

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**ACTIVIDAD BIOINSECTIDA DE FECAS DE GANADO BOVINO
ALIMENTADOS CON PRADERAS DE *Festuca arundinacea* Schreb. CON
HONGO ENDÓFITO, SOBRE *H. irritans* L. (DIPTERA: MUSCIDAE)**

Trabajo de Título presentado a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera, como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

RICHARD DANIEL LÓPEZ FUENTES

**TEMUCO – CHILE
2013**

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**ACTIVIDAD BIOINSECTIDA DE FECAS DE GANADO BOVINO
ALIMENTADOS CON PRADERAS DE *Festuca arundinacea* Schreb. CON
HONGO ENDÓFITO, SOBRE *H. irritans* L. (DIPTERA: MUSCIDAE)**

Trabajo de Título presentado a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera, como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

**RICHARD DANIEL LÓPEZ FUENTES
PROFESOR GUÍA: ANDRÉS EDUARDO QUIROZ CORTEZ**

**TEMUCO – CHILE
2013**

**ACTIVIDAD BIOINSECTIDA DE FECAS DE GANADO BOVINO
ALIMENTADOS CON PRADERAS DE *Festuca arundinacea* Schreb.
CON HONGO ENDÓFITO, SOBRE *H. irritans* L. (DIPTERA:
MUSCIDAE).**

PROFESOR GUIA

: _____
Dr. Andrés Eduardo Quiroz Cortez
Doctor en Ciencias Químicas
Departamento de Ciencias Químicas y Recursos
Naturales
Universidad de la Frontera

PROFESORES CONSEJEROS

: _____
Dr. Leonardo Javier Parra Bardehle
Doctor en Ciencias de Recursos Naturales
Departamento de Ciencias Químicas y Recursos
Naturales
Universidad de La Frontera

CALIFICACION PROMEDIO TESIS :

ÍNDICE

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISION BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Antecedentes generales: Situación de la ganadería bovina en Chile	3
2.2	La pradera como alimento	3
2.3	Manejo de la pradera	5
2.4	Principales problemas sanitarios de la ganadería en Chile	6
2.5	<i>Haematobia irritans</i> L.	7
2.5.1	Características morfológicas	7
2.5.2	Origen y distribución	9
2.5.3	Ontogenia y etología	10
2.5.4	Ciclo de vida	11
2.5.5	Hospederos	12
2.5.6	Daño ocasionado por la mosca de los cuernos en los bovinos	12
2.6	Importancia económica de la mosca de los cuernos	12
2.6	Métodos de control de <i>Haematobia irritans</i> y desarrollo de resistencia	13
2.7	Métodos alternativos de control: pradera con hongo endófito como controlador natural de <i>H. irritans</i>	15
2.8	Efecto de fecas con hongo endófito sobre de <i>H. irritans</i>	17
2.9	Planteamiento del problema	17
3	MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1	Descripción del área de estudio	19
3.2	Praderas	19
3.3	Animales	21
3.4	Obtención de muestras de fecas de ganado bovino	21

3.5	Obtención de larvas para la realización del experimento de laboratorio	23
3.6	Determinación de la actividad bioinsecticida de fecas de ganado bovino sobre larvas y pupas de <i>H. irritans</i>	25
3.6.1	Determinación de la actividad bioinsecticida de fecas de ganado bovino sobre larvas de la mosca de los cuernos en condiciones de laboratorio	25
3.6.1.1	Ensayo de emergencia de <i>H. irritans</i>	27
3.6.2	Experimento bajo condiciones de campo	27
3.7	Análisis estadísticos	28
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	29
4.1	Resultados obtenidos en experimentos realizados bajo condiciones de laboratorio	29
4.1.1	Sobrevivencia de larvas de la mosca de los cuernos en fecas de ganado bovino	29
4.1.2	Efecto de la actividad bioinsecticida de fecas del ganado bovino sobre la emergencia de la mosca de los cuernos	31
4.2	Resultados obtenidos en experimentos realizados bajo condiciones de campo	32
4.2.1	Efecto de la actividad bioinsecticida de fecas del ganado bovino sobre <i>H. irritans</i> , en condiciones de campo	32
5	CONCLUSIONES	35
6	RESUMEN	36
7	SUMMARY	38
8	LITERATURA CITADA	39
9	AGRADECIMIENTOS	48

1. INTRODUCCIÓN

La producción bovina en Chile y el mundo, tanto en el área de la producción láctea como cárnica se ve afectada negativamente por diversos factores sanitarios durante todo el proceso productivo, los cuales disminuyen los rendimientos finales. En la época estival un problema común dentro de los rebaños es la presencia del ectoparásito *Haematobia irritans* L. (Diptera: Muscidae), más como conocido como la mosca de los cuernos. Este insecto durante todo su estado adulto se encuentra sobre el cuerpo del bovino, causándole un daño directo mediante picaduras y succión de sangre, a esto se suma el gasto de energía por parte del bovino para poder alejar a las moscas y el estrés que implica la presencia de éstas. Por consecuencia, los animales andan irritables, nerviosos y dejan de comer, afectando así su crecimiento y producción (Cisternas, 1999; 2000). *H. irritans* también provoca daños indirectos en la producción lechera, ya que es vector de agentes patógenos causantes de enfermedades tales como mastitis, brucelosis entre otras. Lanuza *et al.* (2005), indican que las pérdidas de peso en bovinos con presencia de *H. irritans* oscilan entre un 4 y 20% y las de producción láctea entre 4 y 12%. Para controlar éste insecto actualmente se opta por el control químico, utilizándose exclusivamente antiparasitarios pertenecientes al grupo de los piretroides y organofosforados. Las constantes aplicaciones a través de los años de estos productos químicos han generado resistencia por parte de los insectos, lo que ha aumentado los costos de aplicación debido a un aumento en el número de dosis. Debido a esto es urgente buscar nuevos métodos de control más efectivos y a la vez menos agresivos tanto como para el animal, como para el medio ambiente.

Con respecto a lo anterior se han realizado estudios preliminares que demuestran que la ingesta de praderas con hongo endófito, estarían ejerciendo un efecto bioinsecticida sobre individuos de *H. irritans*, debido a que el animal podría metabolizar los componentes tóxicos presentes en este tipo de pradera y luego éstos al ser excretados, son consumidos por larvas de la mosca de los cuernos.

Según los datos descritos anteriormente, se plantea como hipótesis que las fecas de bovinos alimentados en praderas de festuca con hongo endófito poseen actividad bioinsecticida sobre los diferentes estados de *Haematobia irritans*.

El objetivo general de ésta investigación fue determinar la propiedad bioinsecticida de fecas de ganado bovino mantenidos en diferentes condiciones de pastoreo, sobre diferentes estados de *Haematobia irritans*.

En consecuencia se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar la actividad bioinsecticida de fecas del ganado bovino sobre larvas de *H. irritans* en condiciones de laboratorio y terreno.
2. Determinar la actividad bioinsecticida de fecas del ganado bovino sobre pupas y la emergencia de adultos de *H. irritans* en condiciones de laboratorio.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes generales: Situación de la ganadería bovina en Chile.

La producción de leche y carne en Chile ha ido incorporando nuevas tecnologías que permiten mejorar y agilizar el proceso productivo, con el fin de cumplir con las exigencias del mercado. El país cuenta con una masa ganadera bovina de 3.788.516 cabezas (INE, 2007), y éste rubro se desarrolla mayoritariamente en la zona sur de Chile, específicamente en las regiones de Los Lagos, Los Ríos y La Araucanía. Con respecto a la producción de carne, las razas más utilizadas para éste propósito corresponden a Hereford, Overo colorado, Aberdeen Angus y Simmental, debido a la característica de rusticidad presente en estas razas, las cuales se adaptan muy bien a las condiciones agroclimáticas del sur de Chile. La producción de carne durante 2012 (datos acumulados hasta Octubre) alcanzó las 166.399,8 toneladas. En referencia al comercio exterior en 2012 (datos acumulados hasta Noviembre), las exportaciones alcanzaron las 1.814 toneladas. Por otra parte, las importaciones (datos acumulados hasta Noviembre) registradas fueron de 120.006 toneladas (ODEPA, 2012).

2.2 La pradera como alimento.

Los sistemas de alimentación bovina en Chile se basan principalmente en el pastoreo de praderas permanentes, fuente que proporciona un óptimo nivel de calidad alimenticia, además de ser de bajo costo para la producción bovina, lo que implica una ventaja comparativa en relación a los países competidores. Lo anterior es importante, ya que una buena producción ya sea de leche o carne, está influenciada directamente por el consumo y calidad del forraje disponible. Según estadísticas oficiales de CONAF-CONAMA (1999), en su informe “Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile” indican que existe una superficie de 5.837.004 ha de praderas. Lo anterior está calculado sin contar la superficie de silvopastoreo, que corresponde a 2.701.935 ha adicionales. La

masa ganadera bovina se concentra en la zona sur de Chile, del mismo modo la distribución en superficie de praderas sigue la misma tendencia, centralizándose en dicha zona. Según estadísticas publicadas por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 1998), indican que en las regiones de La Araucanía, Los Lagos y Los Ríos existen 2.396.725 há de pradera soportando una masa bovina de 2.220.000 cabezas. Con respecto al tipo de praderas, el 9% de las praderas en la zona sur son artificiales, 28% praderas mejoradas y un 63% a praderas naturalizadas, las cuales presentan un gran potencial de producción al mediano plazo, mientras exista un correcto conocimiento en relación a la curva de crecimiento y comportamiento de éstas.

Las praderas del género *Lolium* son el principal componente de las pasturas de la zona sur del país, debido a que presentan características tales como, buena adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas, elevado potencial de producción (>15 ton MS/ha) y condiciones estables de manejo (buena fertilización y adecuada carga animal), generan un producto de alto valor nutritivo para el animal (Meza, 2009). Sin embargo, según Candia (2011), *L. perenne*, presenta los mayores requerimientos de fertilidad y humedad de suelo. Además, ésta especie no resiste condiciones de anegamiento temporal, baja disponibilidad de nutrientes en el suelo y periodos prolongados de déficit hídrico estival. Lo anterior, llevado a un contexto de pequeña ganadería se convierte en una tarea difícil de sobrellevar, debido a que gran parte de los pequeños ganaderos no poseen los recursos necesarios para que una pradera de ballica perenne pueda producir eficientemente en condiciones mediterráneas como las de la zona Sur de Chile. Además, se debe considerar que durante la época estival, las temperaturas medias son altas (16 – 17° C), lo cual sumado a bajas precipitaciones, genera una disminución en el crecimiento de las praderas de ballica perenne, por lo que muchas veces se debe recurrir a invertir en suplementos alimenticios. Sin embargo, según Ramírez (2011), dentro del rango de especies perennes existen opciones más rústicas, de buena tolerancia a sequías y a altas temperaturas, en las cuales durante los últimos 50 años, se ha invertido en investigación respecto al mejoramiento de las características palatables, calidad bromatológica, tolerancia a plagas y enfermedades. Dentro de éstas especies rústicas, se encuentra *Festuca arundinacea* Schreb o también llamada festuca, perteneciente a la familia Poaceae, que soporta condiciones de altas temperaturas y a su vez es tolerante a condiciones de sequía prolongada y anegamiento. La

festuca es menos susceptible a ataques de plagas y enfermedades comparado con la ballica perenne, y es capaz de sobrevivir a condiciones de pastoreo intenso y frecuente, debido a que tiene una buena velocidad de rebrote (Demagnet, 2008). Por contraparte, bajo condiciones de sequía frecuente, las hojas de algunos cultivares tienden a endurecerse, lo que baja la palatabilidad de la pradera. Si bien el establecimiento de la festuca es lento y frágil, lo que la convierte en un adversario poco competitivo frente a las malezas (de rápido establecimiento), tiene la ventaja de poseer una persistencia casi ilimitada (Gillet, 1984). Asimismo, la festuca posee un sistema radical denso y además posee rizomas, lo que la hace resistente al pisoteo constante de animales (Romero, 1982). Lo anterior sugiere a la festuca como una opción rentable para el pequeño ganadero, en lo que respecta al área de alimentación del ganado bovino en condiciones no tan óptimas para el crecimiento de praderas como sucede en la zona sur. Si bien, la festuca puede desarrollarse en condiciones naturales (sin fertilización), un manejo adecuado, como por ejemplo fertilizaciones calendarizadas, incidirán positivamente la calidad de la pradera, además de favorecer el dominio de la festuca por sobre otras especies residentes. Por último, según Torres (2006), una buena fertilización con nitrógeno y azufre mejora la cantidad y contenido de proteína de la pradera, lo que se traduce en un mayor traspaso de nutrientes y minerales hacia al animal.

