

Scyphophorus acupunctatus GYLLENHAL, PLAGA DEL AGAVE TEQUILERO EN JALISCO, MÉXICO

Scyphophorus acupunctatus GYLLENHAL, AN AGAVE TEQUILERO PEST IN JALISCO, MÉXICO

Juan Fernando Solís-Aguilar¹, Héctor González-Hernández¹, Jorge Luis Leyva-Vázquez¹, Armando Equihua-Martínez¹, Francisco Javier Flores-Mendoza² y Ángel Martínez-Garza³

¹Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. (hgzzhdz@colpos.mx). ²Tequila Sauza, S. A. de C. V. Av. Vallarta 6503 Local 49, Zona E Centro Comercial Concentro. Zapopan, Estado de Jalisco. ³Especialidad de Postgrado en Estadística y Cálculo. ISEI. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

RESUMEN

El picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) es una de las principales plagas del cultivo del agave tequilero *Agave tequilana* Weber var. azul en el estado de Jalisco, México. Las larvas barrenan las piñas del agave, materia prima para el tequila y este picudo es un vector que introduce la bacteria *Erwinia carotovora* (Jones), que causa pudrición en el cogollo y la muerte del agave. Por tanto, se estudió el daño que produce *S. acupunctatus* en piñas de *A. tequilana*, la relación entre plantas afectadas por la pudrición del cogollo del agave y la infestación de éstas por picudos, así como la fluctuación poblacional de la plaga en tres regiones del estado de Jalisco. En una procesadora de tequila se revisaron mitades de piña y se estimó que 24.5% de 510 muestreadas estaban dañadas por el picudo. En la relación entre infestación de picudos y plantas de agave afectadas por la pudrición, se tuvieron grados de infestación y daño de 2 (planta con las lesiones acuosas de menos de 30 cm de longitud) a 5 (planta con cogollo y piña completamente dañados). Las plantas afectadas en grado 5 tuvieron significativamente un mayor número de picudos que los grados 4, 3 y 2. Los valores máximos de la población del picudo ocurrieron en abril de 1999 y 2000 en el municipio de Tequila, mientras que en Tepatitlán aumentó hasta julio de 1999 y abril de 2000. En el municipio de Zapotlanejo, la densidad poblacional más alta se presentó de noviembre a diciembre de 1999.

Palabras claves: *Agave tequilana* Weber, *Erwinia carotovora* (Jones), picudo del agave, pudrición del cogollo, tequila.

INTRODUCCIÓN

La demanda de materia prima para la industria del tequila aumentó la superficie de cultivo del agave tequilero (*Agave tequilana* Weber, var. azul) en Jalisco de 20 350 ha en 1969, a 62 000 ha en 1998 (Consejo Regulador del Tequila, 2000)⁴. En consecuencia, también

Recibido: Agosto, 2000. Aprobado: Noviembre, 2001.

Publicado como ENSAYO en *Agrociencia* 35: 663-670. 2001.

⁴ Consejo Regulador del Tequila (CRT). 1999. Avances en la investigación Científica del *Agave tequilana* Weber variedad azul. In: El Agave, Bernache P., F. y A. Avalos (eds.). Unión Agrícola Regional de Mezcal Tequilero del Estado de Jalisco. Guadalajara, Jalisco, México. Año 1 Núm. 2. pp: 6-7.

ABSTRACT

The agave weevil *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) is one of the major pests of *Agave tequilana* Weber in the State of Jalisco, Mexico. The larvae bore the crown of the agave, which is used to elaborate tequila. This weevil is a vector of the bacteria *Erwinia carotovora* (Jones), which causes the bole rot and death of the agave. Therefore, this study was made to evaluate damage to crowns of *A. tequilana*, caused by *S. acupunctatus*, the relation between plants affected by bole rot disease and weevil infestation, and population fluctuation of the pest in three regions of the State of Jalisco. To evaluate damage in agave boles, halves of these were inspected at a tequila factory; 24.5% from a total of 510 sampled bole halves were damaged by the weevil. As to the relation between weevil infestation and bole rot infection, it was observed that the plants more severely affected by the disease (5 in a scale of 1-5) showed the highest numbers of weevils. The highest values of weevil population density in the area of Tequila occurred in April 1999 and 2000, while in Tepatitlán they increased in July 1999 and April 2000. In Zapotlanejo the highest population density occurred from November to December 1999.

Key words: *Agave tequilana* Weber, *Erwinia carotovora* (Jones), agave weevil, heart rot, tequila.

INTRODUCTION

The demand of raw material for the tequila industry caused an increase of the cultivation area of tequila agave (*Agave tequilana* Weber, blue variety) in Jalisco from 20 350 ha in 1969 to 62 000 ha in 1998 (Consejo Regulador del Tequila, 2000)⁴. Consequently, its phyto-sanitary problems caused by fungi, bacteria, nematodes, and insects have increased, too.

About 14 insect species attack different agave species (García, 1981). The white worm, *Aegiale* (= *Acentrocne*)

han crecido sus problemas fitosanitarios, causados por hongos, bacterias, nemátodos e insectos.

