

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SEDE GUANACASTE

Tesis para optar por el Título profesional de Ingeniería Agrónoma con
el grado de Licenciatura en Agronomía.

Efecto de diferentes densidades de *Cnaphalocrosis patnalis?* en el
rendimiento de arroz (*Oryza sativa*) variedad Palmar 18 en Santa
Cruz, Guanacaste

Katherine Castro Barrantes

2022

Efecto de diferentes densidades de *Cnaphalocrosis patnalis?* en el rendimiento de arroz (*Oryza sativa*) variedad Palmar-18 en Santa Cruz, Guanacaste

Katherine Dayana Castro Barrantes

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE PROFESIONAL EN INGENIERA AGRÓNOMA CON EL GRADO DE LICENCIADA EN AGRONOMÍA



Helga Blanco Metzler Ph.D

Directora de tesis



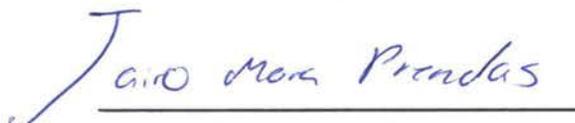
Francisco Álvarez Bonilla M.Sc.

Miembro de tribunal



Hernán Rodríguez Arias M.Sc.

Miembro de Tribunal



Jairo Mora Prendas M.Sc.

Miembro de Tribunal



Jacqueline Cerdas Solano M.Sc.

Coordinadora de carrera



Katherine Dayana Castro Barrantes

Postulante

2022

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a Dios por darme la fuerza para concluir una meta más en mi vida.

También se lo dedico a mi madre María Adita Barrantes Zúñiga que siempre me ha apoyado en todo momento, que me ha inculcado nunca rendirme, siempre cumplir todas las metas que me proponga y que me ha convertido en la persona que soy ahora.

Agradecimientos

A la Universidad de Costa Rica, sede Guanacaste, que me ha visto crecer profesionalmente durante todos los años que formé parte de la institución.

A mi tutora de tesis, la Dra. Helga Blanco-Metzler que me brindó su apoyo y ayuda incondicional en cada paso de la creación y presentación de este proyecto.

A la finca experimental Santa Cruz y a todos (as) sus colaboradores que siempre me ayudaron en cada momento que necesité de su apoyo.

A la Finca Mojica en Cañas, Guanacaste por permitirme acercarme en cualquier momento que necesite realizar recolección de material para la investigación o necesite ayuda con cualquier consulta relacionada a la investigación.

Finalmente, me gustaría agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma siempre estuvieron apoyándome para poder finalizar este proceso.

Tabla de contenido

Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Resumen.....	10
1. Introducción.....	11
2. Objetivos.....	13
2.1. Objetivo general.....	13
2.2. Objetivo específico.....	13
3. Revisión de Literatura.....	13
3.1. Descripción botánica del cultivo de arroz.....	13
3.2. Características morfológicas del cultivo de arroz.....	14
3.2.1. Órganos vegetativos.....	14
3.2.2. Órganos reproductivos.....	15
3.3. Descripción de la variedad Palmar 18.....	16
3.4. Biología de <i>Cnaphalocrosis patnalis?</i> y otras plagas similares.....	16
4. Materiales y métodos.....	18
4.1. Trabajos previos al inicio de la investigación.....	18
4.2. Ensayo en campo.....	20
4.3. Variables a evaluar.....	22
4.3.1. Número de macollas y panículas.....	22
4.3.2. Biomasa seca.....	22
4.3.3. Peso de granos.....	22
4.3.4. Granos por panícula.....	22
4.3.5. Rendimiento.....	22
4.4. Análisis Económico.....	22
4.5. Análisis de los datos.....	23
5. Resultados y discusión.....	24

5.1. Variables medidas de cada tratamiento.....	24
5.2. Análisis de componentes principales.....	29
5.3. Rendimiento.....	30
5.4. Análisis Económico.....	34
6. Conclusiones.....	36
7. Recomendaciones.....	37
8. Literatura citada	38

Índice de figuras

Figura 1. A) Caja utilizada para colocar larvas de <i>Cnaphalocrosis patnalis?</i> . B) Plántulas utilizadas para alimentar las larvas de <i>Cnaphalocrosis patnalis?</i>	19
Figura 2. Adulto de <i>Cnaphalocrosis patnalis?</i> A) Abdomen terminal macho B) Abdomen terminal hembra.....	19
Figura 3. Huevos de <i>Cnaphalocrosis patnalis?</i> laboratorio de Entomología FESC	20
Figura 4. Jaulas utilizadas y distribución de las bolsas con arroz dentro de las mismas.....	21
Figura 5. Número de panículas por tratamiento.....	25
Figura 6. Número de panículas/m ² por tratamiento.....	25
Figura 7. Peso fresco promedio de follaje.....	26
Figura 8. Porcentaje de granos llenos.....	26
Figura 9. Peso fresco promedio de granos (g).....	27
Figura 10. Peso seco promedio de granos (g).....	27
Figura 11. Promedio de granos/panícula.....	27
Figura 12. Promedio de peso de 1000 granos (g).....	27
Figura 13. Biplot del análisis de componentes principales obtenido a partir de los datos del experimento	29
Figura 14. Promedio del rendimiento (ton/ha) para cada tratamiento.....	31
Figura 15. Datos climatológicos tomados durante el período en el que se llevó a cabo la investigación.....	33
Figura 16. Ganancia final, en colones, de los rendimientos finales de cada tratamiento para una hectárea.....	34
Figura 17. Ejemplo hipotético del efecto económico de la plaga <i>C. patnalis?</i> en 100 ha.....	35
Figura 18. Ejemplo hipotético del efecto económico de la plaga <i>C. patnalis?</i> en 200 ha.....	35
Figura 19. Ejemplo hipotético del efecto económico de la plaga <i>C. patnalis?</i> en 300 ha.....	35
Figura 20. Ejemplo hipotético del efecto económico de la plaga <i>C. patnalis?</i> en 400 ha.....	35

Índice de cuadros

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en la evaluación del efecto de diferentes densidades de larvas en el rendimiento de arroz	21
Cuadro 2. Dosis de fertilizante por jaula.....	21
Cuadro 3. Valores p, media y error estándar de cada variable.....	24

Índice de fórmulas

Ecuación 1..... 23

Resumen

El arroz (*Oryza sativa*) es considerado uno de los cultivos más antiguos que el hombre logró domesticar, con el paso de los años factores como el cambio climático (efectos del Niño y La Niña), cambios en la forma de producción y la aparición de nuevas plagas y enfermedades son elementos que afectan el rendimiento del cultivo. Dentro de estas nuevas plagas se encuentra *Cnaphalocrosis patnalis* que apareció alrededor del año 1981 en varios países asiáticos, esta plaga dobla la hoja impidiendo que la misma reciba la luz necesaria para realizar la fotosíntesis y como consecuencia las plantas se secan y tienen una apariencia de quemado. Plagas similares a esta pueden generar una pérdida en el rendimiento 28,5-29,7%, el daño en las hojas puede alcanzar porcentajes de 41,2- 42,8%, puede causar una severa disminución en la producción de panículas y posteriormente en el rendimiento del cultivo.

La investigación se realizó en la Finca Experimental Santa Cruz (FESC) Santa Cruz, Guanacaste, esta finca posee una temperatura que fluctúa entre 24 y 32°C con precipitaciones que oscilan entre 1000 y 2000 msnm y un periodo seco de 4-6 meses secos. Se recolectaron insectos en la finca Mojica ubicada en Cañas, Guanacaste. Una vez recolectados los insectos se llevaron al laboratorio de Entomología ubicado en la FESC donde se reprodujeron hasta obtener la edad deseada (en este caso L1), el estudio contó con 5 niveles de infestación y 4 repeticiones por nivel (10, 20, 30 y 40 larvas más el testigo); los tratamientos se colocaron en jaulas de armazón de perling cubiertas con malla al 40%, dentro de las cuales se encontraban 4 bolsas con arroz con 4 plantas cada bolsa.

Una vez el arroz se encontraba en la etapa deseada para cosecha se procedió a realizar la misma y se midió el rendimiento total; se encontró que estadísticamente el proyecto no presentó efecto significativo en el rendimiento del arroz; sin embargo, al momento de realizar un análisis económico se determinó que esta plaga puede generar pérdidas significativas en plantaciones comerciales si no se realiza el control necesario.

I. Introducción

El arroz (*Oryza sativa*) es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia Poaceae; es considerado uno de los cultivos más antiguos que el hombre logró domesticar; su inicio como cultivo data de hace miles de años (se dice que desde hace aproximadamente 8000 años) en diversas partes de Asia, específicamente China y África; posteriormente se extendió a toda Asia, para finalmente ser introducido progresivamente al resto del mundo en el último milenio (Franquet y Borrás 2004).

