

**DINÁMICA POBLACIONAL DE *Spoladea recurvalis* (F.) (LEPIDOPTERA:  
PYRALIDAE) Y SUS RELACIONES TRITRÓFICAS CON VARIACIONES EN  
LA DENSIDAD POBLACIONAL DE LA PESETA,  
*Trianthema portulacastrum* (L.).**

Por

Lorimar Figueroa Pérez

Tesis sometida en cumplimiento parcial  
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

En

Protección de Cultivos

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ  
2003

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
Lizzette González, Ph.D.  
Miembro Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Nelson Semidey, Ph.D.  
Miembro Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Ángel Luis González, Ph.D.  
Presidente Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Ángel Berríos, Ph.D.  
Representante de Estudios Graduados

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Nelson Semidey, Ph.D.  
Director de Departamento

\_\_\_\_\_  
Fecha

## ABSTRACT

The weed “horse purslane” (*Trianthema portulacastrum* [L.]) may be completely defoliated by *Spoladea recurvalis* (F.) larva, but the lack of a temporal synchrony between them precludes that the competition exerted by the weed on vegetable crops is avoided. In field studies (2001-02) with varying densities of the weed conducted in the Agricultural Experiment Station in Juana Díaz and in studies in fallow plots located in Juana Diaz, Santa Isabel and Lajas, it was found that the population densities of *S. recurvalis* were directly related to the population density of the weed. The herbivore reached regulating densities when the weed attained almost a hundred percent ground coverage. Applications of Bt-based products reduced *S. recurvalis* larval densities, however, the reduction in larval densities did not preclude the eventual defoliation of the weed. The insect is present, with an aggregated distribution, throughout the year in the localities studied. In choice tests, larvae preferred to feed on “horse purslane” than on other weeds and did not feed on crops, except for sugar beet. The following hymenopterans parasitoids were identified attacking *S. recurvalis*: the braconids *Apanteles* sp., *Cremnops* sp. and *Chelonus cautus* Cresson, and the pteromalid *Catolaccus* sp. The chalcidid *Spilochalcis* sp. and the elasmid *Elasmus* sp. were found as hyperparasites of *Apanteles*.

## RESUMEN

La maleza peseta (*Trianthema portulacastrum* [L.]), puede defoliarse completamente por la larva de *Spoladea recurvalis* (F.), pero no hay una sincronización temporal entre éstas que evite la competencia que el yerbajo ejerce sobre los cultivos de hortalizas. En estudios de campo con variaciones en la densidad poblacional de la maleza realizados en la Estación Experimental Agrícola de Juana Díaz y en estudios en predios en barbecho localizados en Juana Díaz, Santa Isabel y Lajas se encontró que la densidad poblacional de *S. recurvalis* está directamente relacionada con la densidad poblacional de la maleza. El herbívoro alcanzó niveles poblacionales regulativos cuando la maleza llegó a cerca de un cien por ciento de cobertura. Las aplicaciones de productos a base de Bt pueden disminuir las poblaciones del herbívoro, sin embargo, no evitan la eventual defoliación de la maleza. El insecto estuvo presente con una distribución agregada a través de todo el año en las localidades estudiadas. En pruebas de selección, las larvas prefirieron alimentarse de la peseta más que de otras malezas, y no se alimentaron de ningún cultivo excepto de la remolacha. Los siguientes parasitoides himenópteros fueron identificados atacando a *S. recurvalis*: los braconidos *Apanteles* sp., *Cremonops* sp. y *Chelonus cautus* Cresson y el pteromárido *Catolaccus* sp. Se encontró al chalcídido *Spilochalcis* sp. y al elásmido *Elasmus* sp. como hiperparásitos de *Apanteles*.

## **DEDICATORIA**

A Dios, porque sin El nada soy.

A mis padres, Raffin y Lourdes, y a mis hermanos, Rafaelito y Lismarian, porque nunca me fallan y por enseñarme que la vida hay que vivirla a plenitud con amor, lealtad, sabiduría y sencillez.

Al Doctor Ángel L. González por tener fe en mí y por ser un excelente guía, maestro y amigo.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna forma fueron parte de este trabajo y que por ende son parte de mi desarrollo personal y profesional.

A la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez.

Al Dr. Nelson Semidey y su esposa por sus consejos, su cariño y su amistad.

A la Dra. Lizzette González por formar parte del Comité Graduado.

Al personal de la Estación Experimental Agrícola de Juana Díaz por su colaboración en los experimentos de campo.

Al personal del Departamento de Protección de Cultivos, por su ayuda y su cariño.

A los agrónomos Eddie, Orlando y Marcos por poner a mi disposición su finca en Santa Isabel para el estudio.

Al Dr. Michael W. Gates del Instituto Smithsonian en Washington por su ayuda en la identificación de los parasitoides.

A Luis A. Duran, por todo su apoyo, ayuda y confianza.

A mis compañeros Leyda, Katherine, Luis Collazo, Lynette, Jairo, Mirllian, Rosco, Armando, Rabel, Lidys y Brenda por darme una palabra o una mano de apoyo cuando lo necesité.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>PÁGINA</b>
Lista de Cuadros.....	viii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Apéndices.....	xii
Introducción.....	1
Objetivos.....	8
Revisión de Literatura.....	9
Materiales y Métodos.....	15
Experimento de Campo I.....	15
Experimento de Campo II.....	17
Dinámica Poblacional en Predios en Barbecho.....	18
Prueba de Hospederos Alternos.....	19
Identificación de Parasitoides.....	23
Resultados.....	24
Experimento I.....	24
Cobertura.....	24
Número y Peso de Semillas.....	26
Peso Fresco y Seco.....	26
Densidad Poblacional de <i>S. recurvalis</i> .....	26
Porcentaje de Hojas Dañadas.....	29
Porcentaje de Parasitismo.....	29
Experimento II.....	33

Cobertura.....	33
Peso Fresco y Seco.....	38
Densidad Poblacional de <i>S. recurvalis</i> .....	38
Porcentaje de Hojas Dañadas .....	42
Porcentaje de Parasitismo.....	42
Dinámica poblacional en predios en barbecho.....	48
Densidad poblacional de <i>S. recurvalis</i> .....	48
Porcentaje de Hojas Dañadas .....	50
Porcentaje de Parasitismo.....	52
Discusión.....	57
Parasitoides Criados de <i>S. recurvalis</i> .....	65
Prueba de Hospederos Alternos.....	79
Conclusiones.....	86
Recomendaciones.....	88
Literatura Citada.....	90
Apéndices.....	95

## LISTA DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Número y peso de semillas de <i>T. portulacastrum</i> (L.) a diferentes densidades de siembra, Juana Díaz, P. R., 2001 .....	27
2. Peso fresco y peso seco de <i>T. portulacastrum</i> (L.) a diferentes densidades de siembra, Juana Díaz, P. R., 2001 .....	27
3. Cobertura a distintas densidades de <i>T. portulacastrum</i> con (+) o sin (-) aspersiones de insecticida a base de <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt), Juana Díaz, P. R., 2002 .....	34
4. Peso fresco y peso seco de plantas de <i>T. portulacastrum</i> con (+) o sin (-) aspersiones de <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt) a diferentes densidades de siembra, Juana Díaz, P. R., 2002 .....	39
5. Número de larvas de <i>S. recurvalis</i> en tallos de <i>T. portulacastrum</i> , con (+) o sin (-) aspersiones de <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt), Juana Díaz, P. R., 2002 .....	40
6. Porcentaje de hojas dañadas de <i>T. portulacastrum</i> a distintas densidades de plantas, con (+) o sin (-) aspersiones de insecticida a base de <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt), Juana Díaz, P. R., 2002 .....	43
7. Porcentaje de parasitismo en <i>S. recurvalis</i> a distintas densidades de plantas de <i>T. portulacastrum</i> con (+) o sin (-) aspersiones de insecticida a base de <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt), Juana Díaz, P. R., 2002 .....	46
8. Preferencia de las larvas de <i>S. recurvalis</i> por supuestas plantas hospederas .....	83

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Etapa larval de <i>S. recurvalis</i> sobre hoja de <i>T. portulacastrum</i> .....	6
2. Daño en hojas de <i>T. portulacastrum</i> causado por <i>S. recurvalis</i> .....	7
3. Adulto de <i>S. recurvalis</i> sobre <i>T. portulacastrum</i> .....	12
4. Ejemplo de una prueba de selección utilizando dos plantas (SD) .....	22
5. Cobertura de <i>T. portulacastrum</i> a diferentes densidades de siembra, Juana Díaz, P. R., 2001 .....	25
6. Número de larvas de <i>S. recurvalis</i> en <i>T. portulacastrum</i> , Juana Díaz, P. R., 2001 .....	28
7. Porcentaje de hojas dañadas de <i>T. portulacastrum</i> , Juana Díaz, P. R., 2001 .....	30
8. Porcentaje de parasitismo de <i>S. recurvalis</i> a distintas densidades de <i>T. portulacastrum</i> , Juana Díaz, P. R., 2001 .....	31
9. Efecto del Bt y la densidad de <i>T. portulacastrum</i> sobre la cobertura a los 14 (A) y a los 21 (B) días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002 .....	35
10. Efecto del Bt y la densidad de <i>T. portulacastrum</i> sobre la cobertura a los 25 (A) y a los 28 (B) días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002 .....	36
11. Efecto promedio de la densidad de <i>T. portulacastrum</i> sobre la cobertura a los 36 días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002 .....	37
12. Efectos del Bt y la densidad sobre el número de larvas de <i>S. recurvalis</i> a los 43 días del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002 .....	41
13. Efecto del Bt y la densidad de <i>T. portulacastrum</i> sobre el porcentaje de hojas dañadas a los 36 (A) y a los 43 (B) días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002 .....	44

14.	Efecto del Bt y de la densidad de <i>T. portulacastrum</i> sobre el porcentaje de hojas dañadas a los 50 (A) y a los 57 (B) días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002 .....	45
15.	Efecto del Bt y de la densidad de <i>T. portulacastrum</i> en el porcentaje de parasitismo en <i>S. recurvalis</i> a los 50 (A) y a los 57 (B) días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002 .....	47
16.	Promedio de larvas de <i>S. recurvalis</i> colectadas en tallos de la peseta por época y localidad, 2001-02 .....	49
17.	Promedio de hojas dañadas de <i>T. portulacastrum</i> por época y localidad, 2001-02 .....	51
18.	Porcentaje de parasitismo sobre <i>S. recurvalis</i> por época y localidad, 2001-02 .....	53
19.	Promedio de larvas y porcentaje de parasitismo de <i>S. recurvalis</i> a través del tiempo en la localidad de Juana Díaz, 2001-2002 .....	54
20.	Promedio de larvas y porcentaje de parasitismo de <i>S. recurvalis</i> a través del tiempo en la localidad de Lajas, 2001-02 .....	55
21.	Promedio de larvas y porcentaje de parasitismo de <i>S. recurvalis</i> a través del tiempo en la localidad de Santa Isabel, 2001-02 .....	56
22.	Modelo conceptual de la dinámica poblacional de <i>S. recurvalis</i> y la cobertura de la maleza <i>T. portulacastrum</i> .....	60
23.	Modelo conceptual para la utilización de <i>S. recurvalis</i> en el control biológico por inundación de la maleza peseta ( <i>T. portulacastrum</i> ) .....	62
24.	Parasitoide de <i>S. recurvalis</i> perteneciente a la familia Ichneumonidae .....	66
25.	Parasitoide de <i>S. recurvalis</i> perteneciente a la familia Tachinidae .....	67
26.	Parasitoide de <i>S. recurvalis</i> perteneciente a la familia Tachinidae .....	68
27.	Espécimen de <i>Catolaccus sp.</i> (Hymenoptera: Pteromalidae), parasitoide de <i>S. recurvalis</i> .....	69

28.	<i>Spilochalcis</i> sp., hiperparasitoide de <i>Apanteles</i> sp. perteneciente a la familia Chalcididae .....	71
29.	Espécimen de <i>Apanteles</i> sp. (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de <i>S. recurvalis</i> .....	73
30.	Espécimen de <i>Chelonus cautus</i> . (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de <i>S. recurvalis</i> .....	75
31.	Espécimen de <i>Cremonops</i> sp. (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de <i>S. recurvalis</i> .....	76
32.	Espécimen de <i>Elasmus</i> sp. (Hymenoptera: Elasmidae), hiperparasitoide de <i>Apanteles</i> sp. ....	78
33.	Daño de <i>S. recurvalis</i> a discos de <i>T. portulacastrum</i> a las 48 horas de exposición en la prueba preliminar .....	80
34.	Diferencia de medias en los tantos del daño causado por <i>S. recurvalis</i> a discos de supuestas plantas hospederas luego de 24 horas de exposición (Los tantos son valores transformados a partir de una escala del 1-10; 40 es igual a cero alimentación) .....	81
35.	Diferencia de medias en los tantos de daño de <i>S. recurvalis</i> a discos de supuestas plantas hospederas luego de 48 horas de exposición (Los tantos son valores transformados a partir de una escala del 1-10; 40 es igual a cero alimentación) .....	82

## LISTA DE APÉNDICES

APÉNDICE	PÁGINA
1. Lista de sinónimos de <i>S. recurvalis</i> de acuerdo con H. G. Dyar en su lista de Lepidópteras de Norte América, publicada en 1902 .....	95
2. Datos de temperatura y precipitación en la Estación Experimental Agrícola de Juana Díaz durante el período de muestreo del experimento de campo I (2001) .....	96
3. Datos de temperatura y precipitación en la Estación Experimental Agrícola de Juana Díaz durante el período de muestreo del experimento de campo II (2002).....	97

## INTRODUCCIÓN

Las plantas arvenses, malezas o yerbajos como comúnmente se les conoce, son perjudiciales en la mayoría de los cultivos. En la Biblia, la alusión en Génesis III: 17-18 donde dice “con duro trabajo harás a la tierra producir tu alimento, y ella te dará espinas, cardos y plantas silvestres” demuestra que sus efectos se han conocido a través de la historia, desde tiempos muy tempranos. La Sociedad Americana de Ciencias de las Malezas (Weed Science Society of America) define el término maleza, como cualquier planta nociva o no nociva creciendo en un lugar no deseado y que interfiere con las actividades y el bienestar del hombre (Buchholtz et al., 1967). El factor que las hace tan perjudiciales es su capacidad de competencia (Zimdahl, 1980; Balyan and Malik, 1989) con las otras plantas por espacio, luz y nutrientes y utilizando mecanismos como la alelopatía (Kanchan and Jayachandra, 1979; Drost and Doll, 1980). Además, bajo condiciones óptimas de crecimiento como lo son las temperaturas altas y la suficiente humedad, las malezas crecen rápida y vigorosamente y llegan a establecerse en densidades altas por unidad de área (Cárdenas et al., 1972). Básicamente, el manejo de las malezas en los cultivos ocupa un lugar muy importante en la economía agrícola y es una parte esencial en cualquier agroecosistema para asegurar una producción eficiente.

En EE UU, se estima que las malezas y su manejo causan un costo económico anual de más de 15 billones de dólares (Bridges, 1994). Actualmente, los métodos utilizados para el manejo de las malezas son el control mecánico, el control cultural (que resulta ser bastante costoso en siembras completamente mecanizadas), el control biológico utilizando especies exóticas y el control químico.

El control químico es una táctica de supresión de malezas muy importante cuando ocurre infestación o cuando los niveles endémicos de las poblaciones sobrepasan los niveles de daño económico (Chokar and Balyan, 1999). Los herbicidas se valoran por su uniformidad, rápida acción, facilidad de aplicación y manejo. Sin embargo, muchos de estos productos no han sido muy efectivos, además, traen consigo muchos problemas ambientales como: la contaminación de suelos y cuerpos de agua (Zimdahl and Clark, 1982) y el surgimiento de malezas resistentes al ingrediente activo del herbicida (Holt, 1994). Además, la utilización de herbicidas causa otros problemas como la potenciación de plagas secundarias a plagas primarias, la reducción de la diversidad ecológica, la contaminación por exposición directa o indirecta a residuos de estos componentes y los efectos adversos a la salud humana y a la vida silvestre en los lugares de aplicación y en los ecosistemas distantes (Potter et al., 1990).

La resistencia es la habilidad de un biotipo de sobrevivir a la aplicación de un herbicida al cual la especie es normalmente susceptible (Le Baron, 1987). El primer caso de resistencia a un herbicida (triazina) se reportó en la maleza *Senecia vulgaris* en el 1970 (Ryan, 1970). El número de casos de resistencia ha aumentado en años recientes. Se han reportado 55 especies de plantas, incluyendo 40 de hoja ancha y 15 gramíneas, resistentes a las triazinas, 11 especies resistentes al paraquat, en países tales como Estados Unidos, Canadá, Europa, Israel y Japón (Holt and Lebaron, 1990).

Debido a estos problemas, en los últimos años ha aumentado la preocupación por la calidad del medio ambiente y a su vez el énfasis sobre estrategias alternas de control de malezas. Una estrategia de control, alterna al control químico, para el manejo de las

malezas es la utilización de insectos fitófagos, práctica que guarda armonía con el ambiente y promueve la sustentabilidad de los agroecosistemas. El control biológico de malezas, según definido por la Sociedad Americana de Ciencias de las Malezas, es el uso de un agente o agentes opuestos a las malezas que resulten en un mecanismo de control. Los insectos fitófagos son ampliamente usados para el control biológico de malezas (Markin and Yoshioka, 1998; Seastedt et al., 2003).

Los insectos fitófagos utilizados para el control biológico de malezas son en muchos aspectos, iguales a los insectos plaga; por ejemplo, tienen alta capacidad reproductiva, son buenos colonizadores y una vez que las poblaciones se establecen, se mantienen por sí solas. Sin embargo, debido a su alto grado de especificidad a una especie de planta, son especies idóneas como agentes de control biológico, pues solo van a atacar a la maleza y no a los cultivos al menos en áreas geográficas determinadas (Johnson, 1996). Estos insectos pueden controlar las malezas alimentándose de las semillas, frutos, flores, follaje, tallos y raíces o transmitiendo organismos fitopatógenos, que afecten las malezas (Mitchell, 1988, Daniel et al., 1973). Uno de los casos más exitosos de control biológico fue la introducción de la alevilla *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) para controlar el cactus *Opuntia* sp. en Australia (Johnson, 1996; Julien and Griffiths, 1998)

La peseta o verdolaga de hoja ancha (*Trianthema portulacastrum* L.) es una maleza herbácea anual perteneciente a la familia Aizoaceae. Está distribuida a través de todos los trópicos y es muy común en los bordes de carretera, en cultivos perennes y en

terrenos cultivados (Balyan and Bhan, 1986a). En Puerto Rico, se encuentra en toda la zona sur y suroeste, en predios dedicados al cultivo de hortalizas.

Para el año 2002 en Puerto Rico, se estimó la producción de hortalizas y melones en 25,050 toneladas métricas, ocupando 2,921 hectáreas de tierra en las cuales la peseta representa un factor muy importante de competencia para la producción (FAOSTAT, 2001). Actualmente, esta maleza es controlada en los cultivos de hortalizas mediante el control mecánico y el químico.

Se ha observado que la peseta puede defoliarse completamente por la larva de la alevilla *Spoladea recurvalis* (F.) (Gusano hawaiano de la remolacha). Esta especie reportada en Japón por Fabricius, representa un posible control biológico para este yerbajo. La larva, que es la etapa que se alimenta de la peseta, es translúcida amarilla o verde, con la cabeza parda o morada oscuro con dos manchas negras diagonales (Figura 1). La larva se alimenta pegando las hojas de la maleza con secreciones sedosas y consumiendo éstas desde el interior (Figura 2).

En condiciones de alta infestación por el herbívoro, se observan solo los tallos desnudos de la maleza cubiertos con heces fecales de la larva y residuos de hojas quemadas. Aunque la peseta puede defoliarse completamente por el insecto, no se ha determinado si existe una sincronización temporal que evite la competencia que el yerbajo causa a la producción de hortalizas.

Si bien *S. recurvalis* se ha reportado atacando un sinnúmero de especies de plantas en el caribe (Martorell, 1976) y otros países (Chittenden, 1911), en Puerto Rico no se ha

estudiado la dinámica poblacional de *S. recurvalis* (F.), ni el potencial de esta especie herbívora como una alternativa para el control biológico de *T. portulacastrum* (L).



Figura 1. Etapa larval de *S. recurvalis* sobre hoja de *T. portulacastrum*.



Figura 2. Daño en hojas de *T. portulacastrum* causado por *S. recurvalis*.

