupuy, B., & Mille, G. (1993). *Timber plantations in the humid tropics of Africa*. Food and Agriculture Organization of Nations.
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). (2011). *Evaluación de estrategias para el control de la Hypsipyla grandella* (Zeller) en la caoba. [http://www.fhia.org.hn/descargas/Departamento\\_de\\_Proteccion\\_Vegetal/hoja\\_tecnica\\_proteccion\\_vegetal10.pdf](http://www.fhia.org.hn/descargas/Departamento_de_Proteccion_Vegetal/hoja_tecnica_proteccion_vegetal10.pdf)
- Gómez, L. (2014). *Hypsipyla grandella* (Zeller 1848) (Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae) en plantaciones de *Cedrela odorata* en Colombia. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia].

- Gómez, O., Apolinar, M., Bautista, M., González, J., Díaz, M., y Peña, Y. (2007). *Establecimiento de la dosis letal media en cedro rojo (Cedrela odorata L.) para dos agentes de selección: kanamicina e higromicina*. Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. [https://smbb.mx/congresos%20smbb/morelia07/TRABAJOS/Area\\_II/-Carteles/CII-46.pdf](https://smbb.mx/congresos%20smbb/morelia07/TRABAJOS/Area_II/-Carteles/CII-46.pdf)
- González, E., y López, A. (2006). *Estudio del crecimiento y sobrevivencia de cinco especies forestales en la finca el plantel*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria] <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10g643e.pdf>
- González, H., y Cruz, J. (2021). Anatomía y propiedades físicas de dos especies forestales comerciales de cedro (*Cedrela odorata*) y Laurel (*Cordia alliodora*) en Nicaragua. *La calera*, 21(37), 82. <https://doi.org/10.5377/calera.v21i37.12532>
- Google. (2024). *Google Earth (10.48.0.2)* [programa en línea]. Google LLC: <https://earth.google.com/web>
- Hilje, L. (2020). En busca de un enfoque preventivo para el manejo del barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella*). *Revista de Ciencias Ambientales*, 54, 211-229. <https://doi.org/https://doi.org/10.15359/rca.54-2.13>
- Hilje, L., y Cornelius, J. (2001). Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal. *CATIE*, 61(38), 61. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6958/Es\\_inmanejable\\_Hypsipyla\\_grandella.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6958/Es_inmanejable_Hypsipyla_grandella.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Howard, y Merida, M. (2021). *El taladrador de las meliáceas, Hypsipyla grandella (zeller) (Insecta: Lepidoptera; Pyralidae: Phycitinae)*. University of Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN614>
- Howard, F. (1991). Seasonal incidence of shoot infestation by mahogany shoot borer (Lepidoptera: Phycitidae) in Florida. *Florida Entomologist*. 74, 150-151. <https://doi.org/10.2307/3495253>
- Instituto Nacional de Bosque. (2019). Paquete tecnológico forestal de cedro *Cedrela odorata*. Autoedición. <https://www.inab.gob.-gt/images/publicaciones/PTF%20CEDRO.pdf>
- Instituto Nacional de Bosques. (2017). *Cedro Cedrela odorata; paquete tecnológico forestal*. Guatemala. Autoedición. [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2802/Technical/-CEDROD.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2802/Technical/-CEDROD.pdf)
- Instituto Nacional de Bosques. (2022). *El insecto barrenador de los brotes de cedro y caoba*. Autoedición <https://www.inab.gob.gt/images/boletines/2022/junio/boletinBarrenador.-pdf>
- Instituto Nacional Forestal., y Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (2002). *Guía de especies forestales de Nicaragua*. Autoedición.
- Instituto Nacional Forestal. (2020). *Manual de plagas y enfermedades en viveros y bosques de Nicaragua*. Autoedición. [https://www.researchgate.net/publication/34495588-5\\_Manual\\_de\\_Plagas\\_y\\_Enfermedades\\_en\\_Viveros\\_y\\_Bosques\\_de\\_Nicaragua](https://www.researchgate.net/publication/34495588-5_Manual_de_Plagas_y_Enfermedades_en_Viveros_y_Bosques_de_Nicaragua)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.(2024). *Clima de Nicaragua*. <https://www.ineter.gob.ni/met.html>