2.3 Manejo de la pradera.

El objetivo del manejo de pastoreo de praderas permanentes es maximizar la producción y consumo de forraje. Esto se consigue regulando la carga animal y la frecuencia e intensidad pastoreo (Groves, 2007). Es de importante cuidado regular la carga animal para cada año productivo de la pradera, de modo de equilibrar la disponibilidad de forraje y los requerimientos de cada animal, de tal manera que si la carga animal es superior al potencial de la pradera, se producirá una sobre utilización de forraje y como resultado una disminución en la producción de la pradera y en la ganancia de peso del animal.

En términos sencillos la frecuencia de pastoreo se refiere a la cantidad de veces en que los animales son alimentados con la pradera, dentro de una temporada productiva. La

intensidad corresponde a la altura de pastoreo (en relación a la pradera) y el remanente es lo que queda luego del pastoreo. Para mantener una frecuencia e intensidad de pastoreo adecuada se debe regular la cantidad de materia verde disponible al ingreso del pastoreo de los animales y la cantidad de residuo a la salida de éstos. La cantidad de residuo que se deje posterior al pastoreo depende en primer lugar de la estación del año y de la cantidad de carbohidratos necesarios que necesita la planta para rebrotar. Por último, en relación a la frecuencia e intensidad de pastoreo cabe destacar que manejos extremos tanto en disponibilidad de ingreso (frecuencia), como de salida de la pastura (residuo), generan efectos negativos en la producción (Reyes, 2006).

Con respecto al manejo de la pradera durante su establecimiento, es importante mencionar que el primer pastoreo al que se somete una pradera debe realizarse cuando las especies introducidas estén fuertemente arraigadas y presenten una altura de 10 a 12 cm, ahora si se tratase de mezclas forrajeras el pastoreo debiera hacerse antes de que las especies de rápido establecimiento sombreen a las más lentas (Hodgson, 1990). En ésta instancia de primer pastoreo se debe introducir animales de bajo peso, oportunamente terneros. Para una buena estimulación de macollaje de la pradera, la intensidad de pastoreo debe ser suave, con alta carga animal y por periodos cortos de tiempo, de ésta manera existirá una buena cobertura a futuro (D'angelo *et al.*, 2005).

Otro factor importante para un buen manejo de la pradera es controlar la presencia de especies residentes. Durante los dos primeros meses de crecimiento desde el establecimiento de la pradera, las malezas son sumamente competitivas y agresivas, disminuyendo el potencial productivo de la pradera y la calidad de forraje que consumirá el animal, de modo que hay que conocer que especies residentes existen en la zona en la que se desarrolla la pradera para poder realizar aplicaciones con el herbicida correcto y en el momento oportuno.

2.4 Principales problemas sanitarios de la ganadería en Chile.

Navarro (2005) define sanidad animal como el "*estado físico del animal donde todos sus sistemas funcionan de manera correcta, permitiendo un normal desarrollo y*

funcionamiento de los procesos fisiológicos, y un mantenimiento adecuado del nivel productivo, de carne y leche". Las enfermedades asociadas al ganado bovino se clasifican en infecciosas y parasitarias. Dentro de las primeras se encuentran: brucelosis, carbunco sintomático, rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR), diarrea viral bovina (DVB), leptospirosis, hemoglobinuria infecciosa, edema maligno, tétano, enterotoxemia, carbunco bacteridiano, tuberculosis, paratuberculosis, leucosis viral bovina, fiebre aftosa y encefalopatía espongiiforme bovina. En las enfermedades parasitarias para el ganado bovino, están determinadas: neosporosis, parasitosis gastrointestinal y pulmonar, distomatosis, sarna bovina y *H. irritans* L. o mosca de los cuernos (Navarro, 2005). Este último en estado adulto, se encuentra sobre el bovino provocando un daño directo mediante picaduras y succión de sangre. Además, la presencia de la mosca de los cuernos implica un gasto de energía de parte del bovino para poder alejar a las moscas, por consecuencia los animales andan irritables, nerviosos y dejan de comer, afectando así su crecimiento y producción (Cisternas, 1999; 2000). Siendo este insecto uno de los principales problemas de plaga asociado a ganado bovino (Oyarzún, 2008a).

2.5 *Haematobia irritans* L.

Haematobia irritans (Linneaus, 1758), pertenece al orden Diptera, suborden Cyclorhapha, familia Muscidae, subfamilia Stomoxynae. Dentro de ésta especie se distinguen 2 subespecies, *H. irritans irritans* L., o “mosca de los cuernos” y *H. irritans exigua* De Mejiere, conocido como “mosca del búfalo” (Oyarzún, 2008b). La primera distribuída en Europa y América, y la segunda en Australia y Malasia respectivamente (Xavier, 2003).

2.5.1 Características morfológicas.

El huevo de *H. irritans irritans* es de forma ovalada (Fig. 1A), de color marrón oscuro a tonalidades más claras (Morgan & Schmidt, 1966). Su longitud oscila entre 1,2 mm de largo y 0,32 mm de ancho (Torres & Prieto, 1993). En relación al estado larval, la mosca de

los cuernos presenta una larva del tipo vermiforme con 3 estadios larvales de desarrollo (Fig. 1B). El tamaño de los diferentes estadios varía en rangos de 0,54 a 7,0 mm de largo y de 0,16 a 1 mm de ancho. La larva es más ancha en su extremo posterior y se va adelgazando a medida que se acerca al área cefálica (Torres & Prieto, 1993). La región cefálica presenta en la zona ventral un labio tripartido, ranuras orales y dos protuberancias denominadas complejos antenomaxilares donde asientan los órganos sensoriales. Dichos receptores podrían afectar la respuesta de la larva frente a un sustrato alimenticio (Baker, 1987).

La pupa posee forma ovalada, de color marrón-rojizo oscuro y mide aproximadamente 3,3 mm de largo y 1,4 mm de ancho (Fig. 1C) (Torres & Prieto, 1993).

Según Oyarzún (2008a) *H. irritans* en su estado adulto es un insecto netamente hematófago (Fig. 1D), que mide alrededor de 2 y 4 mm de largo y es de color gris oscuro, posee un par de ojos compuestos de coloración rojiza. Según Torres y Prieto (1993) en la cabeza y en posición medio ventral respecto de los ojos se ubican las antenas. Las antenas son estructuras anatómicas de suma importancia, debido a que en éstas se encuentran los órganos sensoriales olfatorios responsables de la atracción que tiene la mosca de los cuernos sobre la materia fecal para la ovoposición (Cicchino *et al.*, 1983). Con respecto al aparato bucal, una característica común es su probóscide tipo bayoneta (Cisternas, 1999), la cual es fuerte y rígida, adaptada para picar y succionar sangre. En ésta especie se aprecia el fenómeno de dimorfismo sexual. En éste caso los machos poseen ojos más grandes y juntos que las hembras, además el post-abdomen se encuentra replegado sobre sí mismo en los machos. Por último otra forma de diferenciarlos es a nivel del tarso III, ya que los machos poseen setas que las hembras no poseen (Oyarzún, 2008b).

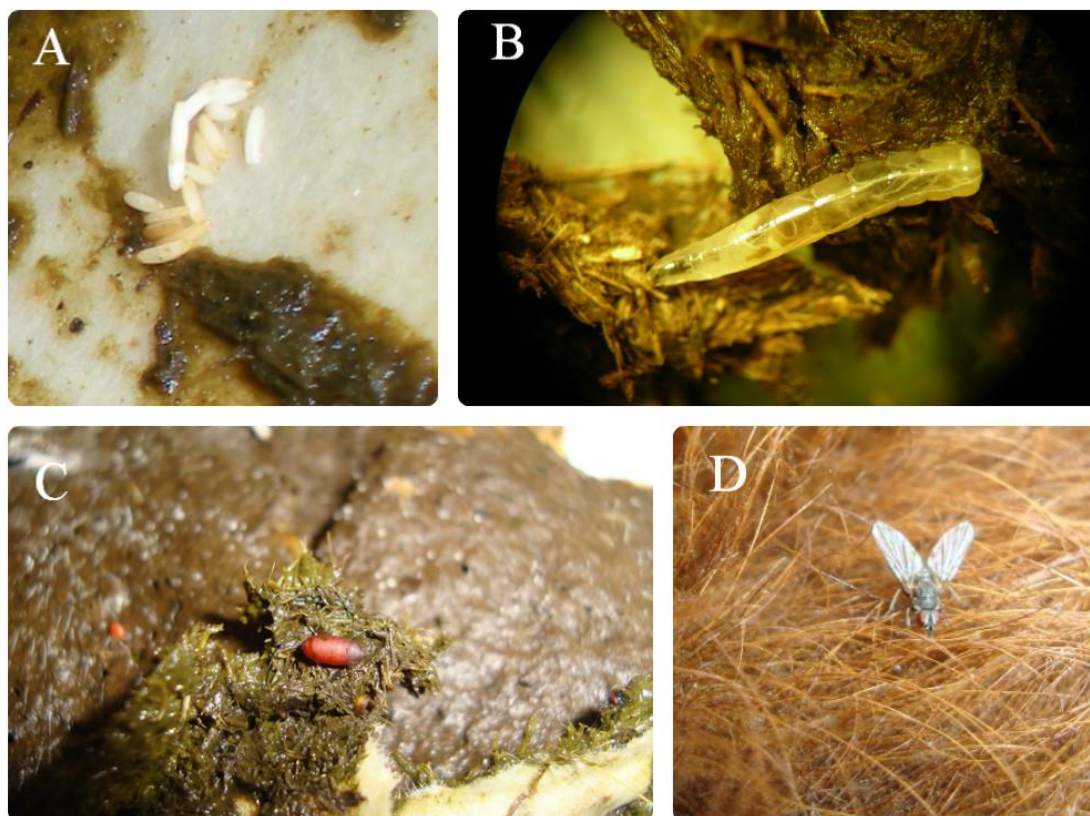


Figura 1 *Haematobia irritans* L. A. Estado de huevo, B. Estado de larva, C. Estado de pupa y D. Estado adulto.

2.5.2 Origen y distribución.

H. irritans fue descrita por Linneaus en 1758, es originaria de Europa, donde fue declarada plaga en 1830 (Torres & Prieto, 1993). La mosca de los cuernos ingresó a América en 1898, específicamente a Estados Unidos desde Francia. Luego, en 1937 llega a América del sur, específicamente a Venezuela. Finalmente, fue introducida a Chile en 1968, pero la presencia de ésta sólo fue confirmada en 1993 (Campano & Avalos, 1994). Cisternas (2000) indicó que la distribución en Chile de la mosca de los cuernos es desde la Región de Tarapacá hasta la Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo. En la zona sur, *H. irritans* ataca por lo general desde fines de primavera a principios de otoño, momento en el cual las temperaturas aumentan y disminuyen las precipitaciones (Cisternas, 2000). En

cambio en la zona norte el rango de incidencia de la mosca de los cuernos es mayor, debido a que las temperaturas son relativamente cálidas gran parte del año.