## OBJETIVOS

- Estudiar las relaciones tróficas y la dinámica poblacional del herbívoro a diferentes densidades de siembra de la maleza *T. portulacastrum*.
- Estudiar la dinámica poblacional de *S. recurvalis* en predios en barbecho a través del tiempo.
- Determinar los hospederos alternos de *S. recurvalis* mediante pruebas de selección de alimentos.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Para cualquier sistema de manejo de plagas, conocer sobre las interacciones entre los niveles tróficos es muy importante (Reed et al., 1993). Un nivel trófico se define como la clasificación funcional que se confiere a los organismos de una comunidad conforme a sus relaciones alimentarias, el primer nivel trófico incluye a las plantas verdes, el segundo a los herbívoros y así sucesivamente (Krebs, 1985).

En el sistema a estudiarse el primer nivel trófico está representado por *T. portulacastrum* o peseta. Sus hojas son suculentas, opuestas (a veces parecen alternadas), muy variables en forma, desde redondas hasta ovaladas, elípticas o lanceoladas y con bordes ligeramente ondulados. Las flores son axilares de color rosa pálido a violeta y sólo abren por la mañana. El fruto es una cápsula con pericarpio carnoso que comienza a formarse 10 días después de la polinización (Balyan y Bhan, 1986a) y se reproduce por medio de semillas negras reniformes (Cárdenas et al., 1972). Cada planta puede llegar a producir hasta 700 frutos con 10 u 11 semillas por fruto.

La producción de flores y semillas comienza luego de 28 a 30 días de la germinación. Estas germinan en mayor cantidad entre los meses de junio y julio (Balyan and Bhan, 1986a) y la temperatura óptima de germinación es 35°C según estudios realizados en India (Balyan y Bhan, 1986b). Las semillas no exhiben latencia, logrando germinar en incubación entre el cuarto y octavo día. Un período de almacenamiento (entre 7 y 8 meses) en el laboratorio o en el campo aumenta el porcentaje de germinación (Balyan and Bhan, 1986b).

Esta especie posee raíz pivotante y tallo rastrero, carnoso y con nudos prominentes, glabro, ramificado y puede medir hasta un metro de largo (Lugo y Semidey, 2002).

Es entre los meses de julio, agosto y septiembre donde su crecimiento es más rápido y vigoroso porque es donde se encuentran las condiciones óptimas de crecimiento como lo son las altas temperaturas y la época lluviosa (Balyan and Bhan, 1986a).

El segundo nivel trófico está representado por *S. recurvalis*, o gusano de la remolacha (“beet webworm”). Este se encuentra a través del mundo en regiones tropicales y subtropicales. En Norte América, se encuentra desde el oeste de Florida hasta California, y en Hawaii, en el Pacífico. Esta especie descrita originalmente por Cramer en el 1782 (Chittenden, 1911) se reportó en Puerto Rico, como *Zinckenia fascialis* (Cramer) cerca del año 1900 por algunos entomólogos (Wolcott, 1948). Ellos observaron que la larva se desarrollaba en especies de *Amaranthus* y *Celosia*. Marsh (1911) la nombra como *Hymenia fascialis* y la describe alimentándose de *Amaranthus*, *Euxolus*, *Portulaca*, *Cucumis sativus* y algunas malezas de la familia Chenopodiaceae, además de ser la plaga principal de la remolacha. Wolcott (1948) la describe como *Hymenia recurvalis* y la reporta en distintas localidades de la isla, incluyendo a Vieques. Es en 1971, que Gates (1975), le cambia el nombre a *Spoladea recurvalis* (Ver apéndice I). Martorell (1976) reporta a esta alevilla en Puerto Rico en otros cultivos como en *Lycopersicon esculentum* L.; *Cucurbita moschata* L., *Capsicum frutescens* L. y *Solanum melongena* L.; y en otras malezas como *Gomphrena decumbens* y *Celosia* sp., ambas de la familia Amaranthaceae.

*Spoladea recurvalis* muestra todas las etapas de un insecto con metamorfosis completa y éstas pueden ocurrir a través de todo el año en regiones tropicales, estimando que la especie puede completar de 10 a 12 generaciones por año; su ciclo de vida se completa en 22 a 31 días (Marsh, 1911).

Los huevos de esta alevilla son de forma elíptica, planos y de color blanco, casi siempre se depositan solos, en pares o en líneas de cinco. Miden 0.6 mm de largo por 0.4 mm de ancho y 0.25 mm de alto y tardan aproximadamente 4 días en eclosionar (Dyar, 1911). Los huevos se depositan, cerca de la vena central de las hojas y cada hembra puede llegar a ovipositar 100 huevos bajo condiciones normales. Una vez que el primer instar emerge del huevo, se alimenta de la superficie de la hoja, introduciéndose paulatinamente en la epidermis.

La larva inicialmente es de un color verde pálido con unos pequeños puntos negros en la cabeza y la placa torácica (Figura 1). La cápsula cefálica puede llegar a crecer de 0.25 mm en el primer instar hasta 1.2 mm de diámetro en el último instar larval. Se estima que esta etapa puede durar de 9 a 13 días. Una vez la larva está lista para pupar va tornándose de color rosado y luego se lanza al suelo (Chittenden, 1911).

La pupa es de color marrón oscuro, mide alrededor de 10 mm de largo por 2.5 mm de ancho y posee una espina terminal en la parte posterior del abdomen. Esta etapa dura aproximadamente de 7 a 14 días. El adulto es marrón oscuro con dos rayas blancas incompletas en cada una de las alas anteriores y con rayas completas a través de cada una de las alas posteriores (Figura 3) (Capinera, 2001).



Figura 3. Adulto de *S. recurvalis* sobre *T. portulacastrum*.

Existen muchos factores que explican el fenómeno por el cual la abundancia de un herbívoro disminuye o aumenta a través del tiempo, entre éstos: factores que afecten el encuentro con la planta hospedera, aumento de la presión de depredación (Dempster, 1969), incremento de la actividad del gremio de parasitoides (Doutt and Nakata, 1973), la dispersión espacial de los recursos (Cain et al., 1985), la densidad de los recursos o del herbívoro (Pimentel, 1961) y factores abióticos, como son la temperatura, la humedad y el fotoperiodo.

Un gremio se refiere a un grupo de especies que explotan en forma semejante un recurso básico común (Root, 1967). Se puede considerar una comunidad como un ensamble complejo de gremios cada uno con una o más especies. Los gremios suelen interactuar entre sí en la comunidad, lo cual es el origen de la organización comunal que observamos (Krebs, 1985).

El nivel trófico representado por las plantas puede influenciarse por el tercer nivel trófico representado por los parasitoides. Éstos pueden disminuir el daño a las plantas disminuyendo los niveles del herbívoro (Reed et al., 1993). El término parasitoide se utilizó por primera vez por Reuter en el 1913 para describir los insectos que se desarrollan en el tejido del huevo, la larva o la pupa de otro artrópodo y eventualmente lo mata (Hassell and Waage, 1984).

Marsh (1911) reportó varios parasitoides del orden Hymenoptera atacando larvas de *S. recurvalis*; estos fueron, *Limnerium hawaiiense* Cram, *Chelonus blackburni* Cram y *Crematus hymenia* Vier. Según este autor los enemigos naturales no reducen significativamente la población de esta alevilla. Especímenes de parasitoides que

emergieron de larvas de *S. recurvalis* colectados en Waimnalo, Oahu en el 1987 se identificaron como *Apanteles opacus* (Marsh, 1990). Entre 1890 y 1985, se introdujeron en Hawaii varios parasitoides para el control biológico de *S. recurvalis*, entre ellos *Bracon omiodivorum* Terry (Hymenoptera: Braconidae), *Cotesia marginiventris* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) y *Lespesia archippivora* Riley (Diptera: Tachinidae) (Funasaki et al., 1988).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Experimento de Campo I (Juana Díaz, P. R., 2001)

Con el propósito de estudiar las relaciones tróficas (*T. portulacastrum*-*S. recurvalis*-parasitoides), se realizó un experimento de campo a partir del mes de septiembre de 2001, el cual se estableció en un predio de la Estación Experimental Agrícola de Fortuna en Juana Díaz, Puerto Rico.

Se establecieron densidades de 0.5 (60 cm), 1.0 (30 cm), 2.0 (15 cm) y 4.0 (7.5 cm) plantas/0.3 m<sup>2</sup>, (esto equivale a una distancia de siembra en la hilera de 2 pies, 1 pie, 6 pulgadas y 3 pulgadas, respectivamente). Para todos los tratamientos, la distancia entre hileras fue de 90 cm (3 pies). Las parcelas eran de un tamaño de 1.8 m (6 pies) x 6.1 m (20 pies), arregladas éstas en un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones.

Las plántulas utilizadas medían aproximadamente 10.2 cm (4 pulgadas) y se obtuvieron directamente del campo. Se utilizó una pala de jardín de aproximadamente 20.32 cm (8 pulgadas) con la cual se extrajeron las plántulas, tratando de no lastimar el sistema radicular. Para minimizar el estrés de trasplante se aplicaron 6.80 kg / 0.017ha de urea a través del sistema de riego. Se realizaron dos aspersiones de MVP<sup>®</sup><sup>1</sup> (115 ml. en 15 litros de agua) (0.0076 L / 0.0117 ha) para proteger las plántulas hasta que se establecieran. Los bancos se cubrieron con plástico negro para evitar el crecimiento de otras malezas.

<sup>1</sup> (i.a.) *Bacillus thuringiensis*, subsp. *kurstaki*, delta endotoxina encapsulada en células muertas de *Pseudomonas fluorescens*, 20% w/w)

Una vez establecida la siembra de la peseta, se contó el número de larvas, haciendo un muestreo de 15 cm de tallo en 10 ramas terminales por parcela. Para documentar el daño del herbívoro se contabilizó semanalmente el número de hojas totales, el número de hojas dañadas y el número de hojas con larvas en los 15 cm de las ramas colectadas. Semanalmente se colectaron las larvas de 10 ramas de 15 cm de largo por cada parcela, las cuales se criaron en el laboratorio en una dieta artificial diseñada para *Spodoptera exigua* (Beet Armyworm Diet<sup>®</sup>, BIO-SERV, One 8<sup>th</sup> Street, Suite 1, Frenchtown, N.J. 08825) hasta que el adulto de *S. recurvalis* o algún parasitoide emergiera. Se le servía a cada larva aproximadamente 7.08 g (¼ de oz.) de la dieta en su forma sólida, y se le iba añadiendo si era necesario (las larvas colectadas estaban en diferentes etapas de desarrollo). El porcentaje de parasitismo se calculó utilizando la fórmula:  $[\text{Número de larvas} + \text{pupas parasitadas de } S. \text{ recurvalis} / \text{número de adultos de } S. \text{ recurvalis} + (\text{Número de larvas} + \text{pupas parasitadas de } S. \text{ recurvalis})] * 100$ .

Se tomaron datos estimados de cobertura de la superficie del suelo por la maleza, utilizando una escala del 1 al 10, donde el 1 representó 10% o menos de cobertura por 0.03 m<sup>2</sup> y el 10 el 100% de cobertura. Al concluir el experimento (35 DDT), se cosecharon 10 plantas de peseta y se obtuvo el peso fresco. Estas plantas se colocaron en bolsas de papel en un horno a una temperatura de 65 a 70°C por espacio de 72 horas para obtener el peso seco. Para obtener el número de semillas de estas plantas, todo el material seco se trituró golpeándolo y se pasó por un tamiz. De la mezcla (semillas + material vegetal) se obtuvo una muestra de un gramo. Se separaron todas las semillas que se encontraron en la muestra, se contabilizaron y se pesaron.

Los datos de cobertura se correlacionaron con el número de larvas de *S. recurvalis* y con el daño causado por el herbívoro. Los datos de muestreo y el porcentaje de parasitismo se analizaron utilizando el programa estadístico SAS (Versión 8e). Se realizaron pruebas de análisis de varianza y las medias se separaron mediante la Prueba de Diferencia Mínima Significativa (PDMS) a una probabilidad de  $\alpha = 0.05$ . Los datos se transformaron utilizando  $(x + 1)^{1/2}$ , para cumplir con las reglas de normalidad y homogeneidad de la varianza.

### **Experimento de Campo II (Juana Díaz, P. R., 2002)**

Se realizó un segundo experimento de campo entre los meses de febrero y junio de 2002 en un predio de la Estación Experimental Agrícola de Fortuna en Juana Díaz, Puerto Rico. Las plántulas de *T. portulacastrum*, de aproximadamente 2 cm de longitud se obtuvieron del campo. Éstas se extrajeron con un pilón de tierra asegurando el mayor número posible de raíces sanas, se sembraron en bandejas con celdas de 2.5 cm de diámetro en el medio de propagación para plántulas conocido como Sunshine<sup>®</sup> mix, se colocaron en un vivero de producción y se abonaron con aplicaciones de fertilizante 20-20-20 (a razón de 4 g/L de agua) cada semana. Se realizó una aplicación de MVP<sup>®</sup> (115 ml. en 15 litros de agua) para asegurar que estuvieran libres de larvas de *S. recurvalis* al momento del trasplante.

Se establecieron densidades de *T. portulacastrum* como en el experimento de campo I. Para todos los tratamientos, la distancia entre hileras fue de 90 cm (3 pies), en un diseño de parcelas divididas con 4 repeticiones. Las densidades de siembra constituyeron las parcelas principales y las subparcelas se lograron aplicando un producto

a base de Bt (MVP<sup>®</sup>, 15 ml en 15 litros) a la mitad de cada parcela principal. Las parcelas eran de un tamaño de 7.6 m de largo (25 pies) por 3.8 m (12.5 pies) de ancho y cada subparcela medía 3.1 m (10 pies) de largo por 3.8 m (12.5 pies) de ancho con una separación de 1.5 m (5 pies) entre subparcelas y 4.6 m (15 pies) entre parcelas.

El daño causado por el herbívoro se contabilizó en cada subparcela tomando muestras de tallos de peseta como en el primer experimento. Se recolectaron larvas de *S. recurvalis* y se criaron en el laboratorio para determinar los parasitoides presentes y el porcentaje de parasitismo por subparcela siguiendo el procedimiento utilizado para el primer experimento. Se estimó el porcentaje de cobertura (por subparcela) como en el primer experimento. Estos datos se tomaron semanalmente hasta que las plantas se cosecharon a los 70 DDT.

Al concluir el experimento, se cosecharon las plantas de peseta (material en 0.09m<sup>2</sup>) y se obtuvo el peso fresco y seco, el número de semillas como en el primer experimento. Los datos se analizaron como en el primer experimento.

### **Dinámica poblacional en predios en barbecho**

Para estudiar la dinámica poblacional de *S. recurvalis* en sus hábitats naturales se seleccionaron áreas de tres fincas en las zonas sur y oeste de Puerto Rico (Santa Isabel, Juana Díaz y Lajas) que se encontraban en barbecho. Mensualmente, comenzando en septiembre de 2001 hasta mayo de 2002, se contabilizó en cada área el número de larvas de 50 muestras escogidas al azar de tallos de 15 cm de longitud de *T. portulacastrum*. Además, se contabilizó el número total de hojas y el número de hojas dañadas. Se colectaron las larvas de 50 ramas de 15 cm de largo por cada localidad las cuales se

criaron en el laboratorio con dieta artificial (Beet Armyworm Diet<sup>®</sup>) para determinar las especies de parasitoides presentes y el porcentaje de parasitismo. Las larvas de cada muestra se criaron por separado utilizando placas Petri. El porcentaje de parasitismo se determinó como en las pruebas anteriores. Las muestras se dividieron en tres épocas distintas, estas fueron: otoño (septiembre, octubre y noviembre), invierno (diciembre, enero, febrero) y primavera (marzo, abril y mayo). Los datos obtenidos se analizaron utilizando el programa estadístico SAS (versión 8e). Se utilizó el comando genmod para determinar el patrón de distribución espacial del insecto y se realizaron contrastes ( $\alpha = 0.05$ ) para comparar todas las variables en las tres localidades y entre las tres épocas.

### **Prueba de Hospederos Alternos**

Para realizar la prueba de selección para determinar los hospederos potenciales del insecto se colectaron semillas de las malezas bledo común (*Amaranthus dubius* Mart. Ex Thell), peseta (*T. portulacastrum* L.) y botoncillo (*Borreria ocymoides* (Burm.f.) D C.), en predios cultivados. Se utilizaron semillas certificadas de ají (*C. frutescen* L.), berenjena (*S. melongena* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.). Las semillas se sembraron en bandejas con celdas de 2.5 cm de diámetro, en el medio de propagación para plántulas conocido como Sunshine mix<sup>®</sup>. Una vez las plantas alcanzaron una altura de 10.36 cm (4 pulgadas), se transplantaron a tiestos de 12.95 cm y se les aplicó una concentración de fertilizante 20-20-20 (N, P, K) a razón de 4 g/L de agua, la cual se repitió cada dos semanas. Se aseguró que las plantas transplantadas estuviesen libres de larvas, pupas o huevos de cualquier insecto.

Se colectaron hojas de tomate (*L. esculentum* L.) y de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) en un predio libre de aplicaciones de insecticida, en la Estación Experimental de Lajas. Para la prueba de selección se utilizaron larvas de *S. recurvalis* colectadas alimentándose de *T. portulacastrum* en predios localizados en Juana Díaz, P.R. Las larvas colectadas se encontraban entre el segundo y el tercer instar, aproximadamente. Se realizó una prueba de selección preliminar en donde se colocó individualmente una larva de *S. recurvalis* en una placa Petri de 100 x 35 mm, con dos discos de 12.7 mm de diámetro de hojas de peseta o de hojas de remolacha. A la placa se le introdujo un papel de filtro previamente humedecido y se selló con papel de cera (Parafilm<sup>®</sup>) para evitar la pérdida de humedad. La larva se colocó en el centro de la placa y los discos en los extremos (Figura 4). Se realizaron 15 repeticiones con discos de peseta y remolacha. Se tomaron datos de daño a los discos a las 24 y a las 48 horas. El propósito principal de esta prueba fue determinar el daño y el tamaño apropiado de los discos para estandarizar las pruebas que se realizarían con las otras plantas. Se realizaron pruebas de no-selección (NS) donde se utilizó una sola especie de planta (alimentación forzada), y se tomaron datos a las 24 y 48 horas. Las pruebas de selección en pareja (dos plantas) (SD), donde se permitió escoger entre discos de dos especies de plantas, se realizaron con las plantas cuyos discos se consumieron en parte o totalmente por la larva en las pruebas de NS. Se realizaron 15 repeticiones de cada prueba. Para determinar la preferencia se evaluó el porcentaje de daño en los discos de las plantas utilizando una escala de 0 a 10 donde 0 fue igual a disco sin daño y 10 fue igual al daño máximo causado en los discos de peseta en la prueba preliminar. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis no paramétrico

utilizando la prueba de Wilcoxon para dos medias en SAS (versión 8e). En pruebas con más de dos tratamientos se realizó el procedimiento de análisis de varianza sobre los datos transformados a tantos (“Scores”) y las medias se separaron por la PDMS a  $\alpha = 0.05$ .

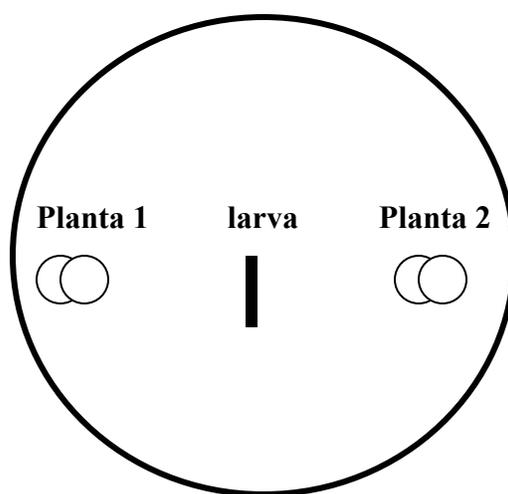


Figura 4. Ejemplo de una prueba de selección utilizando dos plantas (SD).

**Identificación de parasitoides**

Los especímenes de parasitoides que emergieron de las larvas colectadas en los experimentos de campo en octubre de 2001, abril-junio de 2002 y en las localidades de Juana Díaz, Santa Isabel y Lajas se enviaron al Laboratorio de Sistemática de Entomología del Instituto Smithsonian (Syst. Ento. Lab., PSI, USDA-ARS, c/o Smithson. Inst., NMNH, MRC168, P.O. Box 37012, 10th St. N.W. & Constitution Ave., Washington D.C., 20013-7012), donde el Dr. Michael W. Gates corroboró las familias e identificó el género taxonómico de la mayoría de los especímenes.

## RESULTADOS

### Experimento de Campo I (Juana Díaz, P. R., 2001)

#### Cobertura

A los 14 DDT, la cobertura de *T. portulacastrum* fue significativamente más alta ( $F = 7.62$ ,  $P = 0.007$ ) en el tratamiento de 4.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup> que en los tratamientos de 0.5 plantas/0.3 m<sup>2</sup> y 1.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup> (Figura 5). No obstante, no se encontró diferencias entre los tratamientos con las dos densidades de plantas más altas. Además, la cobertura fue significativamente mayor en el tratamiento de 2.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup> que en el tratamiento de 0.5 plantas/0.3 m<sup>2</sup> (Figura 5).

