

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

CARACTERIZACIÓN DE LA
RESPUESTA FUNCIONAL Y EL
GRADO DE DEPENDENCIA DE LA
DENSIDAD DE *Diadegma insulare*
(Cresson) PARASITOIDE DE
Plutella xylostella L.

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

Por

RENE A. OCHOA

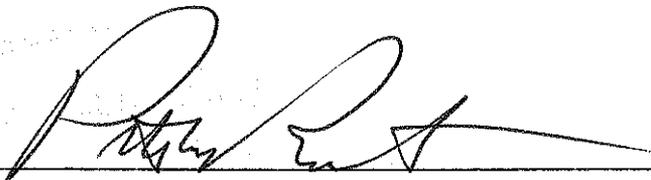
Turrialba, Costa Rica

1989

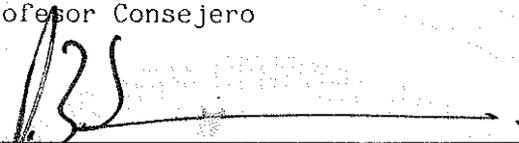
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

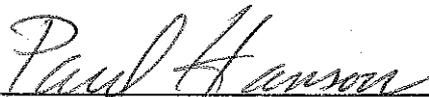
COMITE ASESOR:



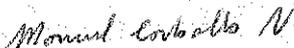
Peter Rosset, Ph.D.
Profesor Consejero



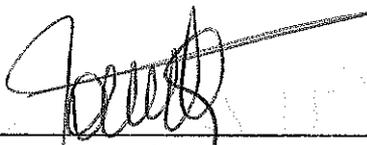
Philip Shannon, M.Sc.
Miembro del Comité



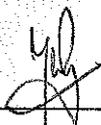
Paul Hanson, Ph.D.
Miembro del Comité



Manuel Carballo, M.Sc.
Miembro del Comité



Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado



Dr. José Luis Parisí
Subdirector General Adjunto de Enseñanza

RENE A. OCHOA

René A. Ochoa
Candidato

DEDICATORIA

A mis Padres:
Rigoberto y Hermida

A mi abuela: Camila

A mis tías:
Elsita y Cory

A todos mis hermanos
incluyendo a: Okunaga,
Regula, Pedro y
Ligia (Q.D.D.G.)

A toda mi familia

AGRADECIMIENTO

A mi formador: Dr. Peter Rosset.

Miembros de mi Comité: M.Sc. Manuel Carballo, Dr. Paul Hanson, M.Sc. Philip Shannon.

Profesores: Dr. Rutilio Quezada y Dr. Ramiro de la Cruz.

Colaboradores de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano: Dr. Keith Andrews y Dr. Ronald Cave. En especial a miembros de la Sección de Repollo.

Colaboradores y Amigos: Dr. Yvonne Inés Widmer, Dr. David Monterroso, M.Sc. Mario Bustamante.

Colaboradores: Imperial College, Silwood Park, Dr. Jeffrey K. Waage, Dr. Andy Cherry.

Colaboradores: École Polytechnique Federal Zurich. Prof. Dr. V. Lucchi, Dr. J. Baumgärtner, Dr. J. Casas.

Secretaria: Sra. Mayela Alvarado, por su excelente trabajo.

A: Promoción 1987 - 1989.

Del Señor es toda la Gloria

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Comayagüela el 27 de noviembre de 1958.

Realizó su educación primaria y secundaria en Tegucigalpa, Honduras.

En 1978 ingresó en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) egresando en 1982, recibiendo el título de Ingeniero Agrónomo en 1986, en el Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA).

Su experiencia profesional la obtuvo de 1982-1987 en el Ministerio de la Secretaría de Recursos Naturales en la Regional N° 9, La Esperanza - Intibuca donde desempeñó los cargos de: Técnico asistente de la Sección de Hortalizas del Proyecto Demostrativo de Agricultura La Esperanza (PDAE), Encargado de la Producción de semilla básica de papa (Proyecto Papa), Coordinador Subregional de Investigación Agrícola (Marcala - La Paz), Jefe Nacional de Investigación en Papa, Jefe de Contrapartes Nacionales del PDAE, encargado de la Sección de Entomología.

