

38

00381



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**ESTUDIO DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE INSECTOS  
QUE SE DESARROLLAN EN GRANOS DE TRIGO EN  
DIFERENTES SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y  
CONDICIONES AMBIENTALES**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)**

**P R E S E N T A**

**TITO RAMÓN RENTERÍA GUTIÉRREZ**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. ERNESTO MORENO MARTÍNEZ**

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

POPULATION GROWTH OF *RHYZOPERTHA DOMINICA* (F)<sup>1</sup> AND *TRIBOLIUM CASTANEUM* (H)<sup>2</sup> IN DIFFERENT WHEAT VARIETIES AND GROUPS COMMERCIALY PRODUCED IN SONORA, MEXICO

Tito R. Rentería-Gutiérrez<sup>3</sup>, E. Moreno-Martínez<sup>4</sup> and J. M. Barrón-Hoyos<sup>5</sup>

Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria -S.E.P., I.T.A. No. 21 Block 611, Valle del Yaqui Bácum Sonora, México

ABSTRACT

The population growth of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F), and the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (H), was determined under laboratory conditions. Both species were reared using whole grain and flour from four wheat varieties and four wheat groups. Results showed both insects were capable of completing their life cycles in whole grain and flours from all wheat varieties and wheat groups, and all growth stages were detected from egg to adult. The adult density of *R. dominica* in all treatments was very low, even though a high initial oviposition was determined. A reduced number of adult *T. castaneum* resulted when reared in whole grain, but a higher adult density resulted when reared in flour samples of the different wheat varieties. The correlation coefficients between the chemical characteristics of all grain wheat samples and growth stages for both insects showed that starch content had the greatest influence on larval growth, followed by the number of adults and life cycle duration. Total protein contents and physical characteristics did not show a significant influence on the population growth of these species.

INTRODUCTION

Wheat produced in the Mexican State of Sonora is generally stored as a mixture of varieties. During storage, wheat grain is infested mainly by the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F), and the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (H). Both larvae and adults of *R. dominica* break the grain husk and feed on the germ as well as in grits and flour, larvae and adults of *T. castaneum* feed on previously damaged wheat grain, preferentially on germ, grits and flour. Insects tend to prefer specific environmental conditions that determine their food supply, mating sites and oviposition. Development, survival and egg production depends upon a proper diet. Knowledge about the developmental time of a specific species can be used to predict its population growth (Hagstrum et al. 1995).

<sup>1</sup> Coleoptera: Bostrichidae

<sup>2</sup> Coleoptera: Tenebrionidae

<sup>3</sup> Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria-S.E.P., I.T.A. No. 21 Bácum Sonora, México

<sup>4</sup> Unidad de Investigación en Granos y Semillas UNAM-F.E.S. Cuautlán, México D.F.

<sup>5</sup> Depto. de Investigación y Posgrado en Alimentos Uni-Son. A.P. 1658 Hermosillo Sonora, México

The objective of this research was to study the population growth of *R. dominica* and *T. castaneum* in wheat grain and flour from different wheat varieties and groups under laboratory conditions

## MATERIALS AND METHODS

Wheat samples were collected from commercial storage facilities located in the southern part of Sonora. Four wheat varieties (Rayon, Opata, Bacanora and Aconchi) as well as four commercial wheat groups (I, II, IV and V) were selected. Samples from both whole wheat grain and flour from each variety were used for the different treatments since *R. dominica* and *T. castaneum* are common species to these grains. Wheat samples were cleaned manually using proper sieves and a Seedburol Model 757 Seedblower to separate impurities. Samples were kept at  $-15^{\circ}\text{C}$  for 7 days to eliminate possible internal infestation by insects and mites. Samples from both grain and flour were standardized to 12.5% moisture using a controlled chamber (Shell-lab) at  $29 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . Relative humidity was controlled at 75% inside the chamber using a 200-ml container with a saturated NaCl solution (Winston and Bates 1960). An experimental Mill Brabender Quadrumat Senior was used for flour extraction with an 80-mesh sieve adapted.

*R. dominica* and *T. castaneum* were reared using the technique suggested by the USDA (1969). Insects no older than 48 hours were used for this study to assure consistent oviposition. Two lots of 24 dishes (10 cm in diameter with perforated lids covered with fine metal sieves) were prepared for each species. In the first lot of 24 dishes, a 5-g aliquot of whole grain was placed in each dish, in the second lot of 24 dishes, 1-g of flour was placed in each dish. A pair of insects (male and female) from each species were carefully placed in each dish (Thomson 1966) and a 7-day oviposition period was allowed. At the end of the 7-day period, insects were removed. For both species, the numbers of eggs, larvae and adults in both whole grains and flours were obtained by direct observation. From the second larval stage to the adult stage, *R. dominica* developed within the grain, and a parallel trial was needed to determine both the number of pupae and the pupal mortality rate. Therefore, 150 wheat grains from each of the different wheat varieties and groups were infested with first-instar larvae. Each wheat grain was infested with a single larva using plastic dishes for tissue culture.

Three wheat grains were randomly selected, broken and observed every other day for a period of 50 days. The adults were counted daily at the moment of their emergence (variation from Thomson 1966 technique). In order to obtain a correlation with the growth assessment parameters for both species, the following physical and chemical aspects were determined for every variety and type of wheat: length and width ( $\text{mm}^2$ ), color (expressed in units of relative reflectance, Agron equipment), hardness of the endosperm ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ , Instron equipment), total protein content [microkjeldahl, Ind 46-13 (AACC 1990a)], and total starch content [method 979.10 (AACC 1990b)].

A random experimental design was used with three replications. Analysis of variance and Duncan's significance tests ( $p \leq 0.05\%$ ) were used to analyze the data obtained. Pearson's multiple correlation (SAS Institute 1995) was used to relate the growth parameters from each stage in both species to the chemical and physical characteristics of the grains (varieties and groups). Partial population curves, considering population growth rates for each life cycle in *R. dominica*, were determined (Varley et al 1973).

## RESULTS

Results from this study showed that *R. dominica* and *T. castaneum* have significant

differences ( $p \leq 0.05\%$ ) in their development in the different wheat varieties and groups *R. dommca* showed increased oviposition in commercial wheat groups IV and V, with 98.3 and 116.0 eggs, respectively. In contrast, only 34.6 eggs were found when *R. dommca* were reared in the Bacanora variety (Table 1). Even when differences in oviposition were found for the various wheat varieties, the number of adult insects by the end of their life cycle tended to be similar (Fig. 1). Adult density rates of *R. dommca* are affected by cannibalism at the larval stage, with a subsequent decrease in the number of adult insects (Surtees 1964). Wheat groups IV and V, considered as hard wheat varieties, showed a consistent high final number of adults. Cortez-Rocha et al (1993) evaluated the susceptibility of different wheat varieties to *R. dommca* attack, proving that Yavaros, a hard texture wheat variety, was highly preferred.

TABLE 1 Numbers of *R. dommca* Eggs, Larvae, Pupae and Adults and Development Times in Different Varieties and Mixtures of Sonoran Whole Wheats

Wheat	Eggs	Larvae	Pupae	Adults	Life Cycle (Days) <sup>a</sup>
Varieties					
Bacanora	34.6 d	27.6 d	18.3 c	15.6 c	40.0 ab
Aconchi	60.6 cd	43.3 cd	27.3 abc	25.0 abc	40.6 a
Opata	67.3 bc	57.6 bc	33.0 abc	30.3 abc	37.3 cde
Rayón	56.3 cd	41.3 cd	23.6 abc	21.3 abc	39.0 abc
Groups					
I	63.3 bcd	49.0 cd	20.3 bc	17.3 bc	40.0 ab
II	69.0 bcd	51.0 cd	25.6 abc	23.0 abc	38.3 bcd
IV	98.3 ab	78.3 ab	42.6 a	38.3 a	36.3 e
V	116.0 a	85.6 a	39.0 ab	35.3 ab	37.0 De

<sup>a</sup> Values in a column with the same letter are not significantly different  $p \leq 0.05$  (Duncan's test)

The population growth of *R. dommca* in flours from different wheat varieties and types was very low. However, an initial high oviposition was observed. *R. dommca*, had a life cycle longer than 50 days when force reared in flour (Table 2). When force reared in whole grain, its life cycle ranged from 36 to 40 days (Table 1). These results showed that the *R. dommca* life cycle was shorter in whole grain due to its ability to break the kernel and feed on the endosperm. Hashem (1989) reported that *R. dommca* needed 37 days to complete its life cycle in wheat grain. *T. castaneum* showed a low oviposition and emergence in whole wheat in the different varieties and types studied. Oviposition was highest in wheat groups II and IV and the Bacanora variety. These wheat groups had similar endosperm characteristics. Furthermore, the above wheat groups and the Bacanora variety also showed the highest adult emergence (Table 3).

*T. castaneum* was able to grow in whole grain only because it fed on wheat germ during the larval stage. When reared in flour samples from the different wheat varieties and groups, it showed a higher oviposition in the Aconchi wheat variety and in the wheat group I. When *T. castaneum* was reared in flours, 18-43% adult survival was observed including all wheat varieties and groups studied.

TABLE 2 Numbers of *R. dommeca* Eggs, Larvae, Pupae and Adults and Development Times in Different Varieties and Mixtures of Sonoran Wheat Flours

Wheat	Eggs	Larvae	Pupae	Adults	Life Cycle (Days) <sup>a</sup>
Varieties					
Bacanora	48.0 abc	33.6 ab	1.3 ab	0.3 b	55.3 a
Aconchi	71.0 a	55.3 a	1.6 a	1.6 a	54.3 a
Opata	28.3 bc	23.0 b	1.3 ab	0.6 ab	54.0 a
Rayón	26.0 c	19.3 b	1.3 ab	0.0 c	0.0 b
Groups					
I	49.6 abc	26.0 ab	1.0 ab	0.6 ab	56.3 a
II	36.0 bc	24.0 ab	1.3 ab	0.6 ab	54.6 a
IV	55.0 ab	42.6 ab	0.3 b	0.0 c	0.0 b
V	38.0 bc	27.0 ab	1.3 ab	1.0 ab	56.6 a

<sup>a</sup> Values in a column with the same letter are not significantly different  $p \leq 0.05$  (Duncan's test)

TABLE 3 Numbers of *T. castaneum* Eggs, Larvae, Pupae and Adults and Development Times in Different Varieties and Mixtures of Sonoran Whole Wheats.

Wheat	Eggs	Larvae	Pupae	Adults	Life Cycle (Days) <sup>a</sup>
Varieties					
Bacanora	9.6 abc	7.3 a	5.3 a	4.6 a	32.6 a
Aconchi	3.3 d	2.3 b	1.3 b	0.0 c	0.0 b
Opata	4.0 cd	2.0 b	1.0 b	0.6 b	25.0 a
Rayón	6.3 bcd	3.3 b	2.0 b	1.6 b	36.0 a
Groups					
I	6.0 bcd	3.3 b	2.0 b	1.6 b	33.0 a
II	12.6 a	8.3 a	5.0 a	4.3 a	35.6 a
IV	11.0 ab	8.3 a	5.0 a	4.3 a	31.6 a
V	7.0 abcd	4.6 ab	1.6 b	1.3 b	34.3 a

<sup>a</sup> Values in a column with the same letter are not significantly different  $p \leq 0.05$  (Duncan's test)

Singh et al (1992) reported that 94% of *T. castaneum* eggs reached the adult stage. Life cycle duration was longer when *T. castaneum* was reared in flours from the Rayón variety and from the wheat group I (37 and 37.3 days, respectively, Table 4). Results indicated that 38-43% of *R. dommeca* eggs reached the adult stage. This was probably due to natural larval mortality in the first larval stage. Research by Howe (1952) showed that the highest *R. dommeca* mortality rate, during early stages, takes place in the first larval stage, most probably due to difficulty in initiating feeding.

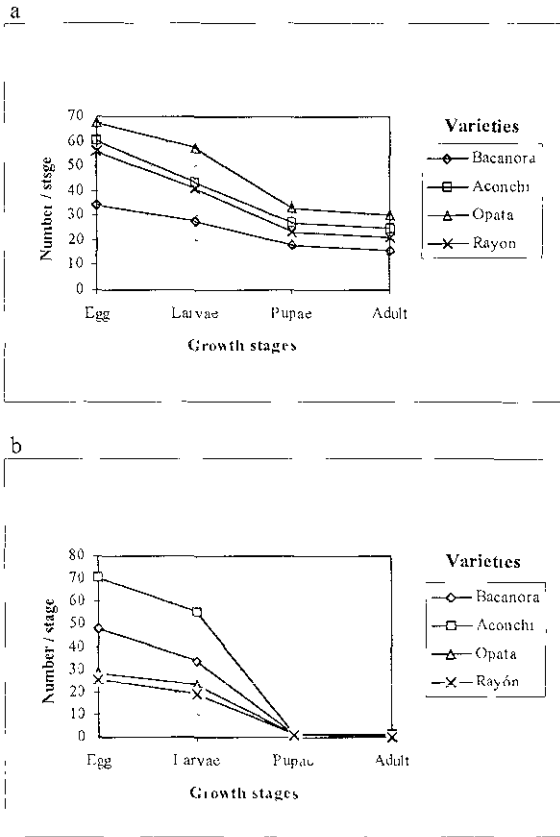


FIG 1 Partial population curves of *R. dominica* in commercial varieties of Sonoran wheats a) Whole grain, b) Wheat flour

Table 5 shows the results of the chemical and physical characteristics of wheat grains from different varieties and groups. These data were correlated to those results from population growth. In the case of *R. dominica*, when reared in whole wheat, a high correlation factor ( $r$  range, 0.93347) was found between the number of emerged larvae and the total starch content (Table 6). However, when *R. dominica* was reared in flour samples (Table 7), the total starch content was significantly correlated to the pupae number ( $r$  range, 0.83762), the number of adults ( $r$  range, 0.92947) and the life cycle duration ( $r$  range, 0.89291). When *T. castaneum* was reared in flour samples of different commercial wheat groups, strong correlations were found between the total starch content and the number of eggs (range, 0.75128) and between starch content and number of larvae ( $r$  range, 0.60240). However, when *T. castaneum* was reared in flour samples from different wheat varieties, the best correlations were found between total starch content and either the number of larvae or the number adult insects ( $r$  range, 0.60936 and  $r$  range, 0.68902, respectively) (Table 8). Total protein content: was correlated to the life cycle duration only in the case of *T. castaneum* ( $r$  range, 0.57132) when grown in flours from different wheat groups (Table 8).

TABLE 4 Numbers of *T. castaneum* Eggs, Larvae, Pupae and Adults and Development Times in Different Varieties and Mixtures of Sonoran Wheat Flours.

Wheat	Eggs	Larvae	Pupae	Adults	Life Cycle (Days) <sup>a</sup>
			Varieties		
Bacanora	19.6 bc	16.0 bc	3.6 cd	3.6 cd	31.6 c
Aconchi	37.6 a	28.3 a	14.3 a	13.3 a	32.0 c
Opata	11.6 cd	6.6 cd	4.3 cd	3.6 cd	31.6 c
Rayón	30.6 ab	23.3 ab	7.6 bc	5.6 bc	37.0 a
			Groups		
I	39.0 a	24.3 ab	9.0 b	7.6 b	37.3 a
II	19.3 bc	14.6 bc	7.3 bc	6.3 bc	36.6 a
IV	5.3 d	2.3 d	1.6 d	1.6 d	34.0 b
V	9.3 cd	7.0 cd	5.0 bcd	4.0 cd	33.0 bc

<sup>a</sup> Values in a column with the same letter are not significantly different  $p \leq 0.05$  (Duncan's test)

TABLE 5 Chemical and Physical Analyses Results of Various Sonoran Wheat Varieties and Groups

Wheat	% Starch	% Protein	Color <sup>a</sup>	Hardness (kg/cm <sup>2</sup> )	Size (mm <sup>2</sup> )
Bacanora	59.37	12.36	9.17	15.46	43.17
Aconchi	61.13	11.42	8.33	19.91	46.33
Opata	58.70	9.56	9.17	15.24	40.00
Rayón	62.30	12.81	7.50	15.83	31.33
I	54.03	11.40	7.17	14.84	34.33
II	60.83	10.05	7.33	15.87	32.67
IV	66.23	10.43	9.33	14.93	34.67
V	56.23	10.69	8.83	19.28	41.17

<sup>a</sup> Relative reflectance units

*T. castaneum* is an insect generally known to feed on broken grain in stored wheat. Other primary pests are usually present in stored wheat before *T. castaneum*. Our findings proved that *T. castaneum* can also grow in whole wheat and complete its life cycle. However, the population growth of *T. castaneum* was higher when it was reared in flour samples. In general, the total starch content was the only factor found to exert a major influence on the population growth of these two insects. Total starch content had a strong influence on the number of larvae, the number of adults and on the duration of its life cycle. The total protein content was not a significant factor in the various growth stages for these two species. Baker et al (1991) proved that developmental time, survival and the insect's egg production in stored wheat vary with the type of wheat. Physical characteristics of wheat, such as color, size, and whole grain hardness did not have an influence on the population growth of these



TABLE 6 Results of the Correlation between Grain Chemical and Physical Characteristics of the Various Developmental Stages of *R. dominica* Reared in Different Sonoran Whole Wheat Groups

Parameter	Correlation Coefficients <sup>a</sup>				
	Egg	Larva	Pupa	Adult	Life cycle (Days)
Moisture	0.53661	0.93347	0.06269	0.56615	0.66103
Protein	0.10345	0.28553	0.21001	0.01148	0.23177
Color	0.21433	0.39478	0.32295	0.26123	0.33756
Size	0.18872	0.30348	0.27931	0.31411	0.11217
Hardness	0.49893	0.45503	0.35225	0.15166	0.34985

<sup>a</sup> Pearson's correlation test

TABLE 7 Results of the Correlation between Starch and Protein Content and the Various Developmental Stages of *R. dominica* Reared in Different Sonoran Wheat Flour Varieties

Parameter	Correlation Coefficients <sup>a</sup>				
	Egg	Larva	Pupa	Adult	Life Cycle (Days)
Starch	0.26929	0.13649	0.83762	0.92947	0.89291
Protein	0.27010	0.10278	0.24865	0.08964	0.16693

<sup>a</sup> Pearson's correlation test

TABLE 8 Results of the Correlation between Starch and Protein Content and the Various Developmental Stages of *T. castaneum* Reared in Different Sonoran Wheat Groups and Varieties

Parameter	Correlation Coefficients <sup>a</sup>				
	Egg	Larva	Pupa	Adult	Life Cycle (Days)
<u>Groups</u>					
Starch	0.75128	0.60240	0.46575	0.10444	0.67484
Protein	0.51269	0.07294	0.47886	0.07787	0.57132
<u>Varieties</u>					
Starch	0.37565	0.60936	0.36386	0.68902	0.10615
Protein	0.31607	0.16529	0.24020	0.29872	0.09634

<sup>a</sup> Pearson's correlation test

two species. Further knowledge on the population growth and behavior of adult insects in stored wheat will be very important for better handling, improvement of storing practices and the control of these insects.

## ACKNOWLEDGMENT

Thanks to María Engracia Arce-Corral from the Departamento de Ciencias Químicas y Biológicas de la Universidad de Sonora for her assistance in the chemical analyses

## LITERATURE CITED

- A.A.C.C. (1990a) *Approved methods for analysis. Method 46-13* American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. U.S.A.
- A.A.C.C. (1990b) *Approved methods for analysis. Method 979-10* American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. U.S.A.
- Baker, J.E., S.M. Woo, J.E. Throne, and P.L. Finney 1991 Correlation of alpha-amylase inhibitor content in eastern soft wheats with development parameters of the rice weevil (*Coleoptera: Curculionidae*) *Environ Entomol* 20: 53-55
- Cortez-Rocha M., F.J. Wong, J. Borboa, R.I. Sanchez, and F.J. Cinco 1993 A study on the susceptibility of wheat varieties to *Rhyzopertha dominica* F. *Southwestern Entomol* 18: 287-291
- Hagstrum, D.W., P.W. Flinn, and P.W. Howard 1995. Ecology, pp.71-77 *In* Subramanya B. and D.W. Hagstrum [eds] *Integrated Management of Insects in Stored Products*. Marcel Dekker, Inc. New York U.S.A.
- Hashem, M. 1989. Investigations on the biology of the large grain borer *Prostephanus truncatus* (H.) and lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (F.) (*Coleoptera: Bostrychidae*) *Entomol* 7: 205-209
- Howe, R.W. 1952. The biology of the rice weevil. *Calandra oryzae* *Ann. Appl. Biol.* 39: 168-180
- SAS Institute 1995 *User's guide. Statistics*, SAS Institute Cary, NC
- Singh, R., S. Singh, and K. Singh 1992. Biology of *Tribolium castaneum* Herbs in different flours (*Coleoptera: Tenebrionidae*) *Bioecology and control insects pests*, pp.60-64. *In* S.C. Goei [ed] *Proceedings of the national symposium on growth, development and control technology of insect pests*.
- Surtees, G. 1964. Laboratory studies on dispersion behavior of adult beetle in grain. The Lesser Grain Borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (*Coleoptera: Bostrychidae*). *Bull. Entomol. Res.* 54: 715-722.
- Thomson, V. 1966. The biology of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (Fab.). *Bull. of Grain Tech.* 4: 163-168
- U.S.D.A. 1969. *Rearing Manual for Stored-Product Insects*. Research and Development Laboratory Savannah, GA. USA. 21-28 pp.
- Varley, G.C., G.R. Gradwell, and M.P. Hansell. 1973. *Insect population ecology, an analytical approach*. Blackwell Scientific Publication Oxford. 212 pp.
- Winston, P.W., and D.H. Bates. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. *Ecology* 41: 232-237

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ernesto Moreno Martínez, quien fungió como asesor principal, en el desarrollo de este trabajo de tesis, pero más que nada por su amistad. A los miembros del comité tutorial: Dr. Jesús Manuel Barrón Hoyos, Dr. Josué Leos Martínez y Dr. Mario Ramírez Martínez, por sus valiosas sugerencias desde la conformación, desarrollo y la culminación de la tesis, asimismo por la amistad demostrada hacia un servidor, a todos mil gracias. A la Dra. Genoveva García Aguirre, Dr. Joaquín Bueno Soria y Dr. Atilano Contreras Ramos, mi agradecimiento por aceptar formar parte de mi jurado de tesis.

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, especialmente al C. Ing. Ernesto Guajardo M., Director General, por su apoyo y consideración de que la superación académica del personal docente, es el principal soporte para los estudiantes y las comunidades agropecuarias. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo mediante una beca para estudios de posgrado. Al Profesor Ramón Peñuelas Romo, por su amistad y apoyo para la realización de mis estudios de posgrado. A mis amigos y compañeros de trabajo de la Coordinación Estatal de D.G.E.T.A., los cuales de alguna manera u otra me han apoyado.

A la Universidad de Sonora, ya que en los laboratorios de Entomología, Reología, Bioquímica y de Análisis Generales del D.I.P.A., realicé algunas etapas experimentales, así como en el laboratorio de Alimentos del Depto. de Ciencias Químico-Biológicas. Pero en especial, mi agradecimiento para: M. en C. Guillermo Olivarría, QBA María E. Arce Corral, Ing. Jesús Borboa Flores, M. en C. Francisco J. Wong Corral, Dr. Mario O. Cortéz Rocha, Pas. M. en C. Rosario Anduaga, Pas. M. en C. Rafael Morales, M. en C. Guadalupe Salazar, M. en C. Esther Orozco, Dra. María Isabel Silveira, T. en C. José Guerra, alumnos prestadores de servicio social y de prácticas profesionales, por su participación en algunas de las actividades experimentales en

el trabajo de investigación. Al M. en C. José Luis Cárdenas, por su asesoría en las evaluaciones estadísticas. Mi especial agradecimiento para: M. en C. Rosalina Ramírez, QB Lucía Gpe. Castellón C., QB Claudia Naves B., M. en C. Mayra Topete, M. en C. Clara R. Alvarez, Dr. Samuel Galavíz, M. en C. Ma. Isabel Tapia, por su ayuda sugerencias y amistad.

Mi más profundo agradecimiento para el Dr. Francisco Molina Frenner, del Instituto de Ecología de la UNAM (Unidad Hermosillo Sonora), por sus sugerencias y asesoría en aspectos de ecología de poblaciones.

A la Asociación Agrícola Hermosillense S.A. de C. V., agradeciendo las atenciones del Ing. Miguel E. Castillo Salazar, por las facilidades prestadas en la realización de la etapa experimental de almacenamiento en bodega. Asimismo a Bodegas Rurales Conasupo S. A., especialmente al Ing. Javier Bacame, por facilitar los sistemas de almacenamiento de trigo a la intemperie. A Silos Navojoa, por facilitar los silos de trigo para la realización de pruebas experimentales.

Al Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 97 de Basconcobe Etchojoa Sonora, por su apoyo en la realización de las pruebas de campo en trigo, agradeciendo la participación del Prof. Rigoberto Salas O., Ing. Balbanedo Castillo A. e Ing. Germán Acosta Vega. Al Instituto Tecnológico Agropecuario No. 21, de Bácum Sonora, por su participación en la realización de pruebas de campo en trigo.

## RESUMEN

Mediante experimentos y observaciones en condiciones de laboratorio, almacén y de campo, se evaluaron aspectos de la dinámica poblacional de los insectos; barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) y el escarabajo castaño de la harina *Tribolium castaneum* (H.) (Coleoptera: Tenebrionidae). Estos insectos se alimentan de los granos de trigo en los diferentes sistemas de almacenamiento del estado de Sonora. Dentro de los objetivos generales se incluyeron investigaciones en *R. dominica* y *T. castaneum* considerando; su crecimiento poblacional en trigo bajo condiciones controladas de laboratorio y en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo, estudios sobre la interacción interespecífica al desarrollarse en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo y la estimación de la abundancia poblacional por especie de insecto en la etapa de maduración y secado del cultivo de trigo.

Los estudios de laboratorio sobre el crecimiento poblacional demostraron que ambos insectos fueron capaces de completar su ciclo de vida en grano entero y harina de diferentes variedades y grupos de trigo evaluados. El crecimiento poblacional de *R. dominica* fue más eficiente en grano entero que en harinas, mientras que en *T. castaneum* se observó lo contrario. Los análisis químicos efectuados en trigo mostraron que el contenido de almidón fue el factor químico nutricional de mayor importancia en el crecimiento poblacional de los insectos estudiados, en cambio el contenido de proteína no mostró ser un factor de importancia. Los factores físicos color de grano, tamaño y dureza no mostraron influencia específica sobre el crecimiento poblacional de ambos insectos. *R. dominica* y *T. castaneum* logran reproducirse formando nuevos insectos adultos en los sistemas de almacenamiento comercial de trigo; bodega rectangular, almacenamiento al intemperie cubierto con lona y silo metálico, sin embargo, el porcentaje de emergencia de larvas y adultos fue muy reducido. La humedad relativa interna de

los almacenes fue el factor ambiental que mostró mayor correlación sobre el crecimiento poblacional de estos insectos. En el sistema de almacenamiento en silo, se registraron mayores tasas de crecimiento poblacional en ambas especies de insectos. Se encontraron altas tasas de reproducción para adultos hembras en *R. dominica* y *T. castaneum*, aún bajo condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa en el interior de los almacenes.

La interacción entre las poblaciones de *R. dominica* y *T. castaneum* en trigo fue analizada en los diferentes sistemas de almacenamiento comercial antes mencionados, encontrándose que el crecimiento poblacional de ambas especies fue mayor en el sistema de almacenamiento en silo metálico, seguido del almacenamiento al intemperie y por último en el almacenamiento en bodega. Los principales factores causantes de mortalidad fueron la competencia intraespecífica representada por el canibalismo y la temperatura. La abundancia poblacional de ambos insectos en el cultivo de trigo, fue estimada utilizando trampas aéreas adhesivas con feromona (atrayente sexual) específica para cada especie. La captura de *R. dominica* y *T. castaneum* en trampas durante la maduración y secado de trigo se tomó como parámetro de su abundancia poblacional relativa. De esta manera fue posible comprobar que los granos de trigo son ovipositados principalmente por *R. dominica* en el campo y que al ser trasladados a los almacenes serán una fuente de infestación importante.