A los 21 DDT no se observó un porcentaje de cobertura significativamente diferente entre los tratamientos (Figura 5). A los 28 DDT, el porcentaje de cobertura fue significativamente más alto ( $F = 4.20$ ,  $P = 0.04$ ) en el tratamiento de 4.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup> que en el de 0.5 plantas/0.3 m<sup>2</sup>. No se encontraron otras diferencias entre los tratamientos en esta fecha de muestreo.

Al concluir el experimento (35 DDT), se observaron diferencias significativas entre todos los tratamientos siendo el de 4.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup> donde se observó la mayor cobertura, seguido en forma descendiente por las otras densidades de siembra (Figura 5). A través de todas las fechas de muestreo se observó una mayor cobertura a medida que la densidad de plantas aumentaba. Se obtuvo una correlación positiva entre el número de larvas de *S. recurvalis* totales y la cobertura de *T. portulacastrum* ( $r = 0.27$ ,  $P = 0.03$ ).

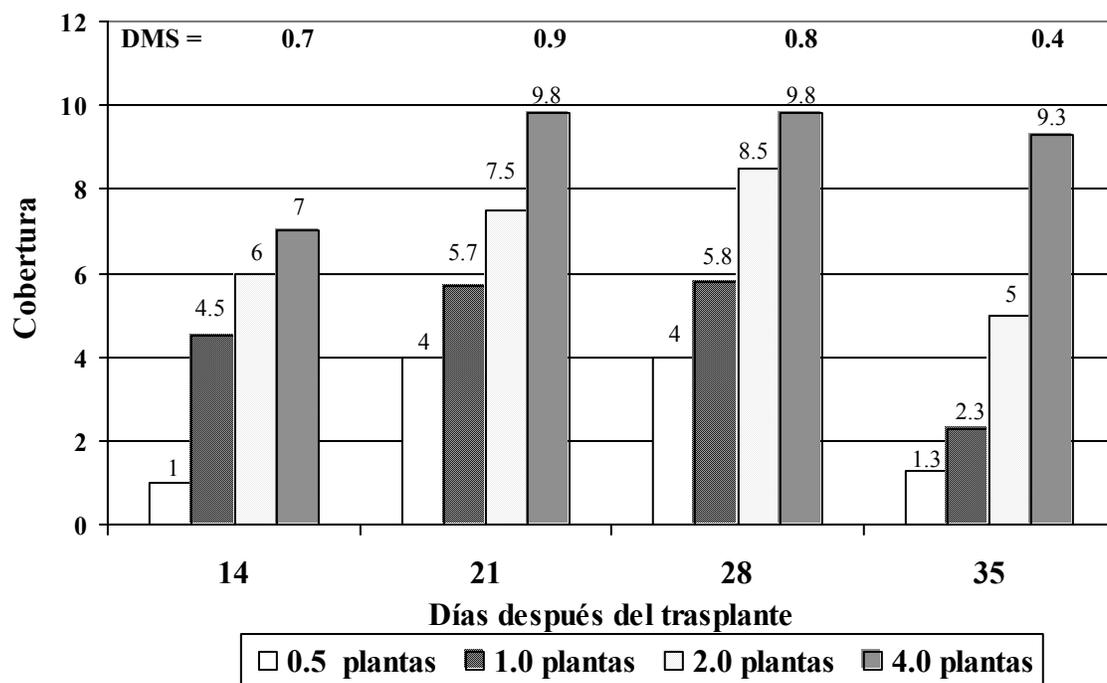


Figura 5. Cobertura de *T. portulacastrum* a diferentes densidades de siembra, Juana Díaz, P. R., 2001.

### **Número y peso de semillas**

No se observó ninguna diferencia significativa en el número o el peso de semillas de *T. portulacastrum* en ninguna de las densidades (Cuadro 1). Sin embargo, se observó una tendencia ascendente tanto en el número como en el peso de las semillas a medida que la densidad de plantas aumentó.

### **Peso fresco y peso seco**

La densidad de 4.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup> produjo un peso fresco y seco significativamente más alto que las demás densidades (Cuadro 2). También, la densidad de 0.5 plantas/0.3 m<sup>2</sup> produjo un peso fresco y seco significativamente más bajo que la densidad de 2.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup>. Se observó una marcada tendencia en el incremento del peso fresco y seco a medida que la densidad poblacional de *T. portulacastrum* aumentaba de 0.5 a 4 plantas/0.3 m<sup>2</sup>.

### **Densidad poblacional de *S. recurvalis***

A los 14 DDT, el tratamiento de 4 plantas/0.3 m<sup>2</sup> resultó tener un promedio de larvas significativamente ( $F = 4.36$ ,  $P = 0.03$ ) mayor a los tratamientos de 0.5 y 1.0 planta/0.3 m<sup>2</sup> (Figura 6). Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre el tratamiento de 4 plantas/0.3 m<sup>2</sup> y el tratamiento de 2.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup>.

Cuadro 1. Número y peso de semillas de *T. portulacastrum* (L.) a diferentes densidades de siembra, Juana Díaz, P. R., 2001.

Densidad (plantas/0.3 m <sup>2</sup> )	Número de semillas*	Peso de semilla (g)*
0.5	2999 a	3.1 a
1.0	4823 a	5.6 a
2.0	5640 a	6.3 a
4.0	5612 a	6.4 a
F	0.9	1.0
P	0.3	0.4

\* Las medias con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes a  $\alpha= 0.05$ , PDMS.

Cuadro 2. Peso fresco y peso seco de *T. portulacastrum* (L.) a diferentes densidades de siembra, Juana Díaz, P. R., 2001.

Densidad (plantas / 0.3 m <sup>2</sup> )	Peso fresco (g)*	Peso seco (g)*
0.5	809 c	226 c
1.0	1825 bc	472 bc
2.0	3158 b	915 b
4.0	6418 a	2111 a
F	13.0	20.0
P	0.0013	0.0003

\* Las medias con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes a  $\alpha= 0.05$ , PDMS.

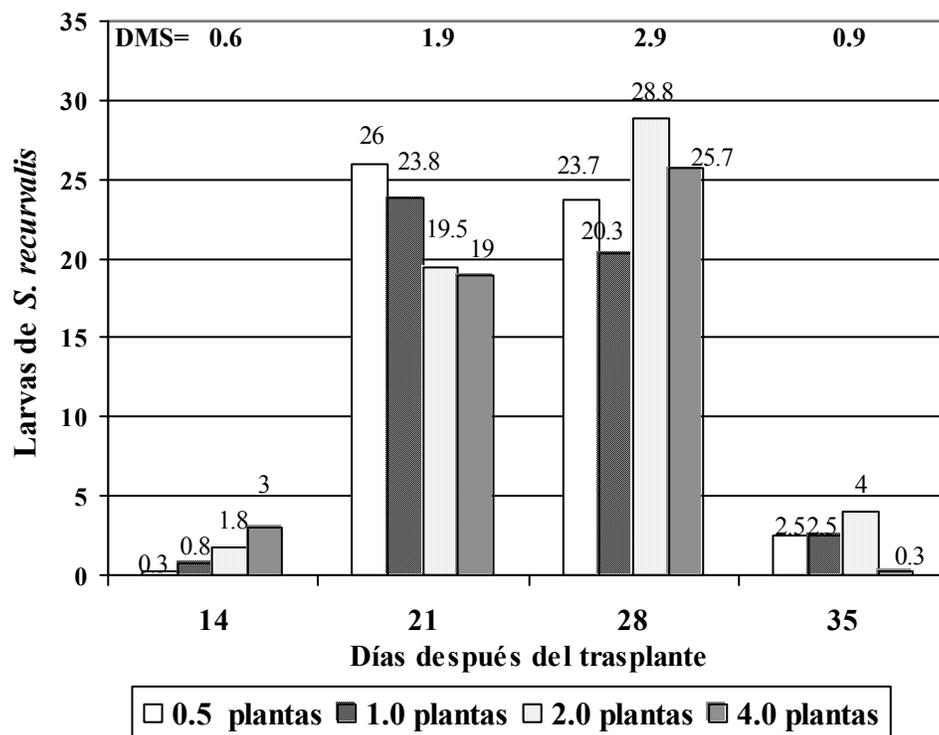


Figura 6. Número de larvas de *S. recurvalis* en *T. portulacastrum*, Juana Díaz, P. R., 2001.

A los 21 días y 28 DDT no se detectaron diferencias significativas entre los promedios de ninguno de los tratamientos, aunque a los 28 DDT se observó el número mayor de larvas totales en los dos tratamientos con mayor densidad de plantas (Figura 6). Los tratamientos de 0.5 planta/0.3 m<sup>2</sup> y 1.0 planta/0.3 m<sup>2</sup> presentaron el número mayor de larvas a los 21 días del transplante. A los 35 DDT el número de larvas de *S. recurvalis* disminuyó dramáticamente en el tratamiento de 4.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup> siendo éste significativamente menor que en el tratamiento de 2.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup>. Con referencia a la población larval a los 28 DDT, a los 35 DDT, el número de larvas disminuyó 86, 88, 89% en los tratamientos de 2.0, 1.0 y 0.5 plantas/0.3 m<sup>2</sup>, respectivamente.

#### **Porcentaje de hojas dañadas**

No se observó diferencia significativa entre los tratamientos en el número de hojas totales dañadas. Sin embargo se observó una tendencia de aumento paulatino en el porcentaje de hojas dañadas en todos los tratamientos a través de tiempo hasta alcanzar un 100 por ciento en algunos de los tratamientos (Figura 7). También, se observó una correlación positiva entre el porcentaje de hojas dañadas y el número de larvas de *S. recurvalis* ( $r=0.27$ ,  $P=0.003$ ).

#### **Porcentaje de parasitismo**

A los 14 DDT se observó que el tratamiento de 4.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup> tuvo al mayor porcentaje de parasitismo y fue significativamente diferente ( $F=3.60$ ,  $P=0.04$ ) al compararlo con el tratamiento de 0.5 planta/0.3 m<sup>2</sup> y de 2.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup> (Figura 8).

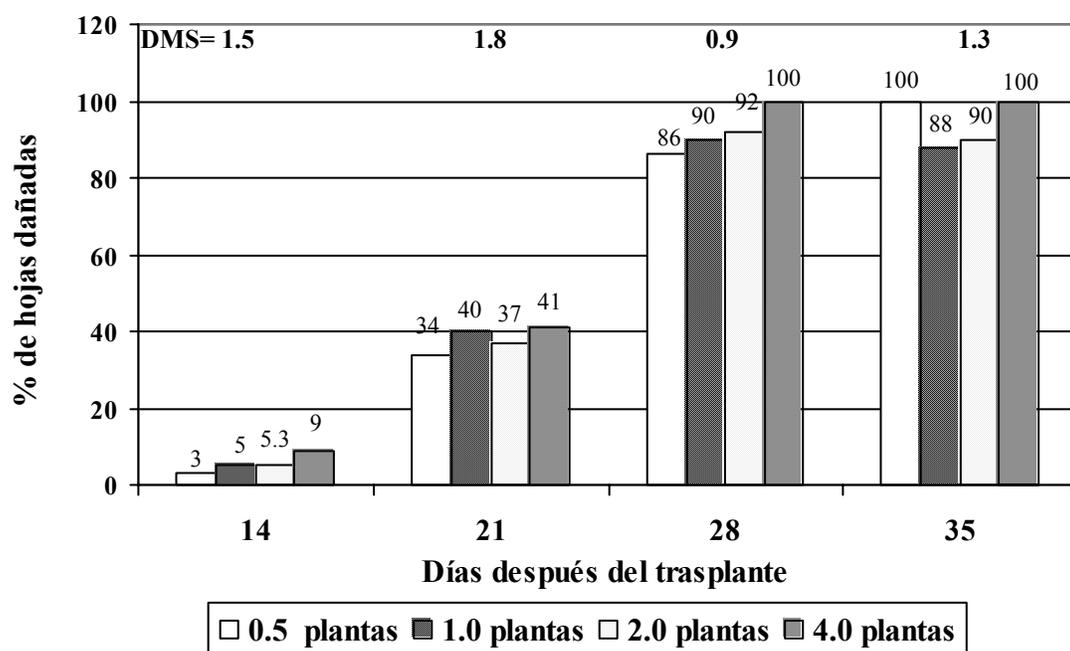


Figura 7. Porcentaje de hojas dañadas de *T. portulacastrum*, Juana Díaz, P. R., 2001.

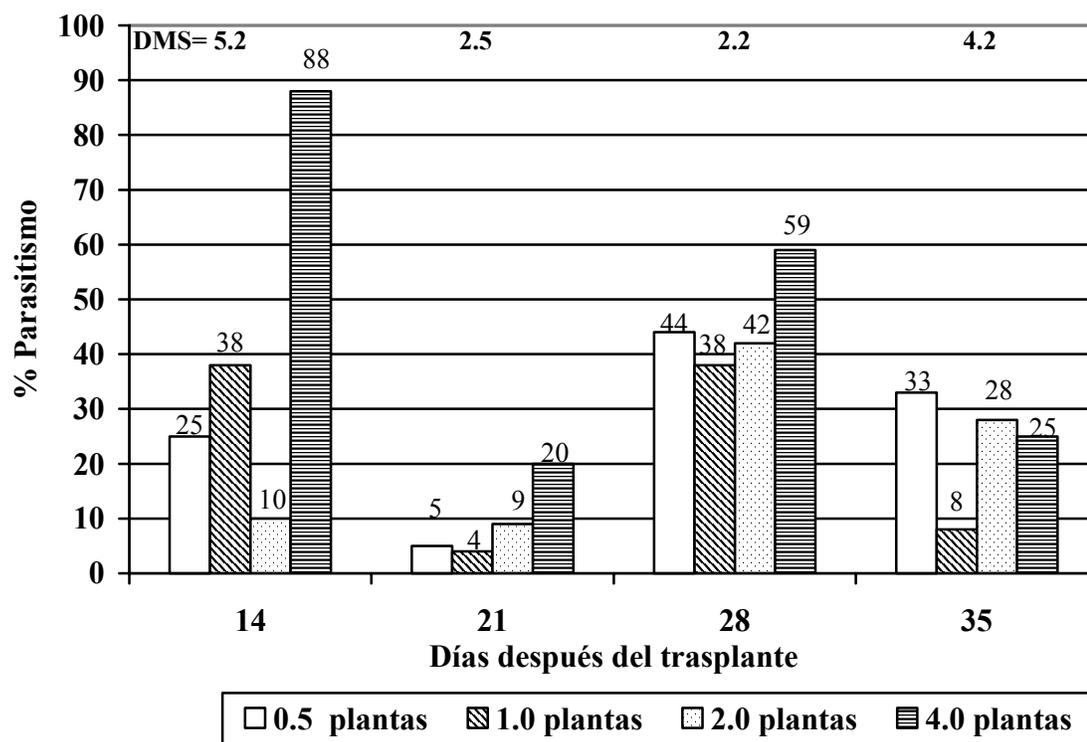


Figura 8. Porcentaje de parasitismo de *S. recurvalis* a distintas densidades de *T. portulacastrum*, Juana Díaz, P. R., 2001.

No se encontró diferencia entre el tratamiento de mayor densidad de plantas y el tratamiento de 1.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup>. No se observaron diferencias significativas en los tratamientos en cuanto al porcentaje de parasitismo en ninguno de los muestreos posteriores a los 14 DDT (Figura 8). Sin embargo se observó una leve tendencia hasta los 28 DDT hacia un mayor parasitismo en el tratamiento con mayor densidad de plantas.

## Experimento de campo II (Juana Díaz, P. R., 2002)

### Cobertura

A los 14, 21, 25, 28 y 36 DDT, la cobertura de *T. portulacastrum* fue significativamente más baja en el tratamiento de 0.5 plantas/0.3 m<sup>2</sup> que en los demás tratamientos (Cuadro 3). La cobertura aumentó a través del tiempo alcanzando un 100 por ciento en los tratamientos de 1.0, 2.0, y 4.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup> a los 25 días DDT. No se observó ningún efecto del Bt sobre el índice de cobertura (Figuras 9. A, B y 10. A, B).

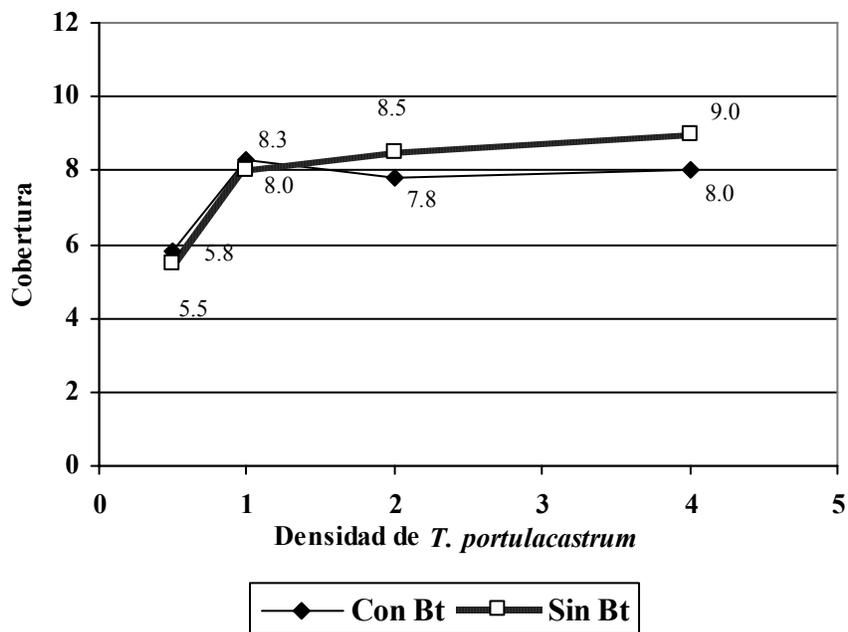
A los 36 DDT la densidad de 4 plantas /0.3 m<sup>2</sup> mantuvo un índice de cobertura significativamente más alto que la densidad de 2.0 plantas/0.3 m<sup>2</sup>, pero no con la de 1.0 planta/0.3 m<sup>2</sup> (Figura 11). No se observó diferencias por efecto del Bt sobre la cobertura. A los 43, 50, 57 y 64 DDT no se observó diferencia significativa en el índice de cobertura por efecto de la densidad de plantas ni por las aspersiones con Bt (Cuadro 3). A través de las primeras cuatro fechas de muestreo se observó una tendencia a una mayor cobertura a medida que la densidad de plantas aumentaba y también una tendencia de aumento en la cobertura hasta los 28 DDT en todos los tratamientos. Una vez se alcanzó la quinta fecha de muestreo (36 DDT) se observó una tendencia constante de descenso de la cobertura en la mayoría de los tratamientos por efecto del herbívoro (Cuadro 3). Esta descendió de niveles de 85 a 100 por ciento de cobertura a los 28 DDT a niveles de 10 a 23 por ciento a los 64 DDT.

Cuadro 3. Cobertura a distintas densidades de *T. portulacastrum* con (+) o sin (-) aspersiones de insecticida a base de *Bacillus thuringiensis* (Bt), Juana Díaz, P. R., 2002.

Densidad (plantas/0.3 m <sup>2</sup> )	Subparcela (con Bt +, Sin Bt-)	Días después del trasplante*								
		14	21	25	28	36	43	50	57	64
Escala de 1- 10 donde 1= 10% y 10=100% de cobertura										
0.5	+	5.8 b	6.8 b	7.8 b	8.8 b	7.8 c	6.8 a	4.8 a	2.8 a	1.0 a
0.5	-	5.5 b	6.5 b	7.5 b	8.5 b	7.5 c	6.3 a	4.3 a	2.8 a	1.0 a
1	+	8.3 a	9.3 a	10.0 a	10.0 a	9.8 ab	8.3 a	6.3 a	3.5 a	1.8 a
1	-	8.0 a	9.0 a	10.0 a	10.0 a	10.0ab	9.0 a	7.0 a	3.5 a	1.8 a
2	+	7.8 a	8.8 a	9.8 a	10.0 a	9.8 b	8.3 a	6.3 a	2.3 a	1.0 a
2	-	8.5 a	9.5 a	10.0 a	10.0 a	9.3 b	7.8 a	5.0 a	3.3 a	1.5 a
4	+	8.0 a	9.0 a	10.0 a	10.0 a	10.0 a	7.3 a	5.3 a	3.5 a	2.0 a
4	-	9.0 a	10.0 a	10.0 a	10.0 a	10.0 a	9.8 a	6.8 a	4.3 a	2.3 a

\* Las medias con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes a  $\alpha= 0.05$ , PDMS.