En el caso de Costa Rica los datos son muy variados; Cortés (1994) menciona que al inicio de este siglo el cultivo de arroz se encontraba en ciertas zonas del Valle Central; mientras León y Arroyo (2011) sugieren que el arroz se cultivaba desde al menos 1780 en las zonas de Esparza y el valle del Río Grande de Tárcoles. Ambos autores, sin embargo, concuerdan en el hecho de que se manejaba con una filosofía de subsistencia y no fue sino hasta un siglo más tarde que el consumo de este grano comenzó a crecer llegando a convertirse en un producto de consumo importante.

Según datos de CONARROZ (2021) actualmente Costa Rica cuenta con 33.048 ha de arroz sembradas para el período 2019/2020, de las cuales 22.960 ha corresponden a la primera siembra y 10.088 ha son dedicadas a la segunda siembra. La Región Chorotega es la que posee mayor área sembrada con un 51% del área, seguido por la Región Brunca con un 20%, la Región Pacífico Central con un 17%, Región Huetar Norte con 12% y la Huetar Atlántica con 0,7%.

En la producción nacional, se observa una reducción constante en las toneladas métricas de arroz en granza producidos, donde, para el período 2019/2020 se produjeron 149.339 t, en el 2018/2019 155.051 t, en el 2017/2018 157.930 t, en el 2016/2017 200.347 t y en el 2015/2016 187.577 t. Por otro lado, el área utilizada para la siembra de arroz en el territorio nacional para el período 2015/2016 fue de 49.573 ha, periodo 2016/2017 46.426 ha, periodo 2017/2018 37.560 ha, periodo 2018/2019 36.979 ha y para el periodo 2019/2020 el total sembrado fue de 33.048 ha (CONARROZ 2021).

La disminución en el área productiva representa una de las mayores razones por las cuales la producción de este grano ha venido disminuyendo en los últimos años; sin embargo, otros factores como el cambio climático (efectos del Niño y La Niña), cambios en la forma de producción y la aparición de nuevas plagas y enfermedades son elementos que afectan el rendimiento del cultivo.

Dentro de estas nuevas plagas se encuentra *Cnaphalocrosis patnalis?* (Bradley) (Lepidoptera: Crambidae), la cual apareció alrededor de 1981 en varios países del continente asiático (Pathak y Khan 1994) para luego distribuirse por la zona Tropical ecuatoriana y del sudeste de África, Sur y Centroamérica (Heinrichs y Barrion 2004).

En los últimos años *C. patnalis?* ha presentado una tendencia al aumento poblacional, es por eso que en muchos lugares de Asia pasó de ser una plaga de menor importancia a una de mayor importancia; este cambio se puede atribuir a la adopción de nuevas formas de manejo del arroz, acompañado con la introducción de variedades de altos rendimientos (Kraker *et al.* 1999).

El daño que causa esta plaga en el cultivo es que dobla la hoja impidiendo que la misma reciba la cantidad de luz necesaria para realizar la fotosíntesis y como consecuencia, las plantas se secan y tienen una apariencia de quemado (Pathak y Khan 1994).

La pérdida en el rendimiento causado por plagas que causan el mismo daño que *C. patnalis?* puede alcanzar 28,5-29,7%; además, el daño en las hojas puede alcanzar porcentajes de 41,2- 42,8% (Liao *et al.* 2017). *C. patnalis?* por si sola, puede causar una severa disminución en la producción de panículas y posteriormente en el rendimiento del cultivo (Heinrichs y Barrion 2004).

La necesidad de realizar esta investigación radica en que esta plaga presenta una tendencia al aumento poblacional en plantaciones de arroz de Guanacaste por lo que se hace necesario investigar cuáles son los efectos en el rendimiento con el fin de determinar a futuro, métodos rentables de manejo del insecto.

II. Objetivo General

Evaluar el efecto de diferentes densidades de *Cnaphalocrosis patnalis?* en el rendimiento de arroz, variedad Palmar 18, en Santa Cruz, Guanacaste.

2.1 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de cuatro densidades de *C. patnalis?* 10, 20, 30 y 40 larvas de insectos por jaula, en el rendimiento del arroz.
- Evaluar los componentes de rendimiento, número de panículas, peso de 1000 granos, granos vanos y porcentaje de granos llenos del cultivo de arroz.
- Estimar el efecto económico que posee *C. patnalis?* en la producción de arroz

III. Revisión de literatura:

3.1. Descripción botánica del cultivo de arroz

El arroz (*Oryza sativa*) es una Poácea del género *Oryza*, que cuenta con 20 a 25 especies que se distribuyen alrededor del subtrópico (Nayar 2012).

De las especies con las que cuenta este género solo dos son cultivadas con fines comerciales: *Oryza sativa* (origen asiático) y *O. glaberrima* (Nigeria, África), las demás especies son silvestres (Moquete 2004). Se diferencian tres subespecies: indica, javánica y japónica, en Costa Rica se cultiva la especie indica.

La especie indica se cultiva en los trópicos, posee mayor altura que otras variedades, macollamiento denso, hojas largas e inclinadas de color verde pálido y granos de mediano a largo; estos granos poseen un contenido de amilasa entre medio y alto lo que les da un aspecto seco y blando que los hace poco aptos para desintegrarse durante la cocción (Degiovanni *et al.* 2010).

3.2. Características Morfológicas del cultivo de arroz

3.2.1. Órganos Vegetativos

- Raíces

La anatomía de las raíces del cultivo de arroz es muy diferente a la de otros cereales, como por ejemplo el trigo; esto porque la planta de arroz posee gran adaptabilidad a las condiciones del cultivo bajo agua (Franquet y Borràs 2004). La planta genera dos tipos de raíces: las seminales, poco ramificadas; las cuales sobreviven corto tiempo después de la germinación, posteriormente, éstas son reemplazadas por las raíces adventicias, que brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes (CIAT 1981). Las puntas de las raíces se encuentran protegidas por una masa de células llamada coleorriza; las cuales poseen la función de facilitar la penetración de la raíz en el suelo (Degiovanni *et al.* 2010).

- Tallo

El tallo se forma de nudos y entrenudos alternados que se pueden diferenciar por el espesor que poseen, posee forma cilíndrica, es erguido, nudoso, glabro y de 60-120 cm de longitud (depende de la variedad). Los nudos pueden generar raíces adventicias ocasionales que se generan por situaciones de estrés en la planta, cambios climáticos o por las prácticas agrícolas empleadas (Franquet y Borràs 2004). De cada nudo se forma una hoja y una yema la cual puede desarrollarse y formar un hijo o una macolla (Degiovanni *et al.* 2010).

- Hoja

Las hojas se distribuyen de forma alterna a lo largo del tallo; la primera hoja que aparece en un nudo basal del tallo principal se llama prófalo y la hoja que se encuentra bajo la panícula, se llama hoja bandera (Degiovanni *et al.* 2010); esta hoja y la penúltima desempeñan un papel importante para la formación de la panícula y los granos; las hojas situadas en la base del tallo ejercen acción trófica a favor del aparato radicular (Franquet y Borràs 2004).

Después de la floración cada tallo posee entre 4-7 hojas, el limbo foliar es más o menos pubescente, tiene un porte más o menos erecto y forma un ángulo con la vaina (Franquet y Borràs 2004).

3.2.2. Órganos reproductivos

- Panícula

La panícula se distingue por la longitud de la misma, la distribución verticilada o no de las ramificaciones primarias, el ángulo formado entre éstas y el raquis que indica la forma de las panículas: cerrada, abierta o laxa (Franquet y Borràs 2004); se ubica sobre el nudo apical del tallo (denominado nudo ciliar); tiene forma de aro, el eje principal de la panícula es hueco y de sus nudos nacen las ramificaciones (Medina 2005), su longitud varía mucho ya que depende de la variedad; hay algunas que se pueden extender más allá de la hoja bandera, soporta las estructuras reproductivas de la planta y desarrolla la actividad fotosintética (Degiovanni *et al.* 2010).

- Flor

La flor es de color verde blanquecino, dispuestas en espiguillas, cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. Cada espiguilla es uniflora y está provista de una gluma con dos valvas pequeñas, algo cóncavas, aquilladas y lisas; la glumilla tiene igualmente dos valvas aquilladas (Franquet y Borràs 2004)

- Semilla

La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente (Medina 2005), consta de: cáscara formada por la lemma, la pálea y partes asociadas a esas dos estructuras; lemmas estériles, la raquilla, la arista y el embrión; y el endospermo

que provee alimento al embrión durante la germinación (Degiovanni *et al.* 2010). Su desarrollo se completa en un periodo que varía entre 30 y 60 días después de la floración, sin embargo, el embrión ya se encuentra morfológicamente listo luego de 10-15 días. Una vez que está listo, el grano se ensancha en su posición basal y luego se alarga, la última parte en formarse es la central donde puede quedar una banda amilácea blanca que es un índice de maduración imperfecta (Franquet y Borràs 2004).

3.3. Descripción de la variedad Palmar 18

La variedad Palmar 18 posee una altura aproximadamente de 105 cm y su cosecha se realiza 110 días después de la siembra; el grano es de tipo largo y posee buena calidad molinera (Chavarría 2011); cuenta con un macollamiento bajo y los días a floración son de 70, un rendimiento muy bueno (en promedio 5 - 8 ton.ha⁻¹) (Oficina Nacional de Semillas 2018).