## ÍNDICE

	Página
Capítulo I.	
Introducción General.....	1
Capítulo II.	
Objetivos.....	12
Capítulo III.	
Revisión de Literatura.....	15
Capítulo IV.	
Crecimiento poblacional de <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.) y <i>Tribolium castaneum</i> (H.), en trigo bajo condiciones controladas de laboratorio.....	43
Capítulo V.	
Crecimiento poblacional de <i>Rhyzopertha dominica</i> y <i>Tribolium castaneum</i> , en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo.....	69
Capítulo VI.	
Interacción de poblaciones de <i>Rhyzopertha dominica</i> y <i>Tribolium castaneum</i> , en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo.....	92
Capítulo VII.	
Abundancia poblacional de <i>Rhyzopertha dominica</i> y <i>Tribolium castaneum</i> , durante la maduración y secado del cultivo de trigo en el campo.....	112

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN GENERAL

---

---

Contenido:	Página
Introducción General.....	1
Introducción al estudio de las poblaciones.....	2
Dinámica poblacional.....	3
Problemática sobre el almacenamiento de granos a nivel nacional.....	5
Situación actual del almacenamiento de granos en el estado de Sonora.....	6
Nivel comercial.....	6
Nivel rural.....	8
Literatura Citada.....	10



## **Introducción al estudio de las poblaciones**

Es factible definir la población como un grupo de organismos de una especie que ocupan un espacio dado en un momento específico (Krebs, 1985). Esta definición de acuerdo con Rabinovich (1980), contiene cierto grado de arbitrariedad y considera que la población es un nivel de organización biológica constituida por “un conjunto de individuos pertenecientes a la misma especie y ocupando un área dada, entre los cuales es de importancia el intercambio de información genética entre los mismos y que disponen de propiedades tales como tasa de natalidad, tasa de mortalidad, proporción de sexos, distribución de edades, atributos típicos de un nuevo nivel de organización”. Menciona además que las poblaciones tienen características o propiedades específicas que son conocidas como “atributos emergentes”, los cuales no se expresan por la simple adición de las propiedades o características de los individuos que componen a la población, sino que responden a la interacción de un cúmulo de factores ligados a las propiedades individuales. Entre los principales atributos emergentes de las poblaciones de animales se encuentran: el crecimiento poblacional, los parámetros poblacionales, los fenómenos sociales y las competencias intraespecíficas.

La población tiene una posición intermedia entre los individuos y las comunidades ecológicas, debido a esta posición y a las íntimas relaciones que tiene con los niveles inferiores y superiores inmediatos, los estudios de distribución y la abundancia de las poblaciones animales engloban de cierta medida la parte esencial de toda la ecología animal. En las poblaciones se pueden distinguir tres tipos de factores que determinan su abundancia y distribución estos factores son; a) la dispersión, b) el comportamiento y relaciones intraespecíficas y c) la interrelación con otros organismos. Los parámetros poblacionales vinculados con la abundancia son la natalidad, la mortalidad, la inmigración y la emigración.

## **Dinámica poblacional**

La dinámica poblacional es la actividad que desarrollan dichas poblaciones en virtud de sus relaciones con el entorno así como en virtud de la actividad de los individuos que la forman. La dinámica de las poblaciones es analizada mediante la estimación de la densidad poblacional a través del tiempo. La densidad expresa el número de individuos de la población por unidad de espacio o volumen de hábitat disponible. Una de las formas más comunes de indicar el grado de abundancia de una población es expresando su tamaño poblacional a través de la densidad poblacional. Una vez que se tiene una estimación de la abundancia de una cierta población animal, una de las formas útiles en que se puede utilizar esta información es expresando los cambios que sufre dicha abundancia a lo largo del tiempo. La representación gráfica de dichos cambios en función del tiempo es lo que se conoce como curvas poblacionales (Rabinovich, 1980).

Entendiendo que varios factores regulan el crecimiento poblacional de insectos, es posible examinar los efectos de estos factores sobre su dinámica poblacional en productos que son almacenados, transportados y procesados. Las infestaciones residuales de insectos en almacenes y las infestaciones que ocurren en el campo antes de la cosecha, son las principales fuentes de deterioro en granos almacenados. Se ha demostrado que las plagas de insectos de productos almacenados se crían en número considerable dentro de los almacenes y se dispersan a distancias considerables. Algunos de los factores primarios que regulan la distribución y abundancia de insectos en productos almacenados son la temperatura, la humedad, la disponibilidad y calidad alimenticia, el manejo de los productos, las prácticas de proceso y la atracción libre por compuestos químicos. El conocimiento de los factores que regulan la distribución y abundancia de las poblaciones, es particularmente importante en el desarrollo de programas integrados de manejo de plagas (Hagstrum et al. 1996).

Estudios en insectos han contribuido significativamente para entender la dinámica de las poblaciones, también muchas poblaciones han sido investigadas y se hacen conclusiones de ellas sin el suficiente cuidado o conocimiento de todos los factores influyentes. La dispersión es un factor incluido en los cambios poblacionales ya que influye en la distribución de los individuos en un hábitat dado. Los muestreos en almacenes de granos indican la variación en el número de insectos y esta variación puede ser utilizada para caracterizar la distribución espacial o los patrones de dispersión de sus poblaciones. La dispersión en insectos es ampliamente influenciada por los cambios ambientales y puede ser clasificada en uniforme, al azar y agregada o contagiosa (Price, 1975; Ravinovich, 1980; Subramanyam and Hagstrum, 1996).

En una población de insectos con un ciclo de vida de tipo estacional, de la cual se tiene información sobre su abundancia en el tiempo, se tendrá también una estimación del número de individuos que pasan a través de un estadio de desarrollo a otro a lo largo del tiempo. Los insectos de productos almacenados están bien adaptados para sobrevivir en las instalaciones de almacenamiento, transporte y proceso. Los efectos de la temperatura, humedad y la disponibilidad y calidad alimenticia son los principales factores que regulan el crecimiento poblacional en ausencia de un sistema de control de plagas (Gordon and Steward, 1988).

Los factores ambientales y el alimento influyen en la abundancia de insectos a través de su efecto sobre el tiempo de desarrollo, sobrevivencia y producción de huevos, mientras que otros factores tales como el manejo y procesamiento de productos y la libre atracción por compuestos químicos afectan principalmente la sobrevivencia y el comportamiento. El comportamiento de los insectos es importante en la determinación de su distribución ya que tienden a preferir ciertas condiciones ambientales y deberán localizar recursos como alimento, sitios de apareamiento y de oviposición.

## **Problemática sobre el almacenamiento de granos a nivel nacional**

El almacenamiento y la conservación de los granos y semillas, deben recibir la atención adecuada para no perder lo que en el campo se produce, considerando que los granos sufren fuertes mermas en su calidad y cantidad durante su almacenamiento. Las tendencias demográficas actuales han hecho muy difícil alcanzar un balance satisfactorio entre el volumen de alimento producido y su demanda por una población cada vez mayor (A.N.D.S.A., 1979).

Dentro de los problemas principales a nivel nacional en el almacenamiento de granos y semillas se encuentran las pérdidas ocasionadas por la interacción de diversos factores, tales como: La composición de los granos, factores bióticos (hongos, bacterias, insectos, roedores y aves) y abióticos (impurezas, temperatura y humedad), prácticas de manejo, almacenamiento, transporte, control deficiente de plagas, infraestructura inadecuada (carencia de almacenes adecuados y facilidad de almacenaje), desconocimiento de los principios de la conservación de granos y cuestiones políticas entre otras (Tijerina y Paredes, 1980).

Los principales granos producidos en México son maíz, trigo y frijol. La producción de trigo originada en el noroeste del país, es mantenida en grandes almacenes comerciales y en menor grado en almacenamiento rural. Las pérdidas ocasionadas por insectos en granos almacenados a nivel rural y comercial son estimadas en el orden del 10 al 20% del total producido. En regiones rurales de alta marginación se han estimado pérdidas desde un 20 hasta un 50% de la producción agrícola de granos, pudiendo llegar a su destrucción total si no se cuenta con medidas de prevención y control contra insectos (Ramírez, 1980). En algunos casos los agricultores guardan su propia semilla debido al alto costo de la semilla certificada, observándose durante su almacenamiento problemas severos tales como: Pérdida de germinación, reducción en su vigor, daños por insectos, presencia de hongos, calentamiento de los granos por excesos de humedad entre otros. El principio de un buen almacenamiento es contar con locales limpios

previamente desinfectados, guardar granos y semillas enteras y limpias, contenido de humedad de acuerdo a los tipos de granos y condiciones ambientales de la región, no mezclar diferentes granos dentro de un mismo almacén, control de roedores y pájaros, efectuar inspecciones periódicas durante la etapa de almacenamiento para encontrar fuentes existentes y potenciales de infestación.

El estado de Sonora junto con Jalisco, Guanajuato, Sinaloa y Tamaulipas, aportan más de la mitad de la producción nacional de granos. Sonora produce principalmente trigo y maíz y en menor escala; cártamo, sorgo, soya y frijol. Las principales concentraciones de la oferta de trigo se presentan en el noroeste del país, ya que los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California aportan el 70 % de la producción nacional, predominando en un 75 % el almacenamiento privado (I.N.I.F.A.P., 1998).

## **Situación actual del almacenamiento de granos en el estado de Sonora**

### **Nivel comercial**

El estado de Sonora posee la mayor capacidad de almacenamiento a nivel nacional y se ha determinado que la principal causa de pérdida en granos almacenados la constituyen los insectos. Debido al contraste topográfico y a condiciones de clima seco se han construido diferentes tipos de almacén, entre los cuales destacan los siguientes: Almacén tipo Buttler, almacén tipo hangar, almacén de concreto con techo de lámina, almacén semi-hundido, almacén de cuatro aguas, almacén tipo red nacional, silos de concreto y silos de lámina. En los últimos años se ha utilizado el almacenamiento a la intemperie cubierto con lona debido a las demandas cíclicas de granos, a los problemas operacionales y disponibilidad del medio de transporte (Wong et al. 1987).

Respecto a la condición estructural de los almacenes, el 80 % se encuentra de regular a buen estado y el 20% restante se encuentra en mal estado. El 90 % de los almacenes se destina para el almacenamiento de grano que será utilizado como alimento y el resto para semilla. Dentro

de los problemas de manejo de granos, se tiene que los almacenes construidos al nivel del suelo enfrentan fuertes pérdidas en épocas de lluvias. La mayoría de los almacenes cuenta con sistemas de aireación obsoletos. Cuando se presenta calentamiento en la masa del grano, normalmente se baja la temperatura mediante el cambio de un lugar a otro. En bodegas sin mecanizar, se utilizan transportadores helicoidales (bazucas) y en bodegas mecanizadas por medio de bandas de descarga y transportadores mecánicos. Otra de las deficiencias en los almacenes, es la falta de personal debidamente preparado ya que generalmente son personas con muy pocos conocimientos de la biología de los insectos y del manejo de los granos. En la mayoría de los almacenes las inspecciones se realizan cada mes y durante este tiempo puede pasar desapercibida una infestación por insectos.

Se han encontrado un total de 33 especies de insectos asociadas a granos almacenados, de las cuales 9 son consideradas plagas primarias, 22 secundarias y 2 especies benéficas. De estas especies 27 se han encontrado infestando maíz, 23 en trigo, 10 en cebada, 9 en arroz, 6 en sorgo, 5 en fríjol, 4 en garbanzo y 4 en ajonjolí. El principal insecto primario que daña a los granos de trigo y maíz es el barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) (Wong et al. 1993).

El mayor problema de insectos de granos almacenados está localizado en la región sur y centro del estado, clasificados como de clima subtropical y es en esta región donde se encuentran los centros de acopio más grandes de granos de Sonora, que incluyen al Valle del Yaqui (municipios de Cajeme, Guaymas, Bácum y Benito Juárez) y Valle del Mayo (municipios de Etchojoa, Navojoa y Huatabampo). La región norte del estado (municipios de Hermosillo, Caborca y San Luis Río Colorado) clasificada como desértica, presenta menor problema de insectos. Se ha encontrado que la escasa población y distribución de insectos benéficos presentes en el estado, no puede minimizar a las poblaciones de insectos dañinas en granos. El método de control químico, es el más utilizado y eficiente para combatir a los insectos. Los altos costos de

aplicación de insecticidas y el manejo de granos durante su almacenamiento, han ocasionado que en los últimos años se incremente fuertemente el valor de granos para la industria harinera. Otro problema que se presenta a los productores agrícolas, es la reciente adopción de la cotización internacional para los precios de granos, ya que sus variaciones anuales afectan los costos de producción, las programaciones de siembra y finalmente sus utilidades. Al igual que en el resto del país, en el estado de Sonora la falta de lluvias ha producido una gran sequía y por consiguiente se espera que en los próximos ciclos productivos se sembrará poca superficie de granos básicos reduciendo así la oferta nacional (A.A.H.S.A., 1998).

### **Nivel rural**

El grano que es almacenado por los agricultores bajo condiciones rústicas es de gran importancia, debido a que estos guardan su cosecha para el autoconsumo familiar o para venderlo según sean sus necesidades. Los pequeños agricultores ocupan un lugar importante en el almacenamiento de granos, pues aunque los volúmenes almacenados individualmente son pequeños, la suma en conjunto alcanza miles de toneladas. En cada región rural es posible encontrar varios tipos de almacenamiento, entre estos se encuentran, las trojes o graneros que son utilizados para depositar cantidades pequeñas de granos por períodos de uno a varios meses, sobre todo aquellos destinados al autoconsumo como el maíz y frijol. Las condiciones de estos locales para la conservación de los granos, no llenan los requisitos necesarios para garantizar la calidad del grano.

La región del Río de Sonora está formada por pequeños valles localizados en el margen del río, en la cual se practica la agricultura tradicional de autoconsumo, con superficie promedio de 4 a 5 ha. por productor. Los agricultores utilizan diferentes formas de almacenamiento, entre ellas se emplean trojes, cuartos habitación, cuartos donde guardan herramientas, almacenes tipo tejaban y en general los granos son depositados en recipientes metálicos (tambos de 200 lt y

tinias), sacos de yute y polipropileno y cajas de madera. En ocasiones se deposita en el suelo directamente o sobre plástico, también se almacena grano a la intemperie en granel. Se almacena principalmente trigo, maíz desgranado y en mazorca, pequeñas cantidades de cebada, sorgo y frijol. El insecto barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) es el más frecuente en granos de trigo, sorgo, cebada y maíz. La palomilla de los cereales *Sitotroga cerealella* (O.), es la palomilla que causa mayor daño en maíz en mazorca, el gorgojo picudo del maíz *Sitophilus zeamais* daña al maíz desgranado, el gorgojo *Acanthoscelides obtectus* Say, es el más abundante y destructivo en frijol, el gorgojo castaño *Tribolium castaneum* (H.) es el insecto secundario más frecuente en todos los granos almacenados. Los pequeños agricultores del medio rural, desconocen los principios básicos de manejo, almacenamiento y conservación de granos. Dentro de los métodos tradicionales para la protección de granos contra el ataque de insectos, se encuentran la adición de cal y exponer los granos al efecto del calor solar (Cortéz, 1993).

En esta investigación se hizo énfasis en la dinámica poblacional de los insectos *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, ya que son las principales especies que infestan a los granos de trigo durante su maduración en el campo y durante su almacenamiento. La dinámica de las poblaciones de insectos estudiadas, fue analizada mediante los cambios que presentaron en su abundancia poblacional a través del tiempo. Estos cambios fueron representados gráficamente mediante curvas poblacionales. Existen varios factores que regulan el crecimiento poblacional de los insectos, por lo que en esta investigación, se analizaron los efectos de la temperatura, la humedad relativa, el tipo de grano, presentación física, composición nutricional, factores de interacción y competencia.



## LITERATURA CITADA

- A.A.H.S.A. 1998. Boletín Informativo. Asociación Agrícola Hermosillense, S. A. de C. V. Hermosillo, Sonora México.
- A.N.D.S.A. 1979. Manual de procedimientos de muestreo y análisis de granos y semillas. Almacenes Nacionales de Depósito S. A. México. p. 3-6.
- Cortéz, R. M. 1993. Situación actual sobre la entomología de granos almacenados en el estado de Sonora: Nivel rural. *En: V Simposio Nacional de entomología de granos almacenados: Análisis de la situación nacional.* Josué Leos M. y Mario Cortéz R., Compiladores. p. 3-5.
- Gordon, D. M., and R. K. Steward. 1988. Demographic characteristics of the stored products moth *Cadra cautella*. *J. Animal Ecol.* 57:627-644.
- Hagstrum, D. W., P. W. Flinn, and R. W. Howard. 1996. Ecology. *In: Integrated management of insects in stored products.* B. Subramanyam and D. W. Hagstrum (Ed.). Marcel Dekker, Inc. New York. 91-106 pp.
- I.N.I.F.A.P. 1998. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Día del agricultor 1998. Publicación especial No. 5. p. 8-9.
- Krebs, C. J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2ª Ed. Editorial Harla, México. p. 147-151.
- Price, P. W. 1975. *Insect Ecology.* John Wiley and Son, Inc. New York U.S.A. 119, 170-172 pp.
- Ramírez G. M. 1980. Conferencia inaugural. *En: Memorias del coloquio internacional sobre conservación de semillas y granos almacenados.* Moreno M. E. y Ramírez M. M., Compiladores. p. 30-33.
- Ravinobich, J. E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Compañía Editorial Continental S.A., México, D.F. p. 17-35, 67-72.

- amanyam, B., and Hagstrum D. W. 1996. Ecology. *In: Integrated management of insects in stored products*. B. Subramanyam and D. W. Hagstrum (Ed.). Marcel Dekker, Inc. New York. p. 148 -149.
- arina, M.A. y M. G. Paredes. 1980. Manejo y conservación de semillas agrícolas. *En: Memorias del coloquio internacional sobre conservación de semillas y granos almacenados*. Moreno M. E. y Ramírez M. M., Compiladores. p. 37-39.
- ong, C. F., J. Borboa, y M.O. Cortéz. 1987. Distribución y abundancia de insectos de granos almacenados en el estado de Sonora. Postcosecha. *Memorias del encuentro Latino Americano sobre almacenamiento y conservación de granos básicos*. FAO. CONASUPO. ANDSA. México. p. 323-325.
- Wong, C. F., M. O. Cortéz, y J. Borboa. 1993. Situación actual sobre la entomología de granos almacenados en el estado de Sonora. Nivel comercial. *En: V Simposio Nacional de entomología de granos almacenados. Análisis de la situación nacional*. Leos M. J. y Cortéz R. M., Compiladores. p. 6-8.

## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS

---

---

Contenido:	Página
Objetivos generales.....	13
Objetivos específicos.....	13
Hipótesis de investigación.....	14

## OBJETIVOS

### Objetivos generales

1. Estudiar el crecimiento poblacional de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, desarrollados en trigo bajo condiciones controladas de laboratorio.
2. Evaluar el crecimiento poblacional de *Rhyzopertha dominica* (F.) y *Tribolium castaneum* (H.), durante su desarrollo en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo.
3. Estudiar la interacción interespecífica de las poblaciones de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, durante su desarrollo en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo.
4. Estimar de la abundancia poblacional de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum* durante la maduración y secado del cultivo de trigo en el campo.

### Objetivos específicos

- 1.1 Estudiar el ciclo de vida de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, en granos y harinas de cuatro variedades y cuatro grupos de trigo, estimando, por especie de insecto, curvas poblacionales por etapa de desarrollo.
- 1.2 Determinar las características físicas (dureza, tamaño y color) y químicas (almidón y proteína) en variedades y grupos de trigo; correlacionando éstas características con los parámetros de evaluación, en el estudio del ciclo de vida de ambas especies de insectos.
- 2.1 Comparar el crecimiento individual de las poblaciones de *R. dominica* y *T. castaneum* en granos de trigo almacenado a la intemperie, en silo y en bodega; estimando la tasa neta de reproducción o de reemplazo para cada especie de insecto. Elaborar curvas poblacionales parciales como

índices de comparación de la abundancia poblacional relativa de cada especie de insecto en su estado adulto.

- 3.1 Estudiar la interacción entre las poblaciones de *R. dominica* y *T. castaneum*, en grano de trigo almacenado a la intemperie, en silo y en bodega. Comparando la producción final de insectos adultos y la tasa neta de reproducción obtenida para cada especie desarrollada en grano bajo las mismas condiciones de almacenamiento.
  
- 4.1 Estudiar la abundancia poblacional relativa de *R. dominica* y *T. castaneum* durante la maduración y secado del grano de trigo en el campo, en dos regiones agrícolas del Estado de Sonora. Utilizando cuatro métodos de muestreo por parcela experimental.

### **HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

- Las propiedades poblacionales de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum* son influenciadas por algunas características físicas y químicas de los granos de trigo, el sistema de almacenamiento y las condiciones ambientales.
  
- *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, pueden iniciar su reproducción durante la precosecha de trigo y ser trasladados desde el campo al almacén en los estados de huevecillo y adulto.

## CAPÍTULO III

### REVISIÓN DE LITERATURA

---

---

Contenido:	Página
Principales especies de insectos en granos almacenados.....	17
<i>Rhyzopertha dominica</i> (F.).....	18
Identificación morfológica.....	18
Ciclo Biológico y comportamiento.....	18
Condiciones de desarrollo en almacenes.....	19
Condiciones de desarrollo en el campo.....	19
<i>Tribolium castaneum</i> (H.).....	20
Identificación morfológica.....	20
Ciclo Biológico y comportamiento.....	21
Características de desarrollo en almacenes.....	22
Características de desarrollo en el campo.....	22
Factores que regulan la distribución y abundancia de insectos.....	22
Temperatura, humedad y alimento.....	22
Principales factores que afectan la calidad del trigo almacenado.....	25
Factores abióticos.....	25
Temperatura.....	25
Humedad.....	26
Factores bióticos.....	27
Insectos de almacén.....	27
Hongos de almacén.....	28
Análisis de las fuentes de resistencia al ataque de insectos en granos	

almacenados.....	29
Métodos de muestreo en trigo para estudios entomológicos.....	30
Muestreo en almacenes.....	30
Muestreo en campo.....	32
Consideraciones importantes para un sistema de muestreo en trigo almacenado.....	33
Número de muestras.....	34
Variedades comerciales de trigo.....	35
Clasificación de variedades.....	37
Literatura Citada.....	38

## Principales especies de insectos en granos almacenados

En el estado de Sonora se almacena una alta producción de trigo, la cual es infestada durante su almacenamiento por diferentes especies de insectos que dañan su calidad física y nutricional. En los últimos años se ha intensificado la investigación sobre la identificación, manejo y control de insectos en granos almacenados, principalmente trigo, ya que es el cereal que ocupa el primer lugar en volumen de almacenamiento. Wong et al, (1996), reportaron la presencia de insectos en diferentes productos almacenados en las comunidades rurales de Sonora, siendo el barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) y el gorgojo rojo de la harina *Tribolium castaneum* (H.), los insectos más comunes. Su abundancia fue mayor en trigo almacenado a la intemperie y menor en silos semihundidos y metálicos. La diversidad de insectos fue muy alta debido en parte al clima cálido y seco; la incidencia más alta de plagas fue en la región del sur del estado de Sonora (Tabla 1).

Tabla 1. Principales especies de insectos encontrados en almacenes comerciales de granos en el Estado de Sonora.

Especies de insectos	Familia	Granos	Distribución (Ciudades)
<i>Rhyzopertha dominica</i>	Bostrichidae	T, M, S, C,A, G	H,N, O, V, G, HE, C, A, S, SL
<i>Sitophilus oryzae</i>	Curculionidae	T, C,A	H, N, O, V, G, C,SL
<i>Trogoderma spp.</i>	Dermeestidae	T	HE
<i>Plodia interpunctella</i>	Pyralidae	T, AJ	N, O, HE
<i>Tribolium castaneum</i>	Tenebrionidae	T, M,S, A, C, F,	H, N, O, V, G, HE, C, A, S, SL
<i>Tribolium confusum</i>	Tenebrionidae	T, M, C, A, AJ	H, N, O, V, G, HE, C, SL
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Cucujidae	T, M, C, A	H, N, O, V, G, C, HE
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Cucujidae	T, M, S,C, A	H, N, O, V, G, HE, C, A, S, SL
<i>Latheticus oryzae</i>	Tenebrionidae	T, M, S, C, A, G	H, N, O, V, G, HE, C, A, SL
<i>Palorus subdepressus</i>	Tenebrionidae	T, M	N, HE, SL
<i>Lasioderma serricorne</i>	Anobiidae	T, M, F	O, HE
<i>Ephestia spp.</i>	Pyralidae	T, S	G, H

Granos: T(trigo), M(maíz), S(Sorgo), C(Cebada), A(Arroz), F(Frijol), G(Garbanzo), AJ (Ajonjolí).

Ciudades: H (Huatabampo), N (Navojoa), O (Cd. Obregón), V (Vicam), G (Guaymas), HE (Hermosillo), C (Caborca), A (Altar), S (Sonoita), SL (San Luis Río Colorado).

Fuente: Wong et al. 1992.



Orden: Coleoptera  
Familia: Bostrichidae  
*Rhyzopertha dominica* (Fabricius)  
Nombre común: Barrenador menor de los granos

### *Identificación morfológica*

Los adultos son de 2-3 mm de largo y de forma típica de los Bostríquidos, los cuales tienen su cabeza a desnivel y retraída hacia abajo. El pronoto es redondeado en el frente donde existe una fila transversal de dientes, presenta centralmente y posteriormente tubérculos aplanados. Entre el pronoto y los élitros está el escutelo, el cual es casi cuadrado. Los élitros tienen hileras regulares de puntuaciones (ojuelos) y setas cortas curvadas posteriormente, apicalmente son ligeramente convexas algo aplanados y no presentan otras ornamentaciones.

Las antenas tienen 10 segmentos y los últimos tres segmentos tienen forma de maza. Las larvas son blancas con sus costados paralelos y no terminan en punta, la cabeza es pequeña respecto a la medida del cuerpo. El primer estadio de la larva es distinto, teniendo una espina media posterior.

### *Ciclo Biológico y Comportamiento*

Adultos y larvas son capaces de perforar y alimentarse de un rango amplio de productos alimenticios almacenados. Son especialmente importantes como una plaga de granos enteros, incluyendo granos de arroz rugoso los cuales son resistentes al ataque de muchas plagas de almacén. Por la preferencia de las hembras a ovipositar sus huevecillos en cavidades o en superficies rugosas de los granos, al emerger las larvas pueden utilizar pequeños defectos de la cáscara para iniciar perforaciones y penetrarlo. En granos sanos los adultos frecuentemente atacan el germen. Además de cereales enteros (trigo, arroz, maíz, principalmente) *R. dominica* puede desarrollarse en arroz molido y harinas de cereales pero no en arroz altamente pulido. Los granos de leguminosas también pueden ser una dieta adecuada; sin embargo no desarrollará en

lenteja o frijol soya.

Han sido reportadas pequeñas poblaciones de *R. dominica* en cereales en el campo, pero la infestación es mayor en postcosecha. Se ha encontrado que los productos dañados por *R. dominica* raramente producen mohosidad, por esta razón es considerada una especie que no incrementa el contenido de humedad en los granos. Los individuos adultos son longevos. Las hembras ponen sus huevecillos en la superficie del grano de cereales o entre los granos, la larva sale del huevo y penetra hasta el interior del grano del cual se alimenta. Cuando la larva ha llegado a su total crecimiento, pasa a la fase de pupa dentro del grano (Halstead, 1986).

#### *Condiciones de desarrollo en almacenes*

El desarrollo de las larvas ocurre más rápidamente en grano entero que en harinas. En una dieta de trigo entero en temperatura óptima de 34 °C y 70 % de humedad relativa, las larvas sufren de 3 a 5 mudas y desarrollan el estado de pupa en 17 días. *R. dominica* es capaz de desarrollarse en alimentos con muy bajo contenido de humedad. A 34 °C su desarrollo es posible en granos con contenido de humedad de 9 %, abajo de éstas condiciones un 98 % de las larvas mueren en su mayoría en el primer estadio. La temperatura mínima para desarrollarse, depende parcialmente del contenido de humedad de los alimentos, siendo 18 °C con 11-14 % de humedad. La temperatura máxima de crecimiento ha sido reportada a 38.2 °C. El estado de pupa a 34 °C y 70 % de humedad relativa tarda aproximadamente 3 días. Los adultos hembras o machos bajo condiciones favorables (27 °C y 70 % de humedad relativa) pueden continuar como adultos más de 4 meses. No existe un número definido en oviposición de huevecillos, la oviposición promedio a 25 °C es de 244 por hembra aumentando hasta 418 a 34 °C (Thomsom, 1966).

#### *Condiciones de desarrollo en el campo*

Se considera que la etapa de secado de trigo en el campo, es la más propicia para la incidencia de adultos de *R. dominica* (T.D.R.I., 1984). Algunas referencias bibliográficas

mencionan la presencia de *R. dominica* en los cultivos de cereales, pero no determinan las hospederas o las condiciones de desarrollo en las diferentes fases de crecimiento del insecto. Se conoce que los almacenes comerciales y rurales de cereales, son una fuente potencial de infestación de insectos adultos de *R. dominica* para los cultivos de cereales cercanos a ellos.