Alrededor de 14 especies de insectos son plagas en diferentes especies de agave (García, 1981). El gusano blanco, *Aegiale* (= *Acentrocne*) *hesperiaris* (Walk.) es considerada la plaga más importante porque barrena las pencas, disminuye el tamaño de las plantas y reduce el contenido de azúcares (Halffter 1957)⁵. Woodruff y Pierce (1973) indican que el picudo *Scyphophorus* (= *Scyphophorus interstitialis*) *acupunctatus* Gyllenhal, es la principal plaga del maguey agave tequilero, *Agave tequilana*. La larva de este picudo barrena la parte periférica del maguey y las pencas, lo que causa la pudrición y muerte del maguey. Además, el picudo del agave puede ser un vector natural que introduce la bacteria *Erwinia carotovora* (Jones) en el agave (Rodríguez, 1999)⁶, lo que coincide con Waring y Smith (1986), quienes afirman que en los tejidos enrojecidos cercanos a las galerías causadas por las larvas de los picudos se han detectado solamente bacterias.

Hay pocos estudios que evalúan la función de esta plaga y su efecto en el crecimiento y desarrollo del agave tequilero. Por tanto, los objetivos de esta investigación fueron: 1) Evaluar el daño que produce el picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. en las piñas de agave en la época en que se envían a las procesadoras de tequila, 2) Medir la relación entre plantas de agave infectadas con la pudrición del cogollo y la presencia de picudos (adultos, larvas y pupas) en ellas y 3) Estimar la fluctuación poblacional del picudo en los municipios de Tequila, Zapotlanejo y Tepatitlán, Jalisco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó de 1998 a 2000 en tres plantaciones comerciales de agave tequilero ubicadas en los municipios de Tequila (Región Valles), Zapotlanejo (Región Centro) y Tepatitlán (Región Altos Sur) en el estado de Jalisco.

Evaluación del daño causado por el picudo en piñas de una planta procesadora de tequila

De julio a octubre de 1998 se evaluó el daño causado por el picudo en las piñas en una planta procesadora en Tequila, Jalisco. En muestreos mensuales se revisaron 109 a 160 mitades de piña y el total fue 510 mitades. El muestreo fue visual, ya que la compañía tequilera establece como norma que las piñas se partan por la mitad desde que se cosechan en el campo. Para la evaluación se estableció una escala convencional de daño (Cuadro 1), que es ordinal de intervalos (%) de tejido dañado de la piña causado por las larvas del picudo, respecto al

hesperiaris (Walk.), is considered the most important pest, as it bores the stalks, diminishes plant size, and reduces sugar contents (Halffter 1957)⁵. Woodruff and Pierce (1973) indicate that the weevil, *Scyphophorus* (= *Scyphophorus finterstitialis*) *acupunctatus* Gyllenhal, is the main pest of *Agave tequilana*. The larva of this weevil bores the edges of the agave leaves and the stalks, which causes rotting and the death of the plant. Besides, the agave weevil can be a natural vector introducing the *Erwinia carotovora* (Jones) bacteria to the agave (Rodríguez, 1999)⁶, which agrees with Waring and Smith (1986), who state having detected bacteria only in the reddened tissue close to the galleries produced by the weevil larvae.

There are few studies that evaluate the function of this plague and its effect on growth and development of *Agave tequilana*. Therefore the objective of this research were: 1) To evaluate the damage produced by *Scyphophorus acupunctatus* Gyll. in the agave crowns during the period they are sent to the tequila factories; 2) To measure the relation between agave plants infected by bole rot and the presence of weevils (adults, larvae, and pupae) in them; and 3) To estimate the population fluctuation of the weevil in the municipalities of Tequila, Zapotlanejo, and Tepatitlán, Jalisco, Mexico.

MATERIALS AND METHODS

The work was carried out from 1998 to 2000 in three commercial plantations of tequila agave located in the municipalities of Tequila (Valles region), Zapotlanejo (center), and Tepatitlán (region of the Southern Heights) in the State of Jalisco.

Evaluation of damage caused by the weevil in agave crowns at a tequila factory

The damage caused by the weevil in agave crowns at a Tequila factory was evaluated from July to October 1998. Monthly samplings of 109 to 160 halves of agave hearts out of a total of 510 were revised. The sampling was visual since, according to the tequila company rules, the crowns must be divided in halves once they are harvested in the field. For evaluation a conventional damage scale (Table 1) was established, which is ordinal of intervals (%) of damaged crown tissue caused by the larvae of the weevil with respect to the total volume of each crown half. So, the Townsend and Heuberger formula (CIBA-GEIGY, 1981) can be applied, which is used to determine infection percentages presented in categories of infection severity of a disease. The equation is the following:

$$P = \left(\sum v \cdot x \cdot n / 9xN \right) \times 100$$

⁵ Halffter, G. 1957. Plagas que Afectan a las Distintas Especies de Agave Cultivadas en México. Dirección General de Defensa Agrícola. SAG. México, D. F. 135 p.