2.5.3 Ontogenia y etología.

H. irritans en su estado adulto permanece durante largos periodos de tiempos sobre la superficie del cuerpo de su hospedero del cual obtiene su alimento. El hospedero de la mosca de los cuernos incluye especies tales como ovinos, equinos y caninos, siendo el hospedero por excelencia el bovino (Cisternas, 1999). En este último, la ubicación preferida de la mosca de los cuernos es sobre el dorso. Según Schreiber & Campbell (1986), durante la mañana, *H. irritans* se ubica sobre el dorso y hombros del bovino, por la tarde se concentran en el abdomen para luego al anochecer volver a posicionarse sobre el dorso. En el caso de las hembras grávidas, éstas se posicionan en la parte dorsal del animal, con el objetivo de depositar sus huevos sobre las fecas frescas del bovino (Sanders & Dobson, 1969). El color del animal también es un factor que afecta la conducta de *H. irritans*. Existe preferencia de la mosca de los cuernos por animales de pelaje más oscuro o con zonas de pelaje más oscuro (Schreiber & Campbell, 1986). Por otro lado, Dobson *et al.* (1970), indicaron que el sexo y la edad del animal también influyen en el comportamiento de la mosca de los cuernos, por lo que es común encontrar un mayor número de ejemplares de *H. irritans* sobre machos y adultos, que sobre hembras y novillos. Las razones que los autores señalan es que en los toros existen una menor movilidad y menor sensibilidad a la picadura de la mosca de los cuernos, además existirían factores relacionados con la concentración de testosterona.

El mayor o menor grado de incidencia de la mosca de los cuernos, también depende de factores de carácter abiótico. Kunz & Cunningham (1977) indican que las condiciones óptimas para el desarrollo y mayor incidencia de *H. irritans*, corresponde a climas con altas temperaturas y alta humedad relativa ambiente. Al contrario, cuando las temperaturas y la humedad relativa disminuyen, la cantidad de moscas que afectan al animal también lo hacen y su periodo generacional se alarga.

H. irritans ovipone mucho antes y con mayor velocidad que el resto de artrópodos competidores, lo que de por sí le da una gran ventaja competitiva para propagarse con facilidad (Torres & Prieto, 1993). No obstante, a medida que transcurre el tiempo, comienza la colonización del resto de artrópodos. Las fecas son colonizadas por especies pertenecientes a los órdenes Hymenoptera, Coleoptera y Diptera, los cuales provocan la muerte de más del 90% de las formas inmaduras de *H. irritans* (Kunz *et al.*, 1970).

2.5.4 Ciclo de vida.

El ciclo de vida de *H. irritans* al igual que otras especies de la familia Muscidae, es bastante rápido en condiciones favorables de alta humedad y temperatura. Por el contrario, con bajas temperaturas y poca humedad en el ambiente, el ciclo de huevo a adulto podría alargarse.

El ciclo biológico comienza cuando la hembra grávida deposita sus huevos sobre las fecas bovinas depositadas recientemente. El tiempo de incubación antes del primer estadio puede durar entre 20 a 24 horas, pasando por el segundo y tercer estadio hasta llegar a pupa en un periodo de 6 a 8 días (Oyarzún, 2008a). La cantidad de huevos que puede llegar a oviponer la hembra oscila entre 100 a 200 durante su ciclo de vida, el cual varía entre 2 a 3 semanas dependiendo de las condiciones ambientales y de la alimentación (Cisternas, 1999). Una vez en el estado de pupa, éste puede durar en promedio 5,5 días (Torres & Prieto, 1993). El estado pupal en *H. irritans* se puede desarrollar tanto en la materia fecal o en el suelo seguido de ésta, según las condiciones de humedad que posea el entorno. El ciclo completo desde huevo a adulto demora aproximadamente 9 a 12 días en condiciones ambientales favorables, en los meses de primavera verano y 45 días en condiciones adversas durante los meses de otoño invierno, donde el insecto entra en una fase de diapausa durante el estado pupal (Kramm, 2000).

Una vez terminada la pupación, emerge el adulto, el cual descansa sobre la feca o vegetación cercana por el periodo de una hora, para luego dirigirse en búsqueda del hospedero con el objetivo de alimentarse y posteriormente copular (Bruce, 1964). La cópula ocurre desde el segundo día de vida en adelante y tiene lugar sobre el hospedero o

en la vegetación cercana a éste. La oviposición ocurre desde el tercer día de emergido el adulto luego de la cópula (Bruce, 1964).

2.5.5 Hospederos.

La mosca de los cuernos interviene principalmente sobre ganado bovino, aunque también puede presentarse en otras especies tales como búfalos de agua, caballos y raramente humanos y perros, donde el daño sería similar al ocurrido en el ganado bovino (Foil & Hogsette, 1994).

2.5.6 Daño ocasionado por la mosca de los cuernos en los bovinos.

Velasco *et al.* (2001) reportaron que dentro del daño provocado por *H. irritans* se puede distinguir, primero la existencia de un daño del tipo directo producto de la picadura y succión de sangre por parte de la mosca, la cual puede prolongarse durante 10 a 25 minutos. Además cada mosca se alimenta de la sangre del animal 30 a 35 veces al día, lo cual produce síntomas de irritación que genera nerviosismo e interfiere en una correcta alimentación. Este estrés se ve reflejado en una disminución en la producción de leche y carne, en niveles que puede afectar negativamente los valores netos de los flujos de caja a final de la temporada.

2.6 Importancia económica de la mosca de los cuernos.

El control de *H. irritans* puede representar un ahorro económico significativo dentro de los costos finales en la gestión ganadera. Según Velasco *et al.* (2001), en Chile los costos producidos por la acción de *H. irritans* en la producción láctea y cárnica, rodean los US\$ 24,3 millones. La mosca de los cuernos al generar estrés al bovino, evita el correcto proceso de alimentación, lo cual se ve reflejado en la disminución en el peso vivo del animal y de la

producción láctea. Las mermas oscilan entre el 4 - 12 % para la producción de leche (Velasco *et al.*, 2001) y entre un 4 - 20% en el peso vivo del animal (DeRouen *et al.*, 2003).

Según Velazco *et al.* (2001), el costo anual promedio en Chile, utilizando cualquier método de control referido para ésta plaga bordea los 6 a 7 mil millones de pesos (MM \$6.000 - \$7.000). Dicho lo anterior, resulta mucho más económico para el productor ganadero controlar la población de mosca de los cuernos mediante métodos tradicionales, tales como insecticidas del grupo de los piretroides y organofosforados.

2.6 Métodos de control de *Haematobia irritans* y desarrollo de resistencia.

La base del control de la mosca de los cuernos radica primordialmente en el uso de insecticidas del tipo piretroides y organofosforados principalmente, con tratamientos "pour-on" o sobre el dorso (Cisternas, 2000) y con el uso de aretes. En el mercado nacional los productos químicos más utilizados para controlar a este insecto, se encuentran la permetrina, cipermetrina, ciflutrina y lambdacialotrina (piretroides), y etión, diazinón, clorpirifos y fentión (organofosforados). El uso de insecticidas químicos está ligado con el fenómeno de resistencia, el cual es creciente en todas las regiones en las que se presenta la plaga, produciendo como consecuencia una menor eficiencia en el control y mayores pérdidas económicas. Según Mochi *et al.* (2010), en la actualidad *H. irritans* es resistente a los insecticidas piretroides y se debería asumir que para el caso de los organofosforados se repita el mismo fenómeno. El control por medio de métodos alternativos a los insecticidas químicos (control biológico, razas resistentes, trampas mecánicas, entre otros) no tienen aún una distribución y aplicación masiva (Barros *et al.*, 2002) y están dentro de un término más amplio denominado "control integrado". También existe un tipo de control natural por parte de otros insectos, en donde se produce una competencia por la oportunidad de oviposición, depredación y parasitismo, entre los órdenes más importantes se puede mencionar Hymenoptera, Diptera y Coleoptera (Torres & Prieto, 1993). Lo anterior resulta en una menor población de huevos de mosca de los cuernos en las fecas. Las trampas mecánicas no presentan una distribución amplia (Tozer & Sutherst, 1996), debido a que

para un pequeño ganadero, éstas resultan ser de elevado costo. Por último, en relación a la selección de razas resistentes, éste concepto se refiere a seleccionar razas de animales en donde se identifiquen baja carga de moscas en relación a otras razas, aunque también dentro de una raza podemos seleccionar individuos en donde la carga de mosca sea menor (Oyarzún, 2008b) y a partir de esos ejemplares, multiplicar el rebaño obteniendo animales con menor susceptibilidad al ataque de la plaga (Steelman *et al.*, 1991).

Retomando el tema de la resistencia, según Barros *et al.* (2002), ésta puede ser considerada como un fenómeno natural originada por mutaciones aleatorias o bien puede ser inducido mediante el uso de productos químicos. Ésta inducción de individuos resistentes es producida por el hombre, al utilizar frecuente e indiscriminadamente un mismo insecticida sin rotar los compuestos o ingredientes activos entre temporadas. En relación a la resistencia asociado a las prácticas técnicas o culturales, cabe destacar que ésta es mayor cuando: a) el ataque de moscas es evidente (sobre 50 moscas por animal), debido a que al haber un mayor número de moscas, mayor será la muestra de la población que genere resistencia, y también b) cuando se aplican dosis inferiores a las recomendadas o cuando sólo se aplica a una parte del rebaño (Cortés, 2009).

Además de la frecuencia y dosis de los tratamientos, el número de generaciones de la población de la plaga también influye en el desarrollo de la resistencia, ya que *H. irritans* posee potencial para desarrollar varias generaciones al año, lo cual induce que los ganaderos apliquen los insecticidas varias veces por año (Barros *et al.*, 2002), acelerando el proceso de presión de selección sobre los genes resistentes en *H. irritans*.

Por último, la resistencia a insecticidas piretroides es un fenómeno que parece ser irreversible, ya que estudios realizados por Guglielmone *et al.* (2002), demostraron que al dejar de utilizar por un periodo de 2-6 años un producto piretroide, no volvió la susceptibilidad a éste. Estos antecedentes indican que el potencial de biotipos de *H. irritans* resistentes es bastante alto y que los genes de resistencia y la heredabilidad de estos se mantendrá en el futuro. El mejor momento de control de las poblaciones de *H. irritans* para evitar o retrasar individuos resistentes es cuando emerge la primera generación de moscas de las pupas (énfasis a mediados de primavera) que han permanecido en diapausa otoño/invernal durante un tiempo de 6-8 semanas de hibernación, que es en donde las moscas se encuentran es su etapa más débil (De la Fuente, 2008).