Orden: Coleoptera

Familia: Tenebrionidae

*Tribolium castaneum* (Herbst)

Nombre común: Escarabajo castaño de la harina

De los tenebrionidos asociados con productos almacenados muy pocos están bien adaptados a las características de ambiente seco de productos alimenticios almacenados, por ejemplo *Tribolium castaneum* (Herbst) y *Latheticus oryzae* Waterhouse permanecen indistintamente en cualquier alimento. *Tribolium castaneum* en particular es capaz de vivir en un amplio rango de alimentos y en detritus de vegetales y animales. Puede también comportarse en algunas ocasiones como un depredador de otros insectos. Regularmente *T. castaneum* puede sobrevivir en cereales secos molidos y en alimentos secos para animales. En este tipo de alimentos *T. castaneum* no se multiplica rápidamente, aunque éstos se encuentren en buen estado.

La infestación por insectos de la familia Tenebrionidae induce un persistente olor desagradable en los alimentos, esto puede ser debido a la secreción de benzoquinonas por un par de glándulas abdominales.

#### *Identificación morfológica*

Los adultos tienen típicamente la forma alargada y aplanada de los tenebrionidos, con una longitud de 3-4 mm y un color café rojizo. Las antenas presentan los tres segmentos terminales en forma de maza, los ojos están parcialmente divididos por un borde lateral (conocido como genal canthus) de la cabeza que corre hacia atrás de la misma y en su punto más angosto tiene de tres a

cuatro facetas. Los machos presentan vellosidades en la superficie ventral del fémur anterior y son ausentes en las hembras. Las larvas son de forma alargada, color amarillento y poseen dos fuertes proyecciones curvas (urogomphi) en el noveno segmento del abdomen.

### *Ciclo biológico y comportamiento*

La larva y adulto se alimentan en un rango amplio de productos no perecederos y son una plaga secundaria de cereales, alimentándose preferentemente por los embriones. Cacahuates, nueces, café, cocoa, frutas secas, chícharos y frijoles, ocasionalmente pueden ser dañados.

El canibalismo y la depredación juegan un papel importante en la nutrición de *T. castaneum*. Los huevecillos y pupas son comidos por los adultos, los machos muestran preferencia por la pupa y las hembras por los huevecillos. Adultos y larvas son capaces de atacar a todos los estados de desarrollo de la palomilla *Plodia interpunctella*, *Ephestia cautella* y *Corcyra cephalonica*. Además se alimentan de huevecillos, larvas jóvenes y pupas de *Oryzaephilus surinamensis*.

Las hembras pueden copular en poco tiempo y subsecuentemente poner los huevecillos en los alimentos. El número de huevecillos depositados depende de la temperatura, en un período de dos meses a 25 °C depositan en promedio 2.8 huevecillos por día y a una temperatura de 32.5 °C el número se eleva a 11 huevecillos por día. Bajo condiciones óptimas (35 °C y 75 % de humedad relativa) la larva emerge de los huevecillos aproximadamente a 2.7 días después de la oviposición, con una excelente proporción de nuevos individuos del 92 %. En una dieta de trigo mudan de 7-8 veces. Requieren aproximadamente de 12.9 días para alcanzar el estado pupal, el cual dura alrededor de 4.5 días. Bajo óptimas condiciones de desarrollo pasa de huevecillo a adulto en solamente 22 días. Los adultos pueden vivir alrededor de 6 meses (Lecato and Flaherty, 1974).

Es claro que bajo óptimas condiciones, *T. castaneum* tiene un ciclo de vida muy corto,

que contribuye a una alta proporción de incremento poblacional. Tal grado de incremento no puede ser sostenido por largo tiempo y podría ser reducido por los efectos del canibalismo, parasitismo, depredación, limitaciones de espacio y alimento.

#### *Características de desarrollo en almacenes*

*T. castaneum* es una especie colonizadora. Frecuentemente en trigo es la primera plaga que afecta al producto almacenado después de la cosecha. Sucesivamente la dispersión es realizada volando y no es dependiente del movimiento manual del alimento infestado. Al término de la tarde es posible observar a los insectos adultos volando sobre la superficie de los productos infestados. En grandes infestaciones de productos almacenados, se establece un balance entre la salida de una gran cantidad de insectos y su regreso. El largo período de vida y de reproducción de *T. castaneum*, le permite buscar una fuente nueva de alimentos. La colonización de un nuevo ambiente por este insecto, es facilitada por el amplio rango de dietas en que *T. castaneum* puede vivir (Singh et al. 1992).

#### *Características de desarrollo en el campo*

Adultos de *T. castaneum* pueden ser encontrados volando lejos de cualquier centro de almacenamiento. En el campo pueden vivir bajo la corteza de los árboles, posiblemente el hábitat original del grupo *Tribolium* (T.D.R.I., 1984).

### **Factores que regulan la distribución y abundancia de insectos**

#### **Temperatura, humedad y alimento**

El tiempo de desarrollo, la sobrevivencia y la producción de huevecillos dependen de un medio ambiente y alimento adecuados. Las tasas de crecimiento de poblaciones de insectos pueden aumentar como resultado de tiempos de desarrollo más cortos, aumento de insectos sobrevivientes o una producción de huevecillos más elevada.

La temperatura y el contenido de humedad de un producto tienen una influencia mayor en

el tiempo de desarrollo del insecto. La Tabla 2, muestra los efectos de la temperatura en el tiempo de desarrollo total de once especies de insectos (escarabajos) y seis especies de palomillas de productos almacenados. El promedio de los tiempos de desarrollo de las seis especies de palomillas fue más largo, que los de siete especies de gorgojos de vida larga entre 15° y 40 °C. El tiempo de desarrollo de los gorgojos generalmente fue más afectado por la temperatura que por la humedad y el alimento (Hagstrum and Milliken 1988).

Tabla 2 Efecto de la temperatura sobre el tiempo de desarrollo pronosticado de huevo a adulto (en días) de insectos de productos almacenados.

Especies de insectos	Temperatura (°C)								
	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	37.5
<u>Palomillas</u>									
<i>Ephestia kuehniella</i>	-	69.1	56.0	46.5	40.6	39.2	-	-	-
<i>Plodia interpunctella</i>	150.9	99.3	67.3	48.1	37.9	34.9	38.4	49.1	-
<i>Cadra cautella</i>	108.9	76.7	57.1	45.3	38.3	34.4	32.5	31.8	-
<i>Corcyra cephalonica</i>	192.0	92.6	57.6	44.8	39.7	37.4	36.1	35.2	-
<i>Ephestia calidella</i>	94.2	62.7	43.6	32.9	28.2	28.7	34.2	45.8	-
<i>Cadra figulilella</i>	129.2	98.7	76.6	60.9	50.8	45.9	46.5	54.1	-
<u>Gorgojos de vida larga</u>									
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	-	-	53.4	37.0	28.1	23.2	20.6	19.0	18.2
<i>Cryptolestes pusillus</i>	-	-	53.1	45.1	38.5	32.9	28.4	25.1	24.5
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	-	-	48.5	36.4	27.9	22.4	19.8	20.8	27.0
<i>Sitophilus oryzae</i>	-	52.9	43.2	35.9	30.6	27.4	26.7	29.1	36.7
<i>Tribolium castaneum</i>	-	-	-	41.8	32.7	28.4	26.3	23.4	21.7
<i>Tribolium confusum</i>	-	-	56.2	44.6	35.6	28.5	23.0	20.0	34.1
<i>Rhyzopertha dominica</i>	-	-	-	58.8	49.9	42.4	36.1	31.0	-
<u>Gorgojo de vida corta</u>									
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	82.0	60.4	45.4	35.7	30.2	28.9	-	-	-
<i>Callosobruchus maculatus</i>	167.4	72.5	42.0	31.5	27.3	25.3	23.9	22.8	21.9
<i>Lasioderma serricorne</i>		94.8	62.1	43.1	32.9	28.3	27.9	30.7	36.5
<i>Stegobium paniceum</i>	153.5	105.4	73.4	52.9	41.9	41.6	58.4	-	-

Fuente: Hagstrum, 1996.

El alimento consumido por palomillas durante su estado larvario, es utilizado en su vida

adulta para producir huevecillos ya que generalmente no comen en este estado. En contraste, las especies de gorgojos adultos de vida larga deberán alimentarse para producir huevecillos y reproducirse a lo largo de toda su vida.

El crecimiento de la población de insectos es influenciada por la sobrevivencia larvas y adultos. Para *T. castaneum*, el porcentaje de sobrevivencia promedio de huevecillo a adulto es arriba del 80 % entre los 25 y 37.5 °C y decrece rápidamente arriba y abajo de este rango de temperatura. Estudios han mostrado que la mayoría de la mortalidad de larvas de *R. dominica* y *S. oryzae* ocurre en el primer estadio (Birch, 1945; Howe, 1952). La alta mortalidad de larvas jóvenes probablemente debida a la dificultad en la metamorfosis de huevecillo a larva y el inicio de la alimentación larval. La sobrevivencia de adultos es afectada también por la temperatura y la humedad. Debido a que la reproducción puede ocurrir a lo largo de la vida del adulto, la sobrevivencia del adulto afecta la producción total de huevecillos.

El número de huevecillos producidos a lo largo de la vida de una hembra varía con la especie del insecto, la temperatura, la humedad y la dieta. El patrón de producción de huevecillos difiere entre las palomillas y los gorgojos de productos almacenados. Las palomillas acumulan nutrientes para la producción de huevecillos y tan pronto como emergen, las palomillas adultas producen un gran número de huevecillos y mueren al poco tiempo. En contraste, algunos gorgojos adultos viven mucho más que las palomillas adultas y producen huevecillos por varios meses.

El tiempo de desarrollo, la sobrevivencia y la producción de huevecillos así como el crecimiento poblacional, son afectados por la temperatura y la humedad. Por lo tanto, la reducción de las condiciones óptimas del medio ambiente en el cual se reproducen los insectos, puede ser importante en el establecimiento de un programa de manejo de plagas. El tiempo de desarrollo, la sobrevivencia y la producción de huevecillos de los insectos varía con la diversidad

de productos y subproductos de los cuales se alimenta, como se ha mostrado para trigo (Baker et al. 1991; McGaughey et al. 1990).

### **Principales factores que afectan la calidad del trigo almacenado**

Un almacén de granos debe de considerarse como un sistema ecológico en el cual el deterioro es el resultado de la interacción de factores abióticos (factores físicos y químicos) y bióticos (factores biológicos). Los factores abióticos más importantes son la temperatura, humedad, oxígeno disponible y localización geográfica. Dentro de los factores abióticos se encuentran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los granos, incluyendo a los insectos, microorganismos, ácaros, roedores y pájaros (Sinha, 1973). Los granos y semillas de alta calidad, son los que poseen excelentes características genéticas, físicas, fisiológicas y sanitarias. Estas características son obtenidas durante el desarrollo del cultivo, la longevidad de la semilla es *principalmente determinada por el genotipo, condiciones ambientales, biológicas y de manejo* durante la formación de la semilla, cosecha, acondicionamiento y almacenamiento. La conservación adecuada de los granos y semillas en cualquier lugar del mundo depende esencialmente de la ecología de la región, tipo de almacén, condición del grano por almacenar y de la duración del almacenamiento (Moreno et al. 1994).

### **Factores abióticos**

En cereales, al igual que para otros granos, los factores físicos tienen gran influencia sobre su conservación. La temperatura y humedad son de reconocida importancia durante el almacenamiento, manejo y conservación de granos, debido a la forma tan directa y trascendental en que ejercen su influencia.

#### *Temperatura*

Una vez producida una zona de calor en la masa de grano, el calor se transmitirá muy



lentamente hacia las zonas frías. Esto se explica por la baja conductividad térmica que los granos poseen. Generalmente los cereales se almacenan en grandes volúmenes y dada su característica de baja conductividad térmica, cualquier elevación anormal de la temperatura puede ocasionar daños a los granos. En almacenamientos a granel las áreas calientes pueden formarse como resultado del alto contenido de humedad del grano, en estas condiciones se propicia un incremento del metabolismo de insectos, hongos y bacterias. La respiración y producción de calor del grano, combinada con la presencia de insectos y microorganismos, producen en conjunto una elevación de la temperatura afectando el volumen total del grano. Bajo estas condiciones la muerte y descomposición del grano se produce con cierta aceleración (Barnés y Quintana, 1958).

En el gluten del grano de trigo, se produce un marcado efecto cuando es almacenado a temperaturas altas como de 50 °C. En general, temperaturas más bajas aún las consideradas altas para otros cereales, no representan problemas serios en el caso del trigo (Ramírez, 1987). Las temperaturas iniciales del grano almacenado son establecidas por la temperatura del grano recién cosechado ya que, si éstas son elevadas, puede presentarse una rápida deterioración, por lo que es aconsejable determinarla antes de llevar el grano al almacén. Si el grano se encuentra limpio y seco cuando es llevado al almacenamiento, existe poca probabilidad de infestación por insectos si la temperatura es baja (Brooker et al. 1978).

### *Humedad*

La experimentación ha demostrado que la humedad en el grano almacenado se incrementa con rapidez cuando la humedad relativa del aire es superior al 75 %. En climas secos la humedad relativa raramente alcanza este límite, por lo que su efecto en el contenido de humedad de los granos es reducido. Cuando el contenido de humedad del grano se incrementa, los organismos presentes aceleran su metabolismo, la temperatura también se incrementa; entonces, insectos,

hongos y bacterias presentes dentro y fuera de él se desarrollan rápidamente porque las condiciones les son favorables. Es esencial que se utilicen todas las medidas necesarias para mantener bajo el contenido de humedad de los granos y asegurar así su conservación en el almacén (Coleman and Fellows, 1955).

### **Factores bióticos**

Los competidores del hombre por los granos son conocidos como plagas, las cuales pueden causar pérdidas considerables en los granos, tanto en el campo como en el almacén. Estas plagas son: roedores, pájaros, insectos y microorganismos. Los roedores, principalmente ratas y ratones además de causar daños físicos al grano, contaminan con sus orinas, pelo y excretas. Las aves causan problemas en almacenes de granos debido a que consumen grano, lo contaminan, portan insectos y además rompen empaques. Según algunos autores el principal problema de pérdidas en granos almacenados es provocado por los insectos. Se ha estimado que el 5-10 % de las pérdidas en cereales, a nivel mundial son causados por estos organismos.

#### *Insectos de almacén*

Los insectos causan dos tipos de daños a los granos de almacén. Uno de ellos consiste en la destrucción y el consumo de granos por insectos adultos y estadios larvarios, además de la contaminación que ocasionan con sus excrementos y cuerpos muertos. El otro tipo de daño es el deterioro del producto por la condición anormal del grano y por los metabolismos de los insectos que lo infestan. Ambos tipos de daños desmeritan considerablemente su calidad alimenticia, el valor económico y el poder germinativo de semillas. Los insectos se presentan en granos almacenados cuando las condiciones microclimáticas de temperatura, humedad y aire son adecuadas (Ramírez, 1982; Ramírez, 1987).

Los insectos que atacan a los granos almacenados pueden clasificarse como primarios y secundarios desde el punto de vista del daño físico que causen a los granos. Los insectos

primarios incluyen a todos aquellos que son capaces de romper la semilla para llegar al endospermo, del cuál se alimentan. Dentro de estos se encuentra el gorgojo barrenador menor de los granos (*Rhyzopertha dominica*). Este grupo es el que mayor daño causa en granos almacenados ya que sus actividades destructivas facilitan la existencia de insectos secundarios, los cuáles no son capaces de iniciar un ataque rompiendo el grano y se alimentan de residuos de granos y granos quebrados. El gorgojo rojo de la harina (*Tribolium castaneum*) es el principal insecto secundario en granos de trigo (Ramírez, 1980).

### *Hongos de almacén*

Los hongos que se consideran "de almacén" son aquellos que pueden crecer bajo las condiciones en que normalmente se almacenan los granos y en las materias primas que se utilizan en la elaboración de alimentos para el hombre y animales domésticos. Siendo éstos principalmente especies de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. Muchos autores han establecido que los hongos de almacén no invaden a los granos de manera seria antes de la cosecha, los elementos que contribuyen al deterioro de granos por hongos son la edad del grano, su germinabilidad, daño mecánico (grano quebrados) y su limpieza general.

Las pérdidas en calidad de granos alimenticios y subproductos, han sido medidas en términos de atributos sensoriales, contenido de micotoxinas, valor nutritivo o biológico y disminución de los constituyentes nutricionales (Sánchez, 1994). Las pérdidas físicas son medidas generalmente en términos de pérdida de peso; sin embargo, el daño causado por organismos biológicos mediante la contaminación y descomposición, puede ser mucho mayor que el daño físico de los granos (Morales, 1996)

La acción o efectos combinados de humedad y temperatura son responsables de la iniciación de actividades enzimáticas y de la biodegradación del grano. Los insectos aparte de los daños físicos traen cambios bioquímicos subsecuentes siendo la pérdida de carbohidratos,

proteínas, grasas y vitaminas resultado de las actividades de estas plagas. El trigo puede ser dañado antes de la cosecha por microorganismos, lo cual afecta su calidad cuando el trigo está maduro. El clima húmedo puede causar pudrición en algunos granos reduciendo su rendimiento de harina y ésta a la vez presenta una alta actividad de las enzimas  $\alpha$ -amilasa y proteasas (Pomeranz, 1988).

El cambio químico durante las primeras etapas de deterioro del grano almacenado, es el rompimiento de las grasas por las lipasas con la liberación de ácidos grasos; dichas enzimas para poder actuar en el trigo necesitan del 25-30 % de humedad (Christensen and Kaufmann, 1976). El trigo sano tiene valores de acidez de grasa de alrededor de 20 mg de KOH requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 gr de muestra, en cambio, el trigo que se ha deteriorado como resultado del crecimiento de hongos, por alta actividad respiratoria o calentamiento espontáneo, tiene altos valores de acidez en grasa que, en caso extremo, puede exceder de 100 mg de KOH (Baker et al. 1959; García et al. 1997).

En la agricultura se requiere alta germinación en las semillas; en cambio en granos utilizados para la producción de harina, almidón y otros productos, generalmente la germinación es de poco valor y no entra en la clasificación comercial. La germinación se ve afectada por diversos factores como son las condiciones climáticas durante la madurez del grano en el campo, el daño mecánico en la cosecha y el daño causado por hongos (SARH-SNICS, 1976).

### **Análisis de las fuentes de resistencia al ataque de insectos en granos almacenados**

*En casos de resistencia, es fundamental analizar tanto factores físicos como químicos, por lo que, la fusión del pericarpio y la testa en el caso particular del maíz, aparentemente podrían jugar un papel importante como un carácter que habría que considerar en un programa de resistencia; sin embargo, esta característica no es lo suficientemente efectiva como para evitar el*

daño. Por otra parte los mecanismos de resistencia pueden estar asociados con las características físicas, químicas o nutricionales del endospermo. Es bien sabido que los granos duros de maíz son más resistentes que los suaves. Sin embargo, esta regla no es siempre verdadera y es probable que otros factores puedan ser de igual o mayor importancia. Del mismo modo que hay una gran variación de las características físicas, es posible que las características químicas y nutricionales del endospermo también varíen. Los factores importantes que afectan el desarrollo de insectos en granos almacenados son temperatura, humedad atmosférica, contenido de humedad del grano, composición y valor nutritivo. Condiciones de temperaturas entre 29 - 32 ° C y humedad relativa entre 60 - 80 % conducen a la multiplicación de insectos. Con altos niveles de humedad relativa el grano recoge humedad rápidamente, lo cual también favorece la actividad del insecto en el grano (Dobie, 1974).

Ciertos insectos atacan selectivamente el germen de los granos, el cual es la parte más nutritiva del grano. La infestación de insectos también tiende a acelerar cambios químicos indeseables en el grano entero. Alonso de la Florida (1980), señaló que la búsqueda de materiales que sean resistentes en condiciones de almacén todavía no tienen un valor completamente reconocido; sin embargo, los nuevos apoyos para el éxito de esta práctica son las investigaciones sobre sustancias que pueden modificar el desarrollo larvario, tales como toxinas específicas o enzimas inhibitorias del desarrollo, así como sustancias que afecten la conducta de los insectos adultos, como son la ovipostura y los estimulantes de la alimentación.

## **Métodos de muestreo para estudios entomológicos en trigo**

### **Muestreos en almacenes**

En el almacenamiento comercial de trigo es fundamental conocer la condición del grano a lo largo de todo el sistema de postcosecha. La selección de un sistema de muestreo para la detección de insectos en trigo almacenado dependerá; del tipo de almacén, si tiene posibilidad de

mover el grano (bodega mecanizada), si es bodega para almacenamiento a granel no mecanizada, si el grano se encuentra encostado y en algunas ocasiones sobre la base del tiempo de almacenamiento (Arias 1980).

En la recepción de trigo, es necesario hacer una inspección del grano antes de su almacenamiento, para lo cual se utilizan muestreadores manuales tipo bayoneta o de alvéolos, además se utilizan muestreadores de sonda mecánica. En graneles de trigo sin flujo, los muestreos se realizan ya sea con muestreadores manuales tipo bayoneta o de alvéolos, así como los muestreadores de profundidad tipo bala. Entre los muestreadores mecánicos para trigo a granel, el cual se encuentra en flujo se utilizan; el tipo “Desviador” y tipo “Woodside”, asimismo es posible utilizar los muestreadores manuales tipo “Pelícano” y tipo “Taza Ellis”. Para grano encostado se recomiendan los caladores manuales y un muestreador tipo bayoneta o de alvéolos de pequeñas dimensiones.

Las trampas con feromonas, se utilizan en la detección de insectos en el interior y exterior de almacenes comerciales de trigo, las cuales han demostrado su efectividad como complemento de los métodos tradicionales de muestreo. En trigo almacenado se han utilizado efectivamente los siguientes tipos de trampas:

- a) *Trampas de inserción*. Para atrapar insectos que se mueven en el interior de los graneles o en grano encostado.
- b) *Trampas de superficie*. Para atrapar insectos que caminan sobre el granel de trigo o sobre costales.
- c) *Trampas aéreas*. Para la captura de insectos que se encuentran volando en el espacio libre del almacén.

En la captura de insectos se selecciona la feromona específica (atrayente sexual o de agregación) y el tipo de liberador deseado (cápsulas de poliestireno, tapones de hule, láminas

plásticas y discos cubiertos con membranas). Las feromonas se definen como sustancias químicas que los insectos (y otros animales) secretan y liberan como parte del proceso de comunicación entre individuos de la misma especie. Las trampas con feromonas sirven para encontrar poblaciones muy bajas de insectos (detección) y para estimar su densidad poblacional a través del tiempo (dinámica poblacional) y del espacio (distribución). La información que generan las trampas con feromonas, puede tomarse como base para aplicar medidas de control cuando la presencia, ubicación o densidad poblacional del insecto lo ameritan. Si se detecta una población de insectos, se intensifica el trapeo y se aplican medidas de control integrado, incluyendo tratamientos químicos. Para la captura de *R. dominica* se utiliza la feromona dominicalure I y II.

Se deben mantener registros del número de insectos capturados en cada trampa. De éstos se obtienen datos para realizar gráficas que sirven para interpretar mejor las capturas. Mientras no se capturen insectos se considera que el área no está infestada. Uno o varios insectos en una trampa indican la presencia de una infestación incipiente o accidental. Si la captura es leve pero continua, la infestación se ha establecido. Capturas de 10 a 30 insectos por trampa indican altas infestaciones (Leos, 1992).

### **Muestreos en campo**

Al igual que en los sistemas de almacenamiento para granos, en los campos de trigo también es necesario efectuar muestreos para detectar la presencia de insectos clasificados como de “almacén”, debido a que éstos pueden ser trasladados desde el campo al interior del almacén.

Dentro de los métodos de muestreo utilizados en el cultivo de trigo, se encuentran:

#### 1. Muestreos en la etapa de maduración y secado del grano en espigas

- a) Muestreos con red entomológica de golpeo.
- b) Muestreos con trampas aéreas con feromonas.

c) Muestreo con recolección de espigas.

2. Muestreos de inspección en plantas silvestres (hospederas) y almacenes rurales.

a) Muestreos con red entomológica de golpeo.

b) Muestreos con trampas aéreas con feromonas.

La red entomológica se utiliza durante el secado del trigo en el campo, realizando cuando menos 100 “golpes” o redeos en forma diagonal cruzada (total 200 redeos), por parcela de 5 ha. Las muestras de insectos recolectados se introducen en bolsas de plástico y se marcan con etiquetas, posteriormente se trasladan a un laboratorio entomológico para su identificación.

Las trampas aéreas con feromonas se establecen en lugares previamente seleccionados, se recomienda colocarlas en los extremos y en el centro de las parcelas de trigo, así como lugares cercanos a los centros de recepción y almacenes rurales, los cuales son potencialmente reproductores de insectos. Los insectos capturados pueden ser identificados diariamente y retirados, para que la trampa no se llene demasiado de insectos y no afecte su captura. Normalmente la trampa tiene una vida útil de 50 a 60 días dependiendo de las condiciones ambientales. La feromona es más efectiva durante su primer mes de colocación. Razón por la cual se deberán cambiar los liberadores periódicamente sobre la base del tiempo de muestreo.

La recolección de espigas se realiza en la etapa de secado del trigo, cortando 100 espigas en forma diagonal cruzada por cada parcela de 5 ha., las espigas se introducen en bolsas y se trasladan al laboratorio. Se contabiliza y registra el número de insectos adultos, larvas, pupas y huevecillos encontrados.

### **Consideraciones importantes para un sistema de muestreo en trigo almacenado**

Debe intentarse hacer un muestreo representativo considerando: 1) seleccionar una técnica de muestreo adecuada, 2) realizar una correcta homogeneización de las submuestras y división de



la muestra a un tamaño adecuado para el análisis y 3) preservar adecuadamente las muestras obtenidas hasta que se termine el análisis. Antes de implementar un sistema de muestreo para insectos de almacén, es necesario familiarizarse con el ciclo de vida y hábitos de las especies que se van a monitorear. Es básico que el muestreo sea aleatorio y que el número de muestras sea de tal magnitud que pueda garantizar probabilísticamente, que el valor encontrado es correcto dentro de ciertos límites. Se debe seleccionar una muestra aleatoria utilizando el método de sorteo o el uso de una tabla de números aleatorios. Una vez seleccionado el sistema de muestreo, es necesario establecer el método de muestreo, entre los cuales se encuentran: Muestreo aleatorio simple, muestreo aleatorio estratificado, muestreos de grupos, muestreo sistemático.

El número de muestras que se tomarán dependerá del tipo de almacén, y el volumen de grano que se desee muestrear. Existen normas estandarizadas que establecen dentro de ciertos rangos de peso (toneladas), el número de muestras y la cantidad de muestra a tomar por punto, principalmente se utilizan para camiones de transporte.

#### *Número de muestras*

Para determinar el tamaño de muestra ( $n$ ) en estudios sobre insectos que tienen una dispersión no agregada, se utiliza la siguiente ecuación:  $n = t^2 \times s^2 / d^2$

Donde  $d$  es la mitad del ancho del intervalo de confianza denominado precisión,  $t$  es el valor tabulado para el nivel de confianza deseado y con los grados de libertad del número de muestras, y  $s^2$  es la varianza. Para determinar el tamaño de la muestra ( $n$ ), se fija el nivel de confianza (por ejemplo: 95 % y la precisión ya sea 5 o 10 % del valor de la media) deseados, con ellos se obtiene  $t$  (aproximado a un valor de 2.0 para más de 10 muestras) y  $d$  (multiplicando la precisión expresada como una decimal, por ejemplo: 0.05 o 0.1 por el valor de la media obtenida de una muestra piloto). Luego se toma una muestra inicial piloto (por ejemplo: 25 o 50 datos) a la que se

le computa la varianza y la media para sacar el valor de la precisión. Los valores se substituyen en la ecuación y se obtiene el valor de n. Se toman las muestras adicionales si la n es mayor que la muestra piloto y se computa la media que estará a una distancia d de la media real ( $\mu$ ).

En insectos lo más frecuente es encontrar que las poblaciones tienen una distribución de tipo agregado o contagioso. Gerard y Berthet (1971) establecieron el método por el cual es posible decidir el número y tamaño de unidades muestrales a tomar para estimar la densidad de una población animal. Estos autores demostraron que cuando una población tiene una disposición espacial de acuerdo a una distribución binomial negativa, la relación entre el número de unidades muestrales, el área de cada una de dichas unidades, la varianza y la media está dada por:  $n = [x^2 (1/\bar{x} + A/k)]/s^2A$ , donde  $k = x^2/(s^2 - \bar{x})$ , siendo  $s^2$  y  $\bar{x}$ , la estimación de la varianza y la media de la población, respectivamente, A es el área de cada unidad muestral, y k el parámetro de apiñamiento de la distribución binomial negativa.