⁶ Rodríguez G., B. 1999. La investigación en agave tequilero en el CIATEJ. In: El Agave, Gaceta Informativa. Bernache P., F. y A. Avalos C. (eds.). Gaceta informativa Año 1 No. 2. Unión Agrícola Regional de Mezcal Tequilero del Estado de Jalisco. Guadalajara, Jalisco, México. pp: 2-3.

$$P = \left(\sum v \cdot x \cdot n \right)$$

volumen total de cada mitad de piña. Así, se puede aplicar la fórmula de Townsend y Heuberger (CIBA-GEIGY, 1981) para determinar porcentajes de infección presentados en categorías de severidad de infección de una enfermedad; la ecuación es la siguiente:

$$P = \left(\sum v \cdot x \cdot n / 9 \cdot x \cdot N \right) \times 100$$

donde P=% de daño del tejido total de la mitad de piña del agave causado por las larvas del picudo, v=valor numérico asignado a cada categoría (0 a 9), n=número de mitades de piña de agave por categoría, N=número de mitades de piñas de agave en la muestra.

Las larvas, al alimentarse de las piñas del agave tequilero, forman galerías que se pueden rodear de tejido necrosado debido a una reacción química de la planta o por el desarrollo de fitopatógenos. Esto permitió determinar visualmente la proporción de tejido dañado respecto al tejido total de cada mitad de piña.

Relación entre infestación de picudos y plantas de agave afectadas por la pudrición del cogollo del agave

Para evaluar la correlación entre el número de picudos en el interior de la piña y el daño causado por la enfermedad pudrición del cogollo, en cada una de las plantaciones ubicadas en Tequila, Zapotlanejo y Tepatitlán, cada mes se seleccionaron al azar al menos cuatro plantas con la enfermedad bacteriana. Las plantas se disectaron completamente en las parcelas para registrar el número de picudos adultos, larvas o pupas y se cuantificó el grado de daño (2-5; según la escala del Consejo Regulador del Tequila, 1999)⁴.

Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado, en donde se definió el grado de daño (2, 3, 4 y 5) como variable dependiente, y como variable independiente al número de picudos (adultos, larvas y pupas) encontrados en cada muestreo. Cada muestreo definía un bloque completo o una repetición en el tiempo de todos los tratamientos a evaluar. Se hicieron 12 muestreos, uno cada mes, de febrero de 1999 a enero de 2000. Para probar la significancia de la relación entre el grado de la enfermedad con respecto al número de picudos, se empleó la estadística F de en tabla de análisis de varianza.

La comparación de medias del número de picudos se hizo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). En el cálculo del coeficiente de correlación (r_{xy}) la variable independiente (X) fue el grado de daño de la enfermedad (2, 3, 4 y 5), y la dependiente (Y) el número de picudos por planta de agave tequilero. Cada dato mensual se consideró como una repetición en el tiempo. La prueba de hipótesis $H_o: r_{xy}=0$ vs $H_a=r_{xy} \neq 0$, se

realizó mediante la estadística $t = \frac{r_{xy}}{\sqrt{(1-r_{xy}^2)/(n-2)}}$, (Steel y Torrie,

1960); donde $n=48$ y r_{xy} es el coeficiente de correlación que se obtuvo en cada predio de agave en que se realizaron los muestreos.

Para evaluar el grado de asociación entre las variables X y Y, los datos se ajustaron mediante un modelo de regresión lineal simple:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$$

Cuadro 1. Escala convencional para evaluar el daño (%) causado por el picudo en las piñas de agave que se reciben en una planta procesadora de tequila.

Table 1. Conventional scale to evaluate the damage (%) caused by the weevil in agave crowns received at a tequila factory.

Categoría (v)	Daño del tejido total, %
0	0
1	1 - 5
2	6 - 10
3	11 - 15
4	16 - 20
5	21 - 25
6	26 - 35
7	36 - 50
8	51 - 75
9	> 75

where P=% of the total tissue damage of the agave crown half caused by the larvae of the weevil; v=numerical value assigned to each category (0-9); n=number of agave crown halves in the sample.

The larvae, feeding on the agave crowns, form galleries, which may be surrounded by necrotic tissue due to a chemical reaction of the plant or to the development of phytopathogens. This allowed to visually determine the proportion of damaged tissue with respect to the total tissue of each crown half.

Relation between weevil infestation and agave plants affected by bole rot

In order to evaluate the correlation between the number of weevils inside the crown and the damage caused by bole rot, every month, at least four plants with the bacterial disease were selected at random at each of the plantations located in Tequila, Zapotlanejo, and Tepatitlán. The plants were completely dissected in the plots to register the number of adult weevils, larvae, or pupae, and the degree of damage was quantified (2-5, according to the scale of the Consejo Regulador del Tequila, 1999)⁴.