Durante el periodo 2016/2017 esta fue la variedad que más se sembró en el territorio costarricense con un total de 16.810 ha (CONARROZ 2018).

3.4. Biología de *Cnaphalocrosis patnalis*? y otras plagas similares

C. patnalis? generalmente se presenta cuatro semanas después del trasplante (sdt) del cultivo de arroz y cinco semanas posteriores a la germinación en siembra directa; los huevos presentan su máxima presencia en la etapa de macollamiento (7 sdt) por lo tanto, ésta es la etapa en la que hay que poner mayor cuidado para evitar infestación de huevos, posteriormente la larva se presenta dos o tres semanas después; en la etapa de floración se pueden encontrar huevos pero no en grandes cantidades (Kraker *et al.* 1999).

Los huevos pueden tardar de 4 a 5 días en eclosionar, luego de que se da la emergencia de las larvas, en la etapa L1, éstas se desplazan al ápice de las hojas

y posteriormente; a partir del estadio L3, empiezan a plegar más hojas para poder alimentarse mejor. *C. patnalis* tiene 6 etapas larvales y tarda de 21 a 25 días en llegar a la etapa de pupa donde puede durar 8 días para luego llegar a adulto (Vásquez 2021).

En varios países de Asia se reporta un complejo de varios lepidópteros que afectan al cultivo de arroz, dentro de los cuales se mencionan *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée, *Marasmia patnalis* Bradley y *M. trapezalis* Guenée (Lepidoptera: Crambidae); las últimas dos mencionadas cuentan con comportamientos similares; en general, las dos afectan el cultivo de la misma forma (ambas son plagas dobladoras de hojas), su reproducción es muy similar y la forma de control de ambas es muy parecida (Kraker *et al.* 1999).

C. medinalis puede disminuir la producción de arroz hasta en un 14% durante la época seca y en un 1,46% durante la época lluviosa, su ciclo de vida es de 36 días (Rany *et al.* 2007). Esta plaga, al doblar y alimentarse de las hojas, genera una reducción en el área fotosintéticamente activa de las plantas, lo que finalmente afecta el crecimiento y vigor de la planta; además el daño en las hojas brinda acceso a hongos y bacterias que afectan la planta (Arunachalam 2018).

M. patnalis, puede sobrevivir hasta 46 días como adulto (Rany *et al.* 2007); puede poner un solo huevo o en grupos que van de 2-9 en la parte superior de las hojas, los huevos eclosionan al cuarto día; el estado de larva tiene una duración de 23 días (Heinrichs y Barrion 2004).

M. trapezalis, posee una larva que en el último estadio mide aproximadamente 20 mm de largo, posee un color amarillo-verdoso claro, cuando se toca ésta se mueve mucho. El daño que causa esta plaga es directamente a la producción de panícula y en el rendimiento del cultivo (Heinrichs y Barrion 2004).

IV. Materiales y métodos.

La investigación se realizó en la Finca Experimental Santa Cruz (FESC), Santa Cruz, Guanacaste 10°16´ de latitud norte y 85°35´ de longitud oeste, se encuentra a 40-50 msnm. La temperatura fluctúa entre los 24 y 32°C con precipitaciones que oscilan entre los 1000 y 2000 mm al año (Prado 2018 mencionado por Vásquez 2021), con un período de 4-6 meses secos. La FESC presenta 74% HR en la época húmeda (mayo-junio y agosto-noviembre) (Vásquez 2021).

4.1. Trabajos previos al inicio de la investigación.

Previo al inicio del trabajo en campo, se recolectó *C. patnalis?* en la plantación comercial de arroz en finca Mojica (ubicada en Cañas, Guanacaste coordenadas 10°40´79 de latitud norte y 85°19´74 longitud oeste); en cada visita se recolectaron tanto insectos en su etapa larval como en su etapa adulta. Posteriormente se llevaron los insectos a la FESC y se contaron en el laboratorio de entomología.

Se realizaron dos manejos diferentes con las larvas y con los adultos; en el primer caso, las larvas se colocaron en jaulas de madera con malla antiáfidos (50 cm de alto x 40 cm de ancho x 40 cm de fondo) y con vidrio en la parte superior (Figura 1), posteriormente, estas jaulas se colocaron dentro del invernadero ubicado al lado de laboratorio de entomología para su reproducción. Dentro de cada jaula se introdujo una bandeja plástica de 78 celdas con plántulas de arroz Palmar 18 de 30 días después de germinación para la alimentación de las larvas.

Cuando las larvas alcanzaron el estado adulto se tomó una pareja (macho y hembra) los machos presentan un grupo de setas en la tibia delantera, por otro lado, las hembras son más grandes y presentan una envergadura más larga que los machos, el abdomen de la hembra cuenta con una franja negra gruesa transversal en el antepenúltimo segmento y una longitudinal en el penúltimo segmento abdominal mientras que el macho presenta dos manchas oscuras laterales pequeñas (Figura 2) (Vásquez 2021) y se colocaron en bolsas de plástico (Figura 3) dentro del laboratorio de entomología para que se reprodujeran y así cuando los huevos eclosionaran recolectar las larvas.

En el caso de los adultos recolectados en la finca, se procedió a colocarlos dentro de bolsas de plástico (Figura 3) dentro del laboratorio (en este caso se colocaron individualmente), estos adultos ovipositaron dentro de las bolsas y cuando los huevos eclosionaron se procedió a recolectar las larvas.

Las larvas recolectadas se colocaron en plántulas de arroz previamente puestas a germinar y se colocaron dentro de las jaulas antes mencionadas para que crecieran hasta llegar a la etapa deseada (L1) para este proyecto; el alimento se les cambió cada dos días.

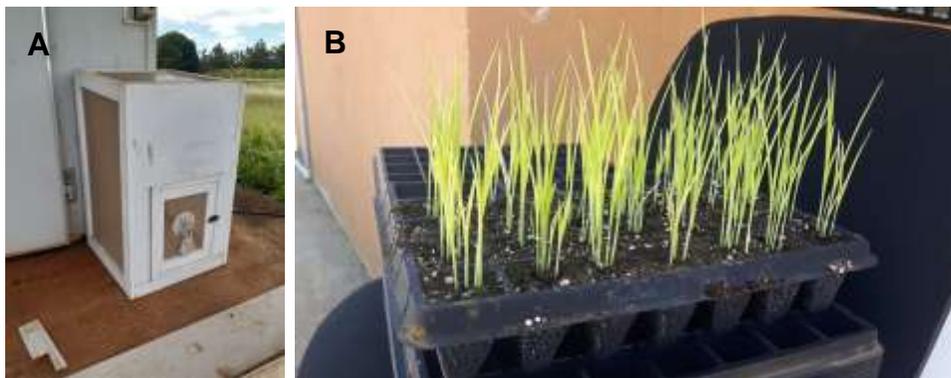


Figura 1. A) Caja utilizada para colocar larvas de *Cnaphalocrosis patnalis*?. B) Plántulas de arroz utilizadas para alimentar las larvas de *C. patnalis*?



Figura 2. Adulto de *Cnaphalocrosis patnalis*? A) Abdomen terminal macho B) Abdomen terminal hembra.

Fuente: Vásquez 2021.



Figura 3. Huevos de *Cnaphalocrosis patnalis*? Laboratorio de Entomología FESC.

4.2 Ensayo en campo.

El ensayo consistió en la siembra de plantas de arroz en bolsas plásticas (18 x 25 cm) llenas en un 70% con una mezcla de sustrato de suelo y granza de arroz en una proporción de 1:1; cada bolsa contaba con cuatro plantas de arroz de la variedad Palmar 18; estas bolsas se colocaron dentro de jaulas; que al mismo tiempo contaban con 4 bolsas, para un total de 16 plantas de arroz por tratamiento.

Las jaulas tenían forma cuadrada de 1 x 1 m x 1,70 m alto, elaboradas con una armazón de perling y cubiertas con malla al 40%. Cada jaula tenía una puerta (60 cm x 1 m alto) para permitir la introducción de las plantas e insectos y realizar conteos; estas estructuras estaban sujetas por extensiones de 20 cm de cada vértice las cuales se introdujeron al suelo para evitar que se movieran o volcaran (Figura 4).

Las jaulas tenían 5 niveles de infestación (incluyendo el testigo) (tratamientos) y cuatro repeticiones por nivel de infestación para un total de 20 unidades experimentales, de *C. patnalis*? para determinar el efecto que poseen en el rendimiento del cultivo. Los niveles de infestación fueron de 10, 20, 30 y 40 larvas (Cuadro 1) L1, más el testigo (sin insectos). Las jaulas se revisaron cada dos días.