A.



B.

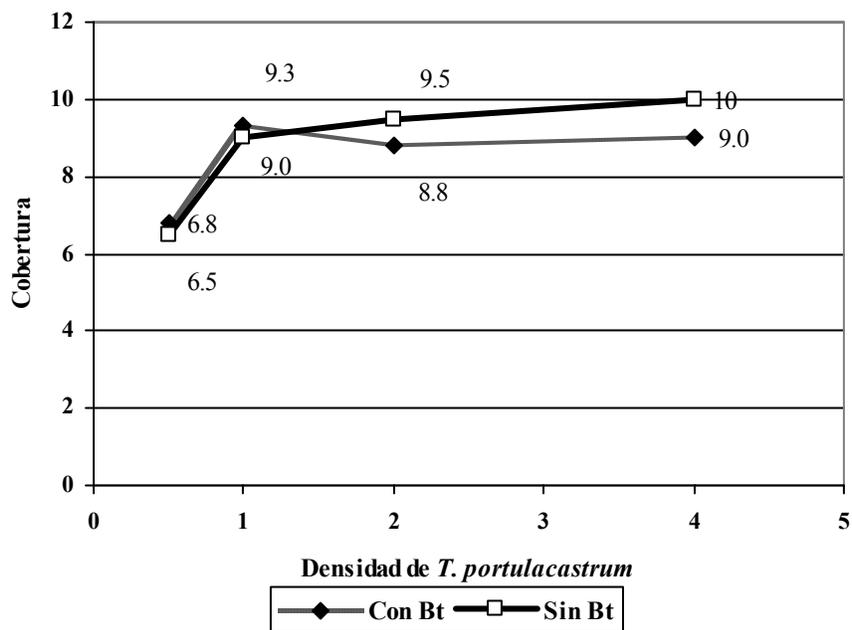
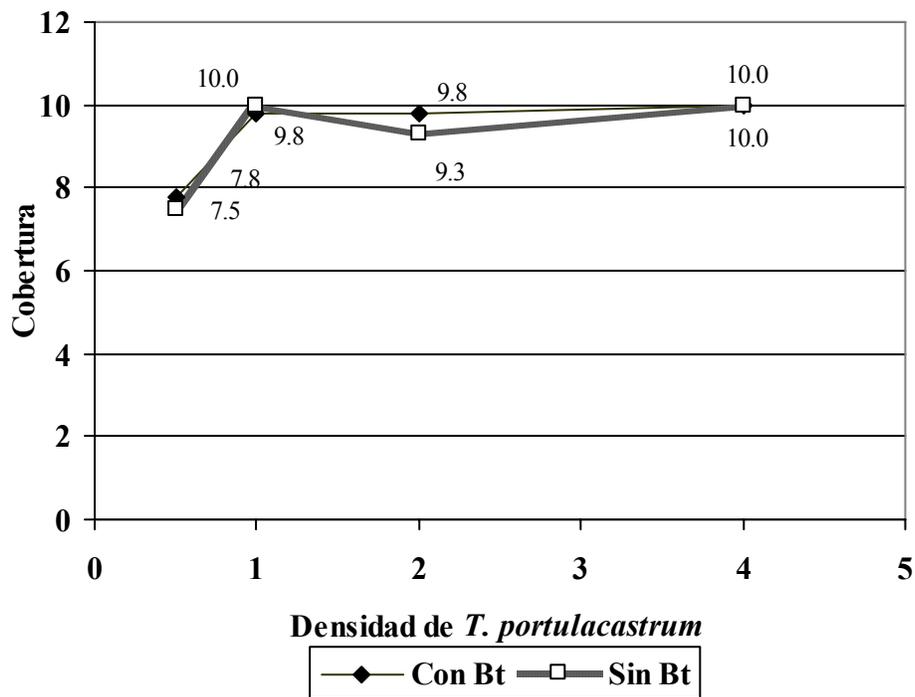


Figura 9. Efecto del Bt y la densidad de *T. portulacastrum* sobre la cobertura a los 14 (A) y a los 21 (B) días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002.

A.



B.

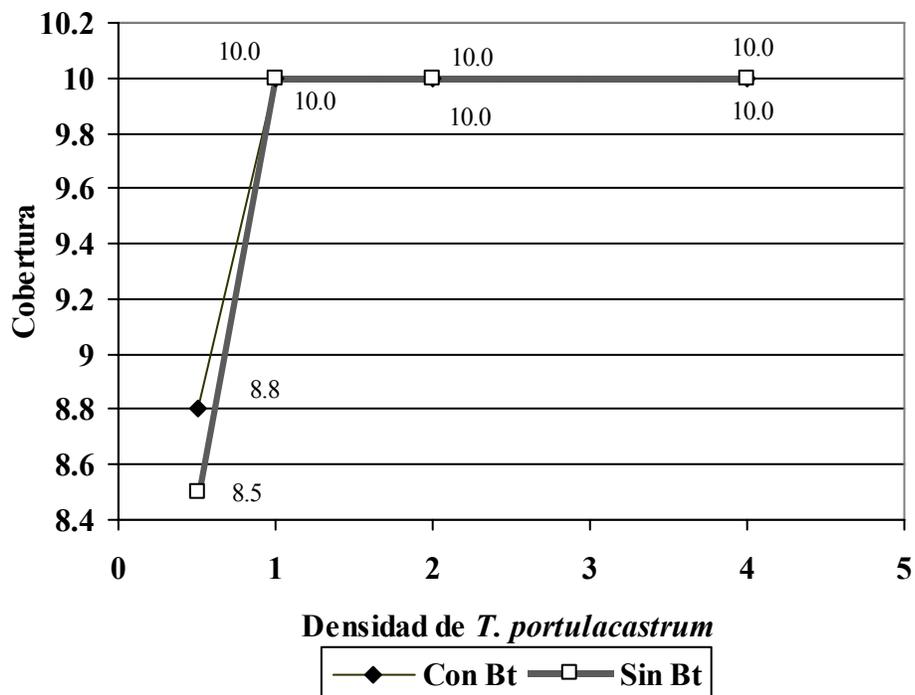


Figura 10. Efecto del Bt y la densidad de *T. portulacastrum* sobre la cobertura a los 25 (A) y a los 28 (B) días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002.

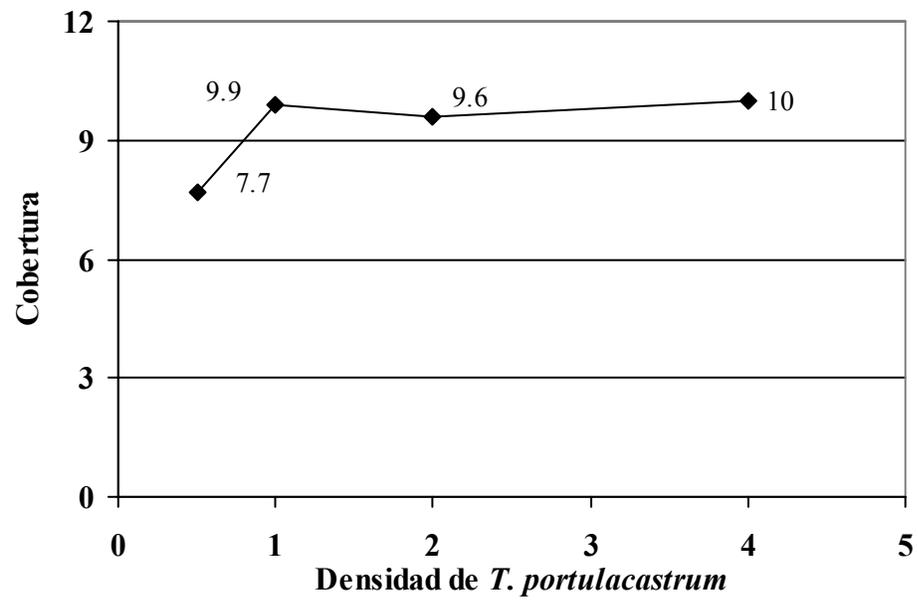


Figura 11. Efecto promedio de la densidad de *T. portulacastrum* sobre la cobertura a los 36 días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002.

**Peso fresco y seco.**

No se observaron diferencias significativas en el peso fresco y peso seco de *T. portulacastrum* entre las distintas densidades de plantas (Cuadro 4). Las plantas tratadas con Bt tuvieron un peso fresco y seco significativamente mayor que las no tratadas en todas las densidades de plantas. Sin embargo se observa una tendencia a un mayor porcentaje de peso seco en las plantas no tratadas al compararlas con las tratadas con Bt.

**Densidad poblacional de *S. recurvalis***

A los 14, 21, 25, 28, 57 y 64 DDT no se encontró efecto alguno en el número de larvas de *S. recurvalis* por la densidad de plantas o por las aspersiones de Bt (Cuadro 5). A los 43 (Figura 12) y 50 DDT el número de larvas de *S. recurvalis* fue significativamente más alto en las subparcelas sin Bt en todas las densidades de plantas. El número de larvas de *S. recurvalis* alcanzó poblaciones pico a los 57 DDT en todas las densidades de plantas y subparcelas.

Se encontró una correlación positiva entre el número de larvas de *S. recurvalis* y la cobertura ( $r = 0.34$ ,  $P = 0.05$ ) de los 14 hasta los 28 DDT. Se encontró una correlación negativa entre el número de larvas colectadas y la cobertura ( $r = -0.64$ ,  $P = 0.0001$ ) de los 28 hasta los 57 DDT.

Cuadro 4. Peso fresco y peso seco de plantas de *T. portulacastrum* con (+) o sin (-) aspersiones de *Bacillus thuringiensis* (Bt) a diferentes densidades de siembra, Juana Díaz, P. R., 2002.

<b>Densidad</b> (plantas/ 0.3 m <sup>2</sup> )	<b>Sub-tratamiento</b> Con Bt(+), sin Bt (-)	<b>Peso fresco</b> (g)	<b>Peso seco</b> (g)	<b>% de Peso seco</b>
0.5	+	356 a	118 a	33
0.5	-	259 b	120 b	46
1	+	522 a	162 a	31
1	-	228 b	121 b	53
2	+	488 a	166 a	34
2	-	161b	131 b	82
4	+	461a	145 a	31
4	-	315 b	110 b	35

\*Las medias con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes a  $\alpha= 0.05$ , PDMS.

Cuadro 5. Número de larvas de *S. recurvalis* en tallos de *T. portulacastrum*, con (+) o sin (-) aspersiones de *Bacillus thuringiensis* (Bt) Juana Díaz, P. R., 2002.

Densidad (plantas/0.3 m <sup>2</sup> )	Subparcela con Bt (+), Sin Bt (-)	Días después del trasplante*								
		14	21	25	28	36	43	50	57	64
<b>Larvas / tallo</b>										
0.5	+	0.0 a	0.0 a	0.0 a	1.5 a	2.0 a	2.3 b	2.8 b	21.8 a	1.0 a
0.5	-	0.0 a	0.0 a	0.0 a	1.0 a	2.5 a	5.8 a	4.8 a	15.8 a	0.0 a
1	+	0.0 a	0.0 a	0.5 a	0.3 a	0.8 a	4.0 b	1.0 b	17.0 a	0.0 a
1	-	0.3 a	0.0 a	0.3 a	1.0 a	2.0 a	8.0 a	5.5 a	19.8 a	0.3 a
2	+	0.3 a	0.0 a	0.5 a	0.0 a	0.8 a	1.5 b	1.8 b	19.3 a	0.3 a
2	-	0.3 a	0.0 a	0.3 a	2.5 a	3.0 a	4.3 a	3.3 a	19.0 a	0.5 a
4	+	0.3 a	0.0 a	0.5a	1.0 a	2.8 a	2.5 b	2.3 b	8.0 a	0.3 a
4	-	0.0 a	0.0 a	0.5 a	0.3 a	1.0 a	3.5 a	4.3 a	16.5 a	0.8 a

\* Las medias con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes a  $\alpha=0.05$ , PDMS.

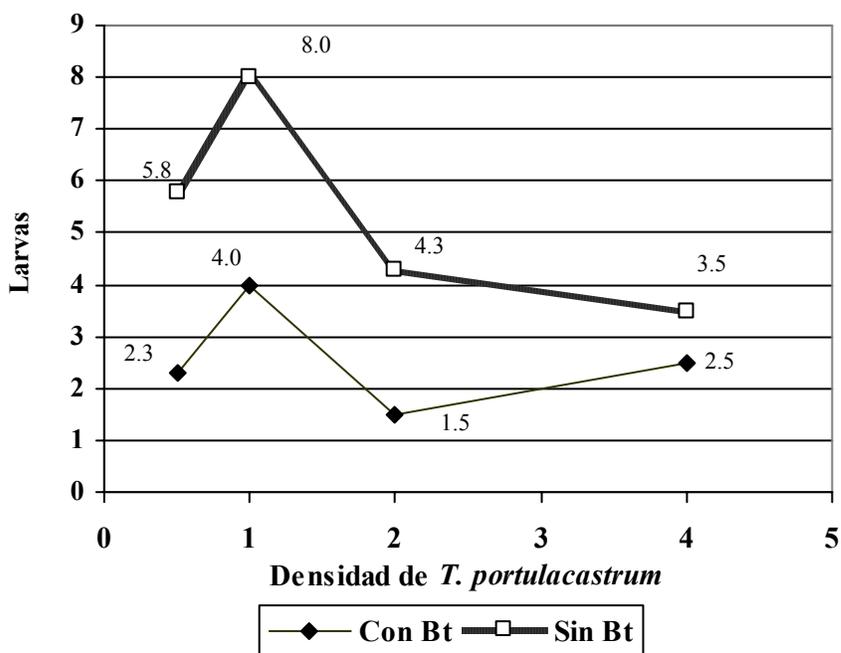


Figura 12. Efectos del Bt y la densidad de *T. portulacastrum* sobre el número de larvas de *S. recurvalis* a los 43 días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002.

### **Porcentaje de hojas dañadas**

No se observaron diferencias significativas en el daño causado por *S. recurvalis* a la maleza a los 14, 21, 25 y 28 DDT (Cuadro 6). De los 36 hasta los 57 DDT se encontró un porcentaje de hojas dañadas significativamente mayor en las subparcelas que no se asperjaron con Bt en todas las densidades de plantas (Cuadro 6, Figuras 13 y 14). Luego de los 43 DDT, hubo un aumento rápido en el porcentaje de hojas dañadas en todos los tratamientos, pero particularmente en las subparcelas sin Bt. A los 64 DDT no se observó diferencia significativa, entre las subparcelas ya que todas habían alcanzado de 98 a 100 por ciento de hojas dañadas. Se encontró una correlación positiva de los 14 hasta los 57 DDT, entre el número de larvas y el porcentaje de hojas dañadas ( $r = 0.86$ ,  $P = 0.0001$ ).

### **Porcentaje de parasitismo**

No se observaron diferencias significativas en el porcentaje de parasitismo desde los 14 a los 43 DDT (Cuadro 7). A los 50 DDT, el porcentaje de parasitismo fue significativamente más alto en las subparcelas sin Bt que en las tratadas con el insecticida en las densidades de 1.0, 2.0 y 4.0 plantas/ 0.3 m<sup>2</sup> (Figura 15.A). A los 57 DDT no se observó diferencia significativa por causa del Bt, pero sí por efecto de la densidad. El porcentaje de parasitismo fue significativamente más alto en las densidades de 1.0 (26.8) y 2.0 (19.6) plantas/0.3 m<sup>2</sup> que en el de 0.5 (11.6) y 4.0 (10.4) plantas/0.3 m<sup>2</sup> (Figura 15.B).

Cuadro 6. Porcentaje de hojas dañadas de *T. portulacastrum* a distintas densidades de plantas, con (+) o sin (-) aspersiones de insecticida a base de *Bacillus thuringiensis* (Bt), Juana Díaz, P. R., 2002.

Densidad (plantas/0.3 m <sup>2</sup> )	Subparcela (con Bt (+), Sin Bt (-))	Días después del trasplante*								
		14	21	25	28	36	43	50	57	64
0.5	+	1.2 a	0.2 a	0.2 a	5.5 a	7.6 b	8.7 b	6.5 b	56.5 b	98.0 a
0.5	-	3.5 a	0.6 a	0.4 a	4.9 a	13.0 a	30.2 a	45.6a	95.2 a	100 a
1.0	+	1.3 a	0.0 a	0.2 a	1.7 a	2.8 b	10.1 b	5.0 b	68.7 b	98.0 a
1.0	-	1.8 a	0.4 a	1.3 a	1.7 a	11.5 a	22.7 a	37.0 a	98.1 a	100 a
2.0	+	0.6 a	0.6 a	0.2 a	1.7 a	6.5 b	17.0 b	3.8 b	80.1 b	100 a
2.0	-	4.1 a	3.3 a	0.2 a	5.3 a	18.7 a	28.7 a	35.7 a	98.1 a	100 a
4.0	+	5.9 a	3.0 a	1.6 a	5.7 a	8.5 b	36.5 b	6.7 b	57.3 b	100 a
4.0	-	4.2 a	2.2 a	1.1 a	0.5 a	15.6 a	28.7 a	48.9 a	91.8 a	100 a

\*Las medias con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes a  $\alpha= 0.05$ , PDMS.

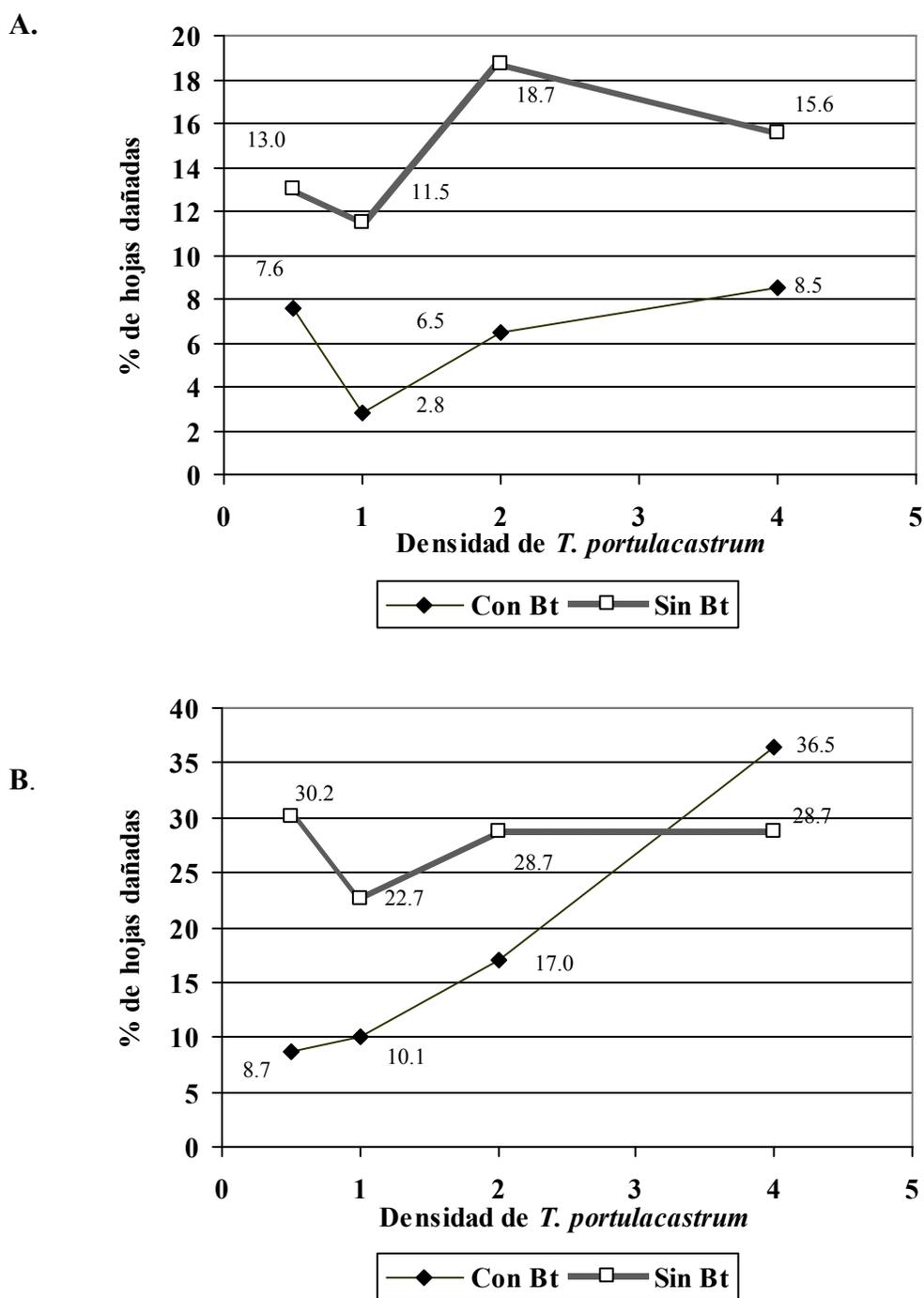


Figura 13. Efecto del Bt y la densidad de *T. portulacastrum* sobre el porcentaje de hojas dañadas a los 36 (A) y a los 43 (B) días después del trasplante, Juana Díaz, P.R., 2002.