Hagstrum (1991), propuso una metodología (Tabla 3) para definir cuantas muestras de grano tomar y detectar al menos un insecto. El número de muestras a tomar se relaciona con la densidad de insectos presentes por kilogramo. Este cuadro tiene aplicación para las especies de insectos más comunes en diversas situaciones. En la Tabla 3 se aprecia que mientras más insectos existan en el grano, menos muestras se necesitan para llegar a hacer una detección y que mientras más muestras se tomen, la probabilidad de detección aumenta. Por ejemplo, si se toman 5 muestras de 1 kg y la densidad poblacional de insectos es de 0,2/kg, la probabilidad de detección es de 64%; pero si la densidad es de 2.0/kg, la probabilidad de detección es de 99 % (Leos, 1992).

### **Variedades comerciales de trigo**

El trigo (*Triticum aestivum*) es el principal cultivo de invierno en el noroeste de México, debido a la superficie dedicada para su siembra en los estados de Sonora, Sinaloa, Baja California

Tabla 3. Probabilidad de detección (calculada al nivel de 95 %) de insectos en grano almacenado, con relación al número de muestras y a la densidad poblacional de insectos.

Muestras de 1 kg en $\pm$ 60 ton	Promedio de insectos por kilogramo de grano					
	0.02	0.06	0.2	0.6	2.0	6.0
1	0.02*	0.06	0.19	0.43	0.76	0.95
2	0.04	0.12	0.34	0.67	0.94	1.00
5	0.10	0.28	0.64	0.94	0.99	1.00
10	0.19	0.48	0.87	1.00	1.00	1.00
25	0.42	0.80	0.99	1.00	1.00	1.00
100	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

\* Valores de Probabilidad.

Fuente: Hagstrum, 1991.

y Baja California Sur. La investigación en trigo en los centros de investigación continúa bajo los lineamientos que exigen los tiempos actuales, como son el desarrollo de variedades de alto potencial de rendimiento, alta calidad industrial con resistencia a enfermedades de campo como son las royas y el carbón parcial. Bajo el contexto actual de globalización económica y de libre mercado se presentan nuevos retos para la actividad agropecuaria, en donde la calidad de los productos es el factor determinante en su comercialización. La producción de granos debe de satisfacer los requerimientos de calidad que exige la industria y el consumidor. En el caso del trigo, la industria molinera y de panificación se basan en los estándares de calidad que maneja el mercado internacional.

La mayoría de las variedades de trigo liberadas para su siembra en el noroeste de México, poseen una calidad aceptable para su utilización en la industria harinera, pero sin duda sus características se modifican con las condiciones agronómicas de desarrollo del cultivo y manejo en el almacén. El contenido de proteína está estrechamente relacionado con los niveles de

rendimiento, entre mayor es el rendimiento, menor es el nivel de proteína en el grano. Con los niveles de rendimiento que se obtienen en las regiones agrícolas del estado de Sonora, difícilmente se obtienen los niveles de proteína requeridos para buena calidad, normalmente pueden tener entre 9% - 11%. El contenido de proteína en el grano se puede mejorar aplicando dosis extras de fertilizante en la etapa de embuche y floración. En el caso de los trigos harineros, estos ofrecen la ventaja que tienen la comercialización asegurada en el mercado doméstico, pero tienen la desventaja que son más susceptibles enfermedades como roya y carbón. Los trigos cristalinos tienen dificultad para su comercialización en el país, pero se pueden colocar en el mercado internacional, además son más resistentes a enfermedades como roya y carbón parcial (INIFAP, 1998; INIFAP, 1993).

### **Clasificación de variedades**

La clasificación de variedades de trigo se realiza en laboratorio, mediante la obtención de los siguientes parámetros: Contenido de proteína (%), fuerza del gluten (valor W), relación tenacidad y extensibilidad (P/G). Los datos obtenidos se relacionan en la tabla de clasificación para trigos comerciales en la industria harinera (Tabla 4). De acuerdo a esta clasificación se coloca enseguida del nombre de la variedad, la letra inicial y mayúscula seguido del año de su liberación como variedad comercial. Ejemplo variedad de trigo Oasis F 86, Oasis es el nombre genérico que se le da de acuerdo a la región y centro de investigación que la libera. F significa gluten fuerte, 86 año en que fue liberada. El número entre paréntesis enseguida del tipo de gluten, indica la clasificación comercial por grupos que se usa a nivel de almacenes y molinos harineros. De manera general se relaciona con la dureza relativa de los granos, la cual aumenta de acuerdo con el número del grupo. Dentro de cada grupo se incluirán las variedades de trigo con características comunes.

Tabla 4. Parámetros de calidad para la clasificación de trigos comerciales en la industria harinera.

Parámetro	*Fuertes (1)	Medios (2)	Suaves (3)	Tenaz (4)	Cristalinos (5)
W: (alveograma)	300-400	200-300	160-200	160-230	-
P/G <sup>a</sup>	3.5-4.0	4.0-4.5	1.5-3.5	5.5-9.5	-

\* Clasificación del gluten.

<sup>a</sup> Relación tenacidad y extensibilidad.

Fuente: Herrera, 1997.

### LITERATURA CITADA

- Alonso de la Florida, I. 1980. Variedades de trigo y maíz resistentes al ataque de la palomilla dorada de los cereales *Sitotroga cerealella* (Oliver). Folleto informativo, Facultad de Ciencias, UNAM. p. 7-12.
- Arias, V. C. 1980. Almacenes y conservación de productos agrícolas en Almacenes Nacionales de Depósito, S.A. (ANDSA). *En*: Memorias del coloquio internacional sobre conservación de semillas y granos almacenados. Moreno, E. y M. Ramírez (comp.). Instituto de Biología, UNAM. México. p. 8-9.
- Baker, D., M. H. Neustadt, and L. Zenely. 1959. Relationships between fat acidity value and types of damage in grain. *Cereal Chemists*. 36:308-311.
- Baker, J. E., S. M. Woo, J. E. Throne, and P. L. Finney. 1991. Correlation of alpha-amylase inhibitor content in Eastern soft wheats with development parameters of the rice weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Environ. Entomol.* 20:53-55.
- Barnes, D. y R. Quintana. 1958. Manejo del grano dentro del almacén. *Agricultura técnica en*

México. 7:14-15

- Birch, L. C. 1945. The mortality of the immature stages of *Calandra oryzae* L. (small strain) and *Rhyzopertha dominica* Fab. In wheat of different moisture contents. Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 23:141-145.
- Brooker, D. B., F. W. Bakker-Arkema, and C. W. Hall. 1978. Drying Cereal Grains. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. 76-85 pp.
- Coleman, D. A., and H. C. Fellows. 1955. Hygroscopic moisture of cereal grains and flaxseed exposed to different relative humidities. Cereal Chem. 2:275-287.
- Christensen, C. M. y H. H. Kaufmann. 1976. Contaminación por hongos en granos almacenados. Edit. Pax-Méx. 23-34 pp.
- Dobie, P. 1974. The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 10:183-197.
- García, A. G., E. Rosas, M. Tequida, y G. M. Yépez. 1997. Micoflora y micotoxinas en granos almacenados. Notas del curso teórico práctico. Universidad de Sonora. p. 1-4.
- Gerard, G., and P. Berthet. 1971. Sampling strategy in censusing patchy population. *In: Spatial patterns and statistical distributions. Statistical Ecology. The Penn. University press.* 1:56-67.
- Hagstrum, D. W., and G. A. Milliken. 1988. Cuantitative analysis of temperature, moisture, and diet factors affecting insect development. Ann. Entomol. Soc. Amer. 84:369-379.
- Hagstrum, D. W., P. W. Flinn, and R. W. Howard. 1996. Ecology. *In: Integrated management of insects in stored products. B. Subramanyam, and D. W. Hagstrum (Ed.). Marcel Dekker, Inc. New York.* 73 pp.
- Hagstrum, D. W., P. Flinn, and S. Fargo. 1991. How to sample grain for insects. FGIS

- Handbooks on management of grain, bulk commodities and bagged products. Oklahoma State Univ. Coop. Ext. Serv. Cic. E-912. 65-69 pp.
- Halstead, D. G. H. 1986. Keys for the identification of beetles associated with stored products. Introduction and key to families. *Journal of Stored Products Research*. 22:63-203.
- Herrera, G. R. 1997. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias. Innovaciones tecnológicas para la Costa de Hermosillo, Sonora. 1997. Vol. 1. No. 1.
- Howe, R. W. 1952. The biology of the rice weevil. *Calandra oryzae*. *Ann. Appl. Biol.*, 39:168-180.
- INIFAP, 1998. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, SAGAR, Campo Experimental Valle del Yaqui. Cd. Obregón Sonora. *Día del agricultor 1998*. Publicación especial No. 5.
- INIFAP, 1993. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, SAGAR, Campo Experimental Valle del Yaqui. Cd. Obregón Sonora. Ensayo uniforme de trigo en México. Documento de circulación interna.
- Lecato, G. L., and B. R. Flaherty. 1974. Description of eggs of selected species of stored-products insects. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 47(3):309-315.
- Leos, M. J. 1992. Métodos de inspección y muestreo para estimar la abundancia de insectos de granos almacenados en depósitos comerciales. Apuntes del curso teórico-práctico. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de N.L. México. p. 5-20.
- Leos, M. J. 1992. Detección y monitoreo de insectos de almacén mediante trampas con feromonas. Apuntes del curso teórico-práctico. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de N. L. México. p. 1-14.
- McGaughey, W. R., R. D. Speirs, and C. R. Martin. 1990. Susceptibility of classes of wheat grown in the United States to stored-grain insects. *J. Econ. Entomol.* 83(3):1122-1127.

- Morales, C. C. J. 1996. Comparación entomológica del almacenamiento a la intemperie con sistemas comerciales de trigo en Hermosillo, Sonora. Tesis de maestría. Universidad de Sonora México. p. 46-54.
- Moreno, M. E., B. M. E. Vázquez, M. R. Navarrete, y G. J. Ramírez. 1994. Viabilidad de la semilla de diferentes variedades de frijol *Phaseolus vulgaris* L. almacenadas bajo condiciones de alta y baja humedad. Memorias de la III reunión nacional de la problemática de postcosecha de granos y semillas. Asociación Mexicana de Postcosecha de Granos y Semillas. p. 190-197.
- Pomeranz, Y. 1988. Wheat chemistry and technology. Third Edition. Vol. 1. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. 233-242 pp.
- Ramírez, G. M. 1987. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Editorial CECSA. México. p. 7-12.
- Ramírez, G. M. 1980. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Editorial CECSA. México, D. F. p. 12-16.
- Ramírez, M. M. 1982. Biología e identificación de insectos en granos almacenados. Instituto de Biología UNAM. México. p. 2-11.
- Sánchez, R. I. 1994. Comportamiento físico y químico de harina obtenida de trigo almacenado e infestado con *Rhyzopertha dominica* F. Tesis de maestría, Departamento de Investigación y Postgrado en Alimentos. Universidad de Sonora. México. p. 14.
- SARH-SNICS. 1976. Manual de laboratorio para análisis de semillas certificadas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. p. 23.
- Singh, R., S. Singh, and K. Singh. 1992. Biology of *Tribolium castaneum* Herbst in different flours (Coleoptera: Tenebrionidae). Bioecology and control of insect pests: Proceedings of the national symposium on growth, development and control technology of insect pests. Ed.



Goel, S.C. 60-64 pp.

Sinha, R. N. 1973. Grain Storage: Part of a system. AVI Pub. Company, Inc. Westpoint, Connecticut. U.S.A. 124-127 pp.

T.D.R.I. (Tropical Development and Research Institute). 1984. Insects and arachnids of tropical stored products their biology and identification. Training manual. Compiled by entomologist of the storage department of the Tropical Development and Research Institute. U.S.A. 42-43 pp.

Thomson, V. 1966. The biology of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (F.). Bull. of grain tech.. 4(4):163-168.

Wong, C. F., M. O. Cortéz, and J. Borboa. 1996. Abundance and distribution of insect in stored wheat grain in Sonora, México. Southwestern Entomologist. 21(1):75-81.

Wong, C. F., M. O. Cortéz, J. Borboa, and F. Bustamante. 1992. Insect species infecting grain stored in rural communities in northeast of Sonora, México. Southwestern Entomologist. 17(4):327-331.

## CAPÍTULO IV

### Crecimiento poblacional de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, en trigo bajo condiciones controladas de laboratorio

---

---

Contenido:	Página
Resumen.....	43
Introducción.....	44
Materiales y Métodos.....	47
Preparación de muestras.....	47
Reproducción de insectos.....	49
Tratamientos experimentales.....	49
Análisis físicos y químicos.....	51
Indicadores de la abundancia poblacional.....	51
Diseño y análisis estadístico.....	51
Resultados y Discusión.....	52
Conclusiones.....	65
Literatura Citada.....	66

## RESUMEN

En condiciones de laboratorio, se evaluó el crecimiento poblacional del barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) y el escarabajo castaño de la harina *Tribolium castaneum* (H.). Los insectos se reprodujeron en harina y grano entero de cuatro variedades y cuatro grupos de trigo. Los resultados mostraron que ambas especies de insectos fueron capaces de completar su ciclo de vida en grano entero y harina de variedades y grupos de trigo evaluados, considerando las etapas de huevecillo a adulto. El crecimiento poblacional de *R. dominica* en harinas de variedades y grupos de trigo fue deficiente, no obstante que existió alta oviposición inicial el número de insectos adultos emergidos fue muy reducido. *T. castaneum* presentó baja oviposición y emergencia de insectos adultos en granos de trigo, esta especie fue capaz de desarrollarse en granos debido a que se alimentó del germen en su estado de larva. *T. castaneum* cuando se alimentó de harina de variedades y grupos de trigo, presentó mayor crecimiento que cuando se desarrolló en grano entero.

Las pruebas de correlación entre el crecimiento poblacional de estas especies en trigo y algunas características químicas y físicas de los granos, mostraron de manera general que el contenido de almidón es el factor químico nutricional de mayor importancia en el crecimiento poblacional de larvas, seguido del número de adultos y duración de su ciclo de vida. El contenido de proteína no mostró ser un factor de importancia en las diferentes etapas de desarrollo de las especies estudiadas. Los factores físicos color de grano, tamaño y dureza no mostraron influencia específica sobre el crecimiento poblacional de estos insectos.

## INTRODUCCIÓN

La dinámica poblacional de insectos en productos almacenados es afectada por factores que incluyen los cambios estacionales en la temperatura, comportamiento del insecto, prácticas de manejo y procesamiento de alimentos, longevidad de larvas, presencia de depredadores y patógenos. Los estudios sobre insectos en productos procesados proporcionan información sobre su crecimiento poblacional durante su almacenamiento, pero existen pocas investigaciones que relacionen la dinámica poblacional de insectos residuales en los almacenes y la probabilidad de que éstos encuentren productos para infestarlos. El tiempo de desarrollo, la sobrevivencia y la producción de huevecillos en los insectos, dependen de un medio ambiente y dieta adecuados. El conocimiento del tiempo de desarrollo individual de las especies de insectos puede ser utilizado para predecir su crecimiento poblacional (Hagstrum et al. 1995).

La tasa de consumo de alimento en los insectos aumenta con la temperatura e influye además en el tiempo de desarrollo. Los cambios en la estructura de edad de una población de adultos jóvenes de *Rhyzopertha dominica* (F.), muestran en cada generación que el número de larvas aumenta, convirtiéndose los estadios larvarios temporalmente en la porción más grande de la población. Sin embargo una vez que estas larvas comienzan a romper la pupa y emerger como adultos, las larvas se convierten, en la porción más pequeña de la población. La amplitud de esta fluctuación en la estructura de la edad decrece con cada generación del mismo modo que la población se aproxima a una estructura de edad estable de alrededor de 4 larvas por adulto.

La humedad ambiental afecta la duración del estado larval, pero no los estados de huevo y pupa. El conocimiento del tiempo de desarrollo promedio y la variación en los tiempos de

desarrollo, deberá considerarse para predecir el crecimiento de las poblaciones de insectos (Baker and Loschiavo, 1987).

El crecimiento poblacional de insectos es influenciado por la sobrevivencia de larvas y adultos. Para *T. castaneum*, el porcentaje de sobrevivencia promedio de huevecillo a adulto es arriba del 80 % entre los 25° y 37.5 °C y decrece rápidamente arriba y abajo de este rango de temperatura. Las mayores tasas de mortalidad en los estados inmaduros de *R. dominica* y *S. oryzae* ocurren en el primer estadio (Birch, 1945; Howe, 1952). La mortalidad en larvas jóvenes, se debe a la dificultad para pasar de huevecillo a estado larval y al inicio de la alimentación larval. La sobrevivencia de los adultos es afectada principalmente por la temperatura y humedad. Debido a que la reproducción puede ocurrir a lo largo de la vida del adulto, la sobrevivencia del adulto afecta la producción total de huevecillos.

El número de huevecillos producidos a lo largo de la vida de una hembra varía con la especie del insecto, la temperatura, la humedad y la dieta. La producción de huevecillos de *T. castaneum* crece con el aumento de la temperatura y la humedad. El tiempo de desarrollo promedio y la variación en los tiempos de vida, deberán considerarse para predecir el crecimiento de la población de insectos. El tiempo de desarrollo, la sobrevivencia y la producción de huevecillos del insecto, son modificados con la variedad de productos y subproductos de los cuales se alimenta, como se ha demostrado en estudios para trigo (Baker et al. 1991; McGaughey et al. 1990). El conocimiento de la biología y crecimiento poblacional de las principales plagas en trigo almacenado (*R. dominica* y *T. castaneum*), es de gran ayuda en el manejo de granos durante su almacenamiento y en las prácticas preventivas de control de insectos. El grano de trigo producido en el estado de Sonora, es almacenado en grupos de variedades y en menor escala

como variedades individuales, durante esta etapa el grano es infestado principalmente por los insectos barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) y el escarabajo castaño de la harina *Tribolium castaneum* (H.) (Coleoptera: Tenebrionidae) (Wong et al. 1996). Larvas y adultos de *R. dominica* perforan granos de trigo y se alimentan de su endospermo, en cambio larvas y adultos de *T. castaneum* se alimentan de harinas, embrión de los granos y restos de granos.

En los últimos años se ha intensificado la investigación sobre la identificación, manejo y control de insectos en trigo almacenado, ya que es el cereal que ocupa el primer lugar en volumen de almacenamiento en el estado de Sonora. El objetivo de esta investigación fue estudiar el crecimiento de las poblaciones de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, durante su ciclo de vida en granos y harinas de variedades y grupos de trigo bajo condiciones de laboratorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de trigo fueron recolectadas en almacenes de la región sur del estado de Sonora, utilizándose cuatro variedades y cuatro grupos (mezclas de variedades) comerciales de trigo (Tabla 1).

*Preparación de las muestras.* Se utilizó grano entero y harina de trigo de cada muestra para los diferentes tratamientos, ya que las especies de insectos se han encontrado infestando a ambos productos. La limpieza de muestras de trigo se efectuó, mediante el uso de zarandas y un equipo con flujo de aire (Seedburo modelo 757) para la separación de impurezas livianas. Posteriormente

las muestras se sometieron a temperatura de -15 °C, durante 7 días para eliminar posibles infestaciones de especies de insectos no deseables y ácaros.

Tabla 1. Principales características agronómicas de grupos y variedades comerciales de trigo utilizados en este estudio.

Grupos de trigo	Variedades en cada grupo	Variedades	Rend. ton/ha	Espigamiento Días	Madurez días	Altura Cm
I	Aconchi, Altar	Aconchi C89	8.559	80	128	88
II	Bacanora, Ures	Bacanora T88	8.049	83	126	83
IV	Opata, Tepoca	Opata M85	7.752	83	126	95
V	Rayón, Oasis	Rayón F89	7.432	86	129	91

Fuente: INIFAP, 1993.

Muestras de grano y harinas se estandarizaron a 12.5 % de humedad, utilizando una cámara controlada (modelo shell-lab) a temperatura de  $29 \pm 0.5$  °C y 75% de humedad relativa. Estas condiciones se utilizaron para la reproducción de los insectos y en las evaluaciones experimentales de laboratorio. La humedad relativa se controló a 75% dentro de la cámara, utilizando recipientes de plástico cerrados conteniendo 200 ml de solución saturada de cloruro de sodio, en los cuales se introdujeron los diferentes tratamientos (Winston and Bates 1960). Para la obtención de harina, se utilizó un equipo de molienda tipo experimental modelo Quadrumat, utilizando harina cribada en malla No. 80 para los diferentes tratamientos. Con esto fue posible reducir la adherencia de huevecillos a partículas grandes y facilitó su conteo ya que por su tamaño (huevecillos de *R. dominica* miden 0.59 mm de longitud por 0.2 mm de diámetro y los de *T.*

*castaneum* 0.60 mm de longitud por 0.3 mm de diámetro), los huevecillos permanecieron sobre la malla cuando las harinas fueron cribadas.

*Reproducción de insectos.* Los insectos *R. dominica* y *T. castaneum* se reprodujeron siguiendo la técnica propuesta por la U.S.D.A. en 1969. Insectos no mayores de 48 horas de emergencia se utilizaron en las diferentes etapas experimentales con el fin de obtener adecuados porcentajes de oviposición.

*Tratamientos experimentales.* Por cada especie de insecto se utilizaron 48 cajas de petri de plástico de 10 cm de diámetro con tapa perforada y cubierta con malla fina de alambre, de las cuales en 24 cajas se colocaron 5 gramos de grano y en 24 cajas 1 gramo de harina. En cada caja se adicionó un par de insectos adultos hembra y macho previamente sexados. El sexado se llevó a cabo mediante observaciones directas en estereoscopio, presionando ligeramente el abdomen y sin dañarlos hasta que sus órganos genitales quedaran expuestos, clasificando para cada especie estudiada, hembras y machos (Thomson, 1966).

En cada tratamiento los insectos permanecieron ovipositando durante 5 días. Posteriormente los insectos se retiraron y se procedió a determinar su crecimiento por etapa de desarrollo en base a los siguientes parámetros de evaluación: número de huevecillos, número de larvas, número de pupas, número de adultos y duración del ciclo de vida; determinándose, además los porcentajes de mortalidad por estado de desarrollo.

Las observaciones y conteos de huevecillos se realizaron diariamente por espacio de 60 días para lo cual se utilizó estereoscopio con lente 4x. Para la determinación del tiempo de observaciones se tomó en cuenta la duración del ciclo de vida de *R. dominica* (35-45 días) y *T. castaneum* (25-35 días). Se estimó que 60 días es tiempo suficiente para el desarrollo completo de ambas especies,



considerando incluso un posible incremento en su ciclo de vida por efecto del cambio de aspecto físico del alimento, siendo en este caso grano entero y harina. Los parámetros de evaluación sobre el ciclo de vida de *T. castaneum* en granos y harinas de trigo, se obtuvieron mediante conteos directos, ya que se desarrollan fuera del grano. En la fase de oviposición, el grano de trigo se observó externamente para contabilizar huevecillos que son depositados sobre el grano y entre ellos. Para obtener el número de huevecillos en tratamientos con harina de trigo, las harinas fueron cribadas en tela de malla de alambre No. 80, pasando la harina por la malla y los huevecillos se contabilizan fácilmente ya que quedan en la parte superior de la malla.

*R. dominica*, a partir del segundo estadio larvario hasta su estado adulto se desarrolla dentro del grano, por lo que se realizó un estudio paralelo para estimar indirectamente los parámetros: porcentaje de mortalidad de larvas, número de pupas y porcentaje de mortalidad de pupas. Para lo cual se tomaron 150 granos de las diferentes variedades y grupos de trigo, los cuales se infestaron con larvas de primer estadio (1 día de emergencia), asegurándose de infestar a cada grano con una sola larva, utilizando para ello cajas de plástico para cultivo de tejidos. Posteriormente cada tercer día y durante 60 días se realizaron observaciones en los granos, quebrando cuidadosamente tres granos al azar, considerándose como tres repeticiones (Adecuación de la técnica propuesta por Thomson, 1966). De acuerdo a las estimaciones para *R. dominica* en cada variedad y grupo de trigo se obtuvieron porcentajes de mortalidad de larvas de cuarto estadio, los cuales se relacionaron con los porcentajes totales de larvas de primer estadio que penetraron en los granos, para obtener el número de larvas que pasaron al estado de pupa. El número de insectos adultos de *R. dominica* se obtuvo por conteos diarios al emerger éstos de los granos en los diferentes tratamientos.

*Análisis físicos y químicos:* Con el fin de correlacionar los resultados obtenidos en los parámetros de evaluación sobre el crecimiento de *Rhizopertha dominica* y *Tribolium castaneum* en variedades y grupos de trigo, se determinaron en granos las características físicas: a) Superficie del grano (largo x ancho expresado en mm<sup>2</sup>), b) Color del grano, medido como unidades de reflectancia relativa en el aparato Agtron y c) Dureza del endospermo del grano, medido en kg/cm<sup>2</sup> en el texturometro Instron. Características químicas en granos y harinas: a) Contenido total de proteína, utilizando el método 46-13 de la A.A.C.C. de 1990 y b) Contenido total de almidón, mediante el método 979.10 recomendado para cereales por la A.A.C.C. de 1990.

*Indicadores de la abundancia poblacional.* Las curvas poblacionales parciales se utilizaron como un indicador relativo de la abundancia poblacional y representan por separado el número de huevecillos, número de larvas, número de pupas y el número de adultos que logran sobrevivir. Estas curvas se realizaron para *R. dominica* y *T. castaneum*, durante su crecimiento en granos y harinas de trigo de las variedades: Aconchi, Bacanora, Opata y Rayón. Se graficó el número total de individuos vivos de cada estado de desarrollo en un ciclo de vida (Varley et al. 1973).

*Diseño y análisis estadístico.* Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Con los datos obtenidos en relación al crecimiento de las poblaciones de insectos, se realizó el análisis de varianza y comparación de medias de acuerdo a la prueba de Duncan ( $P < 0.05$ ). La prueba de correlación de Pearson (SAS Institute, 1995), se efectuó para relacionar el crecimiento poblacional de los insectos estudiados, con las características físicas y químicas en variedades y grupos de trigo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas, en relación al crecimiento poblacional de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, cuando se desarrollaron en diferentes variedades y grupos de trigo. Se observó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en *R. dominica* al alimentarse de grano entero de variedades y grupos de trigo, presentando mayor oviposición y emergencia de larvas en el grupo comercial V con 116.0 huevecillos y 85.6 larvas, en contraste con la variedad Bacanora que presentó menor oviposición y menor emergencia de larvas (34.6 huevecillos y 27.6 larvas) (Tabla 2).

Tabla 2. Número de huevecillos, larvas, pupas, adultos y duración del ciclo de vida (días) de *R. dominica* en granos de variedades y grupos de trigo<sup>1</sup>.

Trigo	Huevecillos	Larvas	Pupas	Adultos	Ciclo de vida
Variedades					
Bacanora	34.6 d	27.6 d	18.3 c	15.6 c	40.0 ab
Aconchi	60.6 cd	43.3 cd	27.3 abc	25.0 abc	40.6 a
Opata	67.3 bc	57.6 bc	33.0 abc	30.3 abc	37.3 cde
Rayón	56.3 cd	41.3 cd	23.6 abc	21.3 abc	39.0 abc
Grupos					
I	63.3 bcd	49.0 cd	20.3 bc	17.3bc	40.0 ab
II	69.0 bcd	51.0 cd	25.6 abc	23.0 abc	38.3 bcd
IV	98.3 ab	78.3 ab	42.6 a	38.3 a	36.3 e
V	116.0 a	85.6 a	39.0 ab	35.3 ab	37.0 de

<sup>1</sup> Para cada columna, valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Duncan 0.05 %).

La presencia de nuevos insectos adultos es un parámetro de gran importancia en el crecimiento poblacional de insectos, observándose una población final de adultos numéricamente mayor pero no significativa en granos de los grupos IV y V, los cuales se consideran como trigos de textura dura. Esto concuerda con lo reportado por Cortéz et al. 1993, quienes evaluaron la susceptibilidad de diferentes variedades de trigo al ataque de *R. dominica*, encontrando que la variedad Yavaros, considerada de textura dura fue la más preferida.

El crecimiento poblacional de *R. dominica* en harinas de variedades y grupos de trigo fue deficiente. A pesar de que existió una alta oviposición inicial, el número de insectos adultos emergidos fue muy reducido. No se encontró diferencia significativa entre grupos y variedades, pero numéricamente se observó que *R. dominica* en harina de la variedad Aconchi (trigo duro) presentó mayor oviposición, en cambio, en harina de la variedad Rayón (trigo blando), la oviposición fue menor (Tabla 3). Se observó además que *R. dominica* al alimentarse de harina, su ciclo de vida tuvo una duración mayor a 50 días, mientras que al alimentarse de granos enteros su ciclo de vida fue de 36-40 días (Tablas 3).