2.7 Métodos alternativos de control: pradera con hongo endófito como controlador natural de *H. irritans*.

Como se dio a conocer anteriormente, el control de *H. irritans*, con el uso exclusivo de insecticidas químicos, produce en el corto y largo plazo poblaciones de moscas resistentes a éstos. Por esto, cabe destacar la importancia que tienen los métodos alternativos de control, apelando a tomar medidas preventivas, dejando en segundo plano y sólo cuando sea necesario (al sobrepasar el umbral de daño económico en un sistema ganadero para ésta plaga) la aplicación de métodos tácticos (refiriéndose a la aplicación directa de un método de control sobre una plaga) que ayuden a mantener un equilibrio biológico, que no altere negativamente la economía de un rebaño. Dentro de éstas medidas estratégicas, encontramos alternativas ecológicas, que se pueden insertar dentro de un programa integrado de manejo. En éste ámbito, podemos referirnos al uso de praderas con tecnologías en donde dentro de la composición botánica de éstas, encontramos simbiosis con hongos, conocidos como "hongos endófitos". Se define como hongo endófito, a un organismo que se encuentra inherente a una planta y que establece una asociación específica con su hospedero para mutuo beneficio. El hongo endófito crece intercelularmente dentro tallos, hojas, vaina y semillas de praderas, y le confiere aptitudes mejoradas en ámbitos de tolerancia o resistencia a insectos (Clay, 1990). Según Galdames (1995), el hongo se nutre, protege, reproduce y disemina, a cambio, la planta aumenta su crecimiento, soporta mejor las condiciones de estrés ambiental y la herbivoría de insectos y mamíferos. Estos beneficios para la planta hospedera son posibles, ya que el hongo endófito produce varias toxinas del tipo alcaloides (metabolitos secundarios), que actúan, algunas de ellas, como repelentes de insectos y bio-insecticidas y otras que afectan la producción y salud de algunas especies de animales como bovinos, ovinos y equinos (Lanuza *et al.*, 2003). Los alcaloides son liberados por el hongo cuando la planta sufre algún daño (Bultman & Conard, 1998), como por ejemplo un insecto alimentándose de una hoja. Entre los alcaloides responsables de tales efectos, se encuentran la ergovalina, lolitrem-B y peramina, los cuales afectan a herbívoros vertebrados e invertebrados. Entre las especies de praderas con presencia de hongo endófito en Chile, se pueden mencionar la ballica (*Lolium perenne* L.) y festuca (*Festuca arundinaceae* Schreb.). La ballica perenne con hongo endófito tiene

gran importancia en el control del gorgojo argentino del tallo de las ballicas (*Listronotus bonaerensis* Kuschel.), plaga significativa que produce un importante daño económico en las siembras de ballica y otros cereales (Cisternas & Torres, 1997). Para esta especie forrajera, el hongo descrito fue *Neotyphodium lolii* Fletcher & Harvery (Fletcher & Harvey, 1981). El efecto tóxico producido por el hongo hacia el insecto se debe a la presencia del alcaloide peramina. Esta asociación hongo-planta produce aumentos en los rendimientos forrajeros, lo que se ve reflejado en mayor disponibilidad de alimento para el ganado que a su vez se traduce en una mayor ganancia de peso. Según Lanuza *et al.* (2003), los niveles de hongo endófito para ballicas en Chile, varían desde libre de la presencia del hongo hasta un 15 a 85% de infestación.

Festuca arundinaceae, también posee cultivares con presencia de hongo endófito, como es el caso del cultivar K-31, que presenta el más alto contenido del hongo (sobre 95% en promedio). En este caso, el hongo endófito asociado corresponde a *N. coenophialum* Morgan-Jones & Gams (Morgan-Jones & Gams, 1982). La diseminación de este hongo es a través de la semilla infectada, ya que según estudios realizados por Zabalgogezco *et al.* (1998), demostraron que al producir semilla del cultivar Her-1 (con hongo endófito) de una sola planta, resultó en un 98% de infección del total de semillas, indicando el elevado grado de diseminación vertical de *N. coenophyalum*. Al igual que la ballica, este hongo endófito produce alcaloides tóxicos que hacen que estas plantas presenten mayor resistencia a diversas especies de insectos y nemátodos (Zabalgogezco *et al.*, 1998). Otro efecto importante en la asociación festuca-*Neotyphodium*, es que la festuca adquiere mayor tolerancia a las sequías (Arechavaleta *et al.*, 1989).

La producción de alcaloides está influenciada por diversos principios externos a la planta, relacionados a factores ambientales, tales como temperatura, humedad, radiación, líneas de endófitos, tipos de pradera, cultivares y estado fenológico de la pradera. Según Lanuza *et al.* (2003), los niveles de acumulación y dominancia de los alcaloides varían en relación a factores ambientales y a las interacciones que puedan ocurrir entre los genotipos de la planta y el hongo. La concentración de alcaloides presenta una máxima estacional, siendo mayor entre los meses de verano y otoño. La ingesta prolongada por parte de los animales, de ballicas con hongo endófito tiene un efecto tóxico sobre el ganado bovino, produciendo trastornos en el animal, como por ejemplo, el temblor de las ballicas o

"Ryegrass staggers", donde el alcaloide responsable es lolitrem-B. Los síntomas asociados al elevado y prolongado consumo de ballica con hongo endófito son estrés, temperaturas corporales elevadas, movimientos espasmódicos lo que puede producir decaimiento del tren trasero con las patas traseras estiradas detrás del animal (Easton, 1999), entre otros. Para el caso de la festuca con hongo endófito, un consumo prolongado produce toxicosis de festuca o "festucosis". La festucosis afecta al animal aumentando la temperatura corporal del animal (hipertermia), superando los 40°C. También produce inapetencia, lo que va de la mano con una disminución de peso, reducción en la tasa de concepción y reproducción de leche y claudicación muscular.

2.8 Efecto de fecas con hongo endófito sobre de *H. irritans*.

Estudios llevados a cabo por Dougherty *et al.* (1998; 1999) demostraron que al exponer larvas de *H. irritans* a extractos de alcaloides extraídos de fecas de bovinos alimentados con praderas de festuca con hongo endófito, producían la muerte de la mayoría de los individuos.

2.9 Planteamiento del problema.

Diversas investigaciones indican que dentro de un rebaño existirían animales con diferente carga de mosca de los cuernos, lo cual ha sido atribuido a compuestos semioquímicos naturalmente emitidos por el hospedero (bovino) que alterarían la conducta del insecto (Birkett *et al.*, 2004). Lo anterior fue corroborado en nuestro país por Oyarzún *et al.* (2009), quienes determinaron compuestos semioquímicos responsables de la atracción y repelencia de *H. irritans* hacia su hospedero.

Durante 2009, investigadores de INIA Carillanca, observaron que al ir rotando animales en diferentes praderas que tenían disponible para la alimentación de éstos, la carga de moscas de los cuernos aumentaba o disminuía según la composición de la pradera. Las

praderas que fueron utilizadas y en donde se observó tal variación en el número de *H.irritans*, correspondían a praderas con hongo endófito y sin hongo endófito.

Teniendo en cuenta, los beneficios y perjuicios asociados al consumo de praderas con hongo endófito, es importante establecer un punto de equilibrio en el consumo de este tipo de praderas, de modo de introducirlas como parte de un programa de alimentación, en donde exista un sistema de rotación de praderas, brindándole al animal una alimentación en base a praderas "mixtas" , utilizando las especies con hongo endófito sólo como un plus en el control "preventivo y estratégico" de plagas (insectos) asociadas a praderas, como también asociadas al ganado. Estas técnicas estratégicas de control basadas en la composición de las praderas, es decir de lo que consume el animal, más una utilización correcta de los insecticidas químicos, deben ser combinadas y enmarcadas dentro del concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio.

La investigación se llevó a cabo en dos modalidades; bajo condiciones de campo y laboratorio. La obtención de la información en terreno, se realizó en el módulo ganadero perteneciente al Centro de Investigación Agropecuaria INIA Carillanca, ubicado en la Región de La Araucanía, Provincia de Cautín, Comuna de Vilcún, a 38° 41' latitud sur y 72° 25' longitud oeste y 200 m.s.n.m. El estudio se realizó en conjunto con investigadores pertenecientes a dicha entidad gubernamental más el apoyo del personal del Laboratorio de Química Ecológica de la Universidad de La Frontera. El estudio abarcó una temporada estival (Diciembre 2011-Febrero 2012). En relación al lugar de investigación, éste consistió en 4 potreros continuos, en los cuales su composición botánica se basó principalmente en *Festuca arundinacea* Schreb. Los potreros fueron dispuestos espacialmente en forma cuadrilateral (Fig. 2). También se utilizaron corrales y mangas para la recolección de adultos de *H. irritans* y fecas de los bovinos.

La obtención de datos en condiciones controladas o laboratorio, se llevó a cabo en el Laboratorio de Productos Naturales, perteneciente al Departamento de Ciencias Químicas y Recursos Naturales de la Universidad de La Frontera. Las actividades de recolección de datos comenzaron durante la primera semana de Diciembre de 2011, fecha en la cual existen altos niveles poblacionales de *H. irritans*.

3.2 Praderas.

Las praderas utilizadas fueron destinadas para pastoreo directo (Figura 3), y correspondieron a dos cultivares de *Festuca arundinacea* Scherb. (Poaceae), específicamente los cultivares K-31 (2 ha de un año de edad) y Manade (2 ha de dos años de edad), con y sin hongo endófito respectivamente. En ambas praderas no hubo intervención agronómica (sin fertilización, riego, ni insecticidas). El sistema de pastoreo

utilizado fue en franjas y rotativo, en donde la superficie total para cada tratamiento se dividió en dos, dejando dos potreros de 1 ha por cada tratamiento y de esta manera dar lugar a la rotación pertinente. Las praderas fueron pastoreadas en forma secuencial, manteniéndose a los animales en cada potrero por un periodo de dos semanas, con el objetivo de darle el tiempo suficiente a la superficie anteriormente pastoreada para recuperar un tamaño adecuado.

La composición de la pradera consistió casi en su totalidad en festuca, salvo algunas especies residentes tales como, ballica (*Lolium perenne* L.) y bromo (*Bromus catharticus* Vahl.), principalmente.

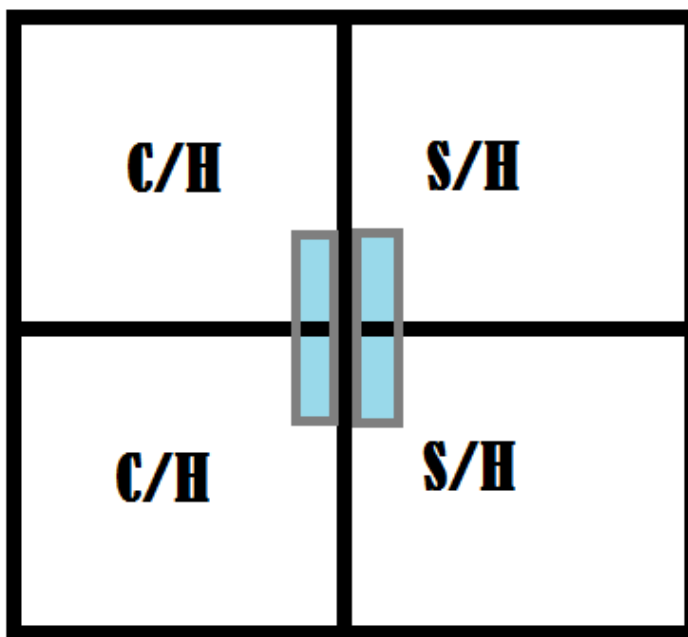


Figura 2. Disposición espacial en forma cuadrilateral y contigua de los potreros y bebederos (en celeste) utilizados para el pastoreo en pradera de festuca con y sin hongo endófito. INIA Carillanca 2011-2012.



Figura 3. Novillos Angus negro (en primer plano) y Hereford, pastoreando la pradera de festuca. INIA Carillanca. Temporada 2011-2012.

3.3 Animales.

Los animales utilizados para ambos experimentos fueron 12 novillos de producción de carne, de razas Hereford, Angus negro e híbrido entre ambas razas (Fig. 3). Los animales fueron mantenidos bajo supervisión veterinaria con la finalidad de controlar cualquier alteración a la salud animal. Estos animales fueron divididos en dos grupos, cada uno con seis animales. La distribución en las praderas fue de carácter aleatorio y la alimentación de estos consistió solo de pradera con y sin hongo endófito, y agua mediante bebederos de cemento dispuestos uno cada dos potreros, tal como se puede observar en la figura 2. Los novillos fueron cambiados de tratamiento cada dos semanas.