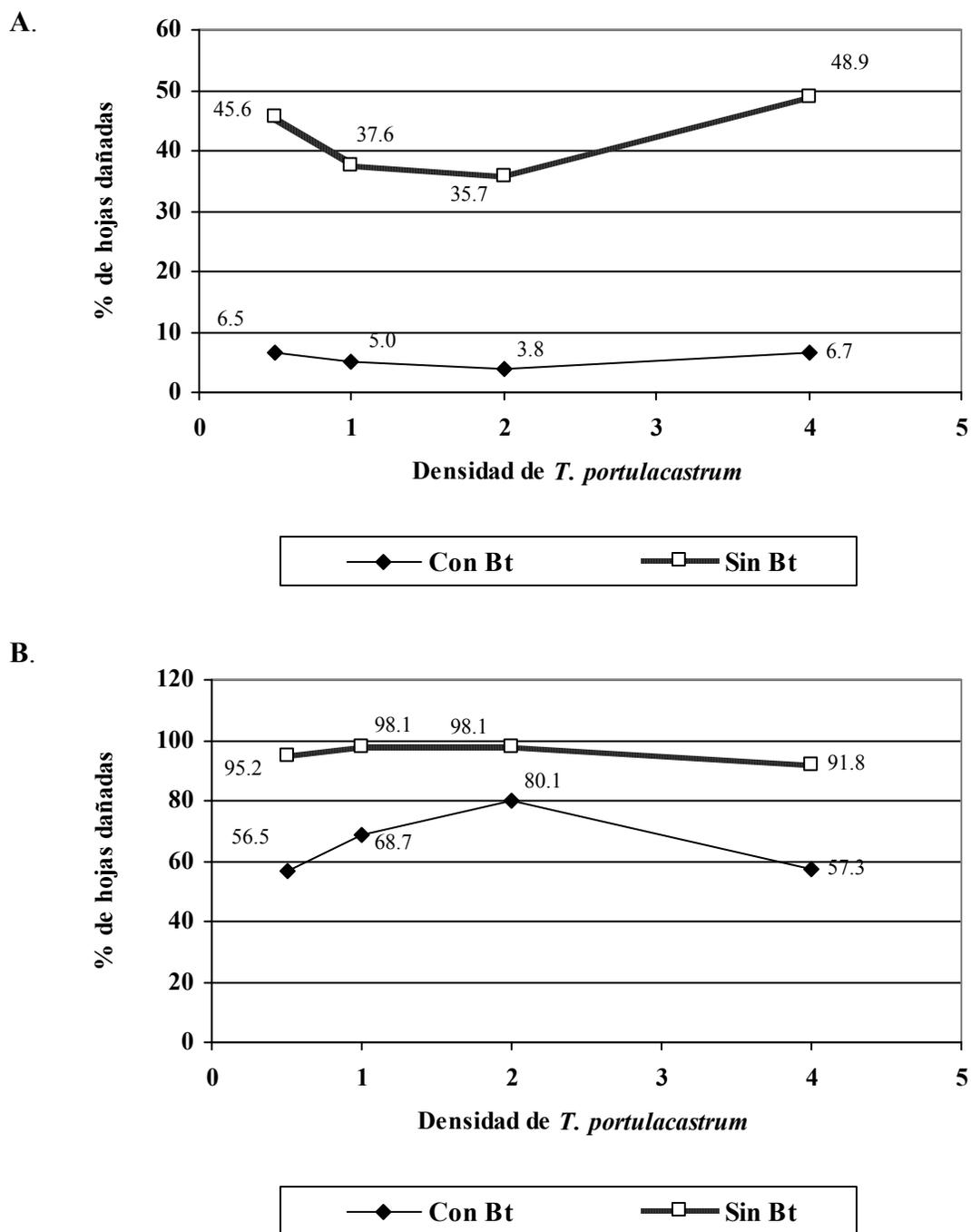


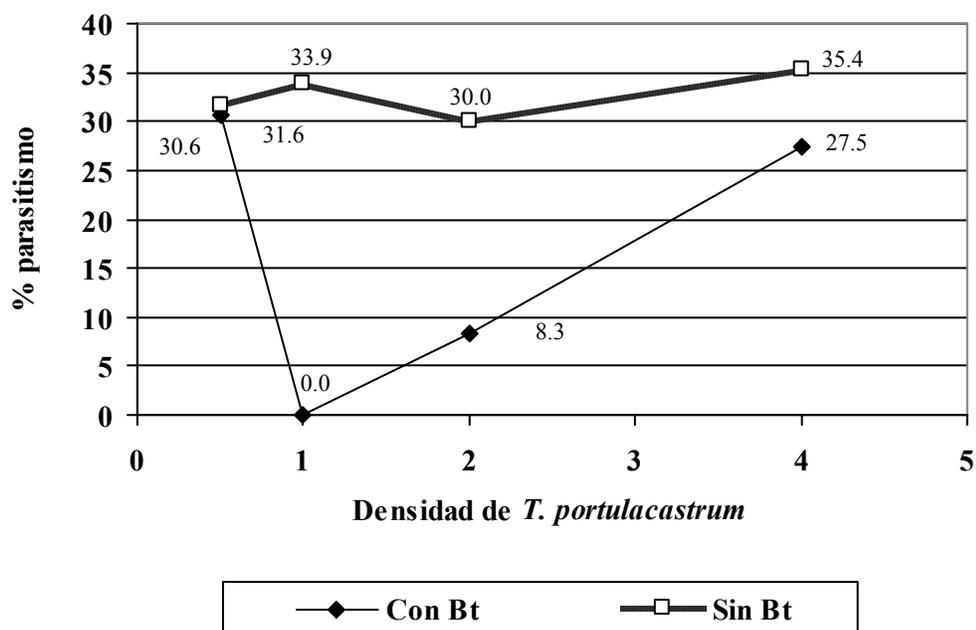
Figura 14. Efecto del Bt y de la densidad de *T. portulacastrum* sobre el porcentaje de hojas dañadas a los 50 (A) y a los 57 (B) días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002.

Cuadro 7. Porcentaje de parasitismo en *S. recurvalis* a distintas densidades de plantas de *T. portulacastrum* con (+) o sin (-) aspersiones de insecticida a base de *Bacillus thuringiensis* (Bt), Juana Díaz, P. R., 2002.

Densidad (plantas/0.3m <sup>2</sup> )	Subparcela con Bt (+), Sin Bt(-)	Días después del trasplante*								
		14	21	25	28	36	43	50	57	64
0.5	+	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	54.0 a	31.3 a	30.6 b	20.0 b	12.5 a
0.5	-	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.3 a	15.0 a	48.2 a	31.3 a	3.1 b	0.0 a
1.0	+	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	25.0 a	76.4 a	0.0 b	24.9 a	0.0 a
1.0	-	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.3 a	0.0 a	44.6 a	33.9 a	28.8 a	0.0 a
2.0	+	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	12.5 a	12.5 a	8.3 b	20.1 a	0.0 a
2.0	-	0.0 a	0.0 a	0.3 a	33.3a	21.7 a	60.0 a	30.0 a	19.2 a	0.0 a
4.0	+	0.0 a	0.0 a	0.3 a	12.5a	18.8 a	33.3 a	27.5 b	10.6 b	0.0 a
4.0	-	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	25.0 a	31.3a	35.4 a	10.3 b	0.0 a

\* Las medias con letras iguales en cada columna no son significativamente diferentes a  $\alpha=0.05$ , PDMS.

A.



B.

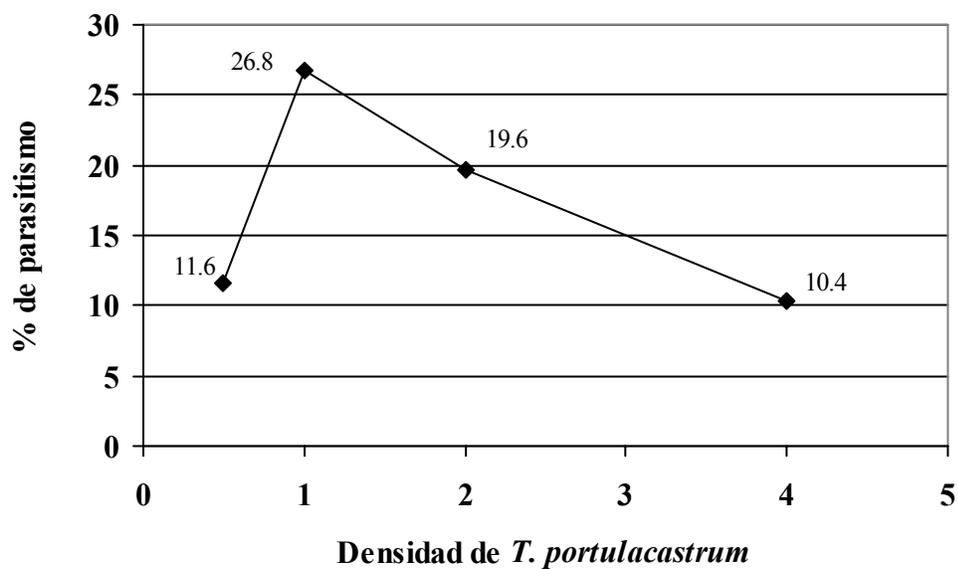


Figura 15. Efecto del Bt y de la densidad de *T. portulacastrum* en el porcentaje de parasitismo en *S. recurvalis* a los 50 (A) y a los 57 (B) días después del trasplante, Juana Díaz, P. R., 2002.

## DINÁMICA POBLACIONAL EN PREDIOS EN BARBECHO

### Densidad poblacional de *S. recurvalis*

En la localidad de Juana Díaz se colectaron en promedio 1.2, 0.2 y 0.5 larvas de *S. recurvalis* por tallo, en las épocas de otoño, invierno y primavera, respectivamente (Figura 16). En la localidad de Lajas, se colectaron en promedio 0.2, 0.2 y 0.3 larvas de *S. recurvalis* por tallo, en las épocas de otoño, invierno y primavera, respectivamente. En la localidad de Santa Isabel se colectaron en promedio 1.3, 0.3 y 0.2 larvas de *S. recurvalis* por tallo en las épocas de otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Al comparar las localidades en la época de otoño, se encontró que el número de larvas de *S. recurvalis* fue significativamente más alto en Juana Díaz ( $F = 49.34$ ,  $P = 0.0001$ ) y en Santa Isabel ( $F = 52.62$ ,  $P = 0.0001$ ) que en Lajas (Figura 16). El número de larvas en las localidades de Juana Díaz y Santa Isabel no fue significativamente diferente. En la época de invierno no se observó diferencia significativa al comparar las localidades (Figura 16). En la época de primavera, el número de larvas fue significativamente más alto en la localidad de Juana Díaz que en Santa Isabel ( $F = 18.88$ ,  $P = 0.0001$ ) o Lajas ( $F = 7.62$ ,  $P = 0.005$ ). No hubo diferencia entre las dos localidades anteriores. En la localidad de Juana Díaz el promedio de larvas colectadas fue mayor para la época de otoño que el invierno ( $F = 60.02$ ,  $P = 0.0001$ ) o primavera ( $F = 18.29$ ,  $P = 0.0001$ ) (Figura 16). En la localidad de Lajas, no se encontró diferencia significativa para el promedio de larvas en ninguna de las épocas. En Santa Isabel, se encontró un número de larvas significativamente más alto en la época de otoño que en invierno ( $F = 46.92$ ,  $P = 0.0001$ ) o primavera ( $F = 69.97$ ,  $P = 0.0001$ ) (Figura 16).

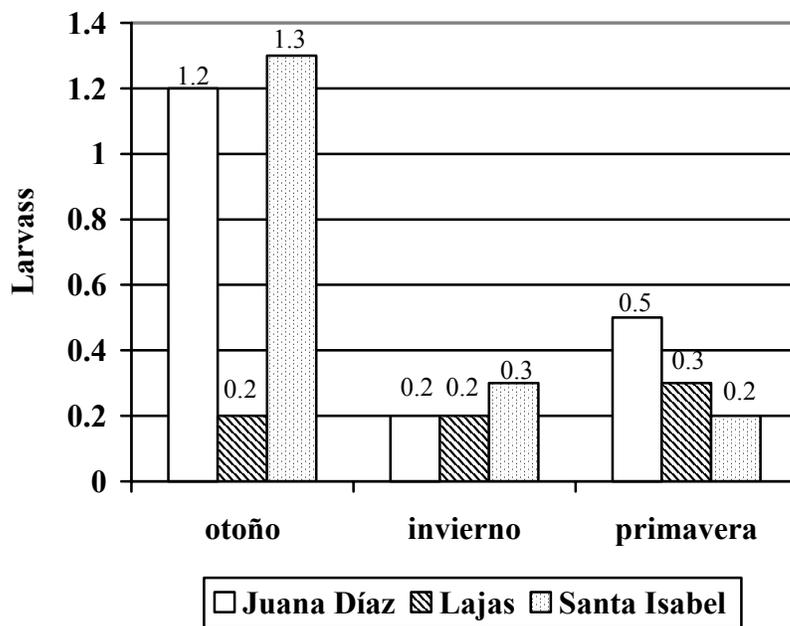


Figura 16. Promedio de larvas de *S. recurvalis* colectadas en tallos de la peseta por época y localidad, 2001-02.

Los datos del número de larvas de *S. recurvalis* de las localidades de Juana Díaz, Lajas y Santa Isabel se sometieron al análisis de distribución espacial conocido como binomial negativo para determinar la distribución de las larvas en el campo. Se obtuvo un índice de dispersión (K) de 1.86.

### **Porcentaje de hojas dañadas**

Cuando se compararon las localidades en la época de otoño, se encontró que el porcentaje de hojas dañadas en la localidad de Lajas fue significativamente más bajo que los porcentajes encontrados en las localidades de Santa Isabel ( $F = 19.73$ ,  $P = 0.0001$ ) o Juana Díaz ( $F = 10.33$ ,  $P = 0.001$ ) (Figura 17). Sin embargo, al comparar estas últimas dos localidades no se encontró diferencia entre ellas. En la época de invierno, el porcentaje de hojas dañadas fue significativamente ( $F = 15.72$ ,  $P = 0.0001$ ) más alto en Santa Isabel que en Lajas, pero no hubo diferencia al compararlo con Juana Díaz (Figura 17). En la época de primavera el porcentaje de hojas dañadas fue significativamente más alto en la localidad de Juana Díaz que en Lajas ( $F = 27.19$ ,  $P = 0.0001$ ) y Santa Isabel ( $F = 17.00$ ,  $P = 0.001$ ).

Al comparar los porcentajes en la localidad de Juana Díaz, se encontró que el porcentaje de hojas dañadas fue significativamente más alto en otoño ( $F = 10.38$ ,  $P = 0.001$ ) y primavera ( $F = 22.30$ ,  $P = 0.0001$ ) que en invierno. En la localidad de Lajas, el porcentaje de hojas dañadas no fue diferente en ninguna de las épocas. En la localidad de Santa Isabel, el porcentaje de hojas dañadas fue significativamente más alto en otoño que en invierno ( $F = 5.21$ ,  $P = 0.02$ ) o la primavera ( $F = 14.75$ ,  $P = 0.0001$ ), pero no hubo diferencia entre estas últimas dos épocas (Figura 17)

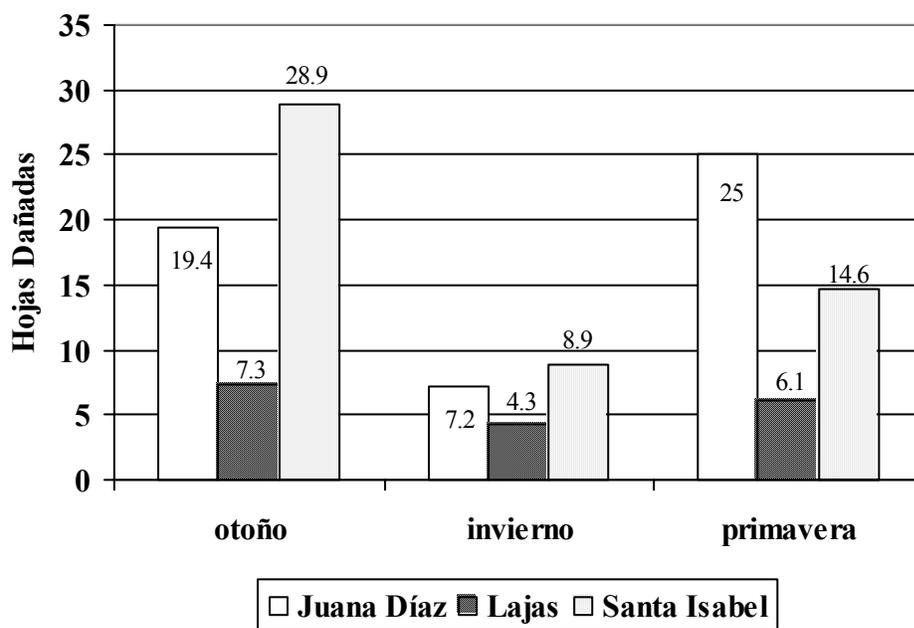


Figura 17. Promedio de hojas dañadas de *T. portulacastrum* por época y localidad, 2001-2002.

### **Porcentaje de Parasitismo**

Al analizar los datos obtenidos en las localidades de Juana Díaz, Lajas y Santa Isabel en las épocas de otoño, invierno y primavera, no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de parasitismo en ninguna de las épocas ni en las localidades (Figura 18). En Santa Isabel, se puede observar una tendencia de reducción en el porcentaje de parasitismo de otoño a la primavera mientras que en Juana Díaz y Lajas se observa una distribución bimodal en el porcentaje de parasitismo.

En la localidad de Juana Díaz se pudo observar que el número de larvas de *S. recurvalis* fue mayor en los meses de octubre y mayo (Figura 19). En los demás meses la población se mantuvo más o menos constante. En el mes de febrero se colectó el menor número de larvas de *S. recurvalis* por tallo. El porcentaje de parasitismo fue mayor en los meses de octubre y mayo. En la localidad de Lajas, el número de larvas se mantuvo bajo y constante a través de todos los meses; en octubre y mayo se observó el número mayor de larvas (Figura 20). En estos dos meses, se observó también el porcentaje mayor de parasitismo. En la localidad de Santa Isabel se observó mayor número de larvas en los meses de septiembre y octubre y luego disminuyeron en noviembre y diciembre, aumentando muy poco en enero y febrero para disminuir en marzo, abril y mayo (Figura 21). En esta localidad el porcentaje de parasitismo fue mayor en noviembre y febrero.

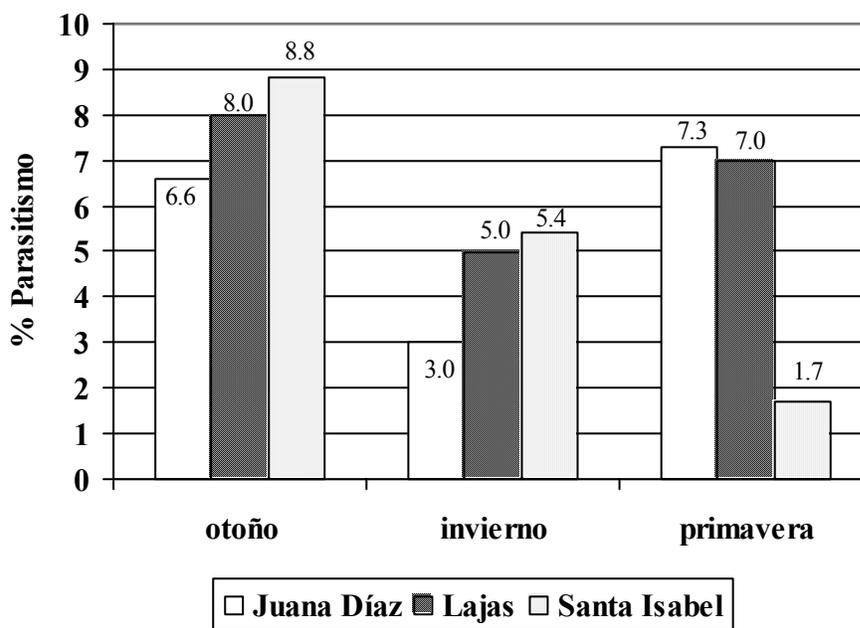


Figura 18. Porcentaje de parasitismo sobre *S. recurvalis* por época y localidad, 2001-02.