Fertilización: La fertilización utilizada se especifica en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en la evaluación del efecto de diferentes densidades de larvas en el rendimiento de arroz

Número	Tratamiento
1	10 larvas
2	20 larvas
3	30 larvas
4	40 larvas
5	Testigo

Cuadro 2. Dosis de fertilizante aplicado por jaula.

Etapa del cultivo	Fórmula utilizada				Dosis aplicada
	N	P	K	S	
V4	27,7	30,1	0	0	150g
V6	18,7	18,5	17,9	2,26	200g
V9	21	0	27,7	3,5	150g



Figura 4. Jaulas utilizadas y distribución de las bolsas con arroz dentro de las mismas.

4.3. Variables a evaluar

4.3.1. Biomasa seca. Del total de las plantas recolectadas se registró el peso fresco de las plantas. Además, se midió la humedad de cosecha; en este caso cuando se encontró en el rango de 18-22% se procedió a cosechar para posteriormente secarlo y llevarlo a la humedad deseada de almacenamiento que es de un 14,5%.

4.3.2. Número de macollas y panículas. Con la ayuda de tijeras tipo podadora se cortó de forma manual a nivel de suelo cada una de las plantas de los diferentes tratamientos y se introdujeron en bolsas de papel manila selladas e identificadas; este material se trasladó al laboratorio de entomología donde se registró el número de macollas y panículas por planta. Se extrapoló el número de panículas a m² con el fin de obtener el rendimiento.

4.3.3. Peso de granos. Una vez secos se limpiaron los granos, es decir, se eliminaron los granos vanos, granos afectados por hongos, insectos e impurezas presentes; posteriormente se pesaron 1000 granos por unidad experimental (4 bolsas de una jaula) con una balanza eléctrica de dos dígitos marca Kern.

4.3.4. Granos por panícula. Se procedió a tomar diez panículas por tratamiento y se colocaron en bolsas de papel, se desgranaron manualmente y se contaron los granos vanos y llenos, y se determinó el porcentaje de granos llenos.

4.3.5. Rendimiento. El rendimiento se calculó mediante la fórmula (FAO 2003):

Rendimiento (kg/ha) = # panículas por m² x #granos totales por panícula x % granos llenos (granos maduros) x peso de 1000 granos (g) x 0,0001

4.4. Análisis económico. Para estimar el efecto económico de las densidades de *C. patnalis*? en la producción de arroz, se procedió a multiplicar el rendimiento obtenido por el valor económico que posee el arroz en el mercado, este dato (valor económico por kilogramo de arroz) se tomó de la página oficial de CONARROZ.

4.5. Análisis de los datos. Para probar la hipótesis de igualdad de medias se realizó mediante un análisis de varianza (ANDEVA) según el modelo de la Ecuación 1.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Ecuación 1

Donde:

y_{ij} = j -ésima observación del i -ésimo tratamiento

μ = media general

τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento

α_j = j -ésimo ancho de parcela. Con $i : 1, \dots, A$.

$(\gamma\alpha)_{ij}$ = interacción del i -ésimo largo con el j -ésimo ancho.

ε_{ij} = error aleatorio

Se verificaron los supuestos básicos del ANDEVA; luego, se realizó la prueba de separación de medias de Tuckey. Para lo anterior se utilizó el programa estadístico InfoStat (2008).

Análisis de componentes principales: Se realizó el análisis de componentes principales con el uso del programa estadístico Infostat, mediante la creación de un Biplot.

Diseño experimental: Se utilizó un diseño irrestricto al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

Unidad experimental: Cada jaula, la cual contenía 4 bolsas con plantas de arroz, se consideró una unidad experimental. Dichas jaulas fueron ubicadas aleatoriamente en un lote ubicado en la Finca Experimental Santa Cruz.

V. Resultados y discusión.

5.1. Variables medidas de cada tratamiento

Se realizó un análisis de varianza para determinar si las variables medidas presentaron diferencias estadísticas. No se presentaron diferencias significativas en el rendimiento según las variables (Cuadro 3)

Cuadro 3. Valores p, media y error estándar de cada variable

Variable	Modelo	Función varianza	Valor p	Media	E.E.
Número de panículas	DCA	No	0,3553	75,90	1,74
Panículas/m ²	DCA	No	0,4198	375,32	8,65
Peso fresco grano	DCA	No	0,8431	189,15	3,67
Peso seco grano	DCA	No	0,6822	175,48	4,17
Peso fresco follaje	DCA	No	0,3365	577,76	7,37
Granos/panícula	DCA	No	0,4845	98,11	2,66
% Granos llenos	DCA	VarIdent	0,3306	72,91	1,04
Peso de 1000 granos	DCA	No	0,5261	28,02	0,12
Rendimiento	DCA	No	0,5753	7,73	0,21

*Dca: Diseño experimental completamente aleatorizado

Las siguientes figuras (5-12) muestran los resultados obtenidos para cada tratamiento con respecto a las variables medidas de la variedad de arroz (*Oryza sativa*) Palmar-18 en Santa Cruz, Guanacaste.

La Figura 5 muestra el promedio en el número de panículas, en este caso se logra observar una reducción en el número de las panículas el cual pasa de 84,5 panículas/planta en tratamiento 1 (10 larvas) hasta 67,5 panículas en el tratamiento 4 (40 larvas), el cual es el que presentó la mayor cantidad de larvas; no obstante, este resultado no fue significativo, el valor p es 0,3553. Resultados similares se pueden observar en la Figura 6 para el promedio de panículas/m².

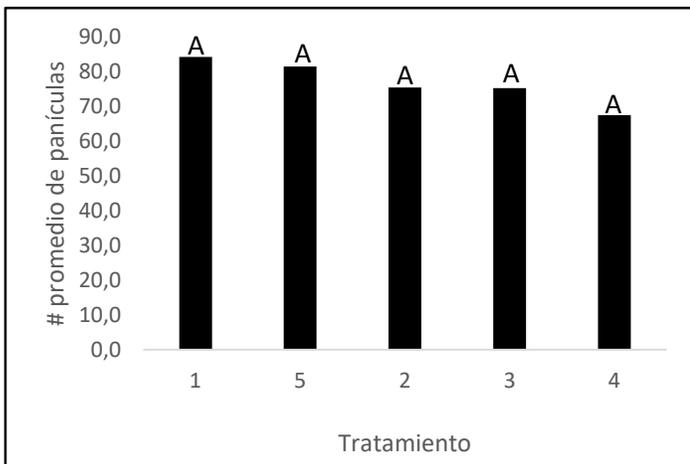


Figura 5. Número de panículas promedio por tratamiento. T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

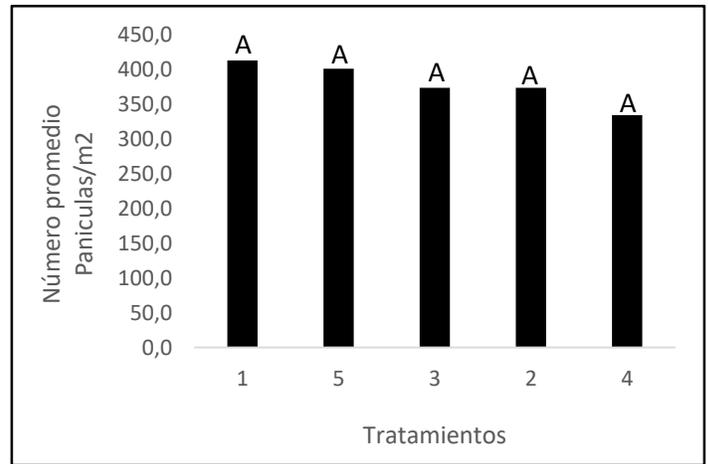


Figura 6. Número de panículas/m² promedio por tratamiento. T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

En la Figura 7 se observa que el tratamiento 5 (testigo) tiene un promedio de 600 g en el peso del follaje en comparación con el tratamiento 3 (30 larvas) el cual presentó un peso promedio de 525 g, este peso fue el menor para esta variable; en este caso se puede determinar que este resultado cuenta con mucha lógica debido a que el tratamiento 5 es el testigo, lo que significa que no tuvo infestación de larvas. La larva se alimenta más en las etapas más jóvenes del arroz, un mayor daño a la hoja bandera y a la antepenúltima hoja representa mayor pérdida en el rendimiento; un 10% de hojas dañadas puede representar de un 8-10% en pérdida del rendimiento (Barrion *et al.*1991).

En el caso de la Figura 8 que es el porcentaje de granos llenos, el tratamiento 4 (40 larvas) presentó un 80%; por otro lado, el tratamiento 2 (20 larvas) tiene un 60% de granos llenos. Sin embargo, al igual que en las figuras anteriores (5 y 6) estos valores no presentaron diferencia estadística ($p= 0,3306$).