Lo anterior indica que *R. dominica*, por su hábito de perforar granos y alimentarse del endospermo, invariablemente su ciclo de vida en granos será más corto. Thomsom (1966), observó que larvas de primer estadio de *R. dominica* perforan granos de maíz, sorgo, trigo y cualquier tipo de grano de textura dura dentro de un lapso menor de 40 horas después de su emergencia. Hashem (1989), reportó que *R. dominica* requirió de 37 días para completar su ciclo de vida en granos de trigo. *T. castaneum* presentó baja oviposición y baja emergencia de insectos adultos, al alimentarse en granos de las variedades y grupos de trigo estudiados, con excepción de la variedad Aconchi (trigo duro) en la cual no se formaron insectos adultos.

Tabla 3. Número de huevecillos, larvas, pupas, adultos y duración del ciclo de vida (días) de *R. dominica* en granos de variedades y grupos de trigo<sup>1</sup>.

Trigo	Huevecillos	Larvas	Pupas	Adultos	Ciclo de vida
Variedades					
Bacanora	48.0 abc	33.6 ab	1.3 ab	0.3 b	55.3 a
Aconchi	71.0 a	55.3 a	1.6 a	1.6 a	54.3 a
Opata	28.3 bc	23.0 b	1.3 ab	0.6 ab	54.0 a
Rayón	26.0 c	19.3 b	1.3 ab	0.0 c	0.0 b
Grupos					
I	49.6 abc	26.0 ab	1.0 ab	0.6 ab	56.3 a
II	36.0 bc	24.0 ab	1.3 ab	0.6 ab	54.6 a
IV	55.0 ab	42.6 ab	0.3 b	0.0 c	0.0 b
V	38.0 bc	27.0 ab	1.3 ab	1.0 ab	56.6 a

<sup>1</sup> Para cada columna, valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Duncan 0.05 %).

La variedad Bacanora y los grupos II y IV presentaron mayor emergencia de insectos adultos con 4.6, 4.3 y 4.3 respectivamente ( $P < 0.05$ ). Las variedades Opata y Rayón, así como los grupos I y V, obtuvieron menor emergencia de insectos adultos con 0.6, 1.6 y 1.6 respectivamente ( $P < 0.05$ ) (Tabla 4). *T. castaneum* logró reproducirse y formar nuevos insectos adultos en grano entero, ya que se alimentó del embrión durante su estado larvario. Con esto se demostró el alto grado de adaptación que tiene el insecto a diferentes tipos de alimentos.

En tratamientos con grano entero, larvas de *T. castaneum* formaron una especie de nicho o nido fibroso con la unión de dos granos perforados en su germen, para posteriormente salir de éste y pasar al estado de pupa.

Tabla 4. Número de huevecillos, larvas, pupas, adultos y duración del ciclo de vida (días) de *T. castaneum* en granos de variedades y grupos de trigo<sup>1</sup>

Trigo	Huevecillos	Larvas	Pupas	Adultos	Ciclo de vida
Variedades					
Bacanora	9.6 abc	7.3 a	5.3 a	4.6 a	32.6 a
Aconchi	3.3 d	2.3 b	1.3 b	0.0 c	0.0 b
Opata	4.0 cd	2.0 b	1.0 b	0.6 b	25.0 a
Rayón	6.3 bcd	3.3 b	2.0 b	1.6 b	36.0 a
Grupos					
I	6.0 bcd	3.3 b	2.0 b	1.6 b	33.0 a
II	12.6 a	8.3 a	5.0 a	4.3 a	35.6 a
IV	11.0 ab	8.3 a	5.0 a	4.3 a	31.6 a
V	7.0 abcd	4.6 ab	1.6 b	1.3 b	34.3 a

<sup>1</sup> Para cada columna, valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Duncan 0.05 %).

White (1982) encontró que la sobrevivencia de larvas de *T. castaneum* depende de granos de trigo con cubiertas dañadas, preferiblemente con el germen expuesto. En la Tabla 5 se observa que *T. castaneum* obtuvo mayor población de insectos adultos cuando se desarrolló en harina de la variedad Aconchi, la cual proviene de granos considerados de endospermo duro y almidón vítreo. Se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en la producción de huevecillos de *T. castaneum* al alimentarse de harina de variedades y grupos de trigo. Las variedades Rayón y Aconchi y granos del grupo I, presentaron mayor porcentaje de oviposición con 30.6, 37.6 y 39.0 % respectivamente. La emergencia de insectos adultos de *T. castaneum* en granos de la variedad Aconchi, fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) que en el resto de las variedades y grupos evaluados, con 13.3 adultos. La duración de su ciclo de vida, fue mayor ( $P < 0.05$ ) cuando *T.*

*castaneum* se desarrolló en harinas de la variedad Rayón y de los grupos I y II, con 37.0, 37.3 y 36.6 días respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Número de huevecillos, larvas, pupas, adultos y duración del ciclo de vida (días) de *T. castaneum* en harina de variedades y grupos de trigo <sup>1</sup>

Trigo	Huevecillos	Larvas	Pupas	Adultos	Ciclo de vida
Variedades					
Bacanora	19.6 bc	16.0 bc	3.6 cd	3.6 cd	31.6 c
Aconchi	37.6 a	28.3 a	14.3 a	13.3 a	32.0 c
Opata	11.6 cd	6.6 cd	4.3 cd	3.6 cd	31.6 c
Rayón	30.6 a	23.3 ab	7.6 bc	5.6 bc	37.0 a
Grupos					
I	39.0 a	24.3 ab	9.0 b	7.6 b	37.3 a
II	19.3 bc	14.6 bc	7.3 bc	6.3 bc	36.6 a
IV	5.3 d	2.3 d	1.6 d	1.6 d	34.0 b
V	9.3 cd	7.0 cd	5.0 bcd	4.0 cd	33.0 bc

<sup>1</sup> Para cada columna, valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Duncan 0.05 %).

Singh *et al.* (1992) reportaron para *T. castaneum* en harina de trigo, que el 94% de huevecillos logró pasar al estado adulto, en esta investigación se obtuvo un porcentaje de crecimiento en harinas del 18 al 43%, considerando todas las variedades y grupos de trigo estudiados. Durante el desarrollo de *R. dominica* en granos de variedades y grupos de trigo, se observó que del total de huevecillos solo el 38-43 % lograron alcanzar su estado adulto, debido posiblemente a la mortalidad de huevecillos (23 %), mortalidad natural de larvas de primer estadio y la competencia intraespecífica (canibalismo) en su estado larvario.

Howe (1952) determinó que la mayor mortalidad de estados inmaduros en *R. dominica*, sucede en el primer estadio larval, probablemente a consecuencia de la dificultad para iniciar su alimentación. En la Tabla 6, se muestran los valores de las evaluaciones químicas y físicas de granos de trigo utilizados en las pruebas de correlación.

Tabla 6. Características químicas y físicas en grano de variedades y grupos de trigo.

Trigo	% de Almidón	% de Proteína	Color <sup>1</sup>	Dureza (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tamaño (mm <sup>2</sup> )
Variedades					
Bacanora	59.37	12.36	9.17	15.46	43.17
Aconchi	61.13	11.42	8.33	19.91	46.33
Opata	58.70	9.56	9.17	15.24	40.00
Rayón	62.30	12.81	7.50	15.83	31.33
Grupos					
I	54.03	11.40	7.17	14.84	34.33
II	60.83	10.05	7.33	15.87	32.67
IV	66.23	10.43	9.33	14.93	34.67
V	56.23	10.69	8.83	19.28	41.17

<sup>1</sup> Unidades de reflectancia relativa.

En el análisis de los coeficientes de correlación, sólo se consideraron como importantes los coeficientes mayores de 0.6. Cuando *Rhyzopertha dominica* se desarrolló en grano entero de diferentes grupos de trigo, se encontró un factor de correlación (r) de 0.93347, entre el número de larvas emergidas y el contenido de almidón (Tabla 7). En cambio al desarrollarse *R. dominica* en harinas de diferentes variedades de trigo (Tabla 8), se encontró correlación entre el contenido de



almidón y los parámetros; número de pupas ( $r = 0.83762$ ), número de adultos ( $r = 0.92947$ ) y la duración de su ciclo de vida ( $r = 0.89291$ ).

Tabla 7. Coeficientes de correlación<sup>1</sup> entre parámetros químicos y físicos y estados de desarrollo de *Rhyzopertha dominica* en grano de grupos de trigo.

Parámetros	Huevecillos	Larvas	Pupas	Adultos	Ciclo de vida (días)
Almidón	0.53661	0.93347	0.06269	0.56615	0.66103
Proteína	0.10345	0.28553	0.21001	0.01148	0.23177
Color	0.21433	0.39478	0.32295	0.26123	0.33756
Tamaño	0.18872	0.30348	0.27931	0.31411	0.11217
Dureza	0.49893	0.45503	0.35225	0.15166	0.34985

<sup>1</sup> Prueba de correlación de Pearson (SAS Institute, 1995).

Tabla 8. Coeficientes de correlación<sup>1</sup> entre parámetros químicos y físicos y estados de desarrollo de *Rhyzopertha dominica* en harina de variedades de trigo.

Parámetros	Huevecillos	Larvas	Pupas	Adultos	Ciclo de vida (días)
Almidón	0.26929	0.13649	0.83762	0.92947	0.89291
Proteína	0.27010	0.10278	0.24865	0.08964	0.16693

<sup>1</sup> Prueba de correlación de Pearson (SAS Institute, 1995).

Al analizar el crecimiento de *Tribolium castaneum* en harinas de diferentes grupos de trigo, se encontró correlación entre el contenido de almidón y número de huevecillos ( $r = 0.75129$ ), entre el contenido de almidón y número de larvas ( $r = 0.60240$ ), mientras que cuando se alimentó en harinas de variedades de trigo, se encontró correlación entre el contenido de almidón y el número de larvas y adultos ( $r = 0.60936$  y  $r = 0.68902$  respectivamente). En *T. castaneum* se

encontró además correlación entre el contenido de almidón en harinas de grupos de trigo y la duración de su ciclo de vida ( $r = 0.67484$ ) (Tabla 9).

Tabla 9. Coeficientes de correlación<sup>1</sup> entre parámetros químicos y físicos y estados de desarrollo de *Tribolium castaneum* en harina de grupos y variedades de trigo.

Parametro	Huevecillos	Larvas	Pupas	Adultos	Ciclo de vida (días)
Grupos					
Almidón	0.75128	0.60240	0.46575	0.10444	0.67484
Proteína	0.51269	0.07294	0.47886	0.07787	0.57132
Variedades					
Almidón	0.37565	0.60936	0.36386	0.68902	0.10615
Proteína	0.31607	0.16529	0.24020	0.29872	0.09634

<sup>1</sup> Prueba de correlación de Pearson (SAS Institute, 1995).

*T. castaneum* se alimenta preferentemente de restos de granos de trigo almacenado, los cuales son dañados por insectos considerados como plagas primarias, en esta investigación se demostró que puede subsistir y completar su ciclo de vida en grano entero, aunque su crecimiento poblacional fue mayor cuando se alimentó de harina de trigo. Baker et al. (1991) demostraron que el tiempo de crecimiento de los insectos, la sobrevivencia y producción de huevecillos, varían de acuerdo con la clase de trigo de la cual se alimentan.

En variadas investigaciones, se ha especificado que la dureza del grano es un factor importante para la reproducción de *R. dominica* en determinada variedad o grupo de trigo, particularmente en este estudio se observó que *R. dominica* presentó una mayor población de insectos adultos, cuando se reprodujo en grano de los grupos de trigo IV y V considerados de textura dura (Tabla 2). Asimismo *R. dominica* obtuvo una población muy baja de insectos

adultos, cuando se reprodujo en harinas de las diferentes variedades y grupos de trigo (Tabla 3). La prueba de correlación empleada en esta investigación, no presentó valores que determinen una correlación positiva entre las características físicas de los granos (color, tamaño y dureza) y los parámetros de crecimiento poblacional de los insectos estudiados. En este sentido posiblemente sea necesario utilizar los análisis de correlación multivariados, método propuesto por Sinha en 1973, el cual mide la fuerza y calidad de las relaciones entre dos grupos de variables independientes.

Con la estimación de las curvas poblacionales, fue posible observar gráficamente, el desarrollo por estado de crecimiento de las poblaciones a través del tiempo. En la Figura 1, se observa que de 93 huevecillos ovipositados por una hembra de *R. dominica* en harina de trigo de la variedad Aconchi, sólo se formaron dos insectos adultos al final de su ciclo de vida. Esta variedad de trigo es considerada dentro de las variedades “duras”. Se observó que durante la etapa larvaria de *R. dominica* existió una alta tasa de mortalidad, las larvas que sobrevivieron prolongaron su ciclo de vida y ocuparon 42 días en promedio, para llegar al estado de pupa. Cuando *R. dominica* se desarrolló en harinas del grupo V, se encontró que de 42 huevecillos sólo se formó un insecto adulto. De manera general *R. dominica* logra alcanzar su estado adulto al desarrollarse en harinas de las diferentes variedades de trigo, pesar de que las harinas no son el alimento adecuado para la reproducción de este insecto. El mayor índice de mortalidad en larvas de *R. dominica* en harinas de variedades y grupos de trigo, ocurrió entre los quince y treinta días del ciclo de vida, reduciéndose esta mortalidad conforme transcurrió el tiempo (Fig. 1).

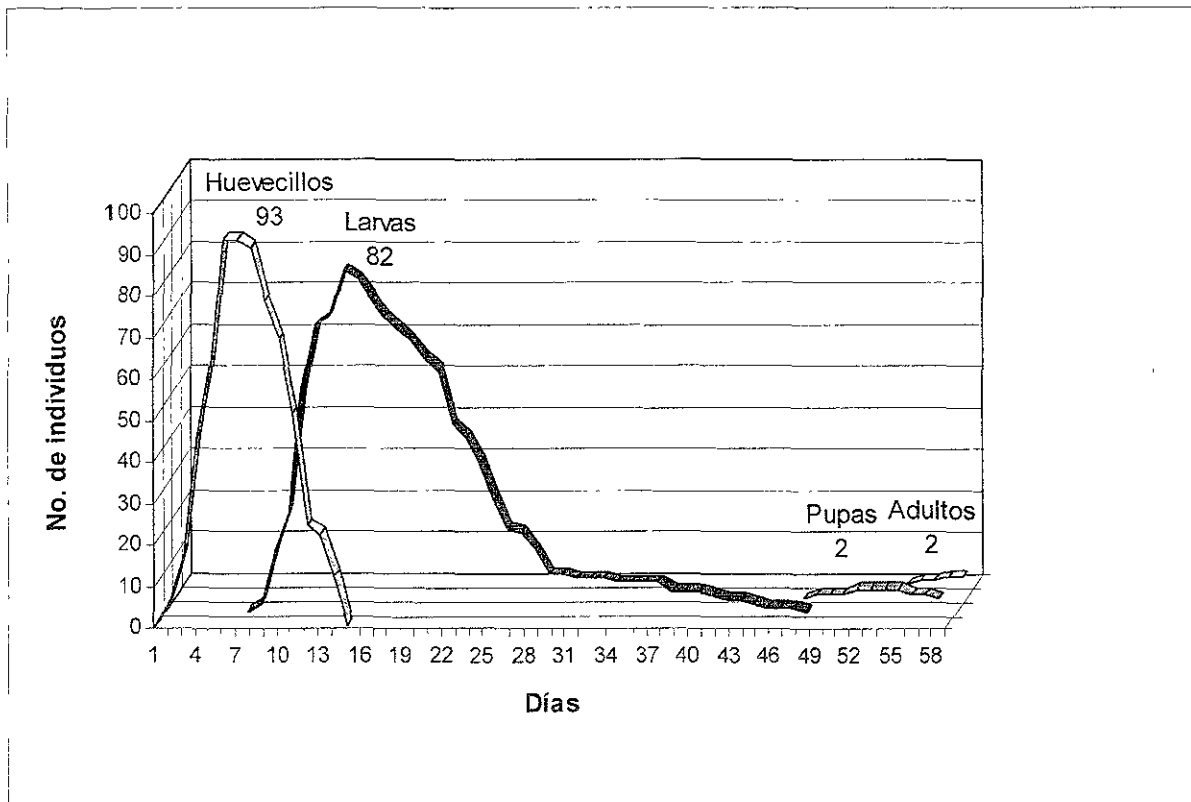


Figura 1. Crecimiento poblacional de *R. dominica* en harina de trigo de la variedad Aconchi (trigo de textura dura). Cada curva representa un estado de desarrollo del insecto en un ciclo de vida.

En la figura 1, se observa que *R. dominica* no obtiene una alta población de insectos adultos en las harina de trigo de la variedad Aconchi, aún presentando altos porcentajes de oviposición. Mediante las curvas poblacionales parciales, se pueden apreciar las variaciones en el paso de un estado de crecimiento a otro. En la Figura 2a, se muestran las curvas poblacionales parciales correspondientes a la oviposición, crecimiento de larvas, pupas y adultos de *R. dominica* en granos enteros de variedades de trigo. Al concluir el ciclo de vida del insecto se observó, que el número de insectos adultos emergidos en las diferentes variedades, tiende a equilibrarse. La sobrevivencia promedio de insectos adultos emergidos fue de 45%. Esto hace suponer que las

poblaciones de *R. dominica* que inicialmente presentan mayor número de huevecillos y larvas, también enfrentan competencia por espacio y alimento. Surtees en 1965 demostró que canibalismo entre larvas afecta el desarrollo de las poblaciones de *R. dominica*. En la Figura 2b, se representa el crecimiento de *R. dominica* en harinas de variedades de trigo, con una sobrevivencia de insectos adultos emergidos de 0 a 1.6%. Esto indica que *R. dominica*, solo sobrevivirá en bajas tasas cuando se alimente de harinas de trigo, a pesar de tener una oviposición inicial abundante.

Las curvas poblacionales parciales, elaboradas en base al estado de crecimiento de *T. castaneum* en granos y harinas de variedades de trigo, se muestran en las Figuras 3a y 3b. Las curvas poblacionales de *T. castaneum* en harinas, no mostraron altas tasas de emergencias de insectos adultos, debido a que se alimentaron de harinas finamente molidas. *T. castaneum* puede reproducirse en harinas finas, pero por sus hábitos de alimentación y de especie colonizadora tiene una gran variedad de fuentes alimenticias en granos almacenados; tales como, restos de granos, granos quebrados, harinas etc., obteniendo en estos materiales mayores tasas de reproducción. Resultados similares se obtuvieron en las curvas poblacionales parciales para *T. castaneum* en granos y harinas de grupos comerciales de trigo, en las cuales se observó, que para altas tasas oviposición en harinas, no correspondieron altas tasas de emergencia de insectos adultos.

a)

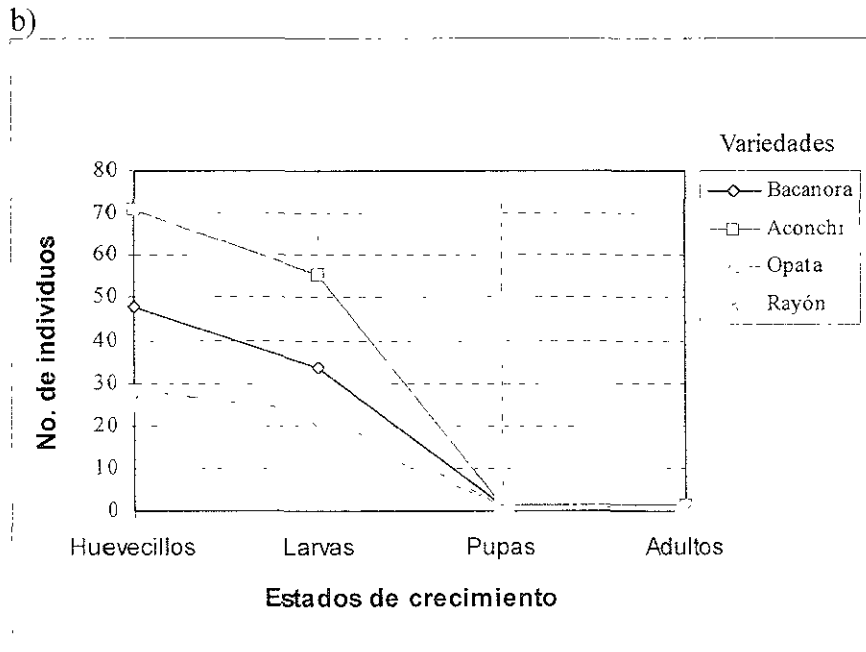
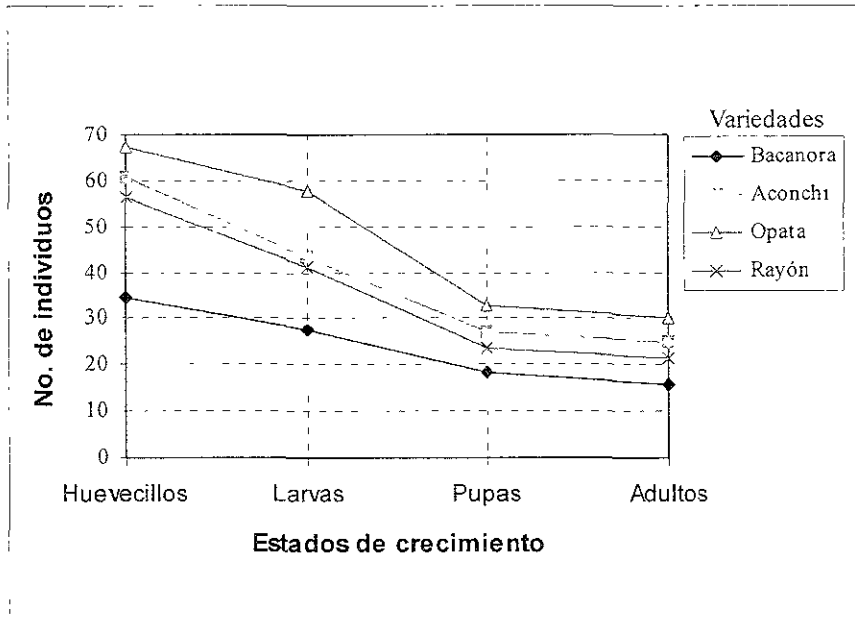


Figura 2. Curvas poblacionales parciales de *R. dominica* en variedades comerciales de trigo. a) Crecimiento en grano entero y b) Crecimiento en harinas.

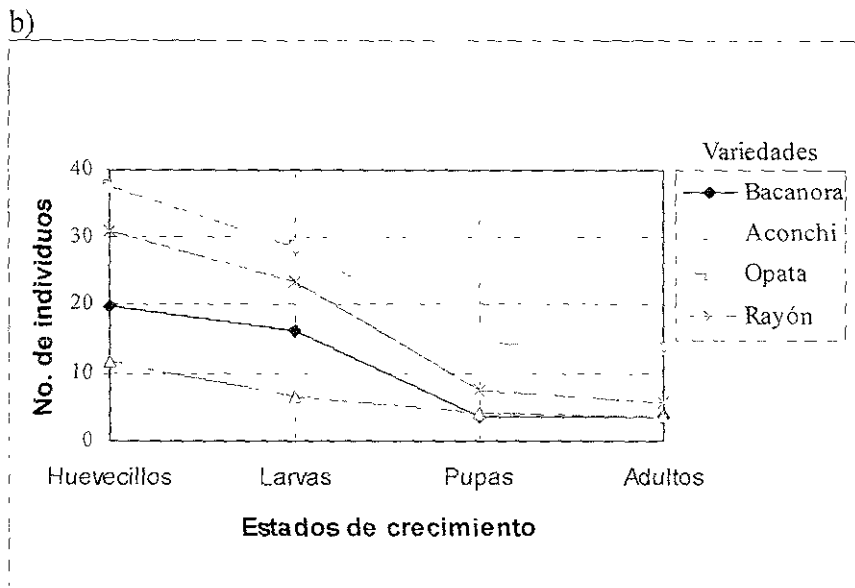
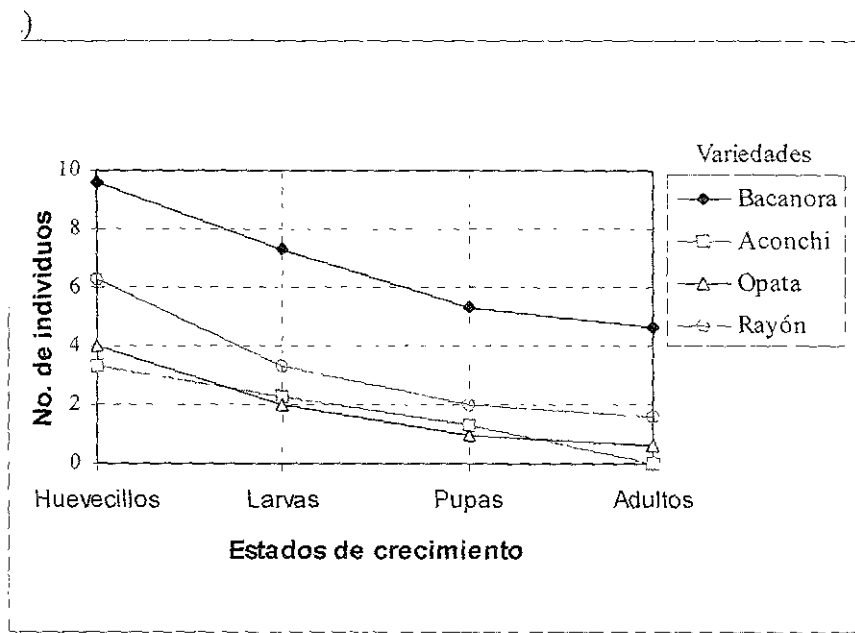


Figura 3. Curvas poblacionales parciales de *T. castaneum* en variedades comerciales de trigo.  
 a) Crecimiento en grano entero y b) Crecimiento en harinas

## CONCLUSIONES

- El barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) y el gorgojo rojo de la harina *Tribolium castaneum* (H.), fueron capaces de sobrevivir y reproducirse en harinas y granos de variedades y grupos comerciales de trigo.
- La emergencia de insectos adultos de *R. dominica*, fue mayor cuando se alimentó de granos enteros, que cuando se alimentó de harinas.
- La duración del ciclo de vida de *R. dominica* en granos de variedades y grupos de trigo, fue 36-40 días, en cambio cuando se alimentó de harinas su ciclo de vida fue mayor de 50 días.
- *T. castaneum* demostró su gran nivel de adaptación, ya que fue capaz de sobrevivir en grano entero. Las larvas unieron dos granos formando un nicho o nido fibroso para alimentarse de su embrión, saliendo de éste al concluir su fase larvaria y pasar al estado de pupa.
- *R. dominica* y *T. castaneum*, mostraron preferencia por alimentarse de granos de textura dura y harinas provenientes de estos granos. Larvas de *R. dominica* y *T. castaneum*, presentaron los mayores índices de mortalidad, debido a la muerte natural de larvas de primer estadio y canibalismo larvario.
- Las pruebas de correlación indicaron que el contenido de almidón en granos de trigo, es el factor nutricional de mayor influencia en el crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum*, en cambio el contenido de proteína no mostró ser un factor importante en su desarrollo.



El contenido de almidón en trigo, mostró mayor influencia en el crecimiento poblacional de larvas, seguido del número de adultos y por último en la duración de su ciclo de vida, en ambas especies estudiadas.

- En base a los parámetros analizados, *R. dominica* y *T. castaneum*, presentaron mayor crecimiento poblacional en los diferentes grupos de trigo evaluados (mezclas de variedades).
- Los factores físicos color de grano, tamaño y dureza no mostraron influencia específica sobre el crecimiento poblacional de estos insectos.

### LITERATURA CITADA

- A.A.C.C. (1990). *Approved methods for analysis. Method 46-13*. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. U.S.A.
- A.A.C.C. (1990). *Approved methods for analysis. Method 979.10*. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota. U.S.A.
- Baker, J. E., and S. R. Loschiavo. 1987. Nutritional ecology of stored-product insects. *In*: Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates. Ed. Slansky, F., and J. G. Rodríguez. John & Sons. New York. 321 pp.
- Baker, J. E., S. M. Woo, J. E. Throne, and P. L. Finney. 1991. Correlation of alpha-amylase inhibitor content in eastern soft wheats with development parameters of the rice weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Environ. Entomol.* 20:53-55.