En 1987, ingresó al Programa de Maestría del CATIE en el Area de Manejo Integrado de Plagas y se graduó de *Magister Scientiae* en octubre de 1989.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Aspectos generales de <i>P. xylostella</i>	4
2.2 Aspectos generales de <i>D. insulare</i>	5
2.2.1 Mortalidad causada por el parasitoide <i>D. insulare</i> en su hospedero <i>P. xylostella</i> , en lotes comerciales de repollo	6
2.2.2 Proporción de sexo de <i>D. insulare</i>	8
2.3 Aspectos generales de control biológico de insectos	10
2.3.1 Tipos de control biológico	10
2.3.1.1 Control biológico natural	10
2.3.1.2 Control biológico aplicado	10
2.3.2 Características de un buen enemigo natural (parasitoide y depredador)	11
2.3.2.1 Capacidad de adaptación a diferen- tes condiciones físicas del medio ambiente	12
2.3.2.2 Búsqueda y dispersión	12
2.3.2.3 Capacidad de incremento, superior al de los hospederos y presas	13
2.3.2.4 Otras propiedades intrínsecas de los enemigos naturales	14
2.4 Dependencia de la densidad	16
2.5 Respuesta funcional	19
2.5.1 Caracterización de la respuesta funcional Tipo II	21
2.5.1.1 Descripción del modelo de Holling	23
2.5.1.2 Modelo de búsqueda al azar de parasitoides propuesto por Roger's	24
2.5.1.3 Prueba de No Linealidad	25
2.6 Respuesta funcional y numérica en campo	27
3. MATERIALES Y METODOS	29
3.1. Fase de campo	
Ensayo de dependencia de la densidad	29
3.1.1 Descripción de localidades	29
3.1.2 Período de duración del ensayo	29

	Página
3.1.3 Descripción de las prácticas de cultivo	30
3.1.3.1 Semillero, distanciamiento de siembra, fertilización y otras prácticas agronómicas	30
3.1.4 Metodología del ensayo del grado de dependencia de la densidad de <i>Diadegma insulare</i>	31
3.1.5 Registro de datos	31
3.1.6 Análisis del ensayo de dependencia de la densidad de <i>D. insulare</i> (Cress)	33
3.2 Fase de laboratorio	
Respuesta funcional de <i>D. insulare</i> (Cress)	35
3.2.1 Descripción de los laboratorios	35
3.2.2 Período de duración del ensayo	35
3.2.3 Cría de <i>P. xylostella</i> y <i>D. insulare</i>	36
3.2.3.1 Obtención del pie de cría de la plaga hospedera (<i>P. xylostella</i>) y enemigo natural parasitoide (<i>D. insulare</i>)	36
3.2.3.2 Mantenimiento de la cría de <i>P. xylostella</i>	37
3.2.3.2.1 Jaulas de oviposición	37
3.2.3.2.2 Mantenimiento de la cría de larvas de <i>P. xylostella</i>	37
3.2.3.2.3 Cría y mantenimiento de <i>D. insulare</i>	38
3.2.3.3.4 Selección de pupas sanas y parasitadas	38
3.2.4 Mantenimiento en el Invernadero	39
3.2.5 Metodología Experimental	40
3.2.5.1 Diseño Experimental de la respuesta funcional	40
3.2.5.2 Descripción de los tratamientos	40
3.2.6 Manejo del parasitoide <i>D. insulare</i>	41
3.2.6.1 Hembras Experimentadas	41
3.2.6.2 Aislamiento de Pupas	41
3.2.6.3 Copulación de la Hembra	42
3.2.6.4 Experimentación a la búsqueda y oviposición.	42
3.2.6.5 Cajas y plantas de repollo experimentales	43