3.4 Obtención de muestras de fecas de ganado bovino.

El experimento se dividió en dos etapas, la primera consistió en la evaluación de la actividad insecticida de fecas de ambos tratamientos sobre los estados de larva y pupa de *H. irritans* en condiciones de laboratorio. Paralelamente en la segunda etapa se evaluaron los mismos parámetros bajo condiciones de campo.

En el experimento en condiciones de laboratorio, la obtención de las muestras fecales fue de forma directa, para lo cual se realizó estimulación anal mediante la técnica llamada "palpación rectal" (Fig. 4). En el momento de la defecación, estas fueron depositadas en una bolsa plástica (de 60 cm x 30 cm) libre de contaminación. Fue fundamental asegurar que el traspaso de las fecas desde el animal a la bolsa fuese de la forma más directa y limpia posible (Figura 5). Los procedimientos anteriormente descritos fueron realizados en una manga, donde los novillos quedaron estáticos y de esta manera se facilitó las tareas de recolección de materia fecal. La cantidad de fecas recolectadas se estimó de acuerdo al tamaño de la muestra necesaria para el posterior experimento en laboratorio. El almacenamiento posterior (en el laboratorio) de las heces fecales fue en potes de plástico herméticos, y luego almacenadas a 4°C en un refrigerador para reducir riesgos de descomposición.



Figura 4. Técnica de palpación rectal, para la obtención de material fecal en mangas dispuestas en INIA Carillanca. Temporada 2011-2012.



Figura 5. Recepción de fecas y posterior almacenaje en bolsas plásticas de fecas de ganado bovino. INIA Carillanca. Temporada 2011- 2012.

3.5 Obtención de larvas para la realización del experimento de laboratorio.

El primer paso para la obtención de larvas de primer estadio (L1), fue la captura de insectos adultos, para reproducir su ciclo de vida artificialmente. Para la captura de adultos (considerando la presencia de hembras grávidas y vírgenes, junto con machos), los novillos fueron llevados a las mangas, para que de ésta manera se mantuvieran estáticos y facilitar la captura (Oyarzún *et al.*, 2009). Las moscas se capturaron mayoritariamente del lomo del animal y en menor medida de los costados, debido a que aquí se encontraban gran cantidad de éstas y a la disponibilidad de espacio al estar los novillos en la manga. Los insectos fueron capturados recorriendo el lomo del animal con una mano con guantes quirúrgicos de manera de atrapar la mayor cantidad de moscas, depositándolas luego en un frasco de vidrio de 1 L de capacidad, cubierto en su interior con papel filtro con el objetivo de obtener huevos para la crianza artificial de larvas (Fig. 6). Los frascos fueron tapizados internamente con material fecal libre de hongo endófito sobre el papel, con el objetivo recrear el ambiente propicio para reproducir el ciclo de vida de la mosca de los cuernos en condiciones de laboratorio y de ésta manera obtener larvas viables. Por último, una vez

capturadas las moscas adultas, los frascos fueron almacenados en el laboratorio, en una cámara de crecimiento marca Selecta, modelo Hot- Cold GL, con temperatura controlada a 26°C (Fig. 7).



Figura 6. Moscas adultas depositadas en frascos previamente adaptados para reproducir el ciclo de vida.



Figura 7. Cámara de crecimiento utilizada en el montaje de los experimentos de mortalidad de la mosca de los cuernos en condiciones de laboratorio.

3.6 Determinación de la actividad bioinsecticida de fecas de ganado bovino sobre larvas y pupas de *H. irritans*.

Para determinar la actividad bioinsecticida de las fecas de animales alimentados con pradera con hongo endófito sobre la mosca de los cuernos, se realizaron tres experimentos: dos bajo condiciones de laboratorio y uno bajo condiciones de campo. El objetivo de estos experimentos fue determinar si existe alguna alteración, ya sea mutación o mortalidad, en algunos de los estados de *H. irritans*, bajo distintos sustratos de desarrollo, en este caso, fecas provenientes de novillos alimentados con praderas con y sin hongo endófito.

3.6.1 Determinación de la actividad bioinsecticida de fecas de ganado bovino sobre larvas de la mosca de los cuernos en condiciones de laboratorio.

Este experimento consistió en evaluar la actividad bioinsecticida en fecas de novillos alimentados con praderas con hongo endófito sobre alguno de los estados de *H. irritans*, bajo parámetros óptimos de laboratorio. Para esto se evaluaron dos tratamientos, fecas provenientes de novillos alimentados con praderas de festuca: 1) con hongo endófito (E+) y 2) sin hongo endófito (E-). Para ello se utilizó una variación de la metodología propuesta por Dougherty *et al.* (1998). Esta consistió en depositar 15 g de fecas de ambos tratamientos en discos de Petri (Fig. 8). Luego, desde los frascos de crianza de larvas, se extrajeron con ayuda de una pinza metálica, larvas de primer estadio de *H. irritans* las que fueron depositadas individualmente en cada disco de Petri (n= 40 por tratamiento). Cabe destacar que el tiempo que debe existir desde que se capturan las moscas en terreno y son depositadas en los frascos de vidrio, hasta que se comienza a realizar el experimento, no debe superar los dos días, de modo que el experimento se realice en su mayoría con larvas de primer estadio (L1). Por último, los discos de Petri con larvas, se sellaron con la misma tapa del disco de Petri, pero esta última adaptada con un orificio de 3 x 3 cm, cubierto con tul, de modo de permitir el intercambio gaseoso e impedir la fuga de las larvas (Fig. 9). Una vez sellados los discos, estos fueron depositados en una cámara de crecimiento con

temperatura controlada a 26 °C. Las evaluaciones de sobrevivencia fueron realizadas a los 10 días.



Figura 8. Discos de Petri con materia fecal, previo a la incubación de larvas de *H. irritans*.

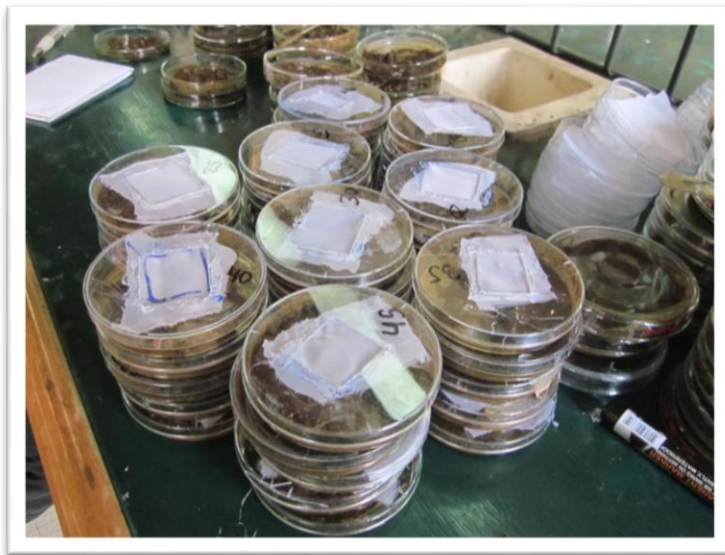


Figura 9. Larvas incubadas en discos de Petri con material fecal (E+ y E-), para ensayo de actividad bioinsecticida.

3.6.1.1 Ensayo de emergencia de *H. irritans*.

Para evaluar el efecto residual que poseen ambos tratamientos (fecas E+ y fecas E-), se montó un experimento utilizando la metodología mencionada. Se montaron discos de Petri con larvas de primer estadio y al día 10 de haber montado el experimento, se registró la cantidad de pupas formadas. Luego, se procedió a aislar las pupas del material fecal (para evitar daños por colonización de hongos saprófitos), y fueron depositadas en un disco de Petri limpio con una base de papel filtro humedecido. Finalmente, las muestras fueron nuevamente depositadas dentro de una cámara de crianza con temperatura controlada. Al día 21, se registró que cantidad de pupas habían pasado al estado adulto. Lo anterior, fue realizado con el objetivo de determinar si existió o no daño residual por efecto del hongo endófito, específicamente para evaluar, la emergencia de adultos de la mosca de los cuernos.

3.6.2 Experimento bajo condiciones de campo.

Paralelamente, se realizó un experimento con el objetivo de evaluar si bajo condiciones de campo, existe actividad bioinsecticida por parte de las fecas de novillos alimentados con pradera con hongo endófito, sobre algún estado de desarrollo *H. irritans*. Este experimento comenzó cuando las fecas frescas fueron excretadas por los animales. Una vez ocurrido esta acción, se marcó la feca con una banderilla (Fig. 10), y se esperó durante una hora para permitir la oviposición de la mosca de los cuernos, según lo señalado por Torres & Prieto (1993). Posteriormente, las muestras fueron colectadas desde praderas con y sin hongo endófito con una pala metálica y depositadas en cajas plásticas herméticas de 1 L. Luego, las fecas fueron llevadas al Laboratorio de Productos Naturales de la Universidad de La Frontera, donde quedaron bajo temperatura y humedad ambiente. El número de submuestras para cada tratamiento fue de 16 y el experimento se repitió cinco veces. Por último, al igual que el experimento de laboratorio, las evaluaciones de sobrevivencia fueron medidas a los 10 días después de montado el experimento.



Figura 10. Fecas depositadas sobre praderas de festuca, identificadas con una banderilla.

3.7 Análisis estadísticos.

Para los análisis estadísticos se realizaron pruebas de estadística no paramétrica. En el experimento de mortalidad en laboratorio se utilizó la prueba de Wilcoxon ($P \leq 0,05$) y para el experimento de emergencia de adultos en pupas se utilizó la prueba de Fisher's. Para los experimentos de campo, los resultados fueron analizados con la prueba estadística de Wilcoxon ($P \leq 0,05$), donde se evaluó la actividad bioinsecticida sobre larvas y pupas en su totalidad, en función de cada tratamiento. Además, se aplicó la prueba X^2 , para analizar los resultados y ver si existirían diferencias significativas, evaluándolos por estado metamorfosico (ej. larva con hongo v/s larva sin hongo).

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos en experimentos realizados bajo condiciones de laboratorio.

4.1.1 Sobrevivencia de larvas de la mosca de los cuernos en fecas de ganado bovino.

Los resultados de sobrevivencia de larvas de primer estadio de *H. irritans* se muestran en la figura 11. Se puede observar que para el tratamiento de fecas con hongo endófito (E+) hubo un 10% de sobrevivencia de larvas de la mosca de los cuernos. Por otra parte, para el caso del tratamiento de fecas sin hongo endófito (E-), el porcentaje de mortalidad resultó en un 45%. Por lo tanto, existen diferencias significativas ($P = 0,001$) entre ambos tratamientos, donde el tratamiento de fecas con hongo endófito resulta en un menor porcentaje de sobrevivencia de larvas. Los resultados obtenidos corroboran las observaciones obtenidas por Dougherty *et al.* (1998; 1999), quienes evaluaron la mortalidad de larvas incubadas en fecas en presencia de componentes tóxicos del hongo endófito, obteniendo altos porcentajes de mortalidad. Sin embargo, en ese estudio los alcaloides extraídos desde el hongo endófito fueron aplicados individualmente en distintas dosis en fecas sin hongo endófito. Cabe mencionar que los alcaloides correspondieron a *N*-formyl lolina (NFL), *N*-acetyl lolina, lolina y ergotamina.

Similares efectos con respecto a la mortalidad producida por acción del hongo endófito ha sido observada por diferentes autores. Por ejemplo Braman *et al.* (2002), reportaron una alta mortalidad en larvas de *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), cuando estas se alimentaron de diversas forrajeras, entre ellas festuca, las cuales contenían diversos hongos endófitos, tales como *Neotyphodium coenophialum*, *N. lolii*, *N. seigelii* y *Epichloe festucae*.