- Birch, L. C. 1945. The mortality of the immature stages of *Calandra oryzae* L. (small strain) and *Rhyzopertha dominica* Fab. In wheat of different moisture contents. Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 23:141-145.
- Cortez, R. M., F. J. Wong, J. Borboa, R. I. Sanchez, and F. J. Cinco. 1993. A study on the susceptibility of wheat varieties to *Rhyzopertha dominica* F. Southwestern Entomol. 18(4):287-291.
- Hagstrum, D. W., P. W. Flinn, and P. W. Howard. 1995. Ecology, pp. 71-77. In: Integrated Management of Insects in Stored Products. (edited by Subramanyam B. and Hagstrum D.W.). Mercel Deckker, Inc. U.S.A.
- Hashem, M. 1989. Investigations on the biology of the large grain borer *Prostephanus truncatus* (H.) and lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). Entomol. 7:1-3, 205-209.
- Howe, R. W. 1952. The biology of the rice weevil. *Calandra oryzae*. Ann. Appl. Biol., 39:168-180.
- INIFAP, 1993. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, SAGAR, Campo Experimental Valle del Yaqui. Cd. Obregón Sonora. Ensayo uniforme de trigo en México. Documento de circulación interna.
- McGaughey, W. R., R. D. Speirs, and C. R. Martin. 1990. Susceptibility of classes of wheat grown in the United States to stored-grain insects. J. Econ. Entomol. 83(3):1122-1127.
- SAS Institute. 1995. User's guide: Statistics, SAS Institute. Cary NC.
- Singh, R, S. Singh, and K. Singh. 1992. Biology of *Tribolium castaneum* Herbst. in different flours (Coleoptera: Tenebrionidae). Bioecology and control of insect pests: Proceedings of

- the National Symposium on growth, development and control technology of insect pests.  
Ed. Goel, S. C. 60-64 pp.
- Sinha, R. N. 1973. Grain Storage: Part of a Sistem. AVI Pub. Company, Inc. Westpoint,  
Connecticut. U.S.A. 24-127 pp.
- Surtees, G. 1965. Ecological significance and practical implications of behaviour patterns  
determining the spatial structure of insect population in stored grain. Bull. Entomol. Res.,  
56:201-213.
- Thomson, V. 1966. The biology of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (F.). Bull. of  
grain Tech. 4:163-168.
- U.S.D.A. 1969. Rearing Manual for Stored-Product Insects. Research and Development  
Laboratory. Savannah, GA. USA. 21-28 pp.
- Varley, G. C., G. R. Gradwell, and M. P. Hassell. 1973. Insect population ecology, an analytical  
approach. Brackwell Scientific Publications. Oxford. 212 pp.
- White, G. G. 1982. The effect of grain damage on development in wheat of *Tribolium castaneum*  
(H.) (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod. Res. 18:115-119.
- Winston, P. W., and D. H. Bates. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in  
biological research. Ecology 41:232-237.
- Wong, C. F., M. O. Cortéz, and J. Borboa. 1996. Abundance and distribution of insect in stored  
wheat grain in Sonora, México. Southwestern Entomologist. 21(1):75-81.

## CAPÍTULO V

### Crecimiento poblacional de *Rhyzopertha dominica* (F.) y *Tribolium castaneum* (H.), en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo.

---

---

Contenido:	Página
Resumen.....	70
Introducción.....	71
Materiales y Métodos.....	73
Muestras.....	74
Tratamientos en almacenes.....	74
Tratamientos en laboratorio.....	74
Parámetros de evaluación.....	75
Determinación de condiciones ambientales en almacenes.....	75
Diseño experimental.....	75
Estimación de la tasa neta de reproducción.....	75
Resultados y Discusión.....	77
Conclusiones.....	89
Literatura Citada.....	90

## RESUMEN

El crecimiento poblacional del barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* y el gorgojo rojo de la harina *Tribolium castaneum*, se analizó bajo condiciones controladas de laboratorio (30 °C y 75 % de H. R.) en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo. Durante las pruebas experimentales en almacenes se obtuvieron registros de temperatura en graneles de trigo, temperatura ambiental y humedad relativa interior. En los distintos tratamientos se utilizaron frascos de 100 ml, conteniendo 50 g de trigo y 50 huevecillos de cada especie de insecto. Los tratamientos utilizados en los diferentes sistemas de almacenamiento presentaron baja población de insectos adultos en ambas especies evaluadas. En el sistema de almacenamiento en silo se encontró mayor emergencia de insectos adultos de *R. dominica* y *T. castaneum*. No obstante, a que se presentó un alto grado de eclosión de huevecillos en los diferentes tratamientos colocados en los tres sistemas de almacenamiento evaluados, la producción de larvas y adultos fue muy reducido.

La duración del ciclo de vida para *R. dominica*, bajo condiciones de laboratorio, fue de 33.3 días y para *T. castaneum* de 26 días. En el sistema de almacenamiento en bodega, se obtuvo una duración del ciclo de vida de 38.9 días para *R. dominica* y de 41 días para *T. castaneum*. El crecimiento de *T. castaneum* fue más exitoso en el sistema de almacenamiento en silo, donde la duración de su ciclo de vida presentó en promedio de 37 a 41 días. La humedad relativa presentó mayor correlación sobre los parámetros evaluados; porcentaje de eclosión de huevecillos y crecimiento de larvas, más no sobre la emergencia de adultos, mortalidad de adultos y la duración de su ciclo de vida. En el sistema de almacenamiento en silo metálico, se obtuvo una tasa neta de reproducción de 26 hembras para *R. dominica* y 19 hembras para *T. castaneum*, en cambio en el

sistema de almacenamiento en bodega se obtuvo una reproducción 14 hembras de *R. dominica* y 12 hembras para *T. castaneum*. La determinación de este parámetro adquiere importancia en la estimación del crecimiento poblacional de nuevas generaciones de insectos.

*R. dominica* y *T. castaneum*, fueron capaces de reproducirse en los sistemas de almacenamiento utilizados en esta investigación. Las tasas de reproducción determinadas para los insectos en estudio, demostraron que las poblaciones de adultos hembras alcanzan niveles altos, aún bajo condiciones de altas temperaturas y baja humedad relativa. Es importante detectar insectos adultos al momento de la recepción y almacenamiento de trigo, ya que una hembra adulta viable puede iniciar una gran infestación si las condiciones de crecimiento y reproducción le son favorables.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional de insectos aumenta como resultado de tiempos de desarrollo más cortos, producción alta de huevecillos y aumento en la tasa de sobrevivencia por estado de desarrollo. Muchas de las prácticas usadas en la cosecha, secado, movimiento y procesado de los productos influyen en la sobrevivencia del insecto. La probabilidad de que los insectos infesten productos almacenados, es determinada parcialmente por su comportamiento en la localización de pareja, sitios de oviposición y alimentos. Los insectos de productos almacenados constantemente emigran dejando los productos y residuos alimenticios infestados y pueden dispersarse a grandes distancias. Estos insectos están bien adaptados para encontrar y sobrevivir en pequeñas cantidades de alimentos dispersos en el almacenamiento, transporte o instalaciones del proceso y también se han adaptado para reproducirse en huéspedes silvestres.

Gran número de cereales son comúnmente infestados por insectos en el campo antes de su cosecha, y entre éstos se encuentran varias especies de insectos específicos de productos almacenados. Las poblaciones de insectos provenientes del campo y las que se reproducen en residuos alimenticios en las instalaciones, son la fuente primaria de infestación de granos almacenados. La industria harinera dedica un especial cuidado a el manejo de las poblaciones de plagas residuales, efectuando limpieza y programas de prevención. Los planes de rotación de los productos almacenados, comúnmente se usan para reducir las oportunidades de tener productos infectados en una instalación (Hagstrum and Stanley 1979).

En esta investigación el objetivo principal fue estudiar el comportamiento poblacional de los insectos: barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) y el gorgojo rojo de la harina *Tribolium castaneum* (H.) (Coleoptera: Tenebrionidae) en trigo. En los sistemas de almacenamiento de granos del estado de Sonora, se desconoce el potencial de infestación de estos insectos, ya sea en poblaciones provenientes del campo o de infestaciones residuales. Razón por la cual se propuso estudiar su crecimiento poblacional, en tres sistemas de almacenamiento comercial bajo las condiciones ambientales prevalecientes durante la conservación de trigo.

Los tratamientos experimentales propuestos, responden a las expectativas sobre el manejo de trigo en el estado de Sonora, ya que generalmente los responsables de la conservación de los graneles de trigo, desconocen las tasas de reproducción de los insectos de granos almacenados. Tradicionalmente se realizan análisis enfocados sobre la detección de insectos adultos, mediante muestreos en la etapa de recepción de trigo. En relación al almacenamiento comercial de trigo, Morales en 1996, realizó investigaciones para determinar la abundancia poblacional y diversidad de especies de insectos, en almacenamiento de trigo a la intemperie en comparación con sistemas

comerciales convencionales (bodegas). En esta investigación se encontró una diversidad de 7 especies de insectos en ambos sistemas de almacenamiento, todos pertenecientes al orden Coleoptera. El insecto *Rhyzopertha dominica* (F.) fue el único insecto primario encontrado y el más abundante, la especie *Tribolium castaneum* (H.) fue el principal insecto secundario detectado. Wong et al. (1996), reportó que los insectos más comunes en almacenes comerciales y rurales fueron el barrenador menor de los granos, *Rhyzopertha dominica* y el gorgojo rojo de la harina, *Tribolium castaneum*. La abundancia poblacional de insectos fue más grande en trigo almacenado sobre la tierra y más baja en silos semienterrados y metálicos. La diversidad de insectos fue muy alta debido en parte al clima cálido y seco; la incidencia más alta de plagas fue en la región del sur del estado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum* se estudió de manera individual en tres sistemas de almacenamiento comercial: a) silo metálico, perteneciente a la Unión de Crédito Agrícola del Mayo, localizado en la ciudad de Navojoa Sonora, con una capacidad de 6,000 ton de trigo y 20 m de altura en el punto más alto, b) bodega plana rectangular, de mampostería y techo de lámina, localizada en Hermosillo Sonora, con capacidad de 36,000 ton, perteneciente a la Asociación agrícola Hermosillense S. A. de C. V. y c) almacenamiento a la intemperie cubierto con lona, localizado en Hermosillo Sonora, con capacidad de 13,000 ton, perteneciente a Bodegas Rurales Conasupo S. A.

Se utilizó en cada especie de insecto 48 frascos de 100 ml, colocándose una tapa perforada cubierta con malla de alambre No. 60, con la finalidad de permitir la interrelación de las condiciones



ambientales de los graneles de trigo almacenado. En cada frasco se colocaron 50 g de grano de trigo del grupo comercial I, obtenido de cada tipo de almacén, y 50 huevecillos por separado de *R. dominica* o de *T. castaneum*, dichos huevecillos fueron obtenidos de cultivos patrones estandarizados en su crecimiento, seleccionando huevecillos de reciente oviposición, con apariencia sana y turgentes.

Previo a la colocación de los tratamientos en los tres sistemas de almacenamiento los frascos se unieron fuertemente con un cordel de nylon y se les colocó una etiqueta de identificación para facilitar su extracción, debido a que se colocaron a una profundidad de 50 cm. Se establecieron tres grupos de 16 frascos considerándose cada grupo como una repetición, distribuyéndose un grupo de frascos por cada especie de insectos en la parte inicial, centro y final de los tres sistemas de almacenamiento, resultando un total de 96 frascos por sistema de almacenamiento.

*Muestreos.* Los muestreos se realizaron cada tercer día mediante un sorteo al azar durante 48 días (16 fechas de muestreo), retirando un frasco de cada tratamiento y repetición, con la finalidad de analizar el desarrollo de los insectos en estudio.

*Tratamientos en almacenes.* a) frascos con grano de trigo por cada especie de insecto en silo circular, b) frascos con grano de trigo por cada especie de insecto en bodega rectangular, y c) frascos con grano de trigo por cada especie de insecto en almacenamiento a la intemperie cubierto con lona.

*Tratamientos en laboratorio.* Los tratamientos efectuados en almacenes comerciales de trigo con los insectos *R. dominica* y *T. castaneum*, fueron repetidos a nivel laboratorio utilizando cámaras modelo shell-lab en condiciones controladas de 30 °C de temperatura y 75 % de humedad relativa para la reproducción de insectos. Para controlar la humedad relativa se utilizó solución saturada de cloruro de sodio, adicionando 200 ml de solución en un recipiente de plástico.

herméticamente cerrado para evitar fugas de humedad, en el interior se colocaron los frascos con los diferentes tratamientos (Winston and Bates 1960). La temperatura se controló directamente en la cámara, mediante regulador automático y termómetro.

*Parámetros de evaluación.* Los parámetros de evaluación para el estudio del crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum* en los diferentes sistemas de almacenamiento y a nivel laboratorio fueron: a) eclosión de huevecillos, b) número de larvas, c) emergencia de adultos, d) porcentaje de mortalidad en adultos y e) duración del ciclo de vida.

*Determinación de condiciones ambientales en almacenes.* Se tomaron tres lecturas diarias de temperatura y humedad relativa; 8:00, 13:00 y 18:00 horas, colocando en el espacio libre del almacén un medidor tipo digital de humedad relativa y temperatura, de igual manera se tomó temperatura en el granel de trigo a una profundidad de 50 cm.

*Diseño experimental.* Diseño completamente al azar con tres repeticiones y arreglo factorial de dos especies de insectos y tres sistemas de almacenamiento. Este diseño fue repetido en tiempo por 16 períodos de 3 días cada uno (48 días). Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). La prueba de correlación de Pearson (SAS Institute, 1995), se efectuó para relacionar el desarrollo del insecto en tres sistemas de almacenamiento de trigo y el efecto de las condiciones ambientales prevalecientes en almacenes durante la etapa experimental.

*Estimación de la tasa neta de reproducción o de reemplazo ( $R_0$ ).* La tasa neta de reproducción es un parámetro poblacional esencial en el estudio de poblaciones de insectos, el cual se determinó para observar el nivel reproductivo de las poblaciones hembra de *R. dominica* y *T. castaneum*, considerando el número descendientes hembras que producen durante su vida (Rabinovich, 1980). Se utilizó para cada especie de insectos, recipientes de plástico transparente

de 200 ml de capacidad con tapa perforada cubierta con malla de alambre No. 80. En cada recipiente se colocaron 120 g de trigo del grupo comercial I, ocupando dos terceras partes de volumen, posteriormente en la parte superior se colocó una malla metálica No. 40 y sobre ella se depositaron 5 g de trigo y 2 parejas de insectos previamente sexados de la especie correspondiente y finalmente se colocó la tapa.

Los insectos fueron marcados con pintura blanca sobre los élitros posteriores para identificarlos y evitar confundirse con los nuevos insectos adultos emergentes. Durante el desarrollo de esta prueba, cada tercer día los recipientes fueron sacudidos ligeramente para que los huevecillos y pequeñas larvas, pasaran a través de la malla interna y terminaran su ciclo de vida en el trigo colocado en la parte inferior. En cada nueva generación de insectos adultos, éstos fueron retirados semanalmente del grano para ser sexados y obtener el número de insectos hembras y machos, así como el número total de insectos. Con estos resultados se obtuvo la tasa neta de reproducción por especie evaluada. Esta metodología fue diseñada, para reducir el posible estrés que se produciría en los insectos al cambiar periódicamente a nuevos recipientes para estudiar su crecimiento. Para cada especie de insecto se utilizaron tres repeticiones y se realizó de manera simultánea en laboratorio bajo condiciones controladas (30 °C y 75 % de humedad relativa). En los diferentes sistemas de almacenamiento evaluados se consideraron las condiciones ambientales prevalecientes durante la etapa experimental. Previo a la introducción de los tratamientos en almacenes, los recipientes se etiquetaron y se les colocó un cordel de nylon para su identificación y facilitar su muestreo, debido a que se introdujeron a una profundidad de 50 cm. Los tratamientos se colocaron en la parte inicial, central y final de los diferentes sistemas de almacenamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados experimentales sobre el crecimiento poblacional de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum* en trigo, bajo condiciones controladas de laboratorio y en tres sistemas de almacenamiento se muestran en las Tablas 1 y 2. Presentándose los valores correspondientes al número de huevecillos eclosionados a partir de 50 huevecillos por tratamiento, número total de larvas y producción de adultos vivos en 16 fechas de muestreo.

En tratamientos de laboratorio, los resultados mostraron mayor eclosión de huevecillos, mayor emergencia de larvas y adultos, en comparación con los tratamientos experimentales bajo condiciones reales de almacenamiento. Se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los sistemas de almacenamiento evaluados y el número de huevecillos eclosionados, siendo éste menor en el sistema de almacenamiento en bodega, encontrándose una eclosión promedio de 20.1 huevecillos para *R. dominica* y de 27.0 para *T. castaneum*.

Tabla 1. Número de huevecillos eclosionados, número de larvas, número de adultos de *R. dominica*, desarrollados en trigo a nivel laboratorio y en tres sistemas de almacenamiento comercial <sup>1</sup>.

Condición de desarrollo	Huevecillos Eclosionados <sup>2</sup>	Larvas	Adultos
Laboratorio	35.2	27.3	19.3
Bodega	20.1 b	8.3 a	1.7 c
Intemperie	25.4 a	8.5 a	3.3 b
Silo	26.2 a	8.1 a	7.4 a

<sup>1</sup> Para cada columna, valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey 0.05 %).

<sup>2</sup> 50 huevecillos por tratamiento.

En los sistemas de almacenamiento a la intemperie y en silo, no se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), en relación a la eclosión de huevecillos. No se encontró diferencia significativa entre el crecimiento poblacional de larvas de *R. dominica* y los tres sistemas de almacenamiento en estudio (Tabla 1). En cambio *T. castaneum* presentó mayor crecimiento de larvas, cuando se desarrolló en bodega y en silo (Tabla 2).

La población final de insectos adultos en *R. dominica* y *T. castaneum*, fue muy reducida ( $P < 0.05$ ). En tratamientos colocados en silo metálico, se obtuvo mayor emergencia de insectos adultos de *R. dominica* con 7.4, en cambio, en bodega se observó menor emergencia de insectos adultos con 1.7 (Tabla 1). En *T. castaneum* el mayor porcentaje de emergencia de adultos se observó en el sistema de almacenamiento en silo, con 8.6 insectos. En los sistemas de almacenamiento en bodega y a la intemperie, se observaron menores valores de emergencia de adultos con 2.9 y 2.5 respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Número de huevecillos eclosionados, número de larvas, número de adultos de *T. castaneum*, desarrollados en trigo a nivel laboratorio y en tres sistemas de almacenamiento comercial <sup>1</sup>.

Condición de desarrollo	Huevecillos eclosionados <sup>2</sup>	Larvas	Adultos
Laboratorio	31.6	20.2	14.1
Bodega	27.0 b	13.9 a	2.9 b
Intemperie	30.5 a	6.8 b	2.5 b
Silo	29.7 a	14.3 a	8.6 a

<sup>1</sup> Para cada columna, valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey 0.05 %).

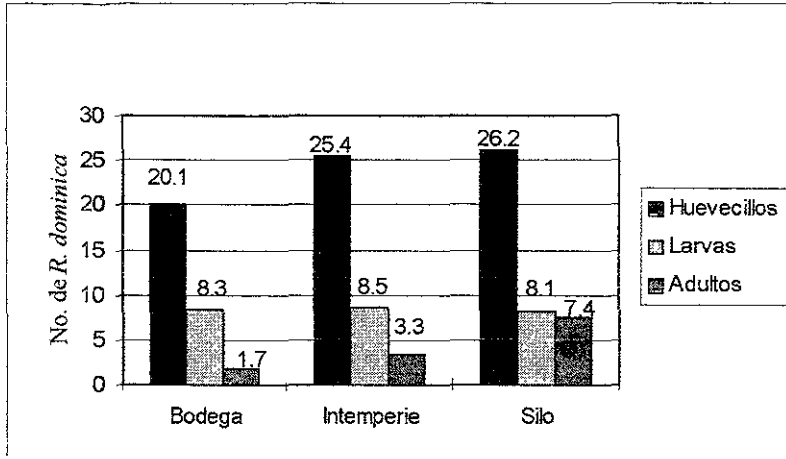
<sup>2</sup> 50 huevecillos por tratamiento.

En la Figura 1, se muestran gráficamente los resultados del crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum*, en tratamientos experimentales en los diferentes sistemas de almacenamiento evaluados. Observándose, que a pesar del alto porcentaje de eclosión de huevecillos en los tres sistemas de almacenamiento, el porcentaje de larvas y adultos fue muy reducido. En la Figura 2, se observa la fluctuación poblacional por estado de crecimiento de *R. dominica* en 16 fechas de muestreo, al alimentarse de trigo en tres sistemas de almacenamiento comercial. En el sistema de almacenamiento en bodega emergieron 3.3 adultos, en contraste con el sistema de almacenamiento en silo, en el cual emergieron 10 adultos.

En el sistema de almacenamiento en bodega, localizado en la ciudad de Hermosillo Sonora, se presentó en general un bajo crecimiento de insectos, debido posiblemente al efecto combinado de alta temperatura y humedad relativa baja, registradas en los meses de pruebas experimentales (junio y julio). Durante el almacenamiento de trigo en bodega, los graneles alcanzan una temperatura promedio diaria de 29.5 °C, una temperatura promedio en el interior del almacén de 31.4 °C y una humedad relativa interna de 37.6 % (Tabla 3). Estas condiciones de almacenamiento son aparentemente adversas al crecimiento poblacional de los insectos, en comparación con las observadas en los sistemas de almacenamiento en silo y a la intemperie.

El mayor crecimiento poblacional de insectos se presentó en el almacén tipo silo metálico, localizado en la ciudad de Navojoa, Sonora, en el cual se presentaron condiciones ambientales más favorables para su desarrollo (26.5 °C de temperatura en el granel de trigo, 28.3 °C de temperatura interior y 41.6 % de humedad relativa (Tabla 3).

a



b

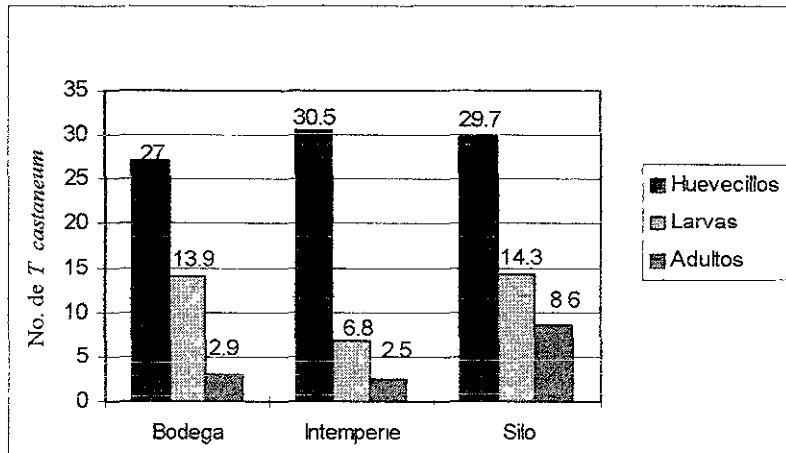
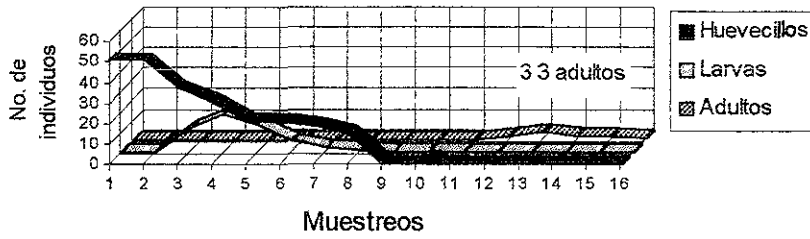
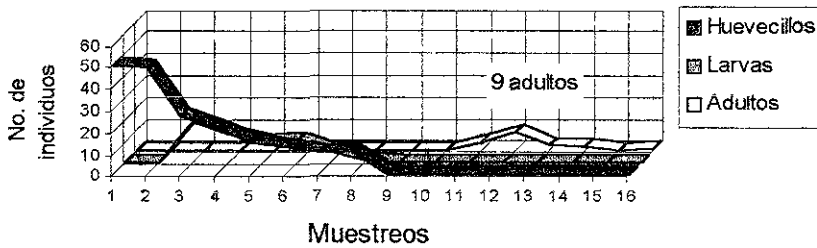


Figura 1. Crecimiento poblacional de *R. dominica* (a) y *T. castaneum* (b), a partir de 50 huevecillos en trigo almacenado en tres sistemas de almacenamiento comercial. Valores totales de huevecillos eclosionados, larvas y emergencia de insectos adultos.

### Almacenamiento en bodega



### Almacenamiento en intemperie



### Almacenamiento en silo

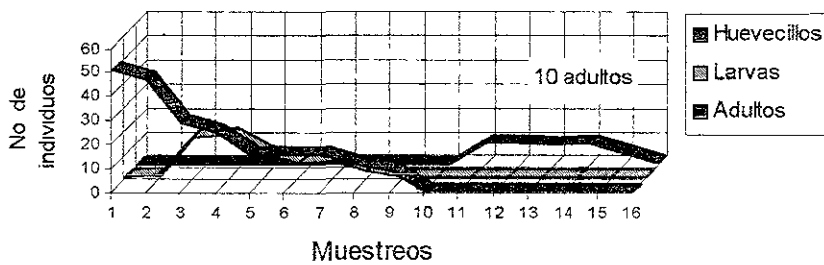


Figura 2 Crecimiento poblacional de *R. dominica* a partir de 50 huevecillos, en trigo almacenado en tres sistemas de almacenamiento comercial: bodega, a la intemperie cubierto con lona y silo metálico.



Tabla 3. Valores de temperatura y humedad relativa registradas durante la etapa experimental en los sistemas de almacenamiento comercial: bodega, a la intemperie cubierto con lona y silo metálico.

Sistema de almacenamiento	Temperatura del granel <sup>1</sup>	Temperatura ambiental	Humedad Relativa <sup>2</sup>
Bodega	29.51	31.4	37.6
Intemperie	28.5	30.5	41.0
Silo	26.5	28.3	41.6

<sup>1</sup> Temperatura media mensual (°C).

<sup>2</sup> Humedad relativa media mensual (%).

En la Tabla 4 se presentan los resultados sobre la duración del ciclo de vida para *R. dominica* y *T. castaneum*. Se encontró en tratamientos bajo condiciones de laboratorio que la duración del ciclo de vida de *R. dominica* fue de 33.3 días y en *T. castaneum* de 26 días, lo anterior contrasta con la duración del ciclo de vida de estas especies en los sistemas de almacenamiento de trigo evaluados. En el sistema de almacenamiento en bodega, se obtuvo una duración de 38.9 días para *R. dominica* y 41 días para *T. castaneum*, esta mayor duración es provocada posiblemente por el efecto de las altas temperaturas sobre los estados de crecimiento y particularmente en la emergencia de insectos adultos. En los sistemas de almacenamiento al intemperie y silo, se encontraron resultados similares para ambas especies de insectos. *T. castaneum*, fue capaz de reproducirse en trigo entero y en diferentes condiciones de almacenamiento, siendo más exitoso su desarrollo en el sistema de almacenamiento en silo. La duración de su ciclo de vida en los sistemas de almacenamiento evaluados, fue de 37 a 41 días y la diferencia de duración con respecto a la duración de su ciclo de vida en laboratorio fue de 11 a 15 días.

Esto puede deberse a que *T. castaneum* se desarrolló bajo diferentes fluctuaciones de temperaturas y humedad relativa en los sistemas de almacenamiento estudiados, observándose en los diferentes muestreos una mayor duración de sus estadios larvarios.

Tabla 4. Duración del ciclo de vida de *R. dominica* y *T. castaneum*, en laboratorio y en los sistemas de almacenamiento comercial: bodega, a la intemperie cubierto con lona y silo metálico.

Insecto	Laboratorio	Bodega	Intemperie	Silo
<i>R. dominica</i>	33.3*	38.9	39	39
<i>T. castaneum</i>	26	41	37	37

\* Días, media de tres repeticiones.

En diferentes estudios realizados en el estado de Sonora, se ha observado que las infestaciones de *R. dominica* encuentran una condición adversa para su establecimiento, refiriéndose al efecto del clima cálido y seco en la etapa de recepción y almacenamiento comercial de trigo (Morales, 1996).

Con la finalidad de analizar la influencia específica de las condiciones ambientales, sobre el crecimiento poblacional de las especies de insectos que infestan trigo almacenado, se efectuó la prueba de correlación de Pearson (SAS Institute, 1995), entre la humedad relativa, temperatura ambiental y temperatura del granel de trigo y los estados de crecimiento de las especies de insectos evaluadas. Después del análisis de coeficientes de correlación (valores mayores de 0.6), se encontraron generalmente bajos coeficientes de correlación ( $r$ ) entre las condiciones ambientales y los parámetros de crecimiento poblacional de los insectos estudiados. Mencionándose como importantes, los coeficientes de correlación encontrados en almacenamiento en bodega, entre la humedad relativa y el porcentaje de eclosión de huevecillos de *R. dominica* y *T. castaneum* con  $r = 0.76226$  y  $r = 0.78595$  respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Coeficientes de correlación<sup>1</sup> entre los estados de crecimiento de *R. dominica* (*R. d.*) y *T. castaneum* (*T. c.*) desarrollados en trigo y las condiciones ambientales en el sistema de almacenamiento comercial en bodega rectangular.