3.2.6.6	Tiempo de comportamiento observado por avispa	Página 44
3.2.7	Registro de datos para la respuesta funcional	46
3.2.7.1	Comportamiento registrado en los intervalos de tiempo en el suelo, sobre y fuera de la planta	46
3.2.7.2	Recuento de hospederos parasitados	47
4.	RESULTADOS	50
4.1	Fase de campo	50
4.1.1	Observaciones de campo y porcentaje de parasitismo en las localidades de El Zamorano y San Juan del Rancho	50
4.1.2	Comparación de la proporción de sexo a nivel de campo y laboratorio.	53
4.1.3	Caracterización del grado de dependencia de la densidad de <i>D. insulare</i> parasitoide de <i>P.xylostella</i> .	54
4.1.3.1	Análisis de regresión para datos sin transformar	54
4.1.3.2	Análisis de regresión para datos transformados en logitos	56
4.1.3.3	Análisis gráfico del parasitismo de <i>D. insulare</i> y la densidad de <i>P. xylostella</i>	57
4.2	Fase de laboratorio	60
4.2.1	Análisis de varianza	60
4.2.1.1	Análisis de varianza para los datos promedios en segundos (seg) del tiempo de búsqueda (TB) y el tiempo de manipuleo (TM) gastado por <i>D. insulare</i> en las densidades experimentales	60
4.2.1.2	Análisis de varianza para el número de hospederos parasitados por <i>D. insulare</i> a nivel de laboratorio.	62
4.2.2	Caracterización de la respuesta funcional de <i>D. insulare</i>	62
4.2.2.1	Respuesta funcional de <i>D. insulare</i>	62

	Página
5. DISCUSION	68
5.1 Discusión de resultados	
Fase de campo dependencia de la densidad	68
5.1.1 Parasitismo por <i>D. insulare</i> en El Zamorano y San Juan del Rancho	68
5.1.2 Proporción de sexo en campo y laboratorio	69
5.1.3 Grado de dependencia de la densidad de <i>D.</i> <i>insulare</i> sobre su hospedero <i>P. xylostella</i>	71
5.2 Discusión de resultados. Fase de Laboratorio	
Respuesta funcional	74
5.2.1 Patrón de comportamiento de búsqueda y manipuleo de <i>D. insulare</i>	74
5.2.2 Respuesta funcional de <i>D. insulare</i>	75
5.3 Discusión general. Parasitismo, proporción de sexo, Grado de dependencia de la densidad y respuesta funcional	76
5.4 Discusión práctica de la respuesta funcional en laboratorio y la respuesta total de campo	78
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
6.1 Conclusiones	83
6.2 Recomendaciones	84
CUADROS	86
BIBLIOGRAFIA	103

OCHOA, R. A. 1989. Caracterización de la respuesta funcional y el grado de dependencia de la densidad de *Diadegma insulare* (Cresson) parasitoide de *Plutella xylostella*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 108 p.

Palabras claves: *Diadegma insulare*, *Plutella xylostella*, dependencia de la densidad, proporción de sexo, respuesta funcional, respuesta numérica, respuesta total, actividades de manipuleo, actividades de búsqueda.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar características biológicas y de comportamiento de *D. insulare* para analizar su potencial como agente de control biológico de *P. xylostella*, los objetivos específicos fueron determinar el grado de dependencia de la densidad presente en campo, la proporción de sexo en campo y laboratorio y la respuesta funcional en laboratorio y conociendo las dos respuestas funcional y total deducir la respuesta numérica de *D. insulare* en función de la densidad de hospedero *P. xylostella*.

Esta investigación se realizó en Honduras, en dos localidades de Francisco Morazán: San Juan del Rancho y los Predios y laboratorios de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.

Se determinó que este parasitoide posee una dependencia inversa de la densidad de su hospedero, pero

muy ligera, con tendencia a una respuesta independiente de la densidad a nivel de campo.

Se encontró que la proporción de sexo macho:hembra fue de 1,05:1 en campo y 3,47:1 a nivel de laboratorio.

El parasitoide *D. insulare* presentó una respuesta funcional tipo II, determinado que las actividades de manipuleo limitan a las actividades de búsqueda en 66,61 % y 33,39 % respectivamente.

Por deducción la respuesta numérica del parasitoide puede comportarse de dos maneras:

- a. La respuesta numérica debe de ser ligeramente dependiente de la densidad de hospedero para compensar el efecto independiente de la densidad de la respuesta total obtenida en el campo.
- b. La respuesta numérica debe de comportarse levemente independiente para compensar el efecto ligero inverso dependiente de la respuesta total obtenida en campo.

Con lo expresado anteriormente se recomienda buscar mecanismos para mejorar la respuesta numérica del parasitoide para generar un efecto dependiente de la densidad capaz de regular en la abundancia de *P. xylostella*

OCHOA, R. A. 1989. Characterization of the functional response and the density dependence of *Diadegma insulare* (Cresson) parasitoid of *Plutella xylostella* L. Thesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 108 p.