La actividad tóxica presente en fecas con hongo endófito sobre moscas del ganado bovino es reforzada por Dougherty & Knapp (1994), quienes señalan que en las fecas de animales alimentados con festuca con hongo endófito existe menor porcentaje de larvas que llegan al estado de pupa, en comparación al tratamiento sin hongo, como es el caso de *Musca autumnalis* De Geer, también considerada como plaga del ganado bovino.

Por último, reportes relacionados con la actividad tóxica del hongo endófito asociado a festuca sobre especies insectiles han sido registrados por Rudgers & Clay (2007), donde mencionan que insectos de los órdenes Lepidoptera, Orthoptera, Hemiptera, Diptera y Coleoptera son afectados negativamente por la asociación festuca-*Neotyphodium*.

Los resultados obtenidos indicarían que parte de la toxicidad del hongo endófito debido a los alcaloides presentes en el, sería conferida a la materia fecal, quedando dispuesta para la alimentación de las larvas, lo que se reflejaría en una mayor mortalidad de larvas por su efecto tóxico en insectos.

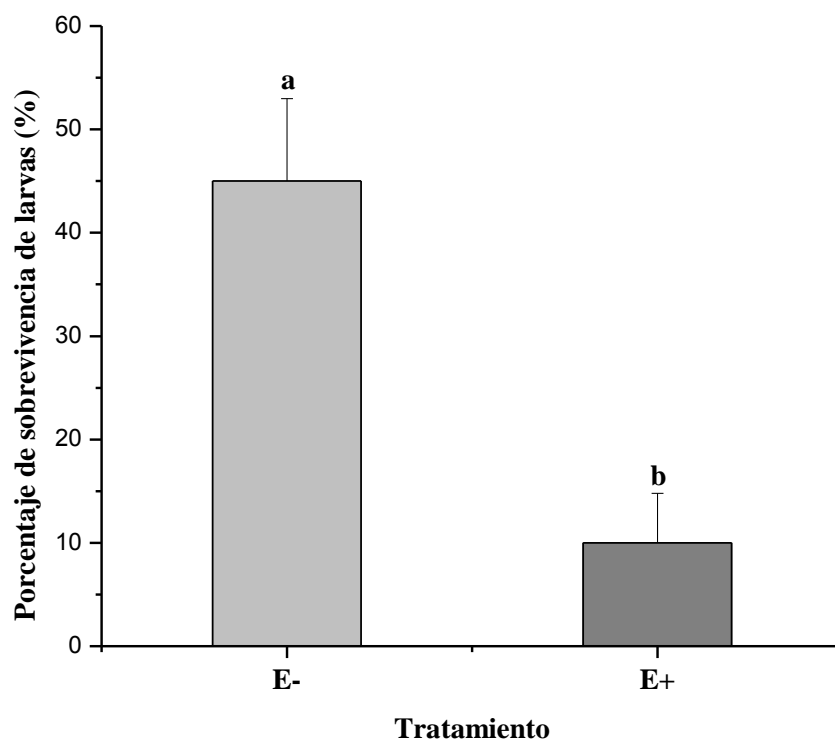


Figura 11. Porcentaje de sobrevivencia de larvas de *H. irritans* en fecas de ganado bovino con (E+) y sin (E-) hongo endófito en condiciones de laboratorio, durante la temporada estival 2011-2012. Letras distintas indican diferencias significativas, según la prueba no paramétrica de Wilcoxon ($P \leq 0,05$).

4.1.2 Efecto de la actividad bioinsecticida de fecas del ganado bovino sobre la emergencia de la mosca de los cuernos.

Como se puede observar en la figura 12, los resultados obtenidos para el tratamiento de fecas con hongo endófito (E+), indican que un 29,4 % del total de pupas incubadas (17 pupas) llegaron a estado adulto. Por el contrario, y en favor de nuestra hipótesis, en el tratamiento de fecas sin hongo endófito (14 pupas incubadas) se encontró un 92,9 % de adultos viables. Por lo tanto, existen diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0,0004$), en donde la efectividad del tratamiento E+ fue casi del 70% en el control final de *H. irritans*. Tales efectos negativos sobre la emergencia de adultos, fueron registrados por Mustapha *et al.* (2004), donde observaron menor emergencia de adultos de *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), al evaluar dos dietas distintas, que consistieron en larvas alimentándose libremente sobre 1) plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) inoculadas con el hongo endófito *Acremonium strictum* W. Gams., y 2) plantas libres del hongo endófito. A su vez, los resultados de Akutse *et al.* (2013), concuerdan con los nuestros, debido a que determinaron una menor emergencia de adultos de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) alimentados con hojas de *Vicia faba* L., y *Fasceolus vulgaris* L., inoculadas con distintos hongos endófitos en comparación a un control.

Con tales antecedentes, se puede concluir que las diferentes toxinas asociadas a los hongos endófitos, en nuestro caso *Neotyphodium coenophialum*, estarían afectando negativamente la emergencia de adultos de la mosca de los cuernos.

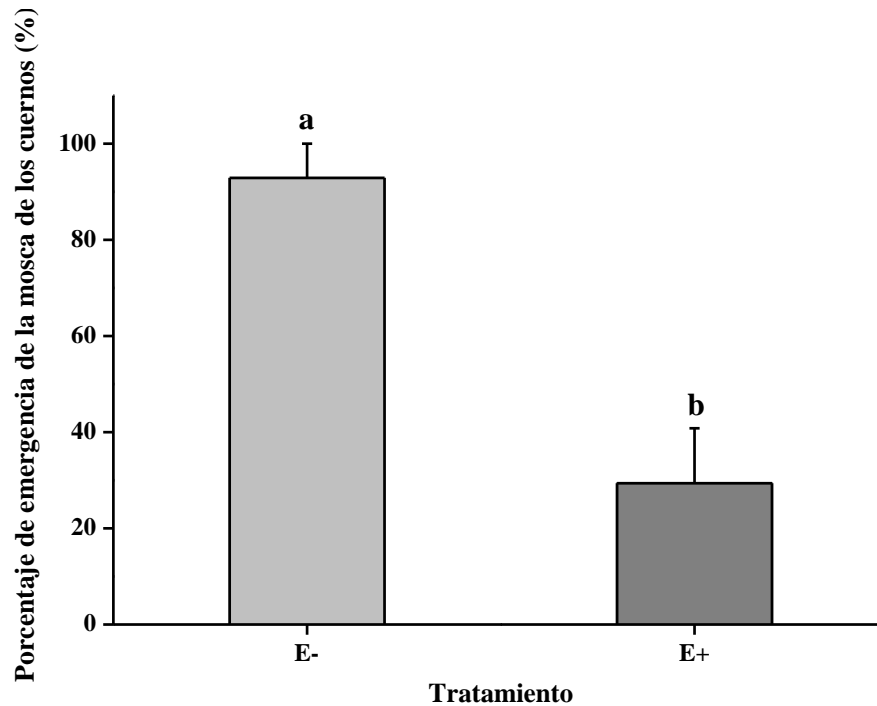


Figura 12. Porcentaje de emergencia de adultos de *H. irritans*, bajo ambos tratamientos, durante la temporada estival 2011-2012. Letras distintas indican diferencias significativas, según la prueba no paramétrica de Fisher ($P \leq 0,05$).

4.2 Resultados obtenidos en experimentos realizados bajo condiciones de campo.

4.2.1 Efecto de la actividad bioinsecticida de fecas del ganado bovino sobre *H. irritans*, en condiciones de campo.

Bajo condiciones de campo se encontró un total de 52 individuos de *H. irritans* en ambos tratamientos. De estos el 80,8% fueron registrados en fecas E- y un 19,2% en fecas E+. El análisis estadístico arrojó que existen diferencias significativas entre ambos tratamientos (Fig. 13; $P = 0,0047$).

Al analizar el efecto bioinsecticida por estado de desarrollo del insecto, en el tratamiento de fecas E-, fueron encontradas 7 larvas, 26 pupas y 9 adultos viables de *H. irritans*. Por el contrario, en el tratamiento de fecas E+ se observó una mayor mortalidad de *H. irritans*, lo que se tradujo en 2 larvas, 7 pupas y 1 adulto. Como se puede observar en la figura 14, no

se observan diferencias significativas entre las larvas encontradas en ambos tratamiento ($P=0,095$). En cambio, los resultados obtenidos al comparar las pupas encontradas en cada tratamiento, muestran que sí existen diferencias significativas ($P = 0,00094$), encontrándose mayor número de pupas en el tratamiento de fecas E-. Por último, se observó una mayor cantidad de moscas adultas en fecas E- (Fig. 14; $P = 0,011$), comparado con las fecas E+.

Resultados similares fueron registrados por Dougherty & Knapp (1994), asociado al número de huevos depositados por las hembras grávidas de *Musca autumnalis* en cada tratamiento (E- y E+), donde hubo una mayor oviposición en fecas provenientes de festuca sin hongo endófito, en comparación a las con hongo.

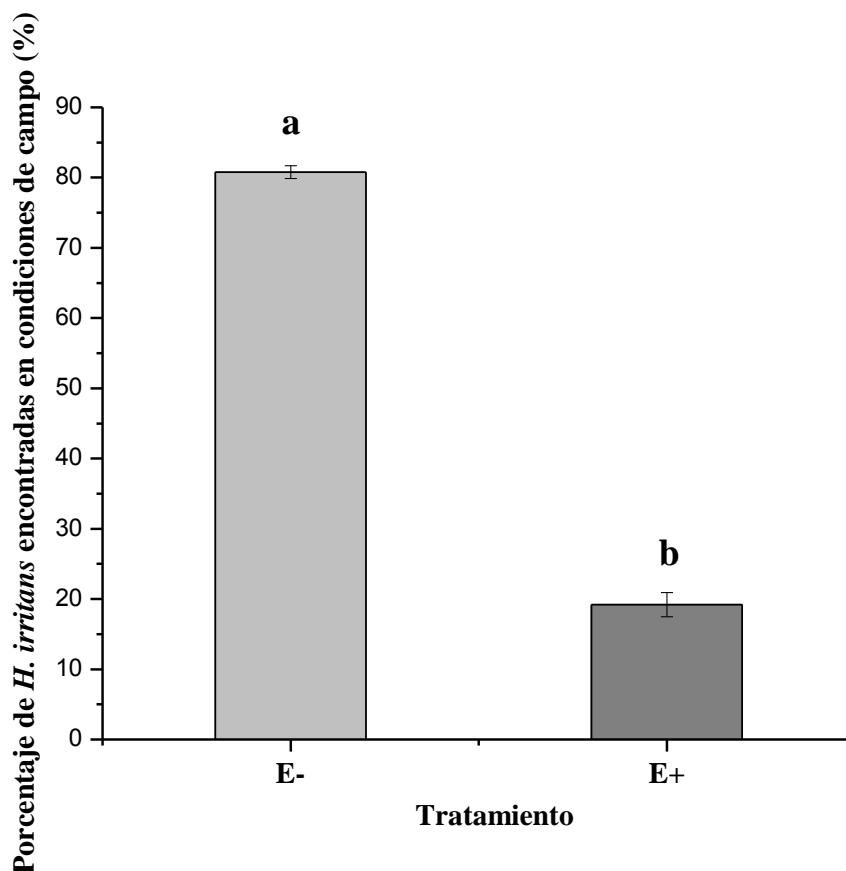


Figura 13. Promedio de *H. irritans* (% ± E.E) encontrados en fecas E+ y E- recolectadas en condiciones de campo, durante la temporada estival 2011-2012. Letras distintas indican diferencia significativa, según la prueba no paramétrica de Wilcoxon ($P \leq 0,05$).