Estado de desarrollo	Temp. del granel °C		Temp. ambiental °C		Humedad relativa	
	<i>R. d.</i>	<i>T. c.</i>	<i>R. d.</i>	<i>T. c.</i>	<i>R. d.</i>	<i>T. c.</i>
Eclosión de huevecillos	0.12566	0.18207	0.15847	0.23251	0.76226	0.78595
Larvas	0.02090	0.06606	0.07310	0.02952	0.58966	0.42053
Adultos	0.18935	0.32374	0.11370	0.17581	0.34273	0.40964
Mortalidad de adultos	0.04032	0.14614	0.00945	0.20970	0.28835	0.39468
Duración ciclo de vida	0.02335	0.07565	0.00031	0.04938	0.27749	0.32866

<sup>1</sup> Prueba de correlación de Pearson (SAS Institute, 1995).

En el sistema de almacenamiento a la intemperie, se encontró correlación entre la humedad relativa y el porcentaje de eclosión de huevecillos, correspondiendo para *R. dominica* y *T. castaneum* coeficientes de  $r = 0.70520$  y  $r = 0.78858$  respectivamente. Asimismo se encontró correlación entre la humedad relativa y la sobrevivencia de larvas, siendo para *R. dominica* y *T. castaneum* coeficientes de  $r = 0.61065$  y  $r = 0.68320$  respectivamente (Tabla 6).

En el sistema de almacenamiento en silo metálico, se observó correlación entre la humedad relativa y el porcentaje de eclosión de huevecillos, encontrando para *R. dominica* y *T. castaneum* coeficientes de  $r = 0.66379$  y  $r = 0.75113$  respectivamente. Se encontró además correlación entre la humedad relativa y emergencia de larvas, siendo el coeficiente de  $r = 0.68886$  (Tabla 7).

De acuerdo a esta prueba no se encontró correlación, entre la temperatura del granel de trigo y la temperatura ambiental en los diferentes sistemas de almacenamiento evaluados. La humedad relativa en el interior de los almacenes funciona como un regulador térmico,

manteniendo dentro de ciertos límites, un control de la temperatura ambiental y de la masa de los granos.

Tabla 6. Coeficientes de correlación<sup>1</sup> entre los estados de crecimiento de *R. dominica* (*R. d.*) y *T. castaneum* (*T. c.*) desarrollados en trigo y las condiciones ambientales en el sistema de almacenamiento comercial a la intemperie cubierto con lona.

Estado de desarrollo	Temp. del granel °C		Temp. ambiental °C		Humedad relativa	
	<i>R. d.</i>	<i>T. c.</i>	<i>R. d.</i>	<i>T. c.</i>	<i>R. d.</i>	<i>T. c.</i>
Eclosión de huevecillos	0.34212	0.45907	0.16093	0.29001	0.70520	0.78858
Larvas	0.04196	0.15218	0.13301	0.06898	0.61065	0.68320
Adultos	0.20010	0.23077	0.15928	0.00734	0.57572	0.51522
Mortalidad de adultos	0.12941	0.01919	0.05420	0.11953	0.38308	0.40217
Duración ciclo de vida	0.13937	0.10987	0.02483	0.07227	0.37626	0.44597

<sup>1</sup> Prueba de correlación de Pearson (SAS Institute, 1995).

Tabla 7. Coeficientes de correlación<sup>1</sup> entre los estados de crecimiento de *R. dominica* (*R. d.*) y *T. castaneum* (*T. c.*) desarrollados en trigo y las condiciones ambientales en el sistema de almacenamiento comercial de silo metálico.

Estado de desarrollo	Temp. del granel °C		Temp. ambiental °C		Humedad relativa	
	<i>R. d.</i>	<i>T. c.</i>	<i>R. d.</i>	<i>T. c.</i>	<i>R. d.</i>	<i>T. c.</i>
Eclosión de huevecillos	0.18864	0.27914	0.35369	0.41221	0.66379	0.75113
Larvas	0.10651	0.06793	0.00235	0.10059	0.68886	0.48132
Adultos	0.14846	0.08986	0.19689	0.11403	0.57344	0.60057
Mortalidad de adultos	0.07605	0.01547	0.05507	0.10713	0.39006	0.41176
Duración ciclo de vida	0.12913	0.01651	0.12255	0.11834	0.48823	0.51770

<sup>1</sup> Prueba de correlación de Pearson (SAS Institute, 1995).

Una baja población de insectos adultos, aparentemente es el resultado del efecto combinado de las fluctuaciones de temperatura y humedad relativa. Su importancia radica en la reducción del número de insectos adultos hembras, que por consecuencia modifica negativamente el porcentaje de oviposición y el incremento poblacional en las siguientes generaciones. La regulación de las poblaciones por factores denso-independientes, tales como la mortalidad causada por el clima, ha sido estudiada por Andrewartha and Birch, quienes sostienen que el clima podría eliminar a los individuos que no estén correlacionados con la densidad poblacional. Su hipótesis se basa en que los organismos son primeramente limitados por una escasez de tiempo, cuando las condiciones climáticas son tan favorables que la población puede aumentar. Entonces la población nunca tiene tiempo suficiente para reproducirse hasta la capacidad de carga (k), la competencia por los alimentos no resulta y los factores denso-dependientes no son importantes en la regulación poblacional (Price, 1975).

La combinación de las condiciones ambientales, influyen en el crecimiento y reproducción de las especies de insectos que infestan trigo almacenado, así el trigo recientemente cosechado generalmente se mantiene sin infectar cuando se almacena (Cotton and Winburn 1941; Hagstrum, 1989) y normalmente los insectos infestan al trigo a partir de diferentes fuentes, en número pequeño de abril hasta octubre. Una vez dentro de los almacenes los insectos se trasladarán a lugares con gradientes de temperatura y humedad relativa adecuados para su reproducción, esta movilidad dentro de los graneles de trigo está determinada por el tipo de especie. Se ha demostrado que *R. dominica* es menos movable, tiende a permanecer en la parte de arriba a 60 cm de la superficie del grano. mientras que *T. castaneum* tiene gran movilidad y se traslada principalmente a los lugares donde existen partículas finas (Surtees, 1965).

El grano almacenado en silos y en almacenes de piso plano, se enfrían en el otoño de la parte externa hacia el centro, ocurriendo grandes gradientes de temperatura (Hagstrum, 1987). La humedad puede variar también en la masa de granos, estudios de laboratorio han demostrado que los insectos expuestos a diferentes gradientes de humedad, seleccionarán su humedad preferida (Weston and Hoffman, 1991). Los insectos adultos hembras que se alimentan de granos almacenados, representan la etapa reproductiva, de tal modo que su presencia en los almacenes en conjunción con la cantidad y disponibilidad del alimento, condiciones de temperatura, humedad relativa ambiental y humedad de los granos; entre otros, determinarán el incremento de las poblaciones de insectos.

En la Tabla 8, se muestran los resultados sobre la determinación de la tasa neta de reproducción. En este estudio se incluyen los resultados en tres sistemas de almacenamiento y laboratorio. Encontrándose altos valores en el sistema de almacenamiento en silo y bajos valores en el sistema de almacenamiento en bodega. Relacionando las diferentes tasas de reproducción obtenidas en laboratorio, con las obtenidas experimentalmente en los sistemas de almacenamiento estudiados; se puede decir, que en estos últimos existe una regulación natural de las poblaciones. Esta regulación puede darse por efecto de las condiciones ambientales en almacenes y factores denso-dependientes principalmente por el tipo de alimento, competencia y canibalismo. Las tasas de reproducción indican el número de veces que una hembra será reemplazada por insectos hembras en determinado tiempo. En el sistema de almacenamiento en silo metálico, se obtuvo una tasa neta de reproducción de 26 hembras para *R. dominica* y 19 hembras para *T. castaneum*, en cambio en el sistema de almacenamiento en bodega se obtuvo una reproducción de 14 hembras de *R. dominica* y 12 hembras para *T. castaneum*.

En base a estos resultados, se comprueba que ambas especies seguirán produciendo nuevas generaciones; por lo tanto, si conocemos su fecundidad (oviposición) es factible realizar predicciones de su crecimiento poblacional. Para lo cual es necesario establecer parámetros de tiempo, estimación de condiciones ambientales, cantidad y calidad del alimento y la permanencia de los graneles de trigo en almacenamiento. White (1988) reportó las tasas' de crecimiento promedio de 5 veces por mes para *R. dominica* y 10 veces por mes para *T. castaneum* en trigo en almacenes de piso plano. Flinn et al. (1992), desarrolló un modelo para predecir los efectos de los gradientes de temperatura sobre el crecimiento poblacional de insectos. Los modelos de predicción sobre el crecimiento poblacional propuestos por Hagstrum and Throne (1989), indican que la temperatura y el contenido de humedad de un producto son los factores primarios que regulan el crecimiento poblacional bajo condiciones favorables.

Tabla 8. Número de hembras (tasa neta de reproducción) de *R. dominica* y *T. castaneum*, en laboratorio y en sistemas de almacenamiento comercial: bodega, a la intemperie cubierto con lona y silo metálico.

Insecto	Laboratorio	Bodega	Intemperie	Silo
<i>R. dominica</i>	37	14	16	26
<i>T. castaneum</i>	118	12	17	27

## CONCLUSIONES

- *R. dominica* y *T. castaneum*, fueron capaces de reproducirse en los diferentes sistemas de almacenamiento utilizados en esta investigación, demostrándose la gran adaptabilidad de *T. castaneum* para desarrollarse en grano entero de trigo.
- La humedad relativa fue el factor ambiental que mostró mayor correlación, sobre el porcentaje de eclosión de huevecillos y el crecimiento de larvas, más no sobre la emergencia de adultos, mortalidad de adultos y la duración de su ciclo de vida.
- En los diferentes sistemas de almacenamiento, la temperatura ambiental y la temperatura de los graneles de trigo, no presentaron coeficientes de correlación aceptables con el crecimiento poblacional de ambas especies estudiadas.
- A pesar de no encontrarse correlación (prueba de Pearson) entre la temperatura y el crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum*, en el sistema de almacenamiento en bodega se registraron altas temperaturas con menores tasas de crecimiento poblacional de ambas especies de insectos. En cambio en el sistema de almacenamiento en silo se registraron menores temperaturas con mayores tasas de crecimiento poblacional de insectos.
- La localización geográfica de los sistemas de almacenamiento, los materiales de construcción y las condiciones ambientales, influyeron directamente sobre el crecimiento poblacional de los insectos estudiados.
- La duración del ciclo de vida de *T. castaneum* bajo condiciones de almacenamiento comercial, fue mayor en 11 a 14 días en comparación con su desarrollo en condiciones óptimas de laboratorio. Provocado por una mayor duración de sus estadios larvarios.



- Las tasas de reproducción determinadas para los insectos en estudio, demostraron que las poblaciones de adultos hembras alcanzan altos valores, aún bajo condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa.
- Se demostró que una hembra adulta fértil, puede iniciar una gran infestación si las condiciones de crecimiento y reproducción le son favorables. En este sentido la detección de insectos adultos al momento de la recepción y almacenamiento de trigo, adquiere gran relevancia.

### LITERATURA CITADA

- Cotton, R. T., and T. F. Winburn. 1941. Field infestation of wheat by insects attacking it in farm storage. *J. Kansas Entomol. Soc.* 14:12-16.
- Flinn, P. W., D. W. Hagstrum, W. E. Muir, and K. Sudayappa. 1992. Spatial model for simulating changes in temperature and insects population dynamics in stored grain. *Environ. Entomol.* 21:1351-1356.
- Hagstrum, D. W., and J. M. Stanley. 1979. Release-recapture estimates of the population density of *Ephestia cautella* (Walker) in a commercial peanut warehouse. *J. Stored Prod. Res.* 15:117-122.
- Hagstrum, D. W., and J. E. Throne. 1989. Predictability of stored-wheat insect population trends from life history traits. *Environ. Entomol.* 18:660-664.
- Hagstrum, D. W. 1987. Seasonal variation of stored wheat environment and insect population. *Environ Entomol.* 16:77-83.

- Hagstrum, D. W. 1989. Infestation by *Criptolestes ferrugineus* of newly-harvested wheat stored on three Kansas farm. J. Econ. Entomol. 82:655-659.
- Morales, C. C. J. 1996. Comparación entomológica del almacenamiento a la intemperie con sistemas comerciales de trigo en Hermosillo, Sonora. Tesis de maestría. Universidad de Sonora. México. p. 52-56.
- Price, P. W. 1975. Insect Ecology. A Wiley Interscience Publication. John Wiley and Son. New York. 170-174 pp.
- Ravinobich, J. E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Compañía Editorial Continental S.A. México, D.F. p. 224-226.
- SAS Institute. 1995. User's guide: Statistics, SAS Institute, Cary NC.
- Surtees, G. 1965. Ecological significance and practical implications of behaviour patterns determining the spatial structure of insect population in stored grain. Bull. Entomol. Res. 56:201-213.
- Weston, P. A., and S. A. Hoffman. 1991. Humidity and tactile responses of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Environ. Entomol. 20:1433-1437.
- White, G. G. 1988. Field estimates of population growth rates of *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Tenebrionidae and Bostrichidae) in bulk wheat. J. Stored Prod. Res. 24:13-22.
- Winston, P. W., and D. H. Bates. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. Ecology 41:232-237.
- Wong, C. F., M. O. Cortéz, and J. Borboa. 1996. Abundance and distribution of insect in stored wheat grain in Sonora, México. Southwestern Entomologist. 21(1):75-81.

## CAPÍTULO VI

### Interacción de las poblaciones de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo.

---

---

Contenido:	Página
Resumen.....	93
Introducción.....	94
Materiales y Métodos.....	95
Tratamientos en almacenes.....	96
Tratamientos en laboratorio.....	97
Parámetros de evaluación.....	97
Muestreos.....	97
Determinación de condiciones ambientales en almacenes.....	97
Diseño experimental y análisis estadístico.....	97
Estimación de la tasa neta de reproducción.....	97
Resultados y Discusión.....	98
Conclusiones.....	108
Literatura Citada.....	109

## RESUMEN

Se analizó la interacción entre las poblaciones de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum*, bajo condiciones de laboratorio y en los sistemas de almacenamiento comercial: bodega rectangular, almacenamiento al intemperie cubierto con lona y silo metálico. En los diferentes tratamientos, ambas especies se desarrollaron conjuntamente a partir de 50 huevecillos. Los parámetros de evaluación fueron: número de adultos emergidos y porcentaje de mortalidad en adultos. Se tomaron periódicamente registros de temperatura del granel de trigo, temperatura ambiente y humedad relativa del interior de almacenes, para relacionarlos con el crecimiento poblacional de ambas especies. Los resultados mostraron que en el sistema de almacenamiento en bodega, se obtuvo una menor producción de insectos adultos. La emergencia de insectos adultos fue mayor en el sistema de almacenamiento en silo ( $p < 0.05$ ). En este último se presentaron condiciones favorables para el desarrollo de los insectos; tales como, menor temperatura en los graneles de trigo, menor temperatura ambiental interior mayor humedad relativa. Se observó un alto grado de canibalismo en pupas de *T. castaneum* ocasionado por larvas de su misma especie.

Se encontró que las condiciones de temperatura y humedad relativa, son un factor determinante en la sobrevivencia y mortalidad de ambas especies, ya que la producción final de insectos adultos fue menor en el sistema de almacenamiento en bodega. En bodegas se registraron las mayores temperaturas ambientales y mayores temperaturas en los graneles de trigo. En condiciones de altas temperaturas de almacenamiento, la reproducción de insectos presentó bajos niveles y las tasas de reproducción para ambas especies, presentaron valores mayores de uno; lo cual significa que las poblaciones de *R. dominica* y *T. castaneum*, son capaces de reproducirse e interactuar durante su crecimiento en los sistemas de almacenamiento evaluados.

## INTRODUCCIÓN

Existen dos conceptos básicos en la regulación de poblaciones; a) que hay factores externos (denso-independientes) a la población que influyen en el número de individuos y b) que los factores internos (denso-dependientes) afectan el número de individuos y producen regulación (Price, 1975). Las poblaciones de insectos crecen abundantemente cuando penetran o son introducidas en un área no ocupada y con disponibilidad de recursos alimenticios. La competencia interespecífica se torna importante donde existen dos o más especies de insectos estrechamente relacionadas y adaptadas para reproducirse en un mismo hábitat. Se puede decir que cuando las poblaciones de insectos son deficientemente reguladas por factores externos, como el clima, estarán sujetas a fluctuaciones en su densidad y pueden llegar a convertirse en severas plagas en granos almacenados. En curvas de crecimiento poblacional tipo sigmoide (S), la autoaglomeración de insectos reduce las tasas de crecimiento a medida que la densidad aumenta, hasta alcanzar un nivel asintótico superior ( $k$ ), conocido como capacidad de carga. En crecimientos poblacionales tipo sigmoide, la población se regula por sí misma. Cuando dos o más especies de insectos interaccionan, en un mismo tipo de grano, se presentarán fluctuaciones en su densidad como resultado de su competencia intraespecífica. En estudios sobre el gorgojo del frijol *Callosobruchus chinensis*, Utida en 1943 demostró que el efecto de la densidad sobre la fecundidad es considerablemente mayor, que el efecto sobre la mortalidad de los diferentes estadios de desarrollo.

Existen variadas teorías que tratan de explicar la regulación de la dinámica poblacional en las especies animales, las cuales concluyen que cada población tiene su propia combinación de factores que la regulan. De tal modo que la generalización sobre el crecimiento poblacional de las

especies de insectos, puede obviar situaciones específicas de desarrollo. Es posible observar insectos en trigo durante su recepción y almacenamiento, los cuales pueden provenir de infestaciones residuales y de infestaciones del campo. *T. castaneum* en su estado adulto inicia su infestación en trigo almacenado, ya que se considera una especie colonizadora con un alto porcentaje de emigración. *R. dominica* muestra primeramente un nivel de reproducción lento; pero en continuo ascenso, iniciando su infestación frecuentemente en los puntos de entradas y salidas de grano.

Durante el tiempo de almacenamiento de trigo, *R. dominica* y *T. castaneum* interaccionan en mayor o menor grado, dependiendo del efecto de las condiciones ambientales y de los programas de control de insectos. En esta investigación se estudió la interacción de estos insectos en diferentes sistemas de almacenamiento y a nivel laboratorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de la interacción interespecífica de las poblaciones de *R. dominica* y *T. castaneum*, se realizó en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo: a) silo metálico, perteneciente a la Unión de Crédito Agrícola del Mayo, localizado en la ciudad de Navojoa Sonora, con una capacidad de 6,000 ton. de trigo y 20 m de altura en el punto más alto. b) bodega plana rectangular, de mampostería y techo de lámina, localizada en Hermosillo Sonora, con capacidad de 36,000 ton, perteneciente a la Asociación Agrícola Hermosillense S.A. de C. V. y c) almacenamiento a la intemperie cubierto con lona, localizado en Hermosillo Sonora, con capacidad de 13,000 ton, perteneciente a Bodegas Rurales Conasupo S.A

*Tratamientos en almacenes.* Se utilizaron frascos con capacidad de 3 lt, adicionando 2 kg de trigo (grupo comercial I) y 50 huevecillos de cada especie. Los tratamientos se formaron colocando huevecillos de *R. dominica* y *T. castaneum* de manera conjunta, en cada uno de los sistemas de almacenamiento. Estos huevecillos fueron obtenidos de cultivos patrones estandarizados en su crecimiento, seleccionando huevecillos de reciente oviposición, con apariencia sana y turgentes. Previo a la colocación de los tratamientos en el interior de los diferentes sistemas de almacenamiento, los frascos se unieron fuertemente con un cordel de nylon y se les colocó una etiqueta de identificación para facilitar su extracción, ya que se colocaron a una profundidad de 50 cm. Posteriormente los tratamientos fueron distribuidos en la parte inicial, central y final de los diferentes sistemas de almacenamiento. Se establecieron tres grupos de tres frascos, considerándose a cada grupo como una repetición.

La estimación del grado de canibalismo, se realizó exclusivamente en pupas de *T. castaneum*, debido a que fueron más apreciables los restos de pupas mutiladas por larvas de de esta misma especie. Estas observaciones fueron realizadas en tratamientos de laboratorio, evaluando el grado de canibalismo como alto, medio o bajo, de acuerdo al número de individuos afectados y a la continuidad presentada en los muestreos.

*Tratamientos en laboratorio.* Los tratamientos efectuados en almacenes comerciales de trigo con los insectos *R. dominica* y *T. castaneum*, fueron repetidos a nivel laboratorio, utilizando cámaras modelo shell-lab en condiciones controladas de 30 °C de temperatura y 75 % de humedad relativa. Para controlar la humedad relativa se utilizó una solución saturada de cloruro de sodio, adicionando 250 ml de solución en un recipiente cubierto con plástico para evitar fugas de humedad (Winston and Bates 1960), en el interior se colocaron los tratamientos. La temperatura se controló directamente en la cámara de reproducción, mediante regulador automático y termómetro.

*Parámetros de evaluación.* Los parámetros de evaluación para el estudio del crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum* en los diferentes sistemas de almacenamiento comercial y a nivel laboratorio fueron: número de insectos adultos emergidos y porcentaje de mortalidad en insectos adultos.

*Muestreos.* Se efectuaron semanalmente durante 18 semanas, retirando de cada tratamiento una muestra en tres puntos del interior del frasco (sin reemplazo de insectos adultos, sólo del grano muestreado). Se utilizó un muestreador de alvéolos pequeño, diseñado especialmente para este fin. Al finalizar esta etapa experimental, los insectos fueron contabilizados para obtener el número total de insectos por especie y tratamiento. Se incluyó además al número de insectos obtenidos en muestreos parciales.

*Determinación de condiciones ambientales en almacenes.* Se tomaron tres lecturas diarias de temperatura y humedad relativa a las 8:00, 13:00 y 18:00 horas, colocando en el espacio libre del almacén un medidor tipo digital de humedad relativa y temperatura. De igual manera, se tomó la temperatura en el granel de trigo a una profundidad de 50 cm.

*Diseño experimental y análisis estadístico.* Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey 0.05% (SAS Institute, 1995).

*Estimación de la tasa neta de reproducción o de reemplazo.* La tasa neta de reproducción se determinó para observar el nivel reproductivo de las poblaciones hembra de *R. dominica* y *T. castaneum*, analizando solo el número de nuevas hembras que producen durante su vida (Rabinovich, 1980). Esta determinación se efectuó para poblaciones de *R. dominica* y *T. castaneum* a nivel laboratorio en condiciones controladas (30 °C y 75 % de humedad relativa) y en los sistemas



de almacenamiento mencionados anteriormente, bajo las condiciones ambientales prevalecientes durante la etapa experimental.

Se utilizaron recipientes de plástico transparente de 1.5 lt, con tapa perforada cubierta con malla metálica No. 80. En cada recipiente se colocaron 1 kg de trigo del grupo comercial I, ocupando dos terceras partes de volumen. Posteriormente en la parte superior del trigo se colocó una malla metálica No. 40, sobre ella se depositaron 20 g de trigo y 5 parejas de insectos de cada especie, para finalmente colocar la tapa. Con esta metodología fue posible reducir el estrés en los insectos, ya que no fue necesario cambiarlos periódicamente a nuevos recipientes. Los insectos fueron marcados con pintura blanca sobre los élitros posteriores, para identificarlos y evitar confusiones con los nuevos insectos adultos emergidos. Durante el desarrollo de esta prueba y cada tercer día, los recipientes fueron sacudidos ligeramente para que los huevecillos y pequeñas larvas pasaran a través de la malla interna. De esta manera completaron su ciclo de vida en el trigo colocado en la parte inferior de los recipientes. Los nuevos insectos adultos emergidos fueron retirados semanalmente del grano para ser sexados y obtener el número de hembras y machos, así como el número total de insectos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presentan los resultados obtenidos en muestreos semanales, sobre el estudio de la interacción de *R. dominica* y *T. castaneum*, considerando los sistemas de almacenamiento comercial de trigo en bodega rectangular, intemperie cubierto con lona y silo metálico. En los tres sistemas de almacenamiento evaluados, a partir del quinto muestreo (31 días

Tabla 1. Número de insectos adultos emergidos de *R. dominica* y *T. castaneum*, desarrollados conjuntamente en los sistemas de almacenamiento comercial: bodega, a la intemperie cubierto con lona y silo metálico.

Muestreos Semanales	Bodega		Intemperie		Silo	
	<i>T. castaneum</i>	<i>R. dominica</i>	<i>T. castaneum</i>	<i>R. dominica</i>	<i>T. castaneum</i>	<i>R. dominica</i>
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.3	0.0	1.3	0.0	0.3	0.0
5	2.3	1.0	4.0	1.3	6.3	2.7
6	2.0	3.0	3.3	4.3	3.0	6.3
7	2.7	4.0	3.0	6.0	1.7	6.3
8	5.0	2.0	5.3	4.7	4.7	5.3
9	5.0	3.3	5.0	4.3	7.0	6.7
10	4.7	7.0	6.7	12.7	7.7	14.3
11	3.3	9.0	6.3	10.0	7.0	13.3
12	5.0	9.3	6.0	16.0	4.0	18.3
13	3.3	12.7	6.3	15.0	5.7	22.3
14	5.3	13.7	8.3	17.7	8.0	27.0
15	3.3	15.3	5.3	20.0	7.3	28.0
16	3.3	15.3	3.3	23.3	6.3	25.0
17	1.0	14.0	3.3	26.0	6.0	29.3
18	2.0	15.0	5.3	25.7	10.7	27.7

en promedio de huevecillo a adulto) se generalizó la emergencia de insectos adultos para ambas especies de insectos. En las Figuras 1, 2 y 3, se muestran gráficamente los resultados en muestreos semanales en los sistemas de almacenamiento evaluados.

En todos los casos se observó mayor emergencia de insectos adultos de *R. dominica* en comparación con la emergencia de adultos de *T. castaneum*. El número de adultos de *R. dominica* presentó un crecimiento ascendente, a partir del quinto muestreo; en cambio, *T. castaneum* presentó fluctuaciones en la emergencia de adultos. Esta diferencia de crecimiento puede deberse a que en los tratamientos experimentales se utilizó grano entero de trigo y recipientes que reducen

la movilidad de los insectos. *T. castaneum* se reproduce adecuadamente en granos quebrados, dañados por insectos y en harinas, es conocido como un insecto de gran movilidad que busca constantemente nuevas fuentes de alimento. *R. dominica* presentó mayor tasa de reproducción en grano entero, debido posiblemente a que tiene poca movilidad sobre los granos y una vez iniciada su infestación penetra rápidamente en los granos. Se detectó un alto grado de canibalismo en pupas de *T. castaneum* producido por larvas de esta misma especie.

Con estos resultados se determinó que las poblaciones de *R. dominica* en trigo almacenado, tendrán un crecimiento inicial lento el cual se incrementa conforme avanza el tiempo de infestación. Este tipo de crecimiento poblacional es frecuentemente observado en trigo almacenado comercialmente y es constante hasta que las condiciones de almacenamiento le son favorables.

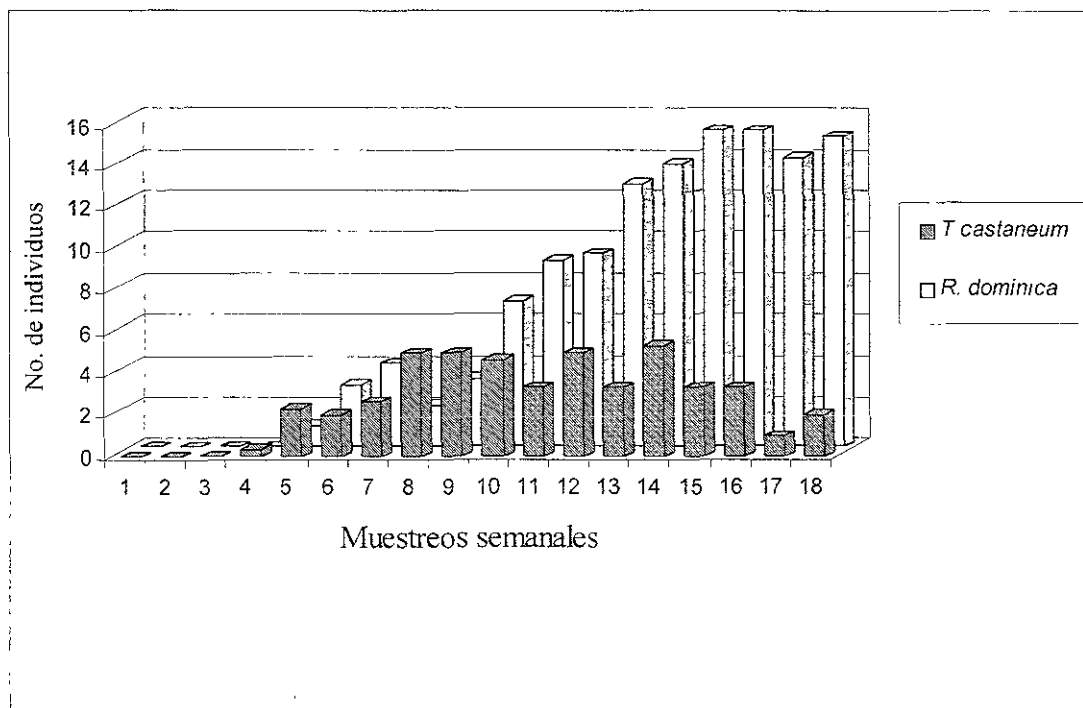


Figura 1. Crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum*, desarrollados conjuntamente en trigo almacenado comercialmente en bodega rectangular.