- Levy, P., & Lemeshow, S. (2013). *Sampling of populations: methods and applications*. John Wiley & Sons.
- López, W. (2012). *Incidencia del ataque de *Hypsipyla grandella* Zeller (1919) (Lepidoptera: Pyralidae) "Barrenador de las meliaceas" En las plantas *Swietenia macrophylla* "caoba" dentro de un sistema agroforestal establecido en YURIMAGUAS*. [Tesis de Ingeniería. Universidad Nacional de San Martín]. <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458-/160>
- Maes, J. (1998). *Catálogo de los insectos y artrópodos terrestres de Nicaragua (Vol 1)*. PRINT.
- Maes, J., y Tellez, R. (1988). Catálogo de los insectos y artrópodos terrestres asociados a las principales plantas de importancia económica en Nicaragua. *Revista Nicaraguense de Entomología*, 5, 1-95. <http://www.bio-nica.info/RevNicaEntomo/5-cultivos.pdf>
- Martínez, O., y Traña, L. (2016). *Determinar la erosividad de la lluvia en el Municipio de Managua en el campo de la Universidad Nacional Agraria 2012-2013*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3336/1/tnp36m385d.pdf>
- Missouri Botanical Garden. (2023). *Flora de Nicaragua*. <http://legacy-.tropicos.org/project/fn>
- Morales, E., y Herrera, L. (2009). *Cedro (*Cedrela odorata* L.) protocolo para su colecta, beneficio y almacenaje*. Comisión Nacional Forestal. <http://www.conafor-gob.mx:8080/documentos/docs/19/1299Cedro%20rojo%20Yucat%c3%a1n.pdf>
- Murgas, A., Barrios, H., y López, O. (2015). Biología de *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera:Pyralidae) e incidencia en *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), Panama. *Revista científica Centros*, 4, 25-43. [https://www.researchgate.net/publication/303450924\\_Bioecologia\\_de\\_Hypsipyla\\_grandella\\_ZELLER\\_LEPIDOPTERA\\_PYRALIDAE\\_e\\_incidencia\\_en\\_Cedrela\\_odorata\\_L\\_Meliaceae\\_Panama](https://www.researchgate.net/publication/303450924_Bioecologia_de_Hypsipyla_grandella_ZELLER_LEPIDOPTERA_PYRALIDAE_e_incidencia_en_Cedrela_odorata_L_Meliaceae_Panama)
- Newton, A., Mesen, F., & Leakey, R. (1993). Genetic variation in mahoganies: its importance, capture and utilization. *Biodiversity and conservation*, 2, 114-126. <https://doi.org/10.1007/BF00056128>
- Nunes, C., y Dávila, M. (2004). *Guía para la identificación de gorgojos desortezadores de pino e insectos asociados*. Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco.
- Ortega, K. (2021). Riego por goteo convencional y automatizado en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), a campo abierto, UNA, Managua, 2020 - 2021. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4313/1/tnf06-o77.pdf>
- Paladinez, E. (2011). *Desarrollo de protocolo de propagación in vitro para cedro (*Cedrela odorata* L.)*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i0.530>
- Peréz, E. (2018). *Evaluación de la fertilización orgánica (biol) y sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.), cv. NB 9043, bajo riego complementario por goteo, finca El Plantel, Masaya 2017*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria].

- Perez, G. (2021). *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1849) en México. ¿Una sola especie? [Tesis de Ingeniería, Universidad Veracruzana].
- Pineda, J. (2014). *Aislamiento e identificación de la feromona sexual de Hypsipyla grandella*. [Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados]. [http://colposdigital.colpos.mx:-8080/jspui/bitstream/handle/10521/2471/Pineda\\_Rios\\_JM\\_MC\\_Entomologia\\_Acarologia\\_2014.pdf;jsessionid=D05AC95AA56A4ACF3E95722ADB785A29?sequence=1](http://colposdigital.colpos.mx:-8080/jspui/bitstream/handle/10521/2471/Pineda_Rios_JM_MC_Entomologia_Acarologia_2014.pdf;jsessionid=D05AC95AA56A4ACF3E95722ADB785A29?sequence=1)
- Pinto, I. (2003). *Evaluación de la repelencia de sustancias puras y de la atracción de combinaciones binarias de compuestos feromonales sobre Hypsipyla grandella* (Zeller). [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5113/Evaluacion\\_de\\_la\\_repelencia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5113/Evaluacion_de_la_repelencia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodrigues, Y., & Beldade, P. (2020). Thermal plasticity in insects' response to climate change and to multifactorial environments. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 271. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00271>
- Ruiz, B., Tamayo, J., Martínez, M., Medina, H., Salcedo, E., Hernández, E. y González, R. (2016). Valoración de métodos convencionales y no convencionales para el control del taladrador de las meliáceas en América. *Bosque*, 37, 13-19. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000100002>
- Sánchez-Soto, S., Domínguez-Domínguez, M., y Cortés-Madrigal, H. (2009). Efecto de la sombra en plantas de caoba sobre la incidencia de *Hypsipyla grandella* zeller y otros insectos, en Tabasco, Mexico. *Universidad y ciencia*, 25(3), 225-232. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-29792009000300004](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000300004)
- Solis, M. (2006). *Key to selected Pyraloidea (Lepidoptera) larvae intercepted at US ports of entry: revision of Pyraloidea in "Keys to some frequently intercepted Lepidopterous larvae" by Weisman 1986*. USDA Systematic Entomology Laboratory. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=systentomologyusda>
- Taveras, R. (1999). *Aspectos bioecologicos y caracterizacion del daño de Hypsipilla grandella en caoba Turrialba, Costa Rica*. [Tesis de Maestría, Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza].
- Taveras, R., Hilje, L., & Carballo, M. (2004a). Development of *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in response to constant temperatures. *Neotropical Entomology*, 33, 1-6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000100002>
- Taveras, R., Hilje, L., Hanson, P., Mexzón, R., Carballo, M., & Navarro, C. (2004b). Population trends and damage patterns of *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) in a mahogany stand, in Turrialba, Costa Rica. *Agricultural and Forest Entomology*, 6(2), 89-98. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2004.00205.x>
- Tijerino, A. (2016). *Determinación de la variabilidad genética en cinco poblaciones naturales de Cedrela odorata L. utilizando la técnica RAPD*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, León]. <http://riul.unanleon.edu.ni:-8080/jspui/bitstream/123456789/2328/1/213075.pdf>