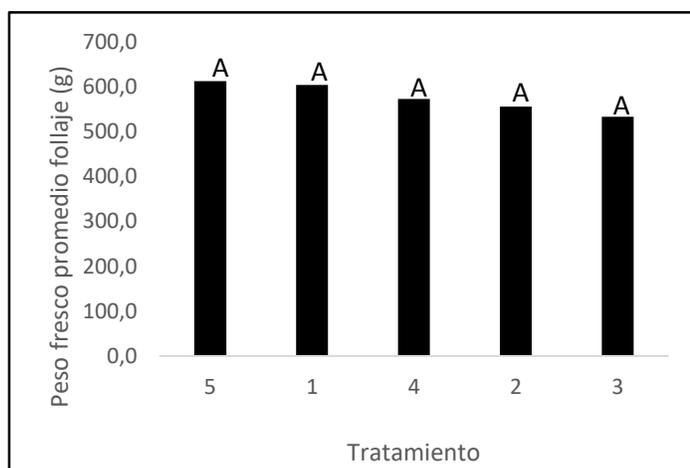


Figura 7. Peso fresco promedio de follaje (g). T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

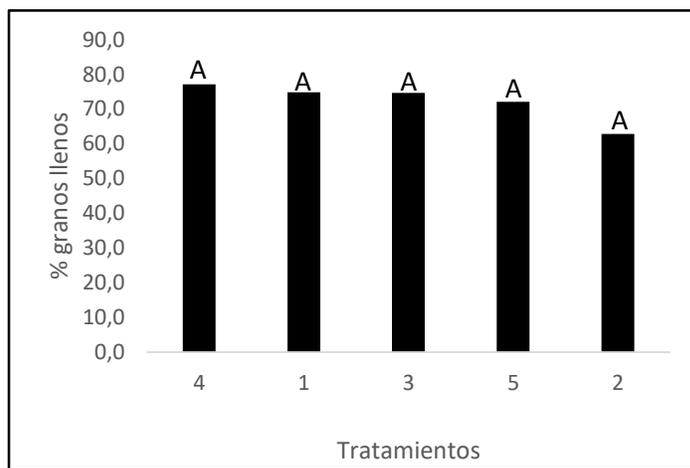


Figura 8. Porcentaje de granos llenos. T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

El peso fresco de los granos fue mayor en el T 2 (20 larvas, 200 g), seguido del T 1 (10 larvas, 198 g) y del T3 (30 larvas, 195,3 g) y del T 4 (40 larvas, 190,5 g), siendo el menor peso detectado el del T 5 (testigo, 178,64 g), donde no se detectó diferencia estadística ($p= 0,8431$).

En la Figura 10 se puede observar que la posición del T 2 (20 larvas) y el T 3 (30 larvas) se invierte con respecto a la Figura 9 la razón de que esto se presente de esta forma no está muy clara; sin embargo, se puede sugerir que al momento de realizar el secado de los granos se pudo incurrir en algún tipo de daño a los mismos, los daños generados al grano al momento de realizar el secado son de distinta naturaleza y gravedad, depende de la severidad con la que se realiza el proceso y del diseño de la secadora (Dios 1996), este daño pudo afectar en el peso seco final y de ahí que se observe ese cambio en los T 2 (20 larvas) y T 3 (30 larvas) ; en cuanto al peso seco (Figura 10), el T 3 (30 larvas) presentó el mayor peso (200 g),

seguido por el T1 (10 larvas, 180 g); finalmente, el tratamiento 5 (testigo, 150 g) presentó el menor peso seco.

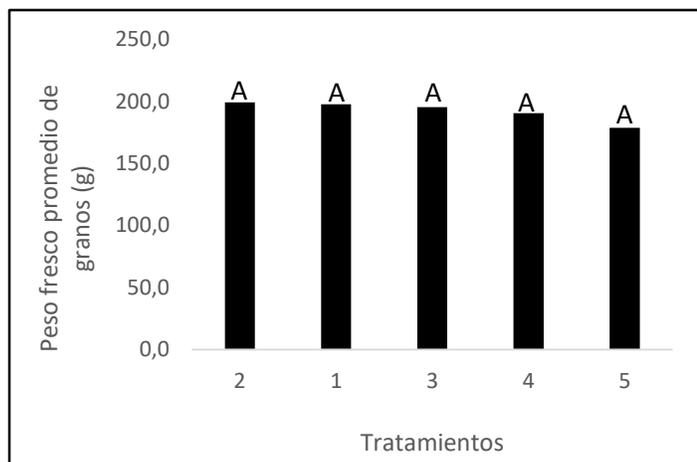


Figura 9. Peso fresco promedio de granos (g). T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

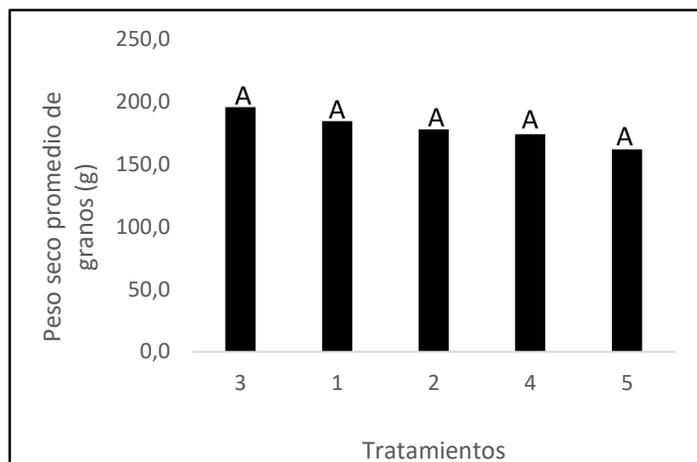


Figura 10. Peso seco promedio de granos (g). T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

Para la variable granos/panícula tampoco se encontraron diferencias significativas ($p=0,4845$) entre tratamientos; el T 1 (10 larvas) presentó el mayor peso (111,83 g) seguidos del T 5 (104,18 g), del T3 (99,5 g), del T4 (92,55 g) y T 2 (85,13 g) (Figura 11). El peso promedio de 1000 granos (g) fue muy similar entre tratamientos, con variaciones desde T 3 (28,49 g) hasta T 5 (27,38 g) (Figura 12).

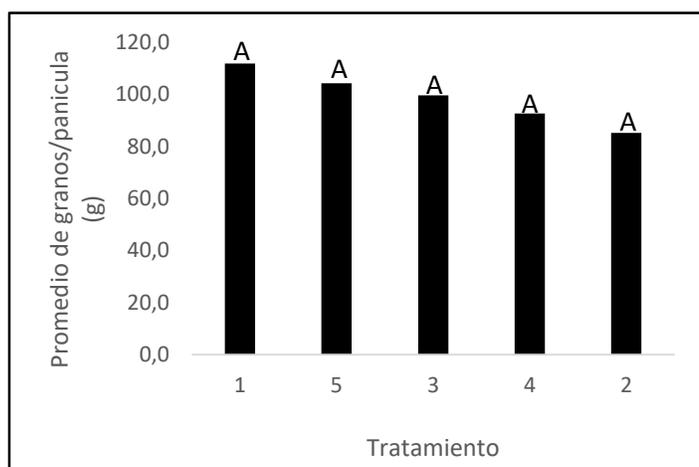


Figura 11. Promedio de granos/panícula (g). T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

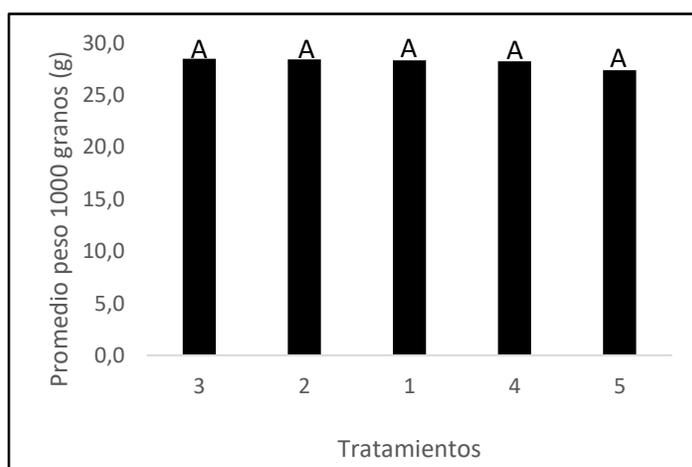


Figura 12. Promedio de peso de 1000 granos (g). T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

En el caso de las figuras anteriores se puede determinar que dentro de las posibles razones por las cuales no hay diferencia estadística entre las variables es porque se requiere de un número mayor de repeticiones por tratamiento. Durante el análisis estadístico (Vargas 2021)¹ determinó que para que se detecten diferencias estadísticas entre las variables utilizando el programa Infostat, se requieren entre 60 a 80 repeticiones por tratamiento, lo cual haría inmanejable la investigación desde el punto de vista económico y de manejo.

¹ Vargas, C. 2021. Determinación de variables estadísticas. Comunicación Personal. Liberia, Guanacaste.

5.2. Análisis de componentes principales

A partir de la matriz de correlación de los datos (matriz de covarianza de las variables originales centradas y escaladas) se realizó un análisis de componentes principales (ACP) y con los resultados obtenidos se construyó el biplot que se presenta en la Figura 13.