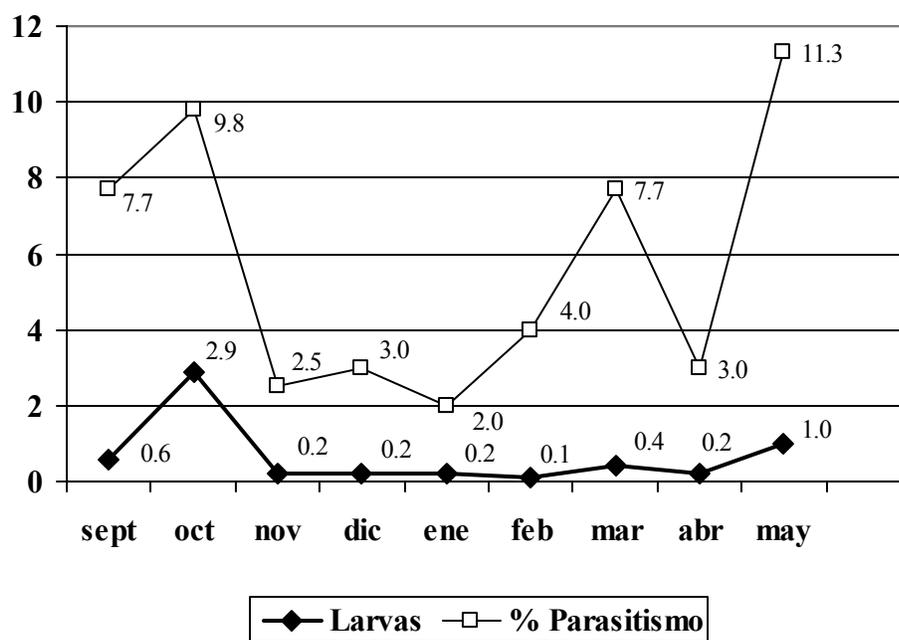


Figura 19. Promedio de larvas y porcentaje de parasitismo de *S. recurvalis* a través del tiempo en la localidad de Juana Díaz, 2001-2002.

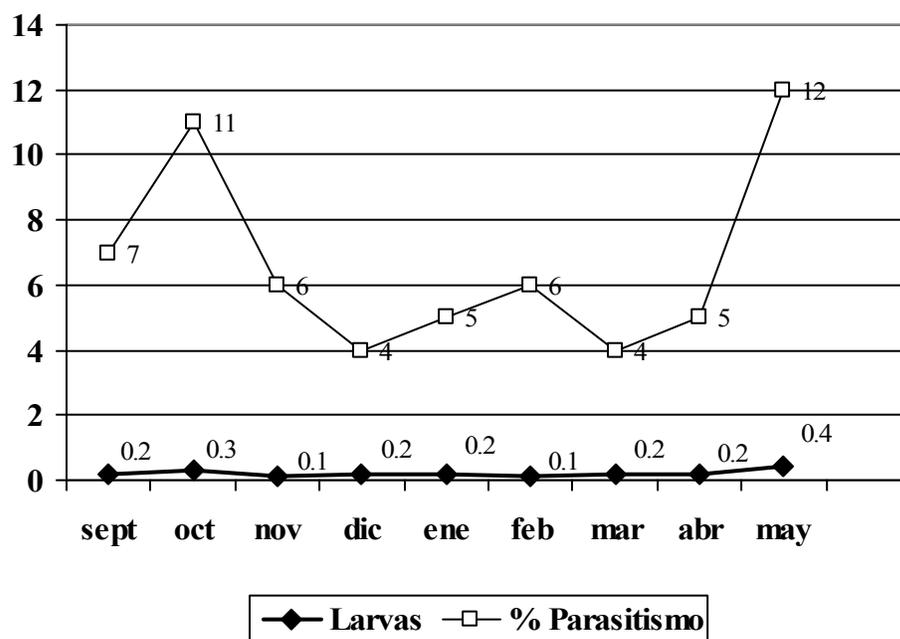


Figura 20. Promedio de larvas y porcentaje de parasitismo de *S. recurvalis* a través del tiempo en la localidad de Lajas, 2001-2002.

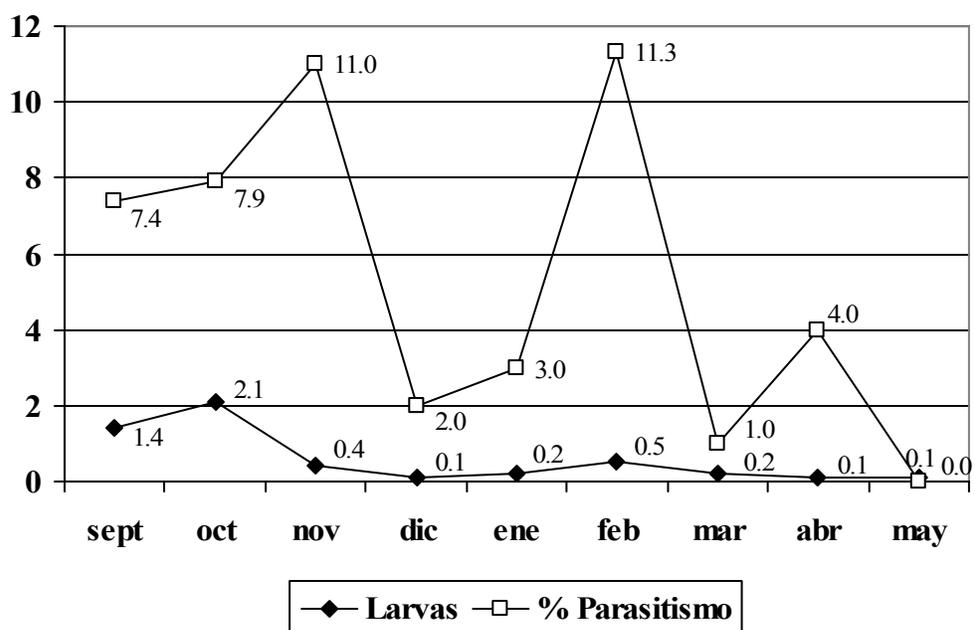


Figura 21. Promedio de larvas y porcentaje de parasitismo de *S. recurvalis* a través del tiempo en la localidad de Santa Isabel, 2001-2002.

## DISCUSIÓN

Los resultados de los dos experimentos demuestran que la cobertura de la maleza está directamente relacionada con la densidad de siembra de la misma, aunque según pasa el tiempo (25-28 DDT) al ser ésta una planta medianamente rastrera alcanza un 100 por ciento de cobertura en todas las densidades de plantas. En los dos experimentos de campo se observó un promedio de larvas mayor en los tratamientos donde la densidad de la peseta era mayor, esto se debe a que la biología de las poblaciones y su comportamiento de consumo dependen de alguna manera de la dispersión y concentración de los recursos. Esto sugiere que el aumento en la cobertura de *T. portulacastrum* estimula la colonización por la hembras de *S. recurvalis* y por lo tanto el número de larvas encontradas de *S. recurvalis*. Además, permite mayor supervivencia al estar mejor protegidas por el follaje. Se espera que donde existe una mayor concentración de recursos se encuentre la mayor densidad de la población del insecto, porque el comportamiento de colonización de un herbívoro esta determinado por la disponibilidad espacial y temporal de sus plantas hospederas (Root, 1973; Ehrlich, 1984). El incremento en la densidad poblacional del insecto, según pasa el tiempo, va a causar una disminución de los recursos alimentarios debido a que éstos están siendo consumidos por el herbívoro.

La dinámica de *S. recurvalis* así como la de la maleza pudieron estar influenciadas en cada localidad de muestreo por variables como: el tamaño de las parcelas de muestreo, la extensión geográfica de la maleza, tamaño del predio, la distancia entre los organismo de la misma especie (densidad), la distribución temporal, la frecuencia de plantas no hospederas entre las hospederas (pureza o diversidad) y la diversidad de especies

vegetales del lugar. En la localidad de Santa Isabel hay mayor área cultivada. En otoño se preparan los predios para las siembras así que la peseta se encuentra distribuida en grandes parches de mayor densidad, por ende es esta época donde se encontró el promedio mayor de larvas. En el invierno hay mayor área sembrada y el control de malezas es más intensivo, esto se extiende hasta entrada la primavera. En la localidad de Juana Díaz, el promedio de larvas colectadas fue mayor para la época de otoño que el invierno o primavera. Este resultado es de esperarse pues es en el otoño (entre los meses de julio, agosto y septiembre) cuando el crecimiento de la maleza es más rápido y vigoroso porque es cuando se encuentran las condiciones óptimas de crecimiento como lo son las altas temperaturas y la época lluviosa (Balyan and Bhan, 1986a). En esta época los terrenos están arados y la lluvia promueve la germinación de la maleza formando parches continuos. En Lajas, se observó un promedio menor de larvas debido a que el área de cultivo es mucho menor al compararlo con las otras localidades; además, en esta localidad no se cultiva muy intensivamente y la peseta solo se encuentra en algunos parches pequeños. Otros factores como la dominancia de otras malezas y el reservorio de semillas en el suelo pudieron contribuir a las diferencias en los niveles poblacionales de la maleza.

Aunque *S. recurvalis* causó defoliación de entre 80-90 por ciento en este estudio, su capacidad como agente biocontrolador natural se ve limitado por la asincronización temporal herbívoro-hospedero. La maleza comienza la producción de semillas antes que *S. recurvalis* cause una defoliación significativa. Aunque no se conoce cuántas larvas de *S. recurvalis* son necesarias para evitar la producción de semillas viables, se estima que

se requieren 20 larvas por plantas de 30 días después de la germinación para causar un 90 por ciento de daño a las hojas (Martin et al., 2003). En este estudio se pudo observar que la defoliación alcanzó niveles de 80 a 90 por ciento cuando el número de larvas alcanzó niveles de 10 a 20 por 15 cm de tallo.

Se elaboró un modelo conceptual para ilustrar la dinámica poblacional (cobertura) de la maleza y del herbívoro (Figura 22). Bajo condiciones naturales, la maleza aumentará paulatinamente la cobertura del suelo al inicio del ciclo del cultivo sobrepasando el nivel de daño (competencia) hasta alcanzar un 90 a 100% (aproximadamente 25-32 días después de la germinación; esto va a depender de la densidad de la maleza, disponibilidad de agua, nutrientes y competencia con otras malezas) de cobertura. El herbívoro, *S. recurvalis* (pega-pega de la peseta, [“quarter weed webworm”]), aumentará sus poblaciones larvales en función de la cobertura de la maleza, pero a una razón lenta al principio del ciclo del cultivo, por lo que la maleza escapa la regulación por el insecto fitófago sobrepasando el nivel de daño o población crítica (UE). Al principio del ciclo de la maleza, el aumento en la cobertura por ésta fomentará el encuentro del hábitat por el herbívoro y estimulará la colonización y oviposición por las hembras de *S. recurvalis*. Al haber recurso alimentario en abundancia para el herbívoro, éste aumentará su tiempo de residencia en los parches de la peseta y reducirá la emigración hacia otros parches de menor concentración, conduciendo así a la explotación eventual del recurso. Cuando la maleza alcanza niveles de cobertura cerca del 100%, la población del herbívoro aumentará lo suficiente (10-20 larvas/tallo) para causar un

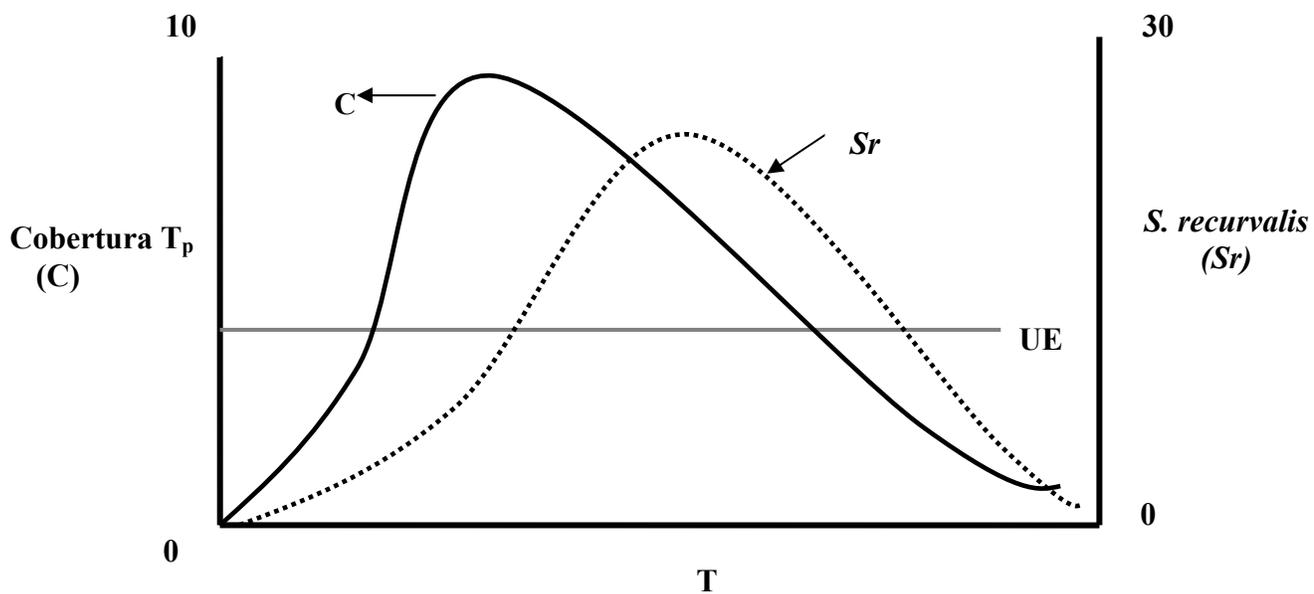


Figura 22. Modelo conceptual de la dinámica poblacional de *S. recurvalis* ( $S_r$ ) y la cobertura de la maleza *T. portulacastrum* ( $T_p$ ).  $T$  = tiempo, UE = nivel de cobertura crítico de la maleza o nivel regulativo de *S. recurvalis*,  $T_p = T. portulacastrum$ , cobertura 0-10 = 0-100%.

colapso vertiginoso en la cobertura de la maleza. En este punto las hojas se consumirán casi en su totalidad quedando parte de los tallos desnudos sobre la superficie del suelo.

En la Figura 23 se presenta un modelo conceptual de cómo se podría utilizar a *S. recurvalis* para el control biológico de *T. portulacastrum* y cuál sería teóricamente la dinámica poblacional en este sistema. En el modelo se presume la liberación de suficientes adultos (control biológico por inundación, suficientes adultos para producir una población larval de 10 a 20 larvas por cada 15 cm de tallo) del herbívoro cuando la maleza esté comenzando su ciclo biológico antes de alcanzar niveles competitivos y la producción de frutos. Teóricamente esto causará una defoliación prematura del yerbajo y reducirá la producción de semillas. De acuerdo a las prácticas y manejo del cultivo se podría requerir más de una liberación (flechas blancas) de adultos del herbívoro. Para corroborar el modelo se requiere desarrollar también un modelo de crecimiento del yerbajo para las distintas zonas geográficas y épocas de siembra en Puerto Rico.

Las fluctuaciones en las poblaciones larvales de *S. recurvalis* y en el porcentaje de parasitismo siguieron un patrón muy similar en las localidades de Juana Díaz y Lajas. El porcentaje de parasitismo tanto en los experimentos de campo como en las localidades fue mayor en los lugares donde había mayor concentración de recursos (larvas). La hipótesis de los enemigos naturales elaborada por Root (1973) predice que éstos se encontrarán y tendrán un mayor tiempo de residencia en los hábitats donde la concentración de sus recursos sea mayor. La agregación de los parasitoides en regiones de alta densidad de la presa es de esperarse ya que éstos tendrán una influencia estabilizadora en las relaciones parasitoide-presa, beneficiando así el primer nivel trófico.

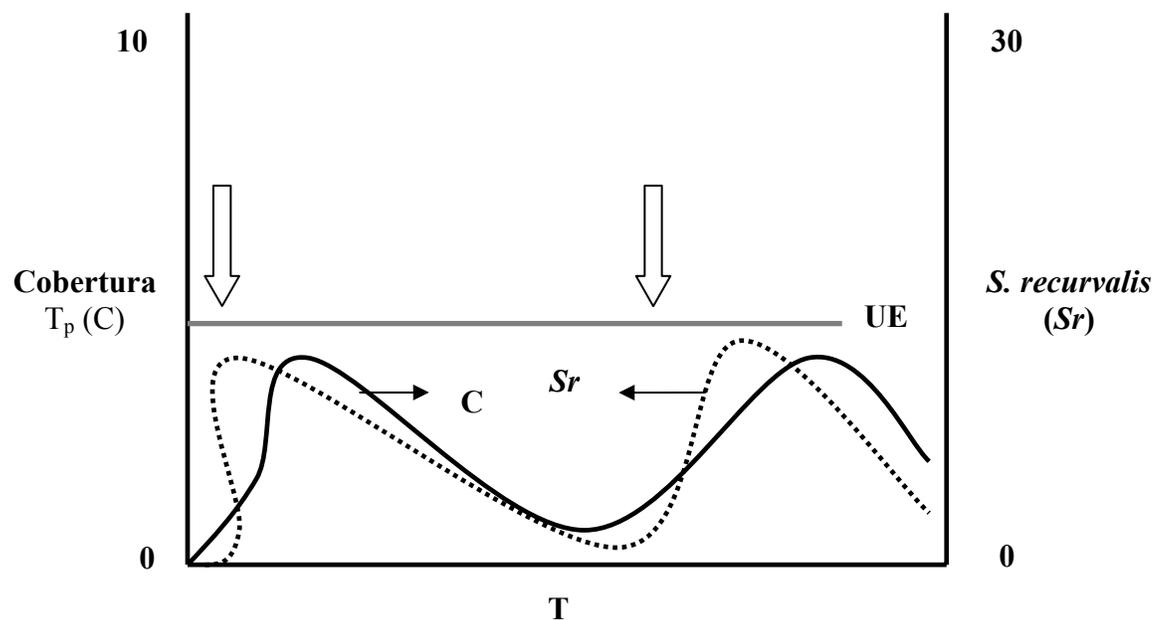


Figura 23. Modelo conceptual para la utilización de *S. recurvalis* ( $Sr$ ) en el control biológico por inundación de la maleza peseta (*T. portulacastrum*). Las flechas blancas representan la liberación de adultos de *S. recurvalis*. T = tiempo, UE = nivel de cobertura crítica de la maleza o nivel regulativo de *S. recurvalis*,  $T_p$  = *T. portulacastrum*, cobertura 0-10 = 0-100%.

Sin embargo, la acción de los parasitoides en este estudio no pareció influir negativamente en el crecimiento poblacional de *S. recurvalis* ni en la acción del herbívoro sobre el primer nivel trófico (peseta). Estos resultados coinciden con los encontrados por Marsh (1911) en Hawai, en donde el gremio de parasitoides no ejerció un efecto regulador sobre el herbívoro. Esto puede deberse a que los parasitoides que emergieron de las larvas no son especialistas de *S. recurvalis* y estuvieran atacando también a otros herbívoros en el campo. Además, el efecto de los hiperparásitos (cuarto nivel trófico) puede reducir la eficacia de los parasitoides primarios (particularmente sobre *Apanteles* sp., el más comúnmente encontrado en este estudio) de *S. recurvalis*, algo deseable en el sistema bajo estudio.

*S. recurvalis* tuvo una distribución espacial agregada en las muestras de tallo de *T. portulacastrum*. Esto indica que la presencia de una larva de *S. recurvalis* en un tallo de *T. portulacastrum* aumenta la probabilidad de que otra larva esté cerca (Southwood, 1978). El conocer cómo se encuentra distribuido espacialmente el herbívoro en el campo es importante para poder determinar qué tipo de muestreo debe utilizarse para determinar su población y obtener una variación relativa baja. La agregación de una población es el resultado de la anejió de sus individuos en respuesta a diferencias del área donde se encuentra o como resultado de atracciones sociales. Esta distribución es en ciertos casos muy favorable porque los individuos que se encuentran más agregados experimentan a menudo un índice reducido de mortalidad durante ataques por otros organismos, pero puede ser desfavorable si la especie no ejerce defensa comunal.