- Tillmanns, H. (1964). Apuntes bibliográficos sobre *Hypsipyla grandella* Zeller. *Boletín Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*, 14, 82-92.
- Valencia, R. (2020). *Manejo integrado del insecto taladrador Hypsipyla grandella en plantaciones forestales de Swietenia macrophylla*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8368/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000251.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- West-Eberhard, M. (2003). *Developmental plasticity and evolution*. Oxford University Press.
- Yamazaki, S., Taketani, A., Fujita, K., Vasques, C., & Ikeda, T. (1990). Ecology of *Hypsipyla grandella* and its seasonal changes in population density in Peruvian Amazon forest. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 24(2), 149-155.

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Estadísticos descriptivos para la variable afectaciones en las plantas de Cedro (*C. odorata*) establecido bajo dos condiciones de sombra

Sistema muestreado	Casos validos	Media	Sumatoria	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Error estándar
Con Sombra	30	4.26	128.00	1.00	8.00	1.70	0.31
Sin Sombra	31	7.41	230.00	1.00	14.00	3.24	0.58

Anexo 2. Comparación de la variable afectaciones en las plantas de Cedro (*C. odorata*) establecido bajo condiciones de sombra por medio de la prueba U de Mann-Whitney ( $p=0.05$ )

Suma de rangos		U	Z	p-valor	Z ajustado	p-valor	Casos validos	
Con Sombra	Sin Sombra						Con Sombra	Sin Sombra
644.50	1246.50	179.50	-4.11	0.000038	-4.16	0.000032	30	31

Anexo 3. Análisis de variancia de medidas repetidas ( $p=0.05$ ) para comparación de ataques del barrenador del brote (*H. grandella*) de las meliáceas por meses y sistemas muestreados

Efecto	SS	Grados de libertad	MS	F	p-valor
Sitios	51.200	1	51.200	29.4199	0.000983
Meses	399.253	8	49.907	69.8383	0.000000
Meses*sitios	28.833	8	3.604	5.0436	0.000096

Anexo 4. Pruebas de los efectos entre meses (Post-hoc) para la variable ataques en el sistema bajo sombra por medio de la prueba Tukey HSD ( $p=0.05$ )

Mes <sup>a</sup>	May. 2021	Jun. 2021	Jul. 2021	Ago. 2021	Sep. 2021	Oct. 2021	Nov. 2021	Dic. 2021	Ene. 2022
May-2021		0.9641	0.5336	0.1100	0.0003	0.9982	1.0000	0.0030	0.0009
Jun-2021	0.9641		1.0000	0.9641	0.0373	1.0000	0.9641	0.0002	0.0002
Jul-2021	0.5336	1.0000		1.0000	0.2711	0.9982	0.5336	0.0002	0.0002
Ago-2021	0.1100	0.9641	1.0000		0.8096	0.8096	0.1100	0.0002	0.0002
Sep-2021	0.0003	0.0373	0.2711	0.8096		0.0111	0.0003	0.0002	0.0002
Oct-2021	0.9982	1.0000	0.9982	0.8096	0.0111		0.9982	0.0002	0.0002
Nov-2021	1.0000	0.9641	0.5336	0.1100	0.0003	0.9982		0.0030	0.0009
Dic-2021	0.0030	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0030		1.0000
Ene-2022	0.0009	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0009	1.0000	

<sup>a</sup> En los meses de febrero a abril del 2021 no se registraron ataques.