Key words: *Diadegma insulare*, *Plutella xylostella*, density dependence, sex ratio, functional response, númeroic response, total response, handling activities, searching activities.

SUMMARY

The general objective of the present study was to evaluate the biological and behavioural characteristics of *Diadegma insulare* (Cresson) as a potential agent for biological control of *Plutella xylostella* L.

The specific objectives were to determine the degree of density dependence present in the field, the sex ratio in the field and in the laboratory. Additionally, to deduce the numeric response of *D. insulare* in function of the density of the host *P. xylostella* given the two responses functional and total.

This research was carried out in Honduras, in two localities of Francisco Morazán: San Juan del Rancho and the properties and laboratories of the Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.

It was determined that the parasitoid has an inverse dependecy to the host density, but very slight, with a

tendency to an independent response to the density in the field.

The sex ratio male: female was 1.05:1 in the field and 3.47:1 in the laboratory.

The parasitoid *D. insulare* presented a functional response type II where the handling activities confined the search activities to 66.61 % and 33.39 % respectively.

The numeric response of the parasitoid can be deduced in two ways, as follows:

- a. The numeric response ought to be slightly host density dependent to compensate the density independent effect of the total response resulted in the field.
- b. The numeric response has to be slightly independent to compensate the slight inverse dependency of the total response obtained in the field.

According to the above mentioned, it is recommended to look for mechanisms to improve the numeric response of the parasitoid *D. insulare* to generate a density dependent effect capable to regulate the abundance of *P. xylostella*.

LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Observaciones de campo y porcentaje de parasitismo en la localidad de El Zamorano.....	87
Cuadro 2.	Observaciones de campo y porcentaje de parasitismo en la localidad de San Juan del Rancho.....	88
Cuadro 3.	Estado de crecimiento del cultivo en San Juan del Rancho y el Zamorano.....	89
Cuadro 4.	Proporción de macho-hembra en adultos de <i>D. insulare</i> , emergidos de pupas recolectadas en campo (San Juan del Rancho) y cría de laboratorio.....	90
Cuadro 5.	Análisis de regresión simple para la localidad de San Juan del Rancho, con respecto a la densidad total por muestreo y el porcentaje de parasitismo (Datos sin transformar).....	90
Cuadro 6.	Análisis de regresión simple para la localidad de El Zamorano, con respecto, a la densidad total por muestreo y el porcentaje de parasitismo (datos sin transformar).....	90
Cuadro 7.	Análisis de regresión cuadrática para la localidad de San Juan del Rancho, con respecto a la densidad total por muestreo y el porcentaje de parasitismo (Datos sin transformar).....	91
Cuadro 8.	Análisis de regresión cuadrática para la localidad de El Zamorano, con respecto, a la densidad total por muestreo y el porcentaje de parasitismo (datos sin transformar).....	91

Cuadro 9.	Análisis de regresión múltiple para la localidad de El Zamorano, con las variables independientes: número promedio de hojas, diámetro promedio de la cabeza de repollo, la densidad total de 20 plantas de repollo; y la variable dependiente: porcentaje de parasitismo sin transformar.....	92
Cuadro 10.	Análisis de regresión múltiple para la localidad de San Juan del Rancho, con las variables independientes, número promedio de hojas, diámetro promedio de la cabeza de repollo, la densidad total de 20 plantas de repollo; y la variable dependiente: porcentaje de parasitismo sin transformar.....	92
Cuadro 11.	Análisis de regresión múltiple combinado con las localidades de San Juan del Rancho y El Zamorano, actuando como variables independientes: Número promedio de hojas, diámetro promedio de la cabeza de repollo, y la variable dependiente: porcentaje de parasitismo sin transformar.....	93
Cuadro 12.	Transformación logitos para los porcentajes de parasitismo de San Juan del Rancho y El Zamorano.....	94
Cuadro 13.	Análisis de regresión simple para la localidad de San Juan del Rancho, con respecto, a la densidad total por muestreo y el porcentaje de parasitismo transformado en logitos.....	95
Cuadro 14.	Análisis de regresión simple para la localidad de El Zamorano, con respecto, a la densidad total por muestreo y el porcentaje de parasitismo transformado en logitos.....	95
Cuadro 15.	Análisis de regresión cuadrática para la localidad de San Juan del Rancho, con respecto, a la densidad total por muestreo y el porcentaje de parasitismo transformado en logitos.....	96