El Bt es un plaguicida biológico utilizado muy frecuentemente en Puerto Rico y en todo el mundo, es a base de una endotoxina que causa septicemia en los insectos al abrir huecos en la membrana epitelial del intestino medio (Ware, 1993). Estos productos aunque redujeron los niveles poblacionales de *S. recurvalis* en la peseta parecen afectar muy poco la dinámica poblacional larval del herbívoro. Frecuentemente se utilizan productos a base de Bt en la costa sur para el control de larvas de lepidópteros que afectan las hortalizas. La exposición frecuente a estos insecticidas puede haber inducido niveles de resistencia en *S. recurvalis* como ha ocurrido con otros herbívoros (Cartwright et al., 1992; Tabashnik, 1994). Esto puede ser de gran utilidad debido a que se puede aplicar Bt dirigido a plagas en el campo y esto no afectará el control que ejerce *S. recurvalis* sobre *T. portulacastrum*. Los insectos pueden desarrollar resistencia al Bt modificando las proteasas o el pH del intestino medio, detoxificando la proteína, alterando los receptores membránicos de las células epiteliales o modificando su comportamiento (Tabashnik, 1994).

### PARASITOIDES CRIADOS DE *S. RECURVALIS*

De las larvas colectadas en los experimentos de campo emergieron siete especies distintas de parasitoides e hiperparasitoides que se clasificaron en cinco familias taxonómicas dentro del orden Himenoptera, División Parasítica. Se identificaron tres géneros de parasitoides primarios en la familia Braconidae, uno en la familia Pteromalidae y uno en la familia Ichneumonidae (Figura 24). También se encontraron dos especies (sin identificar) pertenecientes a la familia Tachinidae del orden Díptera, suborden Cyclorrhapha (Figuras 25 y 26). Aunque no se han identificado las especies de taquínidos encontradas en este estudio, se sabe que el taquínido *Lespedia archippivora* se ha utilizado para el control biológico por importación de *S. recurvalis* en Hawai (Funasaki et al., 1988). Se obtuvieron también dos especies de hiperparasitoides: una en la familia Elasmidae y la otra en la familia Chalcididae, ambas emergieron de pupas de *Apanteles*.

*Catolaccus sp.* (Figura 27) fue uno de los parasitoides encontrados en los dos experimentos de campo y en predios en barbecho en las tres localidades estudiadas. Este género perteneciente a la familia Pteromalidae se caracteriza porque los tarsos están divididos en cinco segmentos y la antena en 13 segmentos (Bouček y Heydon, 1997). El funículo de la antena posee cinco o más segmentos (Borror et al., 1989). En esta familia se han descrito más de 3,000 especies en aproximadamente 552 géneros. La mayoría de estos insectos son parasitoides de hábitos generalistas y atacan una amplia gama de hospederos (Bouček y Heydon, 1997).



Figura 24. Parasitoide de *S. recurvalis* perteneciente a la familia Ichneumonidae.



Figura 25. Parasitoide de *S. recurvalis* perteneciente a la familia Tachinidae.



Figura 26. Parasitoide de *S. recurvalis* perteneciente a la familia Tachinidae.

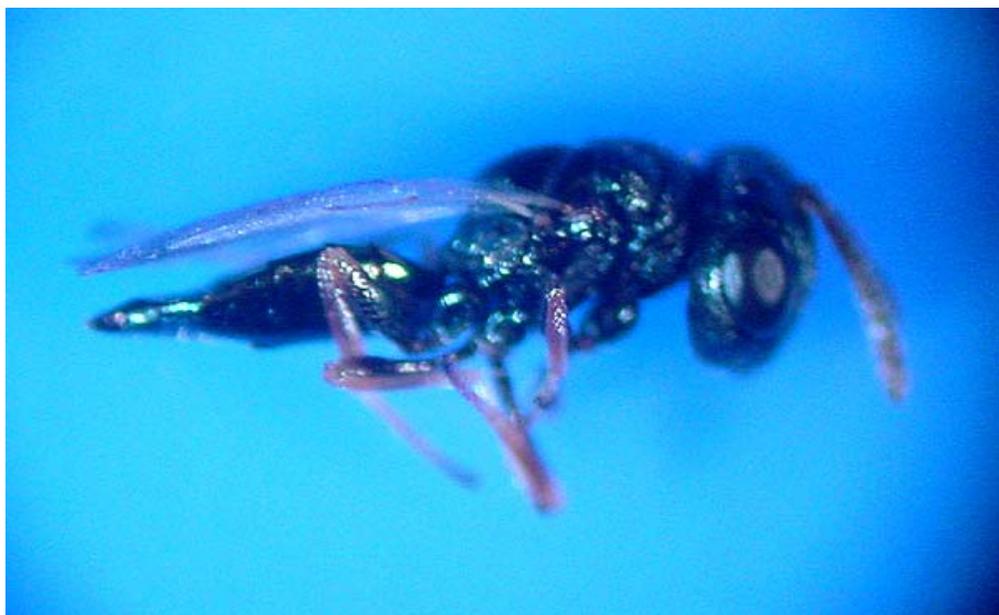


Figura 27. Espécimen de *Catolaccus sp.* (Hymenoptera: Pteromalidae), parasitoide de *S. recurvalis*.

En Norte América, se han reportado varias especies del género *Catolaccus*, entre éstas: *C. fragariae*, *C. kansensis* y *C. victoria*, las cuales no son de mucha importancia; *C. aeneoviridis* y *C. cyanoideus* son especies que hiperparasitan a *Cotesia glomerata* y *Diadegma insulare*, parasitoides de importancia en la regulación de insectos plagas.

También, se encuentran especies que actúan como parasitoides primarios sobre las larvas de plagas importantes, como lo son *C. hunteri* y *C. grandis* (Nearctica, 2003). En Puerto Rico, el género *Catolaccus* se ha reportado como parasitoide primario de *Plutella xylostella* y como hiperparasitoide de *Cotesia plutellae* (Abreu y Cruz, 1997). Además, se ha encontrado a *Catolaccus hunteri*, atacando las larvas de *Anthonomus eugenii* (picudo del pimiento) (Correa, 1999). En Florida, se reportó por primera vez en *Anthonomus macromalus*, el picudo que ataca la acerola (*Malpighia glabra*) (Hunsberger and Peña, 1997). Otra especie de suma importancia, *Catolaccus grandis*, se ha reportado atacando a *Anthonomus grandis* (picudo del algodón) en América Central y México; actualmente representa el enemigo natural conocido de mayor potencial para el control biológico de esta plaga (Cave, 1995). En Estados Unidos, se introdujo a principios de 1970 en campos experimentales del estado de Mississippi y se utiliza hoy día en programas de manejo integrado en el país (Johnson et al., 1973).

Otro de los especímenes fue *Spilochalcis* sp., perteneciente a la familia Chalcididae y solo se encontró en la localidad de la Estación Experimental Agrícola de Lajas emergiendo de pupas de *Apanteles* sp. (Figura 28). En Puerto Rico, Abreu y Cruz (1997) reportaron a *Spilochalcis* sp. emergiendo de pupas de *Plutella xylostella* (L.) con una frecuencia relativa de 10.3 por ciento.



Figura 28. *Spilochalcis sp.*, hiperparasitoide de *Apanteles sp.* perteneciente a la familia Chalcididae.

En un estudio realizado en Jamaica y el Caribe se encontró a *Spilochalcis* sp. parasitando hasta un 50 por ciento de larvas y pupas de *Diadegma insulare* y a *Cotesia* spp. (Alam, 1990). Los calcídicos regularmente son negros o amarillos y una de sus características principales es que poseen el fémur metatorácico agrandado (Borror et al., 1989). Por lo general, son de hábitos solitarios, que se desarrollan como endoparasitoides primarios de pupas de Lepidoptera y Diptera, aunque también existen especies gregarias y ocurren especies hiperparasíticas. Algunos estudios establecen que algunas especies de *Spilochalcis* pueden actuar facultativamente como parásitos primario o como hiperparásitos (García, 1992). Este género parece tener una distribución neotropical ya que no se reporta en revisiones de calcídicos en Norte América ni en el Paleotrópico (Bouček, 1988, Bouček y Heydon, 1997)

*Apanteles* sp. (Figura 29) se encontró en larvas de *S. recurvalis* colectadas en todas las localidades y en todos los meses de la investigación. Los adultos emergieron solitarios (un individuo por hospedero) de capullos sedosos color blanco, desoperculando (remoción de tapa circular) en uno de los extremos. Este género pertenece a la familia Braconidae la cual se considera como la más numerosa en especies dentro del orden Hymenóptera y la que posee el grupo mayor de insectos beneficiosos y parasitoides (Borror et al., 1992).

Los adultos de *Apanteles* son relativamente pequeños (aproximadamente 2-3mm) y de colores oscuros, de su etapa larval suelen emerger una gran cantidad de individuos del cuerpo de su hospedero (especie gregaria), aunque existen especies que son solitarias.



Figura 29. Espécimen de *Apanteles sp.* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *S. recurvalis*

El género *Apanteles* es muy importante porque es abundante en todos los hábitats terrestres y ataca a la mayoría de las especies del orden Lepidoptera (Mason, 1981). En Waimnalo, Oahu en el 1987 se identificaron parasitoides que emergieron de *S. recurvalis* como *Apanteles opacus* (Marsh, 1990). Wolcott (1948) menciona aproximadamente 14 especies de *Apanteles* en Puerto Rico entre ellas *dignus*, *americanus*, *carpatus*, *mayaguezensis* y *marginiventris*. Al menos dos especies han sido reportadas atacando larvas de pirálidos en Puerto Rico: *Apanteles ruficollis* (Cameron) y otra sin identificar (Wolcott, 1948). Según Cave (1995), *A. impiger*, que parasita a *Diaphania spp.* (Lepidoptera: Pyralidae), el gusano de la calabaza, se encuentra en Cuba, Honduras y Puerto Rico.

También se encontró a *Chelonus cautus* (Cresson) (Figura 30). Este parasitoide está distribuido a través de América Central, Venezuela, México y los Estados Unidos. En Puerto Rico, Wolcott (1948) reportó tres especies: *C. texanus*, *C. meridionalis* y *C. insularis*. Este género, perteneciente a la familia Braconidae, se caracteriza por poseer el metasoma negro con una banda blanca ancha anteriormente, profémures negros basalmente y castaño rojizos apicalmente. Posee una longitud aproximada de 4 mm. Sus hospederos reportados son *Spodoptera frugiperda* y *Psara phaeopteralis*, una especie de pirálido muy similar a *S. recurvalis*. Es un endoparasitoide solitario cuya hembra oviposita en el huevo del hospedero, pero eclosiona en el estado larval de éste. La larva del parasitoide emerge del hospedero y forma un capullo blanco donde empupa antes de que el hospedero alcance su etapa de pupa (Cave, 1995).



Figura 30. Especimen de *Chelonus cautus*. (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *S. recurvalis*.



Figura 31. Espécimen de *Cremnops* sp. (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de *S. recurvalis*.

De los géneros de braconidos encontrados parasitando a *S. recurvalis*, *Cremnops* sp. es el único que no está reportado en Puerto Rico (Figura 31). No se conoce mucho acerca del ciclo de vida de este género, quizás la característica biológica más importante es que es un parasitoide idiobionte (detiene el desarrollo de su presa) de larvas de lepidópteros pertenecientes a la familia Pyralidae (Simmonds, 1947). Sus características morfológicas más sobresalientes son: carena lateral en la parte anterior de la cabeza; complejo labio-maxilar alargado (las galeas más largas que las mandíbulas) y las uñas tarsales divididas y pectinadas (Briceño, 1999). Su distribución es en todo el mundo menos en los polos. Se han reportado alrededor de 22 especies para América del Sur y los Estados Unidos (Borror et al., 1989).

Se encontró otro hiperparasitoide, *Elasmus* sp., emergiendo de pupas de *Apanteles* sp. (Figura 32). Del género *Elasmus* sp. (Elasmidae) se han reportado 16 especies en América del Norte. En Puerto Rico, *Elasmus maculatus* (Howar) se reportó atacando pupas de *Apanteles americanus* (Lepeletier), que rodeaban larvas de *Erinnyis ello* (L.) (gusano carnudo de la yuca) en plantas de yuca (Wolcott, 1948). En este estudio *Elasmus* sp. emergió de pupas de *Apanteles* sp. que se desarrollaron de larvas de *S. recurvalis*. Esto indica que *Elasmus* sp. oviposita en larvas de *S. recurvalis* parasitadas con *Apanteles* sp. Por lo tanto, debe ser un hiperparasitoide larva-pupa en *Apanteles* sp. Una de las características principales para identificarlo es que posee los tarsos de sus patas segmentados en cuatro partes y las metacoxas agrandadas. Por lo general las especies de este género suelen ser hiperparasitoides (Borror et al., 1989).



Figura 32. Especimen de *Elasmus* sp. (Hymenoptera: Elasmidae), hiperparasitoide de *Apanteles* sp.

## PRUEBA DE HOSPEDEROS ALTERNOS

El daño ocasionado por las larvas de *S. recurvalis* a los discos de peseta en la prueba preliminar realizada se utilizó como base para otorgar los tantos (“scores”) de daños en las pruebas de no-selección y de selección en pareja (Figura 33). Se utilizó la escala del 0-10 donde, el cero representó que la larva no se alimentó, y el 10 representó el daño máximo.

Al realizar las pruebas de no-selección se observó diferencia significativa entre las diferentes especies de plantas a las 24 horas ( $F = 44.08$ ;  $P = 0.0001$ ) y a las 48 horas ( $F = 83.80$ ;  $P = 0.0001$ ) de exposición (Figura 34 y 35). Sin embargo, el daño causado por *S. recurvalis* a *T. portulacastrum* (peseta) y *Beta vulgaris* (remolacha) no resultó ser significativamente diferente, aunque se observó que las larvas comían un poco más en la peseta. A las 24 horas de exposición (Figura 34), los tantos de daño fueron significativamente más altos en la peseta y la remolacha que en bledo y en las demás plantas estudiadas. A su vez, las larvas de *S. recurvalis* comieron significativamente más en bledo que en botoncillo, ají, berenjena, tomate y pepinillo. No hubo diferencia significativa entre estas últimas cinco plantas, en las cuales no se observó daño ni alimentación por *S. recurvalis*.

Se realizaron pruebas de selección en pareja con las especies de plantas (peseta, remolacha y bledo) en las cuales *S. recurvalis* se alimentó en la prueba de no-selección. Las larvas de *S. recurvalis* comieron significativamente más en la peseta que en el bledo a las 24 y 48 horas de exposición (Cuadro 8). Al exponer los discos de la peseta y la remolacha al insecto, no se observó diferencia en preferencia a las 24 horas de exposición



Figura 33. Daño de *S. recurvalis*, a discos de *T. portulacastrum* a las 48 horas de exposición en la prueba preliminar.

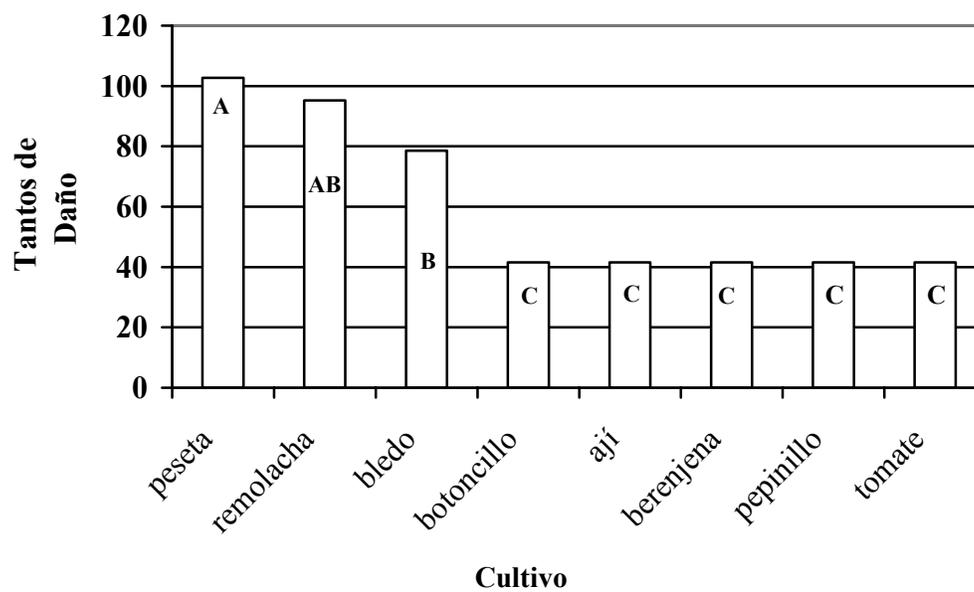


Figura 34. Diferencia de medias en los tantos del daño causado por *S. recurvalis* a discos de supuestas plantas hospederas luego de 24 horas de exposición (Los tantos son valores transformados a partir de una escala del 1-10; 40 es igual a cero alimentación).

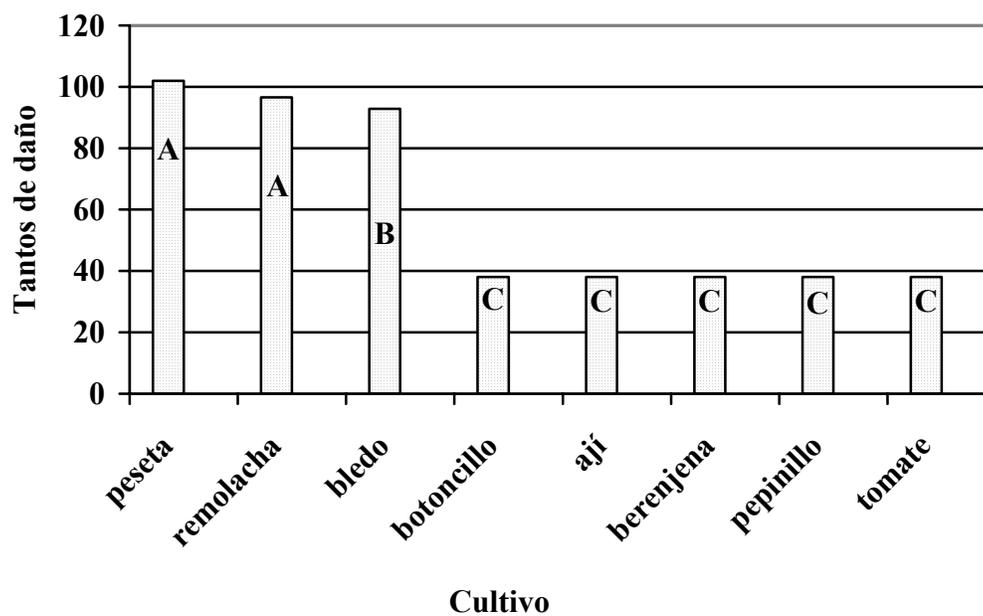


Figura 35. Diferencia de medias en los tantos de daño de *S. recurvalis* a discos de supuestas plantas hospederas luego de 48 horas de exposición (Los tantos son valores transformados a partir de una escala del 1-10; 40 es igual a cero alimentación).

Cuadro 8. Preferencia de las larvas de *S. recurvalis* por supuestas plantas hospederas.

Prueba pareada	Exposición (horas)	Tantos	Tantos	$\chi^2$
		Peseta	Bledo	
Peseta/ bledo	24	19.86	11.13	0.01
	48	21.23	9.76	0.003
Peseta/ remolacha	24	17.3	13.7	0.25
	48	19.3	11.7	0.01
Remolacha/ bledo	24	18.56	12.43	0.05
	48	18.5	12.5	0.06

pero a las 48 horas *S. recurvalis* había comido significativamente más en la peseta que en la remolacha. Al comparar la remolacha y el bledo se encontró que *S. recurvalis* tiene una leve preferencia por la remolacha (Cuadro 8). Los resultados obtenidos a las 48 horas de exposición fueron muy similares a los de las 24 horas de exposición excepto que no hubo diferencia entre el bledo y la remolacha.

Estas pruebas demuestran que *S. recurvalis* prefiere como hospederos primarios a la maleza *T. portulacastrum* y al cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris*). El bledo puede considerarse un hospedero secundario ya que ocasionalmente se pudo observar adultos y larvas de esta especie en plantas de la maleza en el campo. Mundialmente se le otorga más interés a este lepidóptero como una plaga primaria de la remolacha en los países donde se produce comercialmente el cultivo. Sin embargo, en las Filipinas se está estudiando el potencial de este herbívoro para el control biológico de la maleza (Martin et al., 2003). En Puerto Rico, donde el cultivo de la remolacha no es de importancia económica, es más importante la especie del insecto (*S. recurvalis*) como agente de regulación natural de la maleza *T. portulacastrum* (peseta).