Anexo 5. Pruebas de los efectos entre meses (Post-hoc) para la variable ataques en el sistema sin sombra por medio de la prueba Tukey HSD ( $p=0.05$ )

Mes <sup>a</sup>	May. 2021	Jun. 2021	Jul. 2021	Ago. 2021	Sep. 2021	Oct. 2021	Nov. 2021	Dic. 2021	Ene. 2022
May-2021		0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.9995	1.0000	0.4582
Jun-2021	0.0002		1.0000	1.0000	0.7166	1.0000	0.0002	0.0002	0.0002
Jul-2021	0.0002	1.0000		1.0000	0.9107	0.9995	0.0002	0.0002	0.0002
Ago-2021	0.0002	1.0000	1.0000		0.9107	0.9995	0.0002	0.0002	0.0002
Sep-2021	0.0002	0.7166	0.9107	0.9107		0.2388	0.0002	0.0002	0.0002
Oct-2021	0.0002	1.0000	0.9995	0.9995	0.2388		0.0002	0.0002	0.0002
Nov-2021	0.9995	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002		0.9107	0.0398
Dic-2021	1.0000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.9107		0.9107
Ene-2022	0.4582	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0398	0.9107	

<sup>a</sup> En los meses de febrero a abril del 2021 no se registraron ataques.

Anexo 6. Pruebas de los efectos entre meses (Post-hoc) para la variable ataques entre los sistemas sin sombra y con sombra por medio de la prueba Tukey HSD ( $p=0.05$ )

Mes <sup>a</sup>	Sistema sin sombra									
	Sistema con sombra	May. 2021	Jun. 2021	Jul. 2021	Ago. 2021	Sep. 2021	Oct. 2021	Nov. 2021	Dic. 2021	Ene. 2022
May-2021		0.9998	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	1.0000	0.9542	0.1077
Jun-2021		0.4032	0.0015	0.0006	0.0006	0.0002	0.0115	0.9542	0.1077	0.0009
Jul-2021		0.0719	0.0187	0.0070	0.0070	0.0002	0.1077	0.5136	0.0115	0.0002
Ago-2021		0.0070	0.1572	0.0719	0.0719	0.0006	0.5136	0.1077	0.0009	0.0002
Sep-2021		0.0002	0.9994	0.9892	0.9892	0.1877	1.0000	0.0004	0.0002	0.0002
Oct-2021		0.6845	0.0005	0.0003	0.0003	0.0002	0.0033	0.9970	0.2615	0.0033
Nov-2021		0.9998	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	1.0000	0.9542	0.1077
Dic-2021		0.0883	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0054	0.3522	0.9994
Ene-2022		0.0299	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0015	0.1572	0.9815

<sup>a</sup> En los meses de febrero a abril del 2021 no se registraron ataques.

Anexo 7. Coeficientes para los modelos de predicción de la influencia de las variables con correlación significativas en los ataques del barrenador del brote (*H. grandella*) de las meliáceas en la plantación de cedro (*C. odorata*) establecida sin sombra

Modelos	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	
	B	Desv. Error	Beta			
1	(Constante)	2.883	0.534		5.404	0.000
	precipitación	0.137	0.022	0.676	6.229	0.000
2	(Constante)	-23.781	10.321		-2.304	0.026
	precipitación	0.116	0.022	0.571	5.176	0.000
	temperatura mínima	1.173	0.453	0.285	2.586	0.013
3	(Constante)	19.052	11.687		1.630	0.110
	precipitación	0.043	0.023	0.213	1.902	0.064
	temperatura mínima	2.691	0.466	0.654	5.773	0.000

Anexo 8. Pruebas para cumplimiento de supuestos para los modelos de regresión para las variables temperatura y la precipitación en los ataques del barrenador del brote (*H. grandella*) de las meliáceas en la plantación de cedro (*C. odorata*) establecida sin sombra

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk			Prueba Durvin-Watson <sup>a</sup>
	Estadístico	Grados de libertad	Sig.	Estadístico	Grados de libertad	Sig.	
Residuales	0.112	48	0.178	0.964	48	0.146	1.288

<sup>a</sup> Valores entre 1 y 3 indican independencia de los residuales.