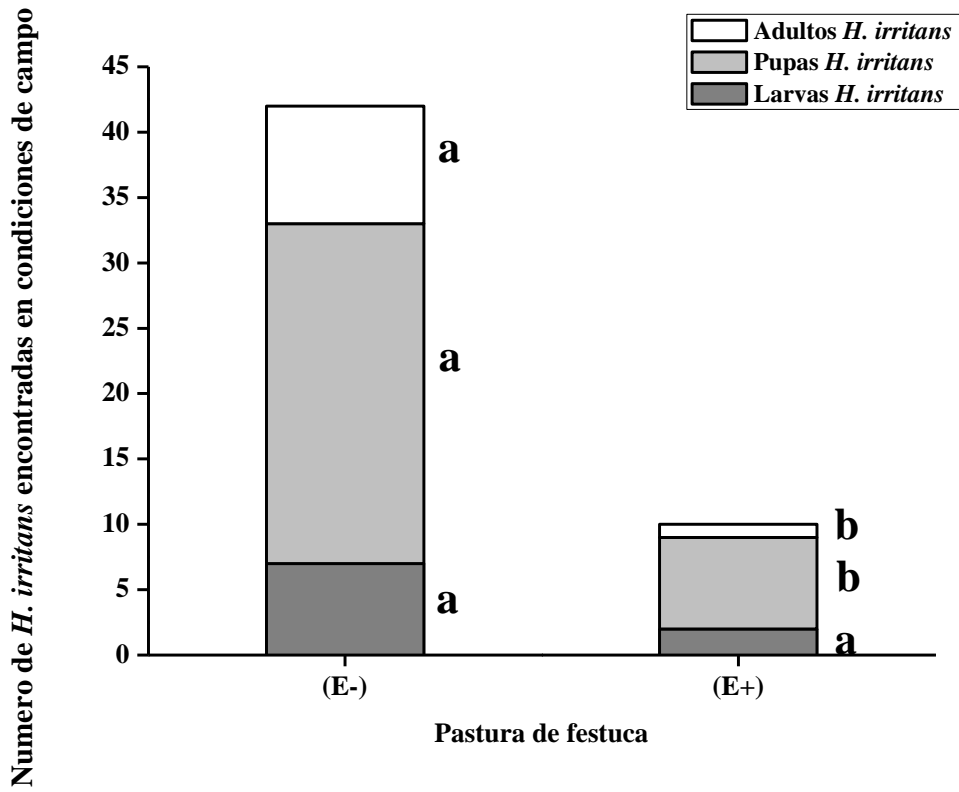


Figura 14. Número de larvas, pupas y adultos de mosca de los cuernos encontrados en fecas E+ y E- recolectadas en condiciones de campo, durante la temporada estival 2011-2012. Letras distintas indican diferencias significativas, según la prueba paramétrica X^2 ($P \leq 0,05$).

5. CONCLUSIONES

1. El hecho que: a) se haya observado un efecto insecticida sobre larvas de *H. irritans* alimentadas con fecas provenientes de novillos alimentados con praderas de festuca con hongo endófito, b) este efecto se haya extendido hasta una menor emergencia de adultos provenientes de las larvas que sobrevivieron, y c) bajo condiciones de campo, se observó una mayor ocurrencia y sobrevivencia de individuos de *H. irritans* en fecas provenientes de festuca sin hongo endófito (E-), indica que la alimentación del ganado bovino en base a praderas de festuca con hongo endófito, produce una disminución en la sobrevivencia final de individuos de *H. irritans*.
2. La acción insecticida se ejercería a través de compuestos tóxicos provenientes del hongo endófito.
3. Las mejores oportunidades de captura de adultos de *H. irritans* fue en días despejados y con altas temperaturas.
4. El uso de praderas de festuca con hongo endófito para la alimentación del ganado bovino, es una buena alternativa para el control preventivo de *H. irritans*, considerando este tratamiento dentro de un manejo integrado, que incluye una rotación de praderas (incluyendo praderas sin hongo endófito, por los riesgos producidos por el consumo excesivo del hongo endófito) y una menor utilización de insecticidas químicos, sólo para controles tácticos en donde se halla sobrepasado el umbral de daño económico. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada al comienzo de esta investigación.

6. RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la actividad bioinsecticida presente en fecas de ganado bovino alimentados con praderas con hongo endófito, sobre individuos de *H. irritans* Linneaus en estados de larva y pupa, bajo condiciones de campo y laboratorio. Tanto, para el experimento de campo y laboratorio, la obtención de muestras fecales y de individuos de *H. irritans* fue realizada desde el Centro de Investigación Agropecuaria INIA Carillanca. Para ello, dos grupos de seis novillos cada uno, fueron destinados a pastorear dos cultivares de praderas de *Festuca arundinacea* Schreb; Manade y K-31, sin (E-) y con (E+) hongo endófito respectivamente. En el experimento de laboratorio, las muestras fecales se extrajeron directamente del bovino hacia una bolsa plástica limpia, para luego ser llevadas a laboratorio. Para la obtención de larvas, se procedió a la captura *in situ* de adultos de *H. irritans* (machos y hembras). Luego, estos adultos fueron depositados en frascos de vidrio adaptados con papel y fecas de bovino (sin hongo endófito), para posteriormente esperar a que la hembra oviponga y así poder tener larvas de *H. irritans*. Por último, en el laboratorio se montó el experimento, en el cual se depositó 1 larva en un disco de Petri con 15 g de fecas, con un *n de* 40 por tratamiento (E+ y E-), luego a los 10 días se evaluó la sobrevivencia de larvas por cada tratamiento. También se evaluó el efecto residual que pudiera tener el tratamiento con hongo endófito sobre la emergencia de adultos. Para el experimento de campo, se esperó a que el novillo defecara, luego se marcó la feca con una banderilla. Por último, tras un periodo de una hora, se recolectó la feca, ya que en teoría ese es el tiempo en que la hembra grávida se dirige a la feca a oviponer, luego fueron llevadas al laboratorio, para posteriormente a los 10 días, evaluar la presencia de individuos de *H. irritans*. En los resultados obtenidos en condiciones de laboratorio, hubo solo un 10% de sobrevivencia en el tratamiento (E+), mientras que en (E-) hubo un 45%. Cabe mencionar que en ambos tratamientos, existió mortalidad de carácter natural. En el experimento de emergencia de adultos, en el tratamiento (E+) sólo un 29,4% de pupas incubadas pasaron a estado adulto, mientras que en (E-), hubo un 92,9% de emergencia. Por último, en condiciones de campo, del total de individuos de *H. irritans* encontrados en ambos tratamientos, solo un 19,2% fue encontrado en (E+).

En conclusión, los resultados sugieren fuertemente que existe actividad bioinsecticida por parte de las fecas provenientes de novillos alimentados con praderas con hongo endófito, propiedad que sería conferida gracias a los componentes tóxicos del hongo, más conocidos como alcaloides, los cuales estarían actuando sobre los distintos estados de *H. irritans*.

7. SUMMARY

The aim of the research was to determine the bioinsecticide activity present in cattle dung fed on pastures with endophyte fungus, on different stages of *H. irritans* L., under field and laboratory conditions. For both, field and laboratory experiment, the obtaining of dung and *H. irritans* species was carried out from the Center of Agricultural Research INIA Carillanca. For this, two groups of six cows each one, were fed in two cultivars of *Festuca arundinacea* Schreb pastures; Manade and K-31, without (E-) and with (E+) endophyte fungus, respectively. In laboratory experiment, dung samples were taken directly from the cattle into a plastic bag, then taken to laboratory. To obtain larvae, proceeded to capture *in-situ* adults of *H. irritans* (males and females). Then, these adults were deposited in glass flask adapted with paper and bovine dung (no endophyte fungus), and wait for the female oviposition, to subsequently obtain larvae of *H. irritans*. Finally, in laboratory was carried out the experiment, in the which was deposited one larvae into Petri dish with 15 g of dung, with a *n* 40 per treatment (E+ y E-). Larvae survival was evaluated at 10 days. Also, was evaluated residual effect that could have the endophytic fungus treatment on adult emergency. For field experiment, it waited until the steer defecate, and the dung material was marked with a flag. Finally, the cattle dung was collected, because in theory this is the time that the gravid female fly ovipositing, then was transported to the laboratory until their evaluation (at 10 days). Laboratory results, showed only 10% of larvae survival in (E+), while in (E-) was 45% in both. Treatments there was natural mortality. Adult emergency experiments, in the treatment (E+), showed only 29.4% of adult emergency, than 92.9% in (E-). Finally, in field conditions, only 19.2% of *H.irritans* was found in E+ cattle dung.

In conclusion, results suggest that there were biosinsecticide activity in cattle dung from steers fed with endophytic fungus pastures, property confer due to the presence of secondary metabolites as alkaloids.

8. LITERATURA CITADA

Arechavaleta, M., Bacon, C.W., Hoveland C.S. & Radcliffe, D.E., 1989. Effect of the tall fescue endophyte on plant response of environmental stress. *Agronomy Journal* 81: 83-90.

Akutse, K. S., Maniania, N. K., Fiaboe, K. K. M., Van Den Berg, J. & Ekesi, S. 2013. Endophytic colonization of *Vicia faba* and *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) by fungal pathogens and their effects on the life-history parameters of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). *Fungal Ecology* 6(4): 293-301.

Baker, G. T. 1987. Morphological aspects of the third instar larva of *Haematobia irritans*. *Medical and Veterinary Entomology*. 7:279-283.

Barros, A. T., Guglielmo, A. A. & Martins, J. 2002. Mosca de los cuernos (*Haematobia irritans*): Control sustentable y resistencia a los insecticidas. Documento RedEctopar. pp. 2-7.

Birkett, M. A., Agelopoulos, N., Jensen K.-M. V., Jespersen, J. B., Pickett, J. A., Prijs, H. J., Thomas, G., Trapman, J. J., Wadhams, L. J. & Woodcock, C.M. 2004. The role of volatile semiochemicals in mediating host location and selection by nuisance and disease-transmitting cattle flies. *Medical and Veterinary Entomology* 18: 313-322.

Braman, S. K., Duncan, R. R., Engelke, M. C., Hanna, W. W., Hignight, K. & Rush, D. 2002. Grass Species and Endophyte Effects on Survival and Development Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 95 (2): 487-492.

Bruce, W. 1964. The history and biology of the horn fly, *Haematobia irritans* (L). with comments on control. Technical Bulletin. 157. North Carolina Agricultural Experimental Station. 33p.

Bultman, T. & Conard, N. 1998. Effects of Endophytic Fungus, Nutrient Level, and Plant Damage on Performance of Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology*. 27 (3): 631-635.

Campano, S. & Avalos, P. 1994. Presencia de *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae) en ganado bovino en Chile. *Parasitología al Día* 18: 59-61.

Candia, G. 2011. Producción de *Festuca arundinacea* Schreb sembrada sola y en mezcla con *Lolium perenne* L., en un andisol de la Región de La Araucanía. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 7p.

Cicchino, A. C., Abrahamovich, A.H., Torres, A.H., Nuñez, J.L. & Prieto, O.H. 1983. Mosca de los cuernos, *Haematobia irritans* (Linneaus 1758), (Diptera: Muscidae). Contribuciones para su conocimiento en la argentina I: aspectos morfológicos básicos. *Revista de Medicina Veterinaria* 75: 170-186.

Cisternas, E. & Torres, A. 1997. Gorgojo Argentino de las Ballicas: Antecedentes biológicos, daños e incidencia en praderas. INIA Remehue. Osorno, Chile. Boletín técnico N° 242. 8p.