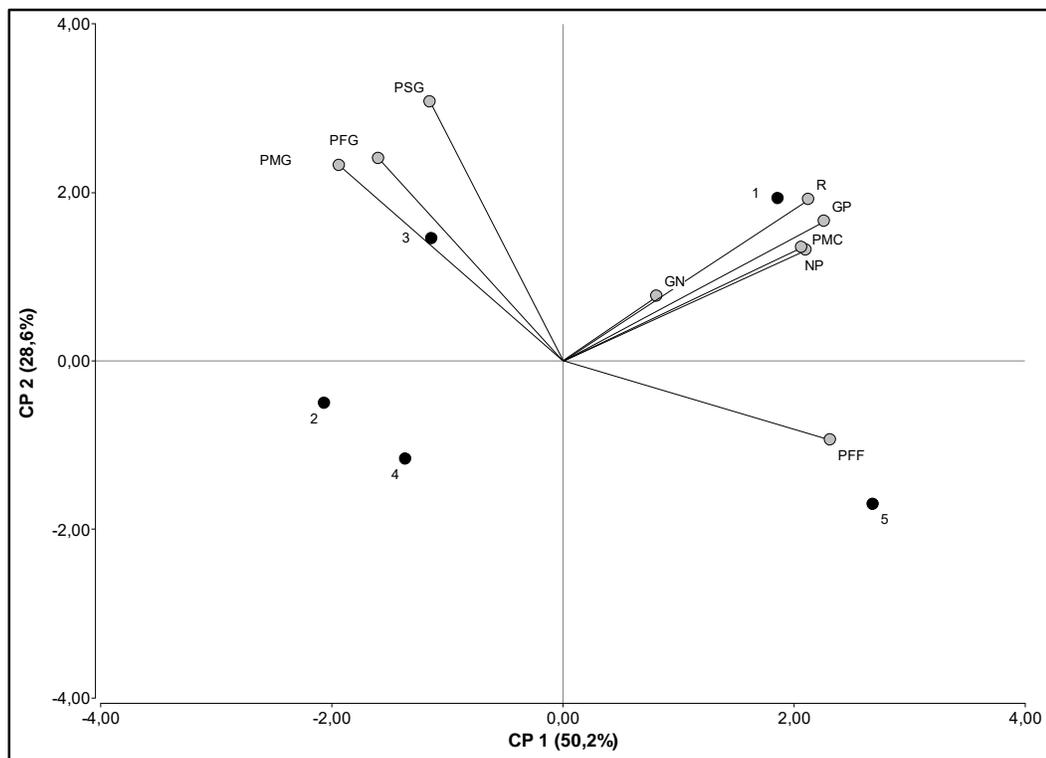


Figura 13. Biplot del análisis de componentes principales obtenido a partir de los datos del experimento.

Simbología: NP: número de panículas, PFG: peso fresco grano, PSG: peso seco grano, PFF: peso fresco follaje, Pm2: panículas/m², GP: granos/panículas, %GN: % granos llenos, PMG: peso 1000 granos y R: rendimiento (ton/ha). 1: 10 larvas, 2: 20 larvas, 3: 30 larvas, 4: 40 larvas, 5: testigo

Como se aprecia en la Figura 13, entre el componente principal 1 (CP 1) y el componente principal 2 (CP 2) explican el 78,8% de la variabilidad total. También se observa que la CP1 separa los tratamientos 1 y 5 (10 larvas y testigo respectivamente) de los tratamientos 2, 3 y 4 (20, 30 y 40 larvas respectivamente). Los tratamientos 1 y 5 están más asociados a valores altos de las variables peso fresco follaje, rendimiento, granos/panícula, peso 1000 granos y número de

panículas; mientras que los tratamientos 2, 3 y 4 poseen altos valores en las variables peso seco grano, peso fresco grano y peso 1000 granos. En la CP2 peso fresco follaje permite separar los tratamientos 2,4 y 5 de los tratamientos 1 y 3 que se encuentran a su vez más relacionados con las variables peso 1000 granos, peso fresco granos, peso seco granos, rendimiento, granos/panícula, peso 1000 granos y número de panículas.

Asimismo, de la Figura 13 se desprende que el par de variables peso fresco grano-peso fresco follaje presenta asociaciones negativas. Por otro lado, los pares de variables peso 1000 granos-peso seco grano y numero de panículas-peso fresco follaje están asociados de forma positiva.

5.3. Rendimiento

El rendimiento de arroz variedad Palmar-18 en Costa Rica se encuentra en un promedio de 5 - 8 ton.ha⁻¹, el primer valor se refiere al obtenido normalmente en la época lluviosa y el segundo valor es el que se puede obtener en la época seca bajo riego (ONS 2021). En esta investigación el rendimiento varió entre 6,8 y 8,8 ton.ha⁻¹ (Figura 14). Este resultado se puede deber a que el espacio entre cada planta al realizar el experimento fue mayor que el utilizado en el campo, el cual, según CROPCHECK (2011) un mayor espaciamiento entre plantas provoca mayor macollamiento; por otro lado, altas dosis de semillas no son recomendables pues se produce competencia por sol y nutrientes entre las plantas de arroz lo que finalmente estimula las posibilidades de acame y susceptibilidad a enfermedades. Asimismo, Mendieta (2009) señala que altas densidades de siembra generan competencia dentro del cultivo mismo y esto, a su vez, tiene como resultado plantas con menor desarrollo, escaso macollamiento y espigas más cortas que una planta normal.

Según Álvarez, mencionado por Ruíz (2020), la separación uniforme entre las plántulas de arroz permite a cualquier variedad explotar su potencial de macollamiento y maximizar el aprovechamiento de nutrientes, evitando la

competencia, logrando la obtención de un mayor porcentaje de tallos efectivos y obteniendo un cultivo más eficaz en su producción.

En cuanto al efecto que tuvo la plaga *C. patnalis*? en el rendimiento la Figura 14 muestra que los tratamientos 1 y 5 son los que presentan mayores rendimientos, hay que recordar que estos dos tratamientos son los que tienen un nivel de infestación de 10 larvas y el testigo no presenta infestación, por lo tanto, al observar que estos tienen los rendimientos más elevados se concluye que tiene sentido debido a que el nivel de infestación fue el más bajo o nulo. En esta investigación, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable ton/ha.

De acuerdo con Borrás *et al.* (1991) el umbral para la aplicación de insecticidas para el control de la plaga es de 1,5 a 1 larva por planta para la etapa vegetativa y la etapa de hoja bandera, ya que al presentar este nivel de infestación se vieron pérdidas de hasta 0,3 ton/ha. A pesar de que no se observó afectación en el rendimiento por parte de la plaga en los resultados de esta investigación, es importante mencionar que al tomar en cuenta el umbral mencionado anteriormente se recomienda realizar un control de la plaga en plantaciones de mayor tamaño para evitar efectos negativos en el rendimiento.

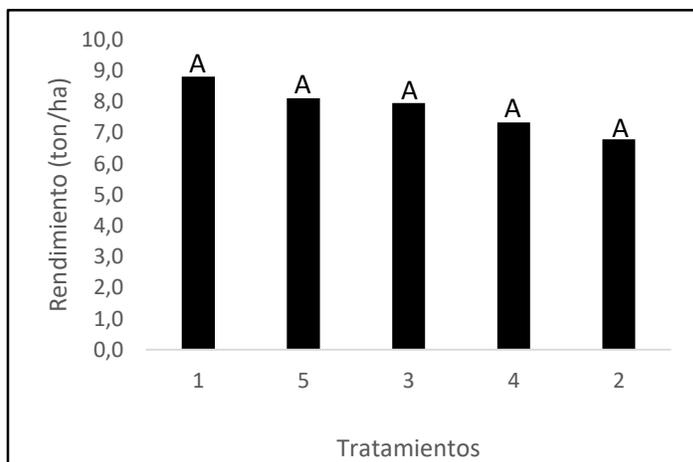


Figura 14. Promedio del rendimiento (ton/ha) para cada tratamiento. T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

Por otro lado, los tratamientos con mayores niveles de infestación 2, 3 y 4 (20, 30 y 40 larvas) mostraron un rendimiento que se encuentra en el nivel medio, lo que podría ser lo esperado debido a que estos tratamientos tienen mayor infestación de larvas, para explicar esto se puede utilizar el concepto de competencia intra-específica (competencia entre individuos de una misma especie) esto se puede presentar en poblaciones que han alcanzado niveles muy elevados en cantidad, lo que genera una lucha por alimento y espacio que impedirá la continuación del crecimiento poblacional y la población regresará al nivel que los recursos del ambiente puedan soportar (Jiménez 2009); al aplicar este concepto a los resultados en la Figura 14 se puede determinar que los tratamientos 2, 3 y 4 (20, 30 y 40 larvas), al estar bajo las condiciones de esta investigación, presentan un exceso de población con respecto al alimento disponible, de ahí que pueda haber competencia por los recursos alimenticios. De la misma forma se podría determinar que bajo las condiciones de la investigación, 20 larvas puede ser un indicativo de poblaciones capaces de provocar una reducción el rendimiento del cultivo.