A Completely Randomized Design was used, where the damage level (2, 3, 4, and 5) was defined as the dependent variable, and as independent variable the number of weevils (adults, larvae, and pupae) found in each sampling. Each sampling defined a complete block or a repetition in the time of all the treatments to evaluate. Twelve samplings were carried out, one per month, from February 1999 to January 2000. To prove the significance of the relation between the level of disease and the number of weevils, the F statistic of the table of variance analysis was employed.

The comparisons of means of the number of weevils was made using the Tukey test ($\alpha=0.05$). To calculate the correlation coefficient (r_{xy}), the independent variable (X) was the disease damage level (2,3,4,and 5), and the dependent variable (Y) the number of weevils per agave plant. Data for every month was considered a repetition in time. The hypothesis test: $H_o= r_{xy}=0$ vs $H_a=r_{xy} \neq 0$ was conducted using

donde Y_i = número de picudos encontrado por planta de agave, X_i = grado de avance de la enfermedad de pudrición del cogollo, β_0 y β_1 son coeficientes de regresión por estimar, y e_i = término de error aleatorio.

Fluctuación poblacional del picudo en tres regiones agaveras de Jalisco

Dado que no hay un sistema de monitoreo de adultos por trampas, se usaron los datos mensuales (obtenidos en la sección anterior) del número de picudos en sus diferentes estados de desarrollo (adultos, larvas y pupas) por planta, de febrero de 1999 a mayo de 2000. La edad de las tres plantaciones fue de 4 a 5 años. En el predio de Zapotlanejo, los muestreos se realizaron hasta enero de 2000; el objetivo fue determinar la fluctuación poblacional de los picudos en las plantaciones Buenos Aires en Tequila, Aeropista en Tepatitlán, y San Juan en Zapotlanejo, Jalisco.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del daño por el picudo en piñas de una planta procesadora de Tequila

En las piñas, las galerías formadas por las larvas del picudo están rodeadas por una pudrición o necrosamiento endurecido de color rojo intenso donde, según Waring y Smith (1986), sólo se detectan bacterias, algas y hongos. De acuerdo con la escala utilizada, este daño en el volumen total de las mitades de piñas, fluctuó de 21% en agosto a 30% en septiembre de 1998 (Cuadro 2). Durante este periodo se calculó, en las 510 mitades de piñas muestreadas, 24.5% de daño promedio a causa del picudo del agave y patógenos asociados.

Anteriormente se consideraba al picudo como plaga de poca importancia para el agave tequilero (Halffter, 1957)⁵; sin embargo, Woodruff y Pierce (1973) reportan

Cuadro 2. Daño (%) causado por el picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, en piñas de agave que arriban a una planta procesadora de tequila, en Tequila, Jal. 1998.

Table 2. Damage (%) caused by *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal in agave crowns that arrive at a tequila factory in Tequila, Jalisco, 1998.

Fecha	Mitades de piña muestreadas	% de daño [†]
3 julio 1998	118	25
13 agosto 1998	123	21
19 septiembre 1998	109	30
23 octubre 1998	160	22
	510	promedio = 24.5

[†] Valor obtenido usando la fórmula de Townsend y Heuberger (CIBA-GEIGY, 1981) ♦ Value obtained using the Townsend and Heuberger formula (CIBA-GEIGY, 1981).

the statistic $t = \frac{r_{xy}}{\sqrt{(1-r_{xy}^2)/(n-2)}}$, (Steel and Torrie, 1960); where

$n=48$ and r_{xy} is the correlation coefficient, obtained in each agave field where the samplings were made.

To estimate the degree of association between the X and Y variables, data were adjusted using a simple linear regression model:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$$

where Y_i stands for the number of weevils found in each agave plant, X_i for the degree of bole rot advance, β_0 and β_1 are regression coefficients to be estimated, and e_i is the random error term.

Fluctuation of weevil population in three agave producing regions of jalisco

Since there is no system of monitoring adults per traps, we used the monthly data obtained in the previous section about the number of weevils per plant in their different stages of development (adults, larvae, and pupae) from February 1999 to May 2000. The three plantations were 4 to 5 years old. In the plantation Zapotlanejo the samplings were made in January 2000; the objective was to determine the fluctuation of weevil population in the plantations Buenos Aires in Tequila, Aeropista in Tepatitlán, and San Juan in Zapotlanejo, Jalisco.

RESULTS AND DISCUSSION

Determination of the damage in agave crowns caused by the weevil at a tequila factory

The galleries in the crowns made by the weevil larvae are surrounded by rotting or hardened necrotic tissue of intense red color, where only bacteria, algae, and fungi are detected (Waring and Smith, 1986). According to the scale used, the damage in the total volume of the crown halves fluctuated between 21% in August and 30% in September 1998 (Table 2). During this period, an average damage of 24.5% in the sampled 510 crown halves, caused by the agave weevil and associated pathogens, was calculated.

Previously, the weevil had been considered a pest of little importance for *Agave tequilana* (Halffter, 1957)⁵; however, Woodruff and Pierce (1973) report it to be the most important pest in the tequila and henequen industry in Mexico, causing economic and time loss, since the agave requires 8-10 years until harvest (Valenzuela, 1997).