Cisternas, E. 1999. Mosca de los cuernos, *Haematobia irritans*. Informativo Remehue N° 11. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigaciones Remehue, Chile.

Cisternas, E. 2000. La mosca de los cuernos: un problema en aumento. *Tierra Adentro* 29: 29-30, Chile.

Clay, K. 1990. Fungal endophytes of grasses. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 21: 275-297.

CONAF-CONAMA. 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Universidad Austral de Chile, Pontificia universidad Católica de Chile y Universidad Católica de Temuco, Chile. 33p.

Conover, W. J. 1999. Practical Nonparametric Statistic. Willey, New York.

Cortés, E. 2009. Estudio de campo para medir la eficacia de aretes impregnados con diazinon 40% y endosulfán 30% en el control de *Haematobia irritans* en bovinos. Tesis de Médico Veterinario. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. 27 pp.

D' angelo, G., Postulka & Ferrari, L. 2005. Infrequent and intense defoliation benefits dry-matter accumulation and persistence of clipped *Arrhenaterum elatius*. Grass and Forage Science 60: 17-24.

De la Fuente A. 2008. Eficacia de la aplicación temprana de dos presentaciones de insecticidas en el control de *Haematobia irritans* en bovinos durante la temporada 2006-2007. Tesis de Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 22p.

DeRouen, S. M., Foil, L. D., MacKay, A. J., Franke, D. E., Sanson, D. W. & Wyatt, W. E. 2003. Effect of horn fly (*Haematobia irritans*) control on growth and reproduction of beef heifers. Journal of Economic Entomology 96: 1612-6.

Demagnet, R. 2008. Festuca (*Festuca arundinacea* Schreb). Disponible en: <http://www.praderasypasturas.com/images/stories/Documentos/Pasturas/Gramineas_Forrajeras/Festuca_Festuca_arundinacea_Schreb.pdf>. Conectado el 20 de Febrero del 2012.

Dobson, R. C., Dutz, F. W. & Sanders, D. P. 1970. Attraction of horn flies to testosterone-treated steers. Journal of Economic Entomology. 63: 323-323.

Dougherty, C. T. & Knapp, F.W. 1994. Oviposition and development of face flies in dung from cattle on herbage and supplemented herbage diets. *Veterinary Parasitology* 55: 115-127.

Dougherty, C. T., Knapp, F. W., Bush, L. P., Maul, J. E. & Van Willigen, J. 1998. Mortality of horn fly (Diptera: Muscidae) larvae in bovine dung supplemented with loline alkaloids from tall fescue. *Journal of Medical Entomology*. 35 (5): 798-803.

Dougherty, C. T., Knapp, F. W. & Bush, L. P. 1999. Mortality of Horn Fly Larvae (Diptera: Muscidae) in Bovine Dung Supplemented with Ergotamine and *N*-Formyl Loline. *Journal of Medical Entomology* 36 (1): 73-77.

Easton, S. 1999. A background to endophytes. *Dairy Farming Annual*. Ed. Massey University, New Zeland. pp. 17-28.

Foil, L.D. & Hogsette, J.A. 1994. Biology and control tabanids, stable flies and horn flies. *Revue Scientifique et Technique* 13 (4): 1125-1158.

Fletcher, L. R. & Harvey, I. C. 1981. An association of a *Lolium* endophyte with ryegrass staggers. *New Zealand Veterinary Journal* 29: 185-186.

Groves, D. 2007. Efecto de la frecuencia e intensidad del pastoreo de otoño en la producción y calidad de una pastura permanente. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera, Chile. pp: 9-12.

Galdames, R. 1995. El hongo endófito de la festuca, *Acremonium coenophialum* Morgan-Jones & Gams, y su incidencia en el sur de Chile. *Agricultura Técnica*. 55 (1): 67-70.

Guglielmo, A.A, Castelli, M.E., Volpogni, M.M., Anziani, O.S. & Mangold, A.J. 2002. Dynamics of cypermethrin resistance in the field in the horn fly *Haematobia irritans*. *Medical and Veterinary Entomology*. 16:310-315.

Guillet, M. 1984. Las gramíneas forrajeras. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp: 355.

Hodgson, W. 1990. Grazing management. Science into practice. London (UK): Longman Group Limited.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). 1998. VI Censo Nacional Agropecuario. Impresos Universitaria. Chile. 214 p.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). & Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2007. VII Censo nacional agropecuario y forestal. Boletín informativo del Instituto Nacional de Estadística, Chile. 7p.

Kramm, C. A. 2000. Actividad de vuelo de *Stomoxys calcitrans* (L.) y niveles de infestación de *Haematobia irritans* (L.), su relación con factores ambientales e influencia de estas especies sobre el comportamiento de vacas lecheras. Escuela de Agronomía. Universidad Austral de Chile, Valdivia. pp. 149.

Kunz, S.E., Blume, R.R., Hogan, B.F. & Matter, J.J. 1970. Biological and Ecological Investigations of Horn Flies in Central Texas Influence of Time of Manure Deposition on Oviposition. Journal of Economical Entomology 63: 930-933.

Kunz, S. E. & Cunningham, J. R. 1977. A population prediction equation with notes on the biology of the horn fly in Texas. Southwestern Entomologist. 2: 79-87.

Lanuz, F., Torres, A. & Cisternas, E. 2003. El gorgojo y el endófito de las ballicas en la producción bovina de leche y carne en el sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. 159p.

Lanuz, F., Paredes, E., Sievers, G. & Cortázar, J. M. 2005. Manejo sanitario y principales enfermedades de los bovinos de carne. *En: Catrileo, A. (Ed):* Producción y

manejo de carne bovina en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de agricultura. Temuco, Chile. pp: 513-550.

Meza, P. 2009. Producción de siete cultivares de *Lolium perenne* L. en el secano de la IX Región de La Araucanía. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de La Frontera, Chile. pp. 3.

Mochi, D. A., Monteiro, A. C., Ribeiro, A. C. & Yoshida, L. 2010. Efficiency of entomopathogenic fungi in the control of eggs and larvae of the horn fly *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae). *Veterinary Parasitology*. 167: 62-66.

Morgan, N.O. & Schmidt, C.D. 1996. The pH tolerance of horn fly larvae. *Journal of Economic Entomology* 59: 222-223.

Morgan-Jones, G. and Gams, W. 1982. Notes on Hypomicetes, XLI. An endophyte of *Festuca arundinacea* and the anamorph of epichloe, new taxa in one of two new sections of *Acremonium*. *Mycotaxon* 15: 311-318.

Mustapha, F. A., Dereje, D.-G. & Vidal, S. 2004. Indirect interaction between an unspecialized endophytic fungus and a polyphagus moth. *Basic and applied ecology* 5: 183-191.

Navarro, J. 2005. Tópicos de producción bovina. Fundación Chile. 120p.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2012. Boletín carne bovina: tendencias de producción, precios y comercio exterior. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl//odepaweb/servicios-informacion/Boletines/BCarneBovina1212.pdf?jsessionid=8F9849540F82964CB850A483E59609E6>>. Conectado el 21 de Marzo del 2012.

Oyarzún, M. 2008a. Insecticide resistance in the horn fly: alternative control strategies. *Medical and Veterinary Entomology* 22: 188-202. 15p.

Oyarzún, M. 2008b. Semioquímicos que median la relación parásito-hospedero entre la mosca de los cuernos (*Haematobia irritans*) y el ganado bovino. Tesis de Doctorado en Ciencias de Recursos Naturales. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. pp. 5-15.

Oyarzún, M. P., Palma, R., Alberti, E., Hormazabal, E., Pardo, F., Birkett, M. A. & Quiroz, A. 2009. Olfactory response of *Haematobia irritans* (Diptera: Muscidae) to cattle-derived volatile compounds. *Journal of Medical Entomology* 46(6): 1320 – 1326.

Ramírez, H. 2011. Producción de *Festuca arundinacea* Schreb. sembrada sola y en mezcla con *Dactylis glomerata* L. en un andisol de La Araucanía. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de La Frontera, Chile. pp. 6-10.

Reyes, A. 2006. Efecto de la frecuencia e intensidad del pastoreo primaveral en el rendimiento y calidad de una pastura permanente. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de La Frontera, Chile. 24p.

Romero, O. 1982. Comportamiento de dos especies en secano: pasto ovido y festuca. IPA Carillanca, (Chile). 1 (2): 14-17.

Rudgers, J. & Clay, Keith. 2007. Endophyte symbiosis with tall fescue: how strong are the impacts on communities and ecosystems?. *Fungal Biology Reviews* 21: 107-124.

Sanders, D.P. & Dobson, R. C. 1969. Contribution to the biology of the horn fly. *Journal of Economic Entomology* 62: 1362-1366.

Schreiber, E. T. & Campbell, J. B. 1986. Horn fly (Diptera: Muscidae) distribution on cattle as influenced by host color and time of day. *Environmental Entomology*. 15: 1307-1309.

Steelman C.D., Brown, A.H., Gbur, E.E. & Tolley, G. 1991. Interactive response of the horn fly (Diptera: Muscidae) and selected breeds of beef cattle. *Journal of Economic Entomology*. 84: 1275-1282.

Torres, A. 2006. Mejoramiento de praderas naturalizadas. En **Navarro, H (ed).** Manual de Producción de Leche para Pequeños y Medianos Productores. Boletín INIA N° 148. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigación Agropecuario (INIA), Centro regional de Investigación INIA Remehue. Osorno, Chile. pp: 25-34.

Torres, P. & Prieto, O. 1993. La mosca de los cuernos. *Haematobia irritans*. Enfermedades parasitarias de importancia económica en bovinos, bases epidemiológicas para su prevención y control. pp. 353-367.

Tozer, R.S., Sutherst, R.W. 1996. Control of horn fly (Diptera: Muscidae) in Florida with an Australian trap. *Journal of Economic Entomology*. 89: 415-420, 1996

Velasco, R., Gonzalez, J., Morales, G. & Ortega, E. 2001. Daño económico y costos de control en bovinos: mosca de los cuernos. Informativo agropecuario. *Bioleche-INIA Quilamapu* 14: 4-7.

Xavier, J. A. 2003. Comparación de la efectividad de una trampa eléctrica con el tratamiento convencional con insecticidas frente al ataque estival de *Haematobia irritans* en bovinos. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile, Valdivia. pp. 103.

Zabalgogezcoa, I., Garcia, A. & Garcia, B. 1998. *Neotyphodium coenophialum* en semillas de variedades forrajeras de *Festuca arundinacea*. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 13 (1-2). 6p.

9. AGRADECIMIENTOS

El autor de esta investigación agradece el apoyo y financiamiento al Laboratorio de Química Ecológica-Universidad de La Frontera y al Proyecto FONDECYT N° 3110085.

A Dios, por estar en todo momento librándome de cometer errores fatales, por responder cada vez que lo necesite, y por guiarme al éxito como estudiante.

A mis profesores guía y consejero Andrés Quiroz y Leonardo Parra, respectivamente, por el apoyo y el tiempo dedicado para aconsejarme y corregirme para una correcta entrega de mi tesis.

A mi hijo amado León, por ser el impulso que me permitió alcanzar mis metas, por darme fuerzas y estar en mi mente diciéndome que no me rinda nunca.

A mis padres amados, por ser el principal pilar y apoyo emocional e intelectual, y por enseñarme que el sacrificio es la única forma de cumplir los objetivos en esta vida.

A Sara, la mujer, que espero que sea mi compañera de por vida y que me mantuvo a ralla, me hizo madurar, y me dio la alegría más grande en el mundo, mi hijo.

Y por último a mis amigos Jorge, Javier, Álvaro, Alfredo, Ignacio, Camila y Manuel por darme la cuota de entretención y apoyo que solo ellos podían darme y hacer de la universidad un lugar ameno.