Martorell (1976) reportó a *S. recurvalis* en otros cultivos como en *Lycopersicon esculentum* L. (tomate), *Cucurbita moschata* L. (calabaza), *Capsicum frutescens* L. (ají) y *Solanum melongena* L. (berenjena), y en otras malezas como *Borreria ocymoides* (Burm.f.) D C (botoncillo), *Gomphrena decumbens* Standley, y *Celosia* sp; estas últimas dos de la familia Amaranthaceae. En el reporte de Martorell no se aclara si los especímenes de *S. recurvalis* observados se estaban alimentando de las plantas o solo estaban sobre ellas, aunque por el título de la publicación se puede asumir que estas

plantas se reportan como hospederos. El insecto es una plaga de la remolacha en lugares como Hawaii (Chittenden, 1911; Dyar, 1911; Funasaki et al., 1988; Capinera, 2001), pero se considera un agente de control biológico para *T. portulacastrum* en las Filipinas (Martin et al., 2003). A base de las pruebas realizadas en este estudio se puede aseverar que el ají, el tomate, el pepinillo, la berenjena y el botoncillo no son hospederos de *S. recurvalis* y que el reporte de Martorell refleja la observación de adultos que visitaban estas plantas.

En el control biológico clásico, donde se introduce un insecto fitófago exótico (de otro país) para controlar malezas, la decisión de liberarlo se toma luego de un estudio intensivo de las posibles consecuencias que este pueda traer al ecosistema. En el sistema bajo estudio, *S. recurvalis* se encuentra naturalmente en Puerto Rico y su utilización en un programa de control biológico para la maleza no representa peligro de efectos adversos fuera del blanco de acción. No hay evidencia científica que demuestre que un insecto amplíe su gama de hospederos, incluyendo cultivos. Por el contrario, la evolución en insectos fitófagos va de generalistas a especialistas (McFadyen, 1998).

## CONCLUSIONES

- La densidad poblacional de *S. recurvalis* está directamente relacionada con la densidad poblacional y el nivel de cobertura de la maleza *T. portulacastrum*.
- En altos niveles de población por tallo, *S. recurvalis* defolia completamente las plantas de *T. portulacastrum* y llega a alimentarse de los tallos y la cápsula de las semillas.
- Aunque *S. recurvalis* puede llegar a causar un cien por ciento de daño, la planta produce un número considerable de semillas debido a que la peseta comienza a producir flores, frutos y semillas desde muy temprano y sigue produciendo semilla aun estando afectada. Esto ocurre por una asincronización de las poblaciones larvales del herbívoro, el cual alcanza niveles regulativos luego que la maleza ha alcanzado cerca de un cien por ciento de cobertura.
- Aunque las larvas de *S. recurvalis* son atacadas por al menos siete especies de parasitoides (tercer nivel trófico), éstos parecen no afectar significativamente el daño causado por el herbívoro a la maleza. El porcentaje de parasitismo no parece estar influenciado por las épocas del año, ni por la localidad sino por los niveles poblacionales larvales de *S. recurvalis*.

- Aplicaciones semanales de productos a base de *Bacillus thuringiensis* disminuyen significativamente las poblaciones de *S. recurvalis*, pero no afectan la dinámica poblacional del herbívoro, lo que parece indicar que algún nivel de resistencia a la toxina del Bt está presente en la población, debido a su continua exposición a estos productos en predios comerciales y experimentales.
  
- *S. recurvalis* está distribuida en forma agregada a través de todo el año en las localidades de Santa Isabel y Juana Díaz y su densidad en estas localidades varía de acuerdo a la densidad y distribución de la maleza *T. portulacastrum*. Es más abundante en el otoño en las localidades de Santa Isabel y Juana Díaz.
  
- *S. recurvalis* prefiere a la maleza *T. portulacastrum* a otras malezas y cultivos. Éste herbívoro no se alimenta de cultivos como tomate, berenjena, pepinillo y ají, en los que se había reportado anteriormente.

## RECOMENDACIONES

- Estudiar la distribución temporal de químicos en las hojas y tallos de *T. portulacastrum* y su relación con la fitofagia de *S. recurvalis*.
- Realizar más estudios que conduzcan a sincronizar la colonización temprana de *S. recurvalis* de forma que controle la maleza antes que ésta comience a producir flores y frutos. Liberaciones tempranas en forma inundativa de adultos criados bajo condiciones de laboratorio podrían producir este efecto.
- Determinar cuántos adultos de *S. recurvalis* se necesitan por acre y estimar la población natural de *T. portulacastrum* por unidad de área en las zonas de producción.
- Estudiar la viabilidad de criar a *S. recurvalis* en condiciones de laboratorio, y cuál método puede ser utilizado para liberarla al campo y aumentar sus poblaciones.
- Identificar las especies de parasitoides que atacan a *S. recurvalis* y determinar si *T. portulacastrum* puede servir de reservorio de parasitoides benéficos que controlen especies de herbívoros de importancia económica.

- Desarrollar un enfoque holístico en el estudio de la interacciones entre distintos componentes del agroecosistema a nivel regional que promuevan el desarrollo e implantación de programas de manejo integrado de plagas.

## LITERATURA CITADA

Abreu, E y C. Cruz. 1997. Enemigos naturales de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) en Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. R. 81(1-2): 83-85.

Alam, M. M. 1990. Diamondback moth and its natural enemies in Jamaica and some other Caribbean islands. In: Talekar, N. S. (ed.). 1992. Diamondback Moth and Other Crucifer Pest. Proceeding of the Second International Workshop. Asian Vegetable Research and Development Center, Tainan, Taiwan. pp. 233-243.

Balyan, R. S. and V. M. Bhan. 1986(a). Emergence, growth and reproduction of horse purslane (*Trianthema portulacastrum*) as influenced by environmental conditions. Weed Sci. 34: 516-519.

Balyan, R. S. and V. M. Bhan. 1986(b). Germination of horse purslane *Trianthema portulacastrum* in relation to temperature, storage conditions and seeding depths. Weed Sci. 34: 513-515.

Balyan, R. S. and R. K. Malik. 1989. Control of horse purslane (*Trianthema portulacastrum*) and barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*) in mug bean (*Vigna radiata*). Weed Sci. 37: 695-699.

Borror, D. J., C. A. Triplehorn, and N. F. Johnson. 1989. An Introduction to the Study of Insects. Sixth edition. Saunder College Publishing. p. 707-708, 712, 717.

Bouček, Z. 1988. Australian Chalcidoidea (Hymenoptera): A Biosystematic Revision of Genera of Fourteen Families, with a Reclassification of Species. C. A. B. International Institute of Entomology. UK. p. 832.

Bouček, Z. and S. L. Heydon. 1997. Pteromalidae. In: Gipson, G. A. P., J. T. Huber and J. B. Woolley (eds.). Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). p. 794.

Briceño, R. A. 1999. Registro preliminar y clave de identificación de los géneros de la subfamilia Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) de Venezuela. Bol. Entomol. Venez. 14(1): 15-25

Bridges, D. C. 1994. Impact of weeds on humans endeavors. Weed Tech. 8: 392-395.

Buchholtz, K. P., R. L. Gantz, R. D. Sweet, F. L. Timmons and H. J. Vostral. 1967. Definitions of terms used in weed control. Weeds 15 (4): 389.

- Cain, M. L., J. Eccleston and P. M. Kareiva. 1985. The influence of food plant dispersion on caterpillar searching success. *Ecol. Entomol.* 10: 1-7.
- Capinera, J. L. 2001. *Handbook of Vegetable Pests*. Academic Press, San Diego. CA. p. 477-479.
- Cárdenas, J., C. Reyes y J. Doll. 1972. *Malezas Tropicales*. Vol 1. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia. p. 95.
- Cartwright, B., J. V. Edelson and C. Chambers. 1992. Composite action threshold for the control of pest on fresh-market cabbage in the lower Rio Grande Valley of Texas. *J. Econ. Entomol.* 80: 175-181.
- Cave, R. D. 1995. *Manual para el Reconocimiento de Parasitoides de Plagas Agrícolas en América Central*. Zamorano Academic Press, Tegucigalpa, Honduras, C.A. pp. 163.
- Chokar, R. S. and R. S. Balyan. 1999. Competition and control of weeds in soybean. *Weed Sci.* 47: 107- 111.
- Chittenden, F. H. 1911. Papers on insects affecting vegetables. The Hawaiian Beet webworm. *USDA B. E. Bull.* 109 (Part I): 1-15.
- Correa, E. 1999. Enemigos naturales y distribución del picudo, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) en Puerto Rico. MS. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayaguez. p. 25.
- Daniel, J. T., G. E. Templeton, and R. J. Smith, Jr. 1973. Biological control of northern jointvetch in rice with an endemic fungal disease. *Weed Sci.* 21(4): 303-307.
- Dempster, J. P. 1969. Some effects of weed control on the number of the small cabbage sprouts. *J. Appli. Ecol.* 6: 339-349.
- Doutt, R. L. and J. Nakata. 1973. The *Rubus* leafhopper and its egg parasitoids: an endemic biotic system useful in grape pest management. *Environ. Entomol.* 2: 381-386.
- Drost, D. C. and J. D. Doll. 1980. The allelopathic effect of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) on corn (*Zea mays*) and soybeans (*Glycine wax*). *Weed Sci.* 28: 229-233.
- Dyar, H. G. 1911. Papers on insects affecting vegetables. The Hawaiian beet webworm. *USDA B. E. Bull.* 109 (Part I): 1-15.
- Ehrlich, P. R. 1984. The structure and dynamics of butterfly populations. In: R. Vane-Wright and P. R. Ackery (eds.). *The Biology of Butterflies*. Academic Press, N. Y. pp. 25-40.

- FAOSTAT. 2001. FAOSTAT Agricultural data. <http://apps.fao.org/page/collections?subset>.
- Funasaki, G. Y., P. Y. Lai, L. M. Nakahara, J. W. Beardsley and A. Kota. 1988. A review of biological control introductions in Hawaii 1890-1985. *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 31: 139-141.
- García J. L. 1992. Hymenoptera parasíticos de *Leptophobia aripa* (Boisduval) (Lepidoptera: Pieridae), en la Estación Experimental Cataurito, municipio Zamora, Estado Aragua. *Bol. Entomol. Venez. N. S.* 7(2): 127-131.
- Gates J. F. 1975. Notes and Exhibitions Proceedings. *Hawaiian Entomol. Soc.* 22 (1): 8.
- Hassell, M. P. and J. K. Waage. 1984. Host parasitoid population interactions. *Ann. Rev. Entomol.* 29: 89-114.
- Holt J. S. and H. M. Le Baron. 1990. Significance and distribution of herbicide resistance. *Weed Tech.* 4: 141-149.
- Holt, J. S. 1994. Impact of weed control on weed: new problems and research need. *Weed Tech.* 8: 400-402.
- Hunsberger, A. G. B. and J. E. Peña. 1997. *Catolaccus hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae), a parasite of *Anthonomus macromalus* (Coleoptera: Curculionidae) in South Florida. *Florida Entomologist* 80(2): 301-04.
- Johnson, D. M. 1996. Host specificity of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) on exotic *Opuntia* feeding moth, in Florida. *Environ. Entomol.* 25: 743-748.
- Johnson, W. L., W. H. Cross, W. L. McGovern and H. C. Mitchell. 1973. Biology of *Heterolaccus grandis* in a laboratory culture and its potential as an introduced parasite of the boll weevil in the United States. *Environ. Entomol.* 2: 112-118.
- Julien, M. H. and M. W. Griffiths. 1998. Biological Control of Weeds. A World Catalogue of Agents and their Target Weeds. 4<sup>th</sup> ed. CAB International. Queensland, Australia: p. 223.
- Kanchan, S. and Jayachandra. 1979. Allelopathic effects of *Partenium hysterophorus* L. *Plant and Soil* 53: 37-47.
- Krebs, C. J. 1985. *Ecología: Estudio de la Distribución y la Abundancia*. Segunda Edición. S. A. de C. Y. México, D. F. p. 754.

- Le Baron, H. M. 1987. Introduction. *Weed Sci.* 35: 2-3.
- Lugo, M. L. y N. Semidey. 2002. Guía para el Reconocimiento de Malezas Comunes en Zonas Agrícolas de Puerto Rico. Estación Experimental Agrícola, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. p. 20.
- Markin, G. P. and E. R. Yoshioka. 1998. Introduction and establishment of the biological control agent *Apion ulicis* (Forster) (Coleoptera: Apionidae) for control of the weed Gorse (*Ulex europaeus* L.) in Hawaii. *Proceeding of the Hawaiian Entomol. Soc.* 33: 35-42.
- Marsh, H. O. 1911. Papers on insects affecting vegetables. The Hawaiian beet webworm. *USDA B. E. Bull.* 109: 1-15.
- Marsh, P. M. 1990. Notes and Exhibitions Proceedings. *Hawaiian Entomol. Soc.* 30: 12.
- Martin, E. C., A. M. Baltazar, J. M. Ramos, S. K. De Datta, L. T. Kok and E. G. Rajotte. 2003. Efficacy of *Spoladea recurvalis* as biological control agent against *Trianthema portulacastrum* L. [http://www.ag.vt.edu/ipmcersp/annrepts/annrep02/Philippines/phil\\_topic9.pdf](http://www.ag.vt.edu/ipmcersp/annrepts/annrep02/Philippines/phil_topic9.pdf).
- Martorell, L. F. 1976. Annotated Food Plant Catalog of the Insects of Puerto Rico. Agricultural Experiment Station. University of Puerto Rico. Department of Entomology. pp. 9, 23, 52, 90, 123, 162.
- Mason W. R. M. 1981. The polyphyletic nature of *Apanteles* Foerster (Hymenoptera: Braconidae): A phylogeny and reclassification of microgastrinae. *Mem. Entomol. Soc. Canada.* p. 15.
- McFadyen, R. 1998. Biological control of weeds. *Ann. Rev. Entomol.* 43: 369-393.
- Mitchell, J. K. 1988. *Gibbago trianthemae*, a recently described Hyphomycete with bioherbicide potential for control of horse purslane (*Trianthema portulacastrum*). *Plant Disease* 72: 354- 355.
- Nearctica. 2003. Nearctica Nomina. <http://www.nearctica.com/nomina/wasps/waspo-r.htm>.
- Pimentel, D. 1961. The influence of plant spatial patterns on insect populations. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 54: 61-69.
- Potter, D. A., M .C. Buxton, C. T. Redmond, C. T. Patterson and A. J. Powell. 1990. Toxicity of pesticides to earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) and effects on thatch degradation in Kentucky bluegrass turf. *J. Econ. Entomol.* 83(6): 2362-2369.

- Reed, D. K., J. D. Burd and N. C. Elliott. 1993. Aspect of tritrophic interaction of Russian wheat aphid. In: Lumsden, R. D. and J. L. Vaughn (eds.). Pest Management: Biological Based Technologies. Symposium XVIII, Agricultural Research Service, U.S.D.A. Beltsville, Maryland. p. 109-114.
- Root, R. B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue gray gnatcatcher. Ecol. Monogr. 37: 317-350.
- Root, R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collard (*Brassica oleracea*). Ecol. Monogr. 43: 95-124.
- Ryan, G. F. 1970. Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. Weed Sci. 18: 614-616.
- Seastedt, T. R., N. Gregory and D. Buckner. 2003. Effect of biocontrol insects on diffuse knapweed (*Centaurea diffusa*) in Colorado grassland. Weed Sci. 51(2): 237-245.
- Simmonds, F. J. 1947. The biology of the parasites of *Loxostege sticticalis* L. in North America - *Bracon vulgaris* (Cress.) (Braconidae: Agathinae). Bull. Entomol. Res. 38: 145-155.
- Southwood, T. R. E. 1978. Ecological Methods. London. Chapman and Hall. A Halsted Press Book. p. 26-32.
- Tabashnik, B. E. 1994. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. Annu. Rev. Entomol. 39: 47-79.
- Ware, G. W. 1993. The Pesticide Book. Thomson Publications. Fresno, CA. p. 287-288.
- Wolcott, G. N. 1948. The Insects of Puerto Rico. J. Agri. U. P. R. 32(3): 648.
- Zimdahl, R. L. 1980. Weed-Crop Competition, A Review. International Plant Protection Center, Oregon State University. Corvallis, Or. p. 9-10.
- Zimdahl, R. L. and S. K. Clark. 1982. Degradation of three acetanilide herbicides in soil. Weed Sci. 30: 110-118.

## APÉNDICES

Apéndice 1. Lista de sinónimos de *S. recurvalis* de acuerdo con H. G. Dyar en su lista de Lepidóptera de Norte América, publicada en 1902.

<b>Especie</b>	<b>Autor</b>	<b>Año</b>
<i>fascialis</i>	Cramer	1782
<i>angustalis</i>	Fabricius	1787
<i>recurvalis</i>	Fabricius	1794
<i>diffascialis</i>	Hübner	1826
<i>albifascialis</i>	Boisduval	1834

Apéndice 2. Datos de temperatura y precipitación en la Estación Experimental Agrícola de Juana Díaz durante el período de muestreo del experimento de campo I (2001).

<b>Día</b>	<b>Mes</b>	<b>Temp. máx.</b>	<b>Temp. min.</b>	<b>Precipitación</b>
27	septiembre	92	74	0.12
28	septiembre	90	73	0.13
29	septiembre	92	74	0
30	septiembre	91	73	0.07
1	octubre	91	78	0.03
2	octubre	91	77	0
<b>3*</b>	<b>octubre</b>	<b>90</b>	<b>71</b>	<b>0.25</b>
4	octubre	92	74	0
5	octubre	91	76	0
6	octubre	90	74	0.1
7	octubre	92	72	0
8	octubre	91	78	0
9	octubre	92	74	0.2
10	octubre	92	74	0
<b>11*</b>	<b>octubre</b>	<b>91</b>	<b>72</b>	<b>0.08</b>
12	octubre	90	72	0
13	octubre	91	73	0
14	octubre	92	73	0.02
15	octubre	92	72	0
16	octubre	90	74	0
<b>17*</b>	<b>octubre</b>	<b>90</b>	<b>75</b>	<b>0.11</b>
18	octubre	91	74	0
19	octubre	92	75	0
20	octubre	92	76	0
21	octubre	91	76	0
22	octubre	95	78	0
23	octubre	93	75	0
<b>24*</b>	<b>octubre</b>	<b>93</b>	<b>76</b>	<b>0</b>
25	octubre	93	73	0
26	octubre	93	75	0

\*días en que se tomaron las muestras.

Apéndice 3. Datos de temperatura y precipitación en la Estación Experimental Agrícola de Juana Díaz durante el período de muestreo del experimento de campo II (2002).

<b>Día</b>	<b>Mes</b>	<b>Temp. máx.</b>	<b>Temp. mín.</b>	<b>Precipitación</b>
23	abril	87	70	0
24	abril	86	68	0.02
25	abril	87	71	0
26	abril	87	71	0
27	abril	88	70	0.05
28	abril	87	67	0.41
<b>29*</b>	<b>abril</b>	<b>87</b>	<b>66</b>	<b>0</b>
30	abril	87	72	0
1	mayo	89	72	0
2	mayo	89	71	0
3	mayo	90	72	1.82
4	mayo	88	70	0
5	mayo	89	67	0
<b>6*</b>	<b>mayo</b>	<b>88</b>	<b>68</b>	<b>0</b>
7	mayo	89	68	0
8	mayo	88	68	0.03
9	mayo	87	67	0
<b>10*</b>	<b>mayo</b>	<b>87</b>	<b>72</b>	<b>0</b>
11	mayo	90	70	0
12	mayo	88	67	0
<b>13*</b>	<b>mayo</b>	<b>91</b>	<b>73</b>	<b>0</b>
14	mayo	89	72	0
15	mayo	88	72	0
16	mayo	90	73	0
17	mayo	90	73	0
18	mayo	91	72	0
19	mayo	90	70	0
20	mayo	90	75	0
<b>21*</b>	<b>mayo</b>	<b>89</b>	<b>74</b>	<b>0</b>
22	mayo	91	73	0
23	mayo	91	77	0
24	mayo	90	77	0
25	mayo	91	72	0
26	mayo	90	70	0
27	mayo	91	74	0.03
<b>28*</b>	<b>mayo</b>	<b>87</b>	<b>74</b>	<b>0.02</b>
29	mayo	88	75	0.17
30	mayo	89	74	1.35

## Apéndice 3. Continuación

<b>Día</b>	<b>Mes</b>	<b>Temp. máx.</b>	<b>Temp. min.</b>	<b>Precipitación</b>
1	junio	90	72	0.32
2	junio	88	69	0.91
3	junio	85	74	0.49
<b>4*</b>	<b>junio</b>	<b>89</b>	<b>74</b>	<b>0.3</b>
5	junio	85	72	2.02
6	junio	80	73	1.69
7	junio	87	75	0.12
8	junio	90	74	0
9	junio	88	70	0.07
10	junio	88	73	0
<b>11*</b>	<b>junio</b>	<b>89</b>	<b>74</b>	<b>0</b>
12	junio	88	75	0
13	junio	90	74	0
14	junio	91	75	0
15	junio	90	72	0
16	junio	91	73	0
17	junio	90	74	0
<b>18*</b>	<b>junio</b>	<b>92</b>	<b>75</b>	<b>0</b>
19	junio	90	74	0

---

\*días en que se tomaron las muestras.