Relationship between weevil and agave plants affected by bole rot

Associating the damage level with the number of weevils (adults, larvae, and pupae) of the monthly samplings, there were differences ($p=0.05$) between

que es la plaga más importante en la industria del tequila y del henequén en México y causa pérdidas económicas y de tiempo, porque el agave requiere 8 a 10 años para su cosecha (Valenzuela, 1997).

Relación entre infestación de picudos y plantas de agave afectadas por la pudrición del cogollo

Al asociar el grado de daño con el número de picudos (adultos, larvas y pupas) de los muestreos mensuales, hubo diferencias ($p=0.05$) entre los grados 2 al 5 y el número de picudos asociados a la planta, ya que plantas con grado 5 presentaron un mayor número de ellos. En Tequila, Tepatitlán y en Zapotlanejo (Cuadro 3) el grado 5 fue significativamente diferente al resto de los grados de daño por pudrición del cogollo.

Los coeficientes de correlación (r_{xy}) calculados (Cuadro 4) son diferentes de cero; es decir, existe una relación lineal simple entre grado de daño y número de picudos del agave. Además hay diferencia significativa en el modelo de regresión de las tres localidades, el cual es adecuado para describir el comportamiento de los datos. Las ecuaciones de regresión que se estimaron en las plantaciones de Tequila, Tepatitlán y Zapotlanejo, son las siguientes: $y = -32.88 + 13.657X_i$; $y = -13.90 + 6.28X_i$ y $y = -7.425 + 2.96X_i$. Las líneas de regresión se muestran en la Figura 1. Aunque la pendiente de cada recta es diferente, la tendencia de encontrar un mayor número de picudos en las piñas de agave, aumenta al incrementarse el grado de avance de la enfermedad, a pesar de que la densidad de la población de picudos es diferente en cada plantación.

La pudrición de agaves, *Agave americana* var. *expansa* (Jacobi) y *A. palmeri* Englemann, empieza con la coloni-

degrees 2 to 5 and the number of weevils associated to the plant, as the plants with level 5 had the largest number of weevils. In Tequila, Tepatitlán, and Zapotlanejo (Table 3), level 5 was significantly different from the rest of the damage levels due to bole rot.

The estimated correlation coefficients (r_{xy}) (Table 4) are different from zero, that is, there is a simple linear relation between damage level and number of agave weevils. Besides, there is a significant difference in the regression model of the three places, which is adequate to describe the data behavior. The regression equations, estimated in the Tequila, Tepatitlán, and Zapotlanejo plantations are the following: $y = -32.88 + 13.657X_i$, $y = -13.90 + 6.28X_i$, and $y = -7.425 + 2.96X_i$. The regression lines are shown in Figure 1. Though the slope of each straight line is different, the number of weevils in agave crowns tends to increase as the advance level of the disease increases, in spite of the weevil population density being different in each plantation.

Agave rot, *Agave americana* var. *expansa* (Jacobi) and *A. palmeri* Englemann, begins with the colonization by *S. acupunctatus*; it is a symbiotic relation, since the phytopathogens depend on the insect for expanding their distribution, while *S. acupunctatus* depends on the products of microbial activity to break the plant tissues (Waring and Smith, 1986)

Therefore, we recommend that when plants with infestation level 4-5 are detected, producers should have the leaves cut for recovery or eliminate plants completely dried or damaged, as a phytosanitary measure to reduce agave weevil population and disease incidence.

Weevil population fluctuation in three agave producing regions of Jalisco

At the commercial plantation of Tequila, the population of adult weevils had mean maximum peaks of 19.9 insects per plant in April 1999 and 2000, while the average of larvae per plant was 24.9 (Figure 2), and

Cuadro 3. Promedio de picudos (adultos, larvas y pupas) por planta de agave disectada en campo, según el grado de daño de la planta. Tequila, Tepatitlán y Zapotlanejo, febrero de 1999 a enero de 2000[†].

Table 3. Average of weevils (adults, larvae, and pupae) per agave plant, dissected in the field according to plant damage level. Tequila, Tepatitlán, and Zapotlanejo, February 1999 to January 2000[†].

Grado de daño de la planta	Promedio de picudos por planta		
	Tequila	Tepatitlán	Zapotlanejo
5	42.37a [¶]	20.50a	9.83a
4	13.50b	7.33b	1.50b
3	3.58b	3.75b	0.41b
2	0.16b	0.75b	0.25b

[†] Promedio de 12 repeticiones ♦ Mean of 12 replications.

[¶] Promedios con la misma letra en cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$) ♦ Means with the same letter in each column are not statistically different (Tukey $p \leq 0.05$).

Cuadro 4. Prueba de t y significancia estadística de los coeficientes de correlación, en los predios de Tequila, Tepatitlán y Zapotlanejo.

Table 4. t-test and statistical significance of correlation coefficients, at the sites of Tequila, Tepatitlán, and Zapotlanejo.