Bajo condiciones de campo este dato puede variar debido al efecto de parasitoides ya que estos pueden afectar hasta en un 16,6% a la plaga (Rojas 2021); además, también está el efecto climático; por ejemplo, si la plaga se presenta en la época lluviosa el daño mostrado en el cultivo puede ser menor debido a que las gotas de lluvia pueden afectar a la plaga al evitar que la misma pueda doblar la hoja y también puede hacer que la plaga caiga al suelo antes de realizar cualquier posible daño a la planta.

A continuación se muestra un gráfico con los valores climatológicos obtenidos en el periodo de realización de esta investigación, los datos fueron tomados de la página del Instituto Meteorológico Nacional (2020).

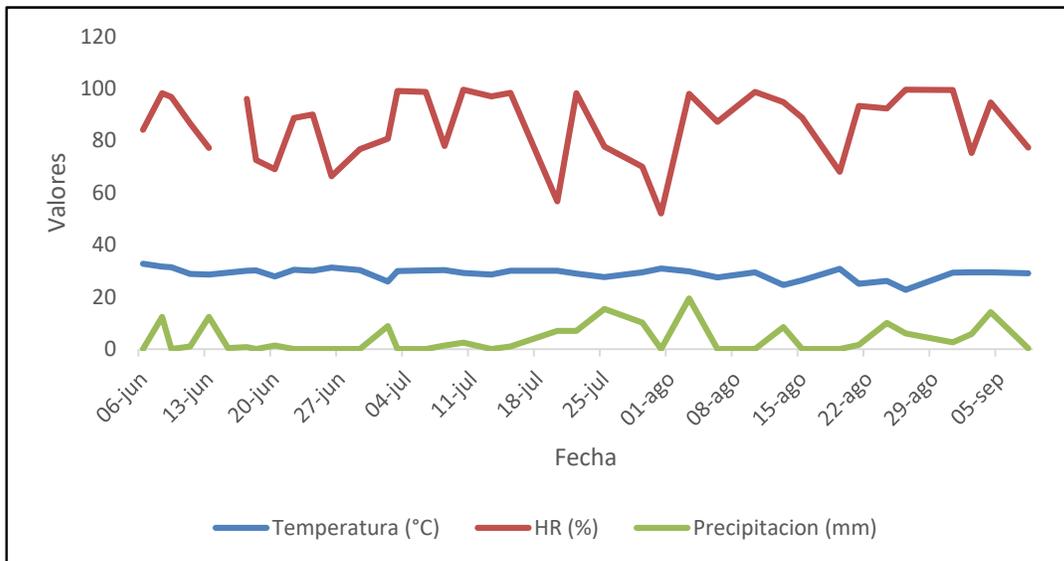


Figura 15. Datos climatológicos tomados durante el período en el que se llevó a cabo la investigación.

Como se puede observar en la Figura 15, la investigación se llevó a cabo en la época lluviosa, la temperatura no presenta cambios significativos en sus valores (es constante durante todo el periodo del ensayo); finalmente si se logra observar variabilidad en el valor de la humedad relativa, lo que tiene sentido debido a que hay días que presentaban mucha precipitación y otros que no, por lo tanto, la humedad relativa varía mucho.

5.4. Análisis Económico

Con los datos encontrados en el Informe Anual Estadístico 2019/2020 de CONARROZ en el cual dice que el precio de arroz en colones/tonelada es de ₡303 315,22 (valor nacional) se realizó la multiplicación de cada tonelada final obtenida en el rendimiento del proyecto por este valor; los resultados obtenidos se pueden observar en la Figura 16. Se hace evidente que a pesar de que no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, al multiplicar por un número mayor de hectáreas probablemente se obtendrán diferencias económicas importantes.

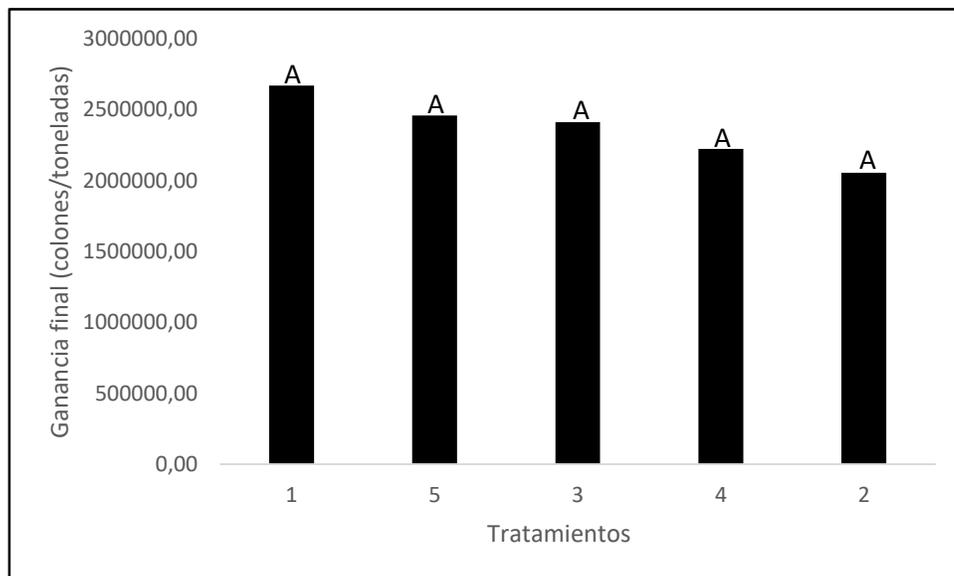


Figura 16. Ganancia final, en colones, de los rendimientos finales de cada tratamiento para una hectárea. T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

Se realizó un ejercicio para ejemplificar el efecto económico que podría tener el resultado observado en la Figura 16 en una finca de mayor tamaño (en este caso se pensó en una finca de 100, 200, 300 y 400 ha); esto con el fin de determinar si se podría observar un efecto significado económicamente hablando, el resultado se puede observar en las siguientes figuras

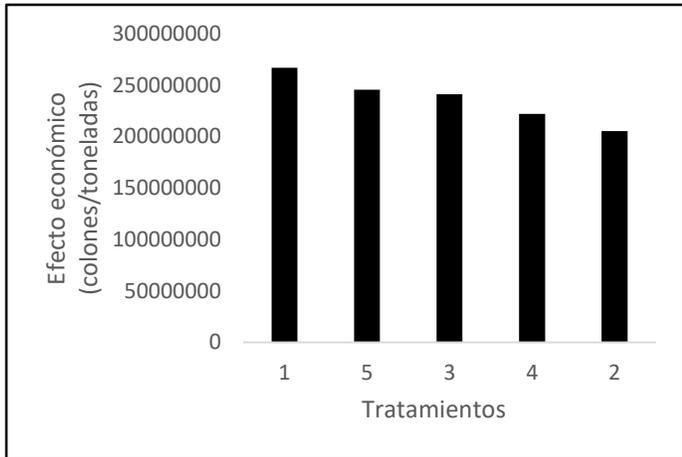


Figura 17. Ejemplo hipotético del efecto económico de la plaga *C. patnalis* en 100 ha. T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

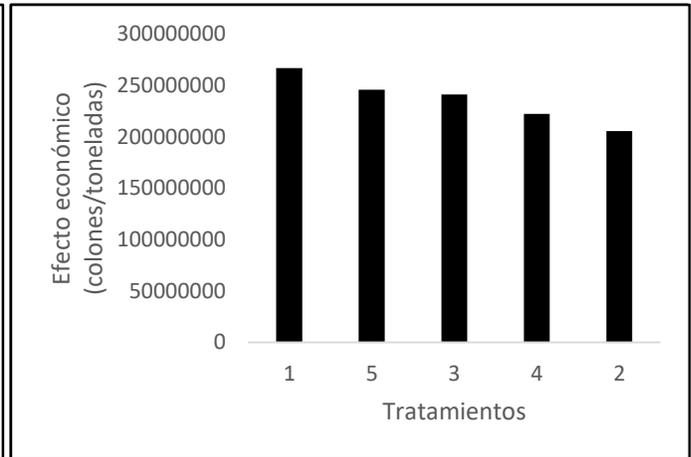


Figura 18. Ejemplo hipotético del efecto económico de la plaga *C. patnalis* en 200 ha. T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

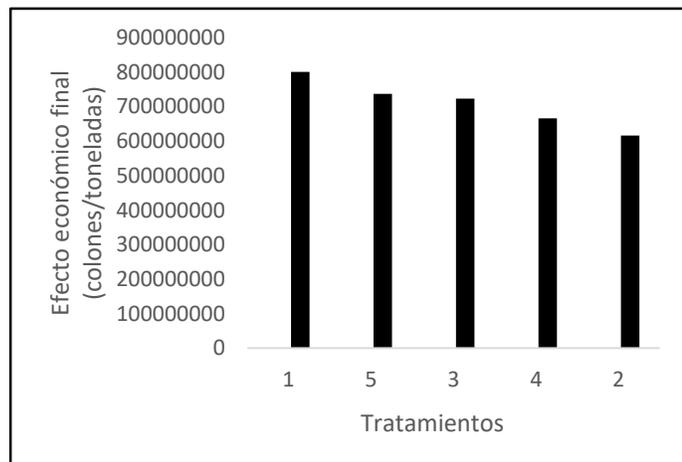


Figura 19. Ejemplo hipotético del efecto económico de la plaga *C. patnalis* en 300 ha. T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