Cuadro 16. Análisis de regresión cuadrática para la localidad de El Zamorano, con respecto, a la densidad total por muestreo y el porcentaje de parasitismo transformado en logitos..... 96

Cuadro 17. Análisis de regresión múltiple para la localidad de El Zamorano, con las variables independientes número promedio de hojas, diámetro promedio de la cabeza de repollo, la densidad total de 20 plantas de repollo y el porcentaje de parasitismo..... 97

Cuadro 18. Análisis de regresión múltiple para la localidad de San Juan del Rancho, con las variables independientes número promedio de hojas, diámetro promedio de la cabeza de repollo, la densidad total de 20 plantas de repollo y el porcentaje de parasitismo transformado en logitos, variable dependiente..... 97

Cuadro 19. Análisis de regresión múltiple uniendo los muestreos de las localidades de San Juan del Rancho y El Zamorano, actuando como variables independientes: Número promedio de hojas, diámetro promedio de la cabeza de repollo, la densidad total de 20 plantas de repollo y la variable dependiente: porcentaje de parasitismo transformado en logitos..... 98

Cuadro 20. Análisis de varianza para el tiempo de búsqueda (seg) utilizado por *D. insulare* en las densidades experimentales(4, 8, 16, 32, 64 larvas sanas) en laboratorio..... 99

Cuadro 21. Análisis de varianza para el tiempo de manipuleo (seg.) utilizado por *D. insulare* a las densidades experimentales (4, 3, 16, 32, 64 larvas sanas) en laboratorio..... 99

Cuadro 22.	Análisis de varianza para el número de hospederos parasitados por <i>D. insulare</i> en las densidades experimentales en laboratorio.	100
Cuadro 23.	Prueba de Tukey's para el número de hospederos parasitados por <i>D. insulare</i> en las densidades experimentales de laboratorio.	100
Cuadro 24.	Análisis de Regresión para los recíprocos $1/N_a$ y $1/N$ según Livdahl prueba de rechazo de respuesta funcional tipo II donde N_a Número de hospederos parasitados y N densidad de hospederos sanos.	101
Cuadro 25.	Desviación estándar de la media de hospederos parasitados por <i>D. insulare</i> en laboratorio.	101
Cuadro 26.	Porcentaje del tiempo medio de búsqueda (TB) y manipuleo (Tm) gastado por <i>D. insulare</i> sobre la planta y las densidades experimentales.	102

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Tipos de respuesta funcional.....	21
Figura 2. Comparación de la fluctuación de <i>P. xylostella</i> y <i>D. insulare</i> en la localidad de El Zamorano, ordenados según el número de días después del trasplante.....	51
Figura 3. Comparación de la fluctuación de población de <i>P. xylostella</i> y <i>D. insulare</i> en la localidad de San Juan del Rancho, ordenados según el número de días después del trasplante.....	52
Figura 4. Porcentaje de parasitismo unido cronológicamente entre sí en la localidad de El Zamorano.....	58
Figura 5. Porcentaje de parasitismo unido cronológicamente entre sí en la localidad de San Juan del Rancho.....	59
Figura 6. Comparación de porcentaje gastado en el tiempo de búsqueda y manipuleo por <i>D. insulare</i>	61
Figura 7. Regresión de los recíprocos de hospederos parasitados ($1/N_a$) por <i>D. insulare</i> y la densidad inicial de hospederos sanos de <i>P. xylostella</i> ($1/N_a$).....	65
Figura 8. Respuesta funcional de <i>D. insulare</i> curva fijada al ojo y sus respectivos valores máximos y mínimos del número de hospederos parasitados.....	66
Figura 9. Respuesta funcional tipo II de <i>D. insulare</i> parasitoide nativo de <i>P. xylostella</i> . La línea continua es ajustada con la ecuación propuesta por Rogers (1972).....	67
Figura 10. Deducción de la respuesta numérica de <i>D. insulare</i> a partir de la respuesta funcional obtenida en laboratorio y la respuesta total de campo.....	80