Localidad	Correlación (r_{xy})	$t_{calculada}$	$t_{tabulada}$ [†]	Significancia estadística
Tequila	0.6183	6.77	2.014	*
Tepatitlán	0.5504	6.01	2.014	*
Zapotlanejo	0.5026	5.55	2.014	*

[†] t de Student, ($p=0.05$) ($n=48$) ♦ Student's, t ($p=0.05$) ($n=48$).

*Se rechaza $H_0: r_{xy}=0$, en favor de $H_a: r_{xy} \neq 0$ ♦ $H_0: r_{xy}=0$ is rejected, in favor of $H_a: r_{xy} \neq 0$.

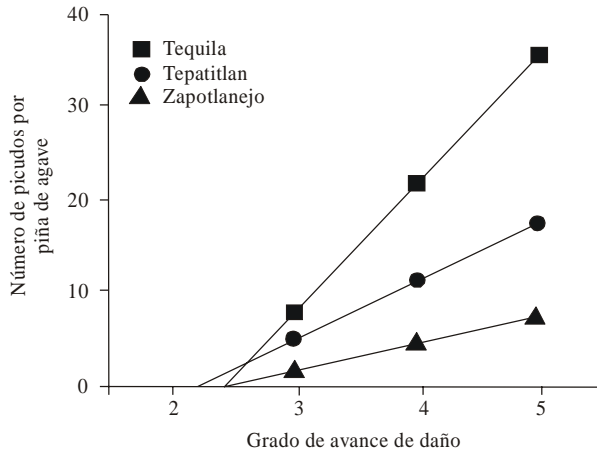


Figura 1. Rectas de regresión del número de picudos por planta de agave y grado de daño, usando las ecuaciones de regresión calculadas para los predios de Tequila, Tepatitlán y Zapotlanejo.

Figure 1. Regression lines of the number of weevils per agave plant and damage degree, using the regression equations calculated for the sites of Tequila, Tepatitlán, and Zapotlanejo.

zación por parte de *S. acupunctatus*; ésta es una relación simbiótica, ya que los fitopatógenos dependen del insecto para ampliar su distribución, mientras que *S. acupunctatus* depende de productos de la actividad microbiana para desdoblar los tejidos de la planta (Waring y Smith, 1986).

Por tanto, es recomendable que los productores, al detectar plantas con grados de infestación 4 a 5, efectúen una jima de recuperación, o eliminen las plantas completamente secas o dañadas como medida fitosanitaria para reducir las poblaciones del picudo del agave y la incidencia de la enfermedad.

Fluctuación poblacional del picudo en tres regiones agaveras de Jalisco

En la plantación comercial de Tequila, la población de picudos adultos presentó picos máximos promedio de 19.9 por planta en abril de 1999 y 2000, mientras que el promedio de larvas por planta fue 24.9 (Figura 2), y el valor máximo de las pupas fue 4.6 por planta (mayo de 2000).

En la plantación de Tepatitlán la población de picudos adultos se mantuvo relativamente alta hasta julio de 1999, con un máximo de 16.25 individuos por planta; durante agosto y septiembre la población fue menos de seis adultos por planta, lo que pudo estar relacionado con el período de lluvias. Durante octubre y noviembre la población se incrementó ligeramente y en abril de 2000 hubo otro pico (9.6 individuos por planta). La actividad