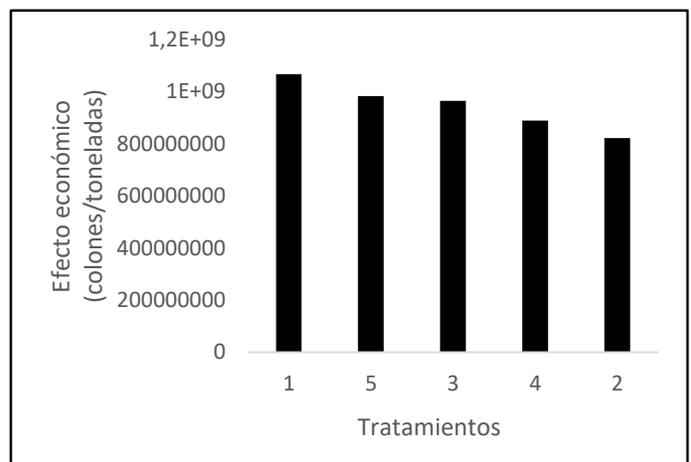


Figura 20. Ejemplo hipotético del efecto económico de la plaga *C. patnalis* en 400 ha. T1: 10 larvas, T2: 20 larvas, T3: 30 larvas, T4: 40 larvas, T5: Testigo

En las figuras anteriores (16-19) se puede observar cómo, al ir aumentando la cantidad de ha, el efecto económico de la plaga *C. patnalis* se hace cada vez más aparente lo que afecta negativamente las ganancias de una finca productiva; esto confirma la necesidad de realizar un control de la plaga.

VI. Conclusiones

- No se observaron diferencias estadísticas en los componentes de rendimiento (número de panículas, peso de 1000 granos, granos vanos y porcentaje de granos llenos).
- En la mayoría de las mediciones realizadas (panículas m², panículas por tratamiento, peso fresco, grano lleno, peso seco grano, granos por panícula y rendimiento) el tratamiento 1 y el 5 (10 larvas y testigo) mostraron resultados más elevados.
- Los tratamientos 2, 3 y 4 (20, 30 y 40 larvas) son los que presentan menores valores en la mayoría de las mediciones realizadas (panículas/ tratamiento, panículas/m², peso fresco follaje, granos/panícula, rendimiento)
- Debido a que el umbral económico para el control de la plaga es de 1,5 a 1 larva por planta, es necesario el control de la misma.
- El efecto económico de la plaga en esta investigación no presentó efecto estadístico significativo, pero económicamente hablando el efecto que presenta en plantaciones mayores es grande por lo que el control de la plaga resulta importante.

VII. Recomendaciones.

- Se recomienda el uso de malla antiáfidos en las jaulas en lugar de la de 40 % para prevenir el ingreso de otros insectos.
- Realizar más repeticiones de cada tratamiento para poder observar diferencias estadísticas en los resultados.
- Realizar más investigaciones que midan el efecto de la plaga en el rendimiento.
- Ejecutar el ensayo en las dos épocas del año presentes en Costa Rica (época seca y época lluviosa) para poder observar si hay diferencias en los resultados.

VIII. Literatura citada.

- Arunachalam S. 2018. Virulence of selected indigenous *Metarhizium pingshaense* (Ascomycota: Hypocreales) isolates against the rice leaf folder, *Cnaphalocrosis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae). *Patología Fisiológica y Molecular de la Planta* 101:105-115.
- Barrion A.; Litsinger J.; Medina E.; Aguda R.; Bandong J.; Pantua P.; Viajante V.; de la Cruz C.; Vega C.; Soriano J.; Camañag E.; Saxena R.; Tryon E; Shepard B. 1991. The rice *Cnaphalocrosis* and *Marasmia* (Lepidoptera: Pyralidae) leaf folder complex in the Philippines: Taxonomy, Bionomics and Control. *Philippines Entomology* 8 (4) 987-1074.
- CONARROZ (Corporación Arrocera Nacional). 2018. Informe estadístico período 2016/2017. San José, Costa Rica. Consultado el día 08/04/2018, en la página web https://www.conarroz.com/UserFiles/File/INFORME_ANUAL_ESTADISTICO_PERIODO_2016_2017.pdf.
- CONARROZ (Corporación Arrocera Nacional) 2020. Informe estadístico periodo 2019/2020. San José, Costa Rica. Consultado el día 20/11/2021 en la página web https://www.conarroz.com/userfile/file/INFORME_ANUAL_ESTADISTICO_PERIODO_2019_2020.pdf. 45 p.
- Cortés G. 1994. Atlas Agropecuario de Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). San José, Costa Rica. 513 p.
- Chavarría L. 2011. Crecimiento y absorción de nutrimentos en dos cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en la Región Pacífico Central. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 114 p.

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1981. Morfología de la planta de arroz; guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia. 31 p.
- CROPCHECK. 2011. Manual de recomendaciones cultivo de arroz inundado desde siembra. 2da Edición. Santiago, Chile. 52 p.
- Degiovanni V.; Martínez C.; Motta F. 2010. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia. 513 p.
- Dios C. 1996. Secado de granos y secadoras. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile. 332 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2003. Guía para determinar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Comisión Internacional del arroz. Roma, FAO. sp
- Franquet J.; Borrás C. 2004. Variedades y Mejora del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L). Universidad Internacional de Cataluña. España. 454 p.
- Heinrichs E.; Barrion A. 2004. Rice-feeding insects and selected natural enemies in West Africa. The International Rice Research Institute (IRRI). Manila, Filipinas. 247 p.
- InfoStat. 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Instituto Meteorológico de Costa Rica. 2020. Datos Climatológicos UCR, Santa Cruz. Tomado de la página web <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionStacruz.html>.
- Jiménez, E. 2009. Métodos de Control de Plagas. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 145 p.

- Kraker J.; Huis A.; Heong K.; Lenteren J.; Rabbinge R. 1999. Population dynamics of rice leaffolders (Lepidoptera: Pyralidae) and their natural enemies in irrigated rice in Philippines. *Bulletin of Entomological Research* 89: 411-421.
- León A.; Arroyo N. 2011. Producción, Tecnología y Comercialización del arroz en Costa Rica 1950-2005- 1 ed. Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas (IICE). Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 151 p.
- Liao Qui-Ju; Yang Ya-Jun; Wang Jia; Pang Xiao; Peng Cheng-Lin; Lu Zhong-Xian; Liu Ying-Hong. 2017. Temperature-dependent development and reproduction of rice leaffolder, *Marasmia exigua* (Lepidoptera: Pyralidae). *China Agriculture Research System. PLoS ONE* 12(11): 1-12.
- Medina N. 2005. Morfología de la planta de arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. 16 p.
- Mendieta, M. 2009. Cultivo y producción de arroz. La siembra (Primera ed.). Lima, Perú: Ripalme. 134 p.
- Moquete C. 2004. Generalidades del cultivo de arroz en la República Dominicana. Santo Domingo, DO. 1ed. 57 p.
- Nayar N. 2012. Evolution of the African rice: A historical and biological perspective. *Crop Science* 52: 505-516.
- Oficina Nacional de Semillas (ONS). 2021. Características varietales de arroz. Consultado el día 01/11/2021, en la página web <http://ofinase.go.cr/certificacion-de-semillas/certificacion-de-semilla-de-arroz/categorias-de-semilla-de-arroz/>
- Pathak M.; Khan Z. 1994. Insect pests of rice. The International Rice Research Institute (IRRI). Manila, Filipinas. 89 p.

- Rany W.; Amutha R.; Muthulakshmi S.; Indira K.; Mareeswari P. 2007. Diversity of rice leaf folders and their natural enemies. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 3(5): 394-397.
- Rojas P. 2021. Reconocimiento de los enemigos naturales de *Cnaphalocrosis patnalis?* (Lepidoptera: Crambidae) y su relación con las arvenses en el cultivo de arroz en Bagaces, Guanacaste. Tesis para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo con grado de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. Liberia, Guanacaste. 77p.
- Ruíz M. 2020. Efecto de tres distancias de siembra en el rendimiento de cultivares de arroz (*Oryza Sativa* L.) sembrados mediante el método SICA en la zona de Daule, provincia del Guayas. Tesis para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 79 p.
- Vásquez F. 2021. Ciclo de vida y comportamiento de oviposición de *Cnaphalocrosis patnalis?* bajo condiciones de invernadero. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Agronomía. Universidad de Costa Rica. Guanacaste, Costa Rica. 40 p.