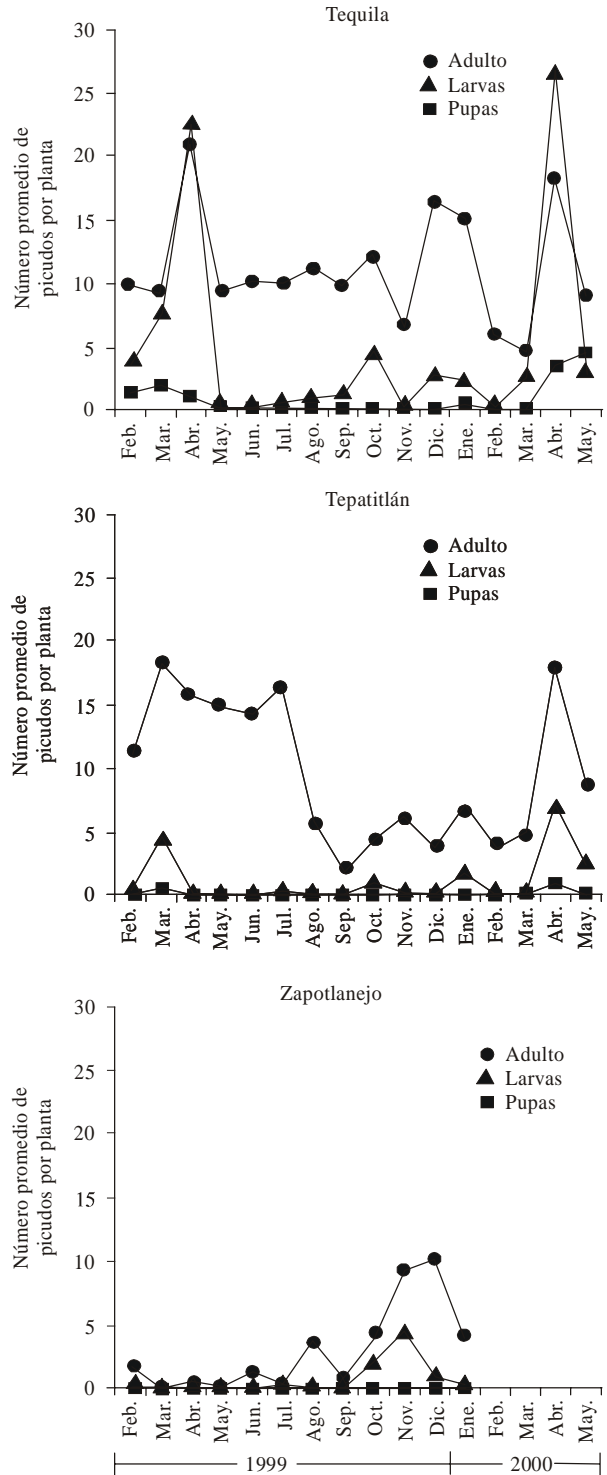


Figura 2. Fluctuación poblacional del picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, en agave tequilero, en tres localidades del estado de Jalisco, 1999-2000. Las densidades del picudo se presentan como promedios de individuos por planta.

Figure 2. Fluctuation of *S. acupunctatus* Gyllenhal population on Tequila agave at three sites in the State of Jalisco, 1999-2000. Weevil's population density is presented as means of individuals per plant.

de las larvas tuvo máximos por planta (4.75) en marzo de 1999 y (7.3) en abril de 2000. Ramírez (1993)⁷ reporta que las poblaciones de *S. acupunctatus* en el cultivo de henequén se redujeron con precipitaciones bajas (agosto, época de canícula) y aumentaron con precipitaciones altas.

En Tequila y Tepatitlán se detectaron los más altos niveles poblacionales del picudo; en Zapotlanejo los mayores promedios de adultos por planta en octubre, noviembre y diciembre de 1999 y enero de 2000 fueron 1.75, 4.75, 9.25 y 3.83, respectivamente, y el promedio de larvas por planta más alto fue de 4.5 en noviembre de 1999.

Tepatitlán y Zapotlanejo tuvieron las poblaciones más bajas de pupas de febrero a marzo de 1999. No hay una asociación clara entre el desarrollo poblacional de las larvas y la posterior presencia de pupas, lo cual posiblemente se debe a que los muestreos eran mensuales, por lo que no se detectó con precisión este estado de desarrollo del picudo.

Desde febrero hasta diciembre de 1999, en las tres localidades se observaron larvas del picudo de diferente tamaño, alimentándose dentro de las plantas. Por tanto, se supone que *S. acupunctatus* está activo todo el año y con poblaciones superpuestas, lo cual concuerda con lo reportado por Waring y Smith (1986) quienes consideran a *S. acupunctatus* como una especie multivoltina en agaves silvestres y cultivados.

Los adultos están activos gran parte del año, según su longevidad y la duración de su ciclo biológico, que varía con la especie de agave con la que se asocia. Al respecto, Ramírez (1993b)⁸ señala que la longevidad del picudo adulto del henequén (*S. acupunctatus*) fue de más de un año en laboratorio con alimento. Respecto al ciclo biológico, la duración de huevecillo a adulto es de 133 a 137 días con temperatura media de 27 °C y humedad relativa de 62 a 93%; para esta misma plaga en maguey pulquero en laboratorio, el ciclo biológico desde huevecillo a adulto fue 81 d (tiempo promedio de incubación de huevecillos 8 d); y el estado de larva, que pasa por tres estadios en otoño, requirió 58 d y el de pupa 13 d. Debido a la variación en el ciclo de *S. acupunctatus* en cultivos diferentes, es importante definir su biología en el agave tequilero en laboratorio y en campo *S. acupunctatus* presenta generaciones superpuestas y su ciclo biológico es largo, por lo que es difícil su manejo en agave tequilero y no se le debe considerar una plaga secundaria.

CONCLUSIONES

El picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal pue-

the highest value of pupae was 4.6 per plant (May 2000).

At the plantation of Tepatitlán the population of adult weevils remained relatively high until July 1999, with a maximum of 16.25 individuals per plant. During August and September, the population was less than six adults per plant, which might have been due to the rainy season. In October and November, the population increased slightly, and in April 2000 there was another peak (9.6 individuals per plant). Larvae activity had peaks per plant in March 1999 (4.75) and in April 2000 (7.3). Ramírez (1993)⁷ reported that *S. acupunctatus* populations in henequen crops were reduced at low precipitation (August, hottest month of the year) and increased with high rainfall.

The highest weevil population levels were detected in Tequila and Tepatitlán. In Zapotlanejo, the highest means of adults per plant in October, November, and December 1999, and in January 2000 were 1.75, 4.75, 9.25, and 3.83, respectively, and the highest average of larvae per plant was 4.5 in November 1999.

Tepatitlán and Zapotlanejo had the lowest pupae populations from February to March, 1999. There is no clear relationship between the development of larvae population and the later presence of pupae, which is possibly due to the fact that samplings were carried out monthly and therefore this stage of weevil development was not detected precisely.

From February until December 1999, at the three sites, weevil larvae of different sizes were observed feeding on the plants. That is why *S. acupunctatus* is supposed to be active all the year, having overlapping populations, which agrees with Waring and Smith (1986), who consider *S. acupunctatus* a multivoltine species on wild and cultivated agaves.

The adults are active during most part of the year, according to their longevity and to the duration of their biological cycle, which varies according to the agave species to which they associate. Concerning this, Ramírez (1993b) points out that the adult henequen weevil (*S. acupunctatus*) had a longevity of more than a year under laboratory conditions with feeding. The biological cycle from egg to adult is 133 to 137 days, at 27 °C average temperature and relative humidity of 62 to 93%. The same pest on pulque maguey in the laboratory had a biological cycle of 81 days from egg to adult (average length of egg incubation period eight days); the larva, passing through three phases in fall, required 58 days, and the pupa 13 days. As the life cycle of *S. acupunctatus* varies according to different crops, it is important to define its biology on tequila agave in the laboratory. Under field

⁷ Ramírez Ch., J. L. 1993. Max del Henequén *Scyphophorus acupunctatus* Gylh. Bioecología y Control. Serie: Libro Técnico. Centro de Investigación Regional del Sureste. INIFAP: SARH. Mérida, Yucatán, México. 127 p.

⁸ Ramírez Ch., J. L. 1993b. Plagas del henequén y su control. In: Henequén. Barrera H., J. A. y R. Díaz P. (eds.). Centro de Investigación Regional del Sureste. INIFAP-SARH. Mérida Yucatán, México. pp: 29-37.

de causar hasta 24.5% de daño en las piñas de *Agave tequilana* Weber var. azul que llegan a las procesadoras de tequila.

Las plantas con daño grado 5 presentan un mayor número de picudos que los grados 4, 3 y 2; por lo que se sugiere que al detectar plantas con grado 4 se realice una jima de recuperación o se eliminen. Estas son medidas fitosanitarias importantes para reducir las poblaciones del picudo y la incidencia de las enfermedades en el campo.

En Tequila, la población máxima de picudos ocurrió en abril y de noviembre a diciembre en Zapotlanejo, mientras que en Tepatitlán aumentó hasta el mes de julio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa General de Apoyo y Desarrollo Tecnológico a la Cadena Productiva Agave-Tequila, integrado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el Gobierno del Estado de Jalisco y el Consejo Regulador del Tequila, A. C. (CRT), financiamiento otorgado para el desarrollo del proyecto. También agradecen a Casa Cuervo las facilidades brindadas.

LITERATURA CITADA

- CIBA-GEIGY. 1981. Manual para Ensayos de Campo en Protección Vegetal. Segunda edición, revisada y ampliada. División Agricultura, CIBA-GEIGY. Basilea, Suiza. 205 p.
- García M., C. 1981. Lista de insectos y ácaros perjudiciales a los cultivos en México. Segunda edición. Fitófilo 86. pp: 62-64.
- Steel, R. G. and J. H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. With special reference to biological sciences. McGraw-Hill Book Company. Inc. New York. 481 p.
- Valenzuela Z., A. G. 1997. El Agave Tequilero: su Cultivo e Industria.

conditions *S. acupunctatus* has overlapping generations and its life cycle is long; therefore its control on tequila agave is difficult and it should not be considered as a secondary pest.

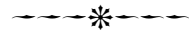
CONCLUSIONS

Scyphophorus acupunctatus Gyllenhal can cause a damage of up to 24.5% at the crowns of *Agave tequilana* Weber, blue var., which are received at tequila factories.

Plants with damage level 5 present a larger number of weevils than those of degrees 4, 3, and 2; therefore we propose to cut agave leaves for recovery or to eliminate plants with damage level 4. These phytosanitary measures are important to reduce weevil populations and the incidence of diseases in the field.

Maximum weevil population occurred in April at Tequila, and from November to December at Zapotlanejo, whereas the population increased in July at Tepatitlan.

—End of the English version—



Segunda edición. Litteris Editores y Monsanto. Guadalajara, Jalisco, México. 204 p.

Waring, G. L. and R. L. Smith. 1986. Natural history and ecology of *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) and its associated microbes in cultivated and native agaves. Ann. Entomol. Soc. Amer. 79: 334-340.

Woodroff, R. E. and W. H. Pierce. 1973. *Scyphophorus acupunctatus*, a weevil pest of yucca and agave in Florida (Coleoptera: Curculionidae). Florida Dept. Agr. & Consumer Services Division of Plant Industry. Entomology Circular No. 135: 1-2.