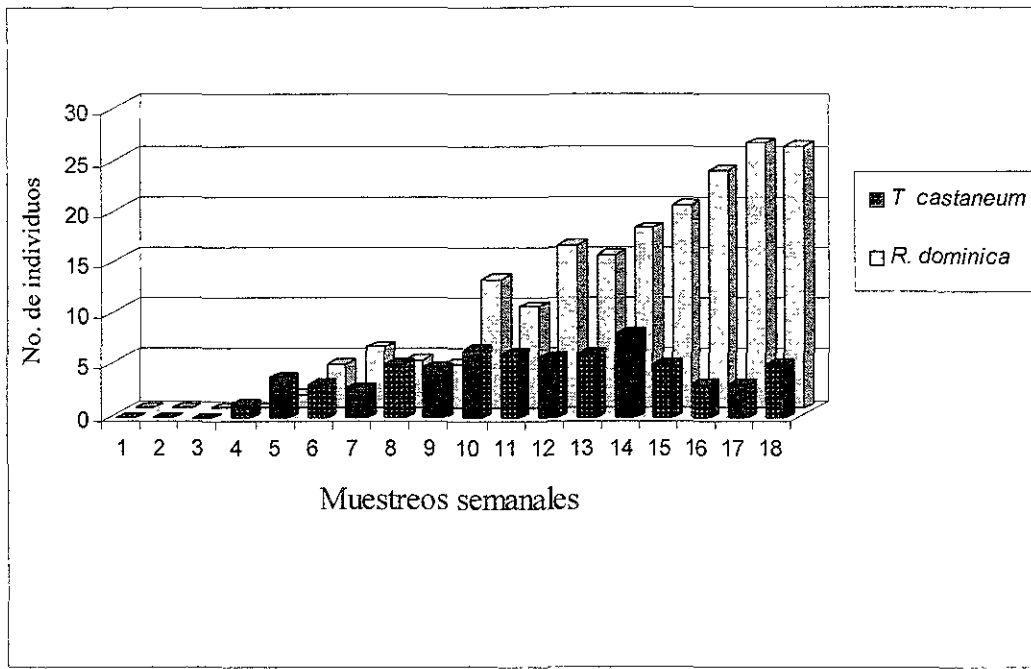


Figura 2. Crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum*, desarrollados conjuntamente en trigo almacenado comercialmente a la intemperie cubierto con lona.

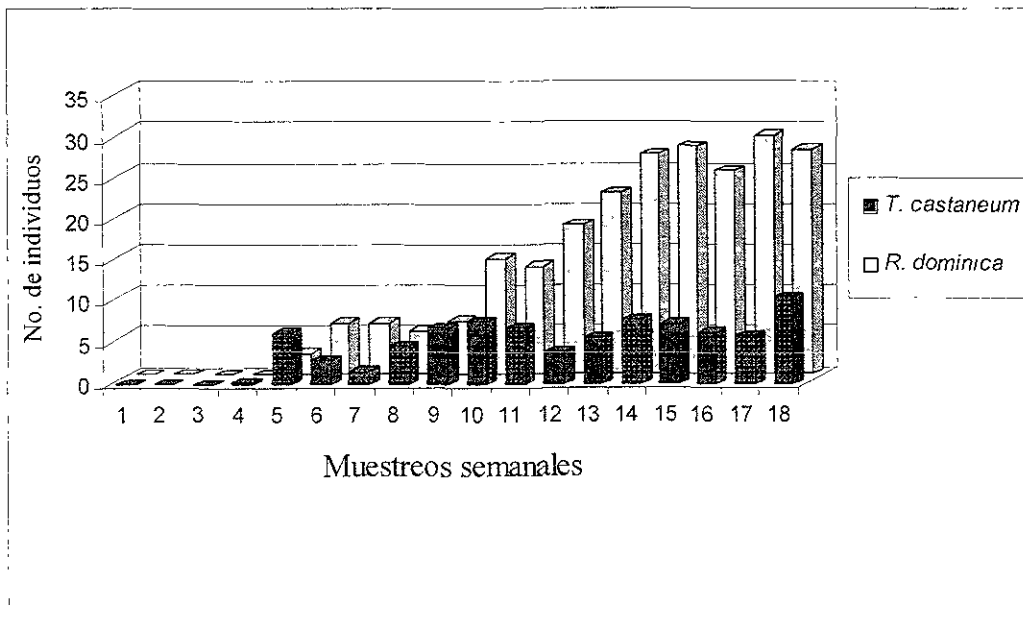


Figura 3. Crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum*, desarrollados conjuntamente en trigo almacenado comercialmente en silo metálico.

Tabla 2. Número total de insectos adultos de *R. dominica* y *T. castaneum*, desarrollados conjuntamente en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo durante 18 muestreos semanales<sup>1</sup>.

Condición de desarrollo	<i>Rhyzopertha dominica</i>	<i>Tribolium castaneum</i>
Laboratorio	367.0	202.0
Bodega	124.6 c	48.6 c
Intemperie	187.0 b	72.7 b
Silo	232.6 a	85.7 a

<sup>1</sup> Para cada columna, valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí (Tukey 0.05 %).

Tabla 3. Temperaturas (°C) medias mensuales: granel del trigo, ambiente interior y % de humedad relativa interior. Obtenidas en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo.

Mes	Temperatura del granel			Temperatura ambiental			Humedad relativa		
	Bodega	Intemperie	Silo	Bodega	Intemperie	Silo	Bodega	Intemperie	Silo
Julio	33.0	32.0	29.5	34.2	33.7	31.7	32.7	35.5	34.2
Agosto	32.4	29.8	27.2	33.0	32.0	29.8	40.8	44.2	44.0
Septiembre	32.0	29.5	28.2	32.5	31.5	29.5	39.1	43.7	54.2
Octubre	26.6	30.6	25.8	31.8	30.4	26.0	33.3	35.2	42.6

En el sistema de almacenamiento al intemperie se registraron valores intermedios de temperatura y humedad relativa. El análisis de temperatura y humedad relativa en relación con el crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum*, indicó que las condiciones ambientales son un factor determinante en la sobrevivencia y mortalidad de insectos. Comparativamente la producción final de insectos adultos fue menor en el sistema de almacenamiento en bodega, siendo éste el que registró las mayores temperaturas ambientales y del granel del trigo (Tabla 3).

De tal modo que es factible considerar que las temperaturas son el principal factor que produce mortalidad, sin descartar la importancia de los factores de competencia y canibalismo, entre otros. En algunos casos, temperaturas elevadas incrementan la mortalidad observada en insectos adultos, produciendo una reducción en su longevidad. Faroni and García (1992) concluyeron que la longevidad en hembras de *R. dominica* disminuyó con el aumento de la temperatura, siendo de 75 días a 35 °C.

Otro factor de mortalidad se produce por las interacciones entre especies de insectos, ya que son importantes en la regulación de la dinámica poblacional. Bajo condiciones de alta densidad de insectos, muchas especies de insectos de granos almacenados se alimentan de los estados inactivos como huevecillos y pupas, de su propia especie o de otras especies (Lefkovitch, 1968). LeCato (1975) encontró que huevecillos o adultos muertos de *Plodia interpunctella* (Hubner) fueron comidos por *T. castaneum*, aumentando con esto su crecimiento poblacional y redujo los niveles de mortalidad. Arbogast (1989) demostró que el crecimiento poblacional de *Latheticus oryzae* W. en maíz, aumentó al alimentarse con palomillas muertas.

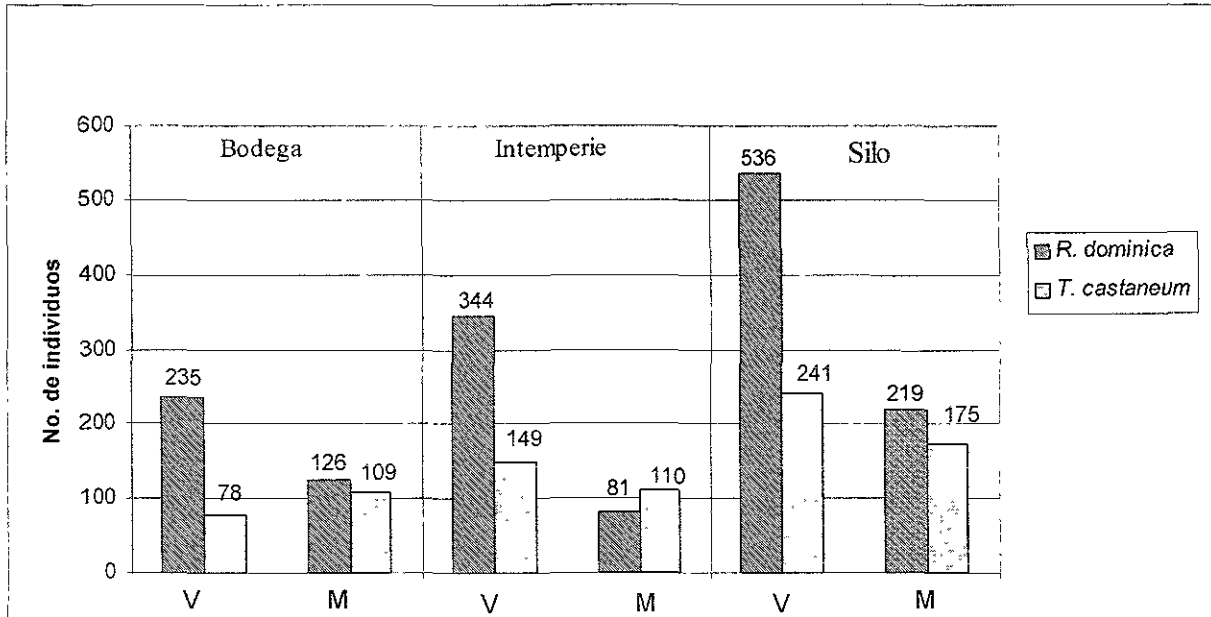
En las interacciones entre insectos de la misma especie, el amontonamiento podría ser importante en la limitación del tamaño de la población de insectos, que se desarrolla en alimentos residuales en almacenes, transportación o instalaciones de proceso. Pero la importancia del amontonamiento se reduce por la tendencia de los adultos a emigrar antes de que esto ocurra (Hagstrum and Gilbert, 1976). Para determinar específicamente el o los factores que producen mortalidad en insectos, es necesario realizar experimentos específicos donde se estudie el grado de canibalismo, relación espacio alimento, reproducción, edad, relación hembra y macho, control de rangos de temperatura y humedad relativa entre otros.

Trigo almacenado se considera infestado si las densidades son mayor o igual de 0.002 insectos/g y densidades de 0.3 insectos/g pueden causar calentamiento del grano (Hagstrum and Flinn 1992). En esta investigación se encontraron densidades altas para los diferentes sistemas de almacenamiento. En el sistema de almacenamiento en silo se encontró en promedio una densidad de 0.26 insectos/g, para *R. dominica* y de 0.12 insectos/g para *T. castaneum*.

La competencia interespecífica es importante donde existen dos o más especies estrechamente relacionadas. Si la competencia es rigurosa una de las especies puede ser eliminada o bien las especies pueden ser capaces de vivir juntas en densidades reducidas, compartiendo los recursos alimenticios (Odum, 1971). En relación al crecimiento de *R. dominica* y *T. castaneum*, se puede concluir que pueden coexistir en un medio limitado por espacio y alimento, ya que después de varias generaciones ambas especies continuaron reproduciéndose. En la Figura 4 se muestra el número total de adultos vivos y muertos de *R. dominica* y *T. castaneum*, durante su interacción de crecimiento en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo. En esta gráfica se incluyeron los valores totales de insectos vivos y muertos obtenidos al concluir la etapa experimental. Observándose que en el almacenamiento en silo *R. dominica* y *T. castaneum*, presentaron mayor emergencia con 536 y 175 insectos adultos vivos respectivamente. Se determinó una proporción de macho y hembra de 1:1.2, para *R. dominica* y 1:1.4 para *T. castaneum*. Tuzinkevich (1992), demostró que las hembras de *T. castaneum* presentan menor movilidad y mayor sensibilidad para competir con individuos cercanos, lo cual interviene en la regulación de su crecimiento poblacional.

En esta investigación se estudió el efecto de las condiciones de almacenamiento, sobre el crecimiento de *R. dominica* y *T. castaneum* durante 18 semanas de experimentación, tiempo en el cual los tratamientos no alcanzaron una aglomeración excesiva de los diferentes estados de

crecimiento de ambas especies de insectos. De tal modo que la densidad de insectos no fue un factor determinante en su supervivencia y mortalidad.



V: Insectos vivos  
M: Insectos muertos

Figura 4. Supervivencia y mortalidad de adultos de *R. dominica* y *T. castaneum*, durante su interacción de crecimiento en tres sistemas de almacenamiento comercial de trigo. Valores totales obtenidos al concluir la etapa experimental.

En el sistema de almacenamiento en bodega, las temperaturas medias diarias durante los meses de julio y agosto, presentaron fluctuaciones de 30 a 37 °C. Estas temperaturas mantienen calientes las estructuras del almacén, así como a los graneles de trigo, incluso durante la noche, debido a su baja conductibilidad térmica. En condiciones de altas temperaturas de almacenamiento en el curso de la investigación, la interacción de *R. dominica* y *T. castaneum* en trigo se llevó a cabo con éxito, ya que las especies no se exterminaron entre ellas y pudieron coexistir en espacio y alimento controlado.



En tratamientos de laboratorio, emergieron 367 insectos adultos de *R. dominica* y 202 adultos de *T. castaneum*. Esto demuestra que en condiciones controladas de humedad y temperatura, la interacción entre estas dos especies presenta mayor crecimiento poblacional, que en los sistemas comerciales de almacenamiento evaluados (Tabla 2). Irshad and Talpur (1993) investigaron en laboratorio, las interacciones entre *R. dominica*, *Sitotroga cerealella* y *T. castaneum*, encontrando que el número de adultos de *R. dominica* fue comparativamente más alto (426 adultos), cuando se apareó como especie individual que cuando se apareó en presencia de *T. castaneum* (298 adultos). Lo anterior refuerza la teoría sobre la regulación del crecimiento poblacional, causada por la interacción entre especies.

Las tasas de reproducción de *R. dominica* y *T. castaneum* obtenidas en laboratorio y para los sistemas de almacenamiento comercial en experimentación, se muestran en la Tabla 4. En condiciones controladas de laboratorio una sola hembra de *R. dominica* produjo 49 nuevas hembras adultas, en cambio una pareja de *T. castaneum* solo produjo 33 nuevas hembras. En los sistemas comerciales de almacenamiento evaluados, se observó que *R. dominica* produjo mayor número de hembras que *T. castaneum*. Las tasas de reproducción indican el número de adultos hembras producidos por una hembra durante toda su vida y cuando su valor es mayor de uno, significa que la población se encuentra en pleno crecimiento.

En el sistema de almacenamiento en bodega durante cuatro meses de evaluaciones experimentales, se produjeron 21 adultos hembras de *R. dominica* y 7 hembras de *T. castaneum*, si multiplicáramos por la fecundidad media de *R. dominica* (250 huevecillos), se tendría una oviposición de 5,250 huevecillos y 3,150 larvas de acuerdo al 60 % de eclosión. Para estimaciones más acertadas sería necesario establecer experimentos de mayores dimensiones y gran precisión. En distintas investigaciones sobre competencia interespecífica, se ha encontrado

que cuando dos distintas especies de *Tribolium* (*T. castaneum* y *T. confusum*) se colocan en un pequeño universo homogéneo, invariablemente una de las especies es eliminada tarde o temprano, mientras que la otra continuará reproduciéndose, de tal modo que el ecosistema tendrá finalmente un gran efecto en la selección de cuál de las dos especies triunfará en la competencia.

Tabla 4. Determinación de la tasa neta de reproducción de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum* obtenida durante su interacción de crecimiento, en laboratorio y en tres sistemas de almacenamiento de trigo.

Condición de desarrollo	<i>Rhyzopertha dominica</i>	<i>Tribolium castaneum</i>
Laboratorio	49*	33
Bodega	21	7
Intemperie	20	11
Silo	36	9

\* Número de insectos hembra.

Una especie predomina, cuando las condiciones ambientales de calor y humedad (*T. castaneum*), mientras que la otra especie sobrevive cuando aquéllas son de frío y sequedad (*T. confusum*). La eliminación de una especie por otra, como resultado de la competencia interespecífica ha llegado a conocerse como el principio de exclusión competitiva (Odum, 1979). La competencia intraespecífica y la denso-dependencia obviamente están unidas estrechamente; sin embargo, no todos los efectos denso-dependientes (ejemplo la disponibilidad de alimentos y espacio) son el resultado de la competencia intraespecífica (Begon and Mortimer, 1981).

Bajo circunstancias de interacción de especies, los insectos continuarán su reproducción, hasta que las condiciones de almacenamiento les sean desfavorables o el alimento sea una limitante, sin descartar los efectos de la interacción intraespecífica (competencia y canibalismo).

Si se desea realizar estimaciones sobre el crecimiento poblacional de determinada especie de insecto, sería necesario determinar su tasa neta de reproducción en base al grano en el cual se alimenta, considerar las condiciones ambientales y desde luego conocer la fecundidad (oviposición) promedio por hembra. En los diferentes sistemas de almacenamiento de trigo, es posible detectar insectos adultos de *R. dominica* y *T. castaneum* ya sea en los análisis de recepción de granos o en muestreos durante el almacenamiento. La identificación del sexo en insectos, el conocimiento de las tasas de reproducción y fecundidad de hembras, y las condiciones climáticas en la época de almacenamiento, podrían ser herramientas importantes en los programas de manejo y conservación de granos. Actualmente se da primordial importancia a la información que proporcionan los muestreos de granos y de acuerdo a la densidad de insectos se realizan aplicaciones de productos químicos.

## CONCLUSIONES

- Se demostró que *R. dominica* y *T. castaneum* pueden interaccionar y reproducirse bajo las condiciones de almacenamiento comercial de trigo.
- El crecimiento poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum* en el sistemas de almacenamiento comercial de trigo en silo metálico fue mayor, seguido del almacenamiento al intemperie cubierto con lona y por último en el almacenamiento en bodega rectangular.
- La interacción de estas especies en condiciones de altas temperaturas ambientales y altas temperaturas en los graneles de trigo, fue exitosa, ya que en los diferentes sistemas de almacenamiento comercial, se obtuvieron nuevas generaciones de insectos adultos.

- Los principales factores causantes de mortalidad en ambas especies fueron: temperatura y la competencia intraespecífica representada por el canibalismo. Los mayores niveles de canibalismo se observaron en larvas de *T. castaneum* al alimentarse preferentemente de pupas de su misma especie.
- La emergencia de insectos adultos de *R. dominica* presentó un patrón de crecimiento ascendente, en los diferentes sistemas de almacenamiento evaluados. En *T. castaneum* se observaron fluctuaciones en la emergencia de adultos.
- Las tasas de reproducción (emergencia de adultos hembras) obtenidas en los diferentes sistemas comerciales de almacenamiento, fueron mayores en *R. dominica* que en *T. castaneum*. Esta determinación podría ser de gran utilidad en la predicción del crecimiento poblacional de insectos en granos almacenados.
- La interacción entre especies de insectos en los sistemas de almacenamiento comercial de trigo es común y su crecimiento poblacional puede ser limitado por la competencia intraespecífica e interespecífica.

## LITERATURA CITADA

- Arbogast, R. T. 1989. Detritus as a factor influencing population growth rates of three Tenebrionid beetles in stored corn. *J. Entomol. Sci.* 24:454-459.
- Begon, M., and M. Mortimer. 1981. *Population Ecology. A unified study of animals and plants.* Blackwell Scientific Publications. Oxford, London. 31-34 pp.

- Faroni, L. R., and M. F. García. 1992. Influence of temperature on biological parameters of *Rhyzopertha dominica* (F.). Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas. 18(2):455-467.
- Hagstrum, D. W., and P. W. Flinn. 1992. Integrated pest management of stored-grain insects. *In* Storage of cereal grains and their products (Ed. Sauer, D. B.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul MN. 535-562 pp.
- Hagstrum, D.W., and E. E. Gilbert. 1976. Emigration rate and age structure dynamics of *Tribolium castaneum* population during growth phase of a colonizing episode. Environ. Entomol. 5:445-448.
- Irshad, M., and S. Talpur. 1993. Interaction among three coexisting species of stored grain insect pests. Pakistan Journal of Zoology. 25(2):131-133.
- LeCato, G. L. 1975. Red flour beetle: Population growth on diets of corn, wheat, rice or shelled peanuts supplemented with eggs or adults of the Indian meal moth. J. Econ. Entomol. 68:763-765.
- Lefkovitch, L. P. 1968. Interaction between four species of beetles in wheat and wheat-feed. J. Stored Prod. Res. 3:235-249.
- Odum, E. P. 1971. Fundamentals of Ecology. 3rd. ed. Saunders, Philadelphia. 574 pp.
- Odum, E. P. 1979. Ecología: El vínculo entre las ciencias naturales y las sociales. Compañía Editorial Continental, S.A. México. p. 155-164.
- Price, P. W. 1975. Insect Ecology. A Wiley Interscience Publication. John Wiley and Son. New York. p.171.
- Ravinobich, J. E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Compañía Editorial Continental S.A., México, D.F. p. 224-226
- SAS Institute. 1995. User's guide: Statistics, SAS Institute, Cary NC.

- Tuzinkevich, A. V. 1992. Model of a bisexual population of *Tribolium castaneum*. Academy of Sciences. Journal Obshchei-Biologii. 53(6):820-829.
- Utida, S. 1943. Studies on experimental population of the azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* (L.). VIII. Statistical analysis of the frequency distribution of the emerging weevils on beans. Mem. Coll. Agr., Kyoto Imp. Univ. 54(1): 40.
- Winston, P. W., and D. H. Bates. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. Ecology. 41:232-237.

## CAPÍTULO VII

### Abundancia poblacional de *Rhyzopertha dominica* y *Tribolium castaneum* durante la maduración y secado del cultivo de trigo en el campo.

---

---

Contenido:	Página
Resumen.....	113
Introducción.....	114
Materiales y Métodos.....	117
Muestreo con trampas adhesivas aéreas.....	119
Muestreo con red entomológica de golpeo.....	119
Muestreo mediante recolección de espigas.....	119
Muestreo en camiones de transporte.....	120
Diseño y análisis estadístico.....	120
Indicadores relativos de la abundancia poblacional.....	120
Resultados y Discusión.....	121
Conclusiones.....	132
Literatura Citada.....	133

## RESUMEN

Durante la maduración y secado del trigo en el campo, se evaluó la abundancia poblacional de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) y *Tribolium castaneum* (H.) (Coleoptera: Tenebrionidae), seleccionando seis parcelas de trigo distribuidas en dos regiones agrícolas del estado de Sonora. Se utilizaron cuatro métodos de muestreo, incluyendo muestreos utilizando trampas aéreas adhesivas con feromonas (dominicalure I, para la captura de *R. dominica*, y feromona de *Tribolium sp.* para la captura de *Tribolium castaneum*), muestreos con red entomológica de golpeo, muestreos en espigas de trigo y muestreos en camiones de transporte. Se utilizaron 12 fechas de muestreo, durante los meses de abril y mayo. Los resultados de captura en muestreos de trampas con feromonas, confirmaron la existencia de *R. dominica* y *T. castaneum* durante el secado de espigas de trigo en el campo. La captura de insectos en trampas con feromonas no presentó continuidad, considerando la fecha de muestreo y el grado de madurez de los granos en las espigas de trigo. Las distancias entre los almacenes de trigo y las parcelas de trigo muestreadas, no mostraron influencia en los niveles de captura de *R. dominica* y *T. castaneum*. De tal manera que la presencia de insectos en los campos de trigo, puede deberse a su reproducción en especies de plantas silvestres y restos de cosechas. *R. dominica* fue más capturado en trampas aéreas con feromona, en comparación con la captura de *T. castaneum*. Lo anterior puede deberse a que *T. castaneum* presentó poca actividad de vuelo ya que prefiere desarrollarse en las partes bajas de las plantas y en el suelo. El tipo de feromonas y trampas utilizados fueron eficaces en la captura de *R. dominica* y *T. castaneum*, aún en bajos niveles de infestación. En muestreos efectuados con red entomológica de golpeo en plantas de trigo, sólo se capturaron insectos adultos de *R. dominica*, los cuales fueron detectados hasta el cuarto muestreo,



siendo más generalizada su captura en el mes de mayo. En muestreos efectuados en camiones de transporte de trigo al momento de la cosecha, no se detectaron insectos adultos de *R. dominica* ni de *Tribolium castaneum*. Estas muestras fueron almacenadas a condiciones ambientales durante 33 a 39 días, observándose una baja emergencia de insectos adultos de *R. dominica*. Con esto se comprueba que los granos de trigo son ovipositados por *R. dominica* en el campo durante su secado. La presencia de huevecillos en espigas y granos de trigo en el campo, son difíciles de detectar y cuantificar ya que son de tamaño reducido y color blanco. Los análisis de correlación entre la captura de *R. dominica* y *T. castaneum* y las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa), no mostraron coeficientes de correlación ( $r$ ) mayores de 0.5. Únicamente en muestreos de trampas con feromonas, se capturaron insectos adultos de *R. dominica* y *T. castaneum*. Las dosis y tipo de liberadores de feromonas utilizados demostraron su eficiencia en la detección de estos insectos. La región agrícola del Valle del Mayo (sur de Sonora), presentó mayor abundancia poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum*.

## INTRODUCCIÓN

Los productos infestados por insectos en el campo, son la fuente primaria de infestación en productos almacenados. El nivel de infestación en el campo es influenciado por el estado de crecimiento del cultivo y puede aumentar cuando es secado en la planta (trigo) o cortado para secarse (frijol). Los insectos de productos almacenados son capaces de volar largas distancias, de reproducirse en varios hospederos silvestres y de alimentarse de flores para aumentar la longevidad y la fecundidad en los adultos. Sin embargo, varias de estas poblaciones silvestres

podrían ser emigrantes en el almacenamiento, transportación y en instalaciones de proceso. Se tiene conocimiento de varias especies de insectos de productos almacenados que infestan cultivos en el campo antes de cosecharlos (Hagstrum, 1985). Las especies de insectos que se alimentan del interior de los granos, probablemente son más exitosas cuando inician su infestación en el campo antes de la cosecha. En cambio otras especies de insectos que no perforan los granos, generalmente son eliminadas en el cribado de las máquinas cosechadora. El nivel de infestación de granos en el campo, puede ser bajo y difícil de detectarse en muestreos de granos, pero aún en bajas densidades pueden aumentar su crecimiento y causar severos daños durante el almacenamiento.

Varios estudios han mostrado que los niveles de infestación en el campo disminuyen con la distancia de los centros de recepción y almacenamiento. En muchos casos, las infestaciones de campo son bastante bajas; sin embargo, son altas cuando el producto es dejado en el campo para secarlo. En este caso los insectos pueden completar una generación en el campo antes de la cosecha.

El comportamiento de los insectos para localizar y obtener pareja, sitios de oviposición y alimentos es un aspecto importante de su dinámica poblacional. Todas las especies de insectos de productos almacenados, usan probablemente el olor que desprenden los alimentos para localizarlos. Las feromonas de insectos que se alimentan de productos almacenados, son feromonas sexuales o de agregación (Burkholder, 1982). Las feromonas sexuales se liberan normalmente por la hembra y el macho responde al olor; estas feromonas se producen por especies que tienen adultos de vida corta. Las feromonas de agregación se producen normalmente por el macho, pero ambos hembra y machos responden a el olor. Las feromonas de agregación se producen únicamente por especies que tienen adultos de vida larga. En cualquier caso, el efecto

de estos compuestos es presumiblemente llevar a los insectos juntos para el apareamiento. La producción y utilización de feromonas (sexuales o de agregación) por insectos de productos almacenados es influenciada por la edad, el estado nutricional, la historia alimenticia, experiencia sexual previa del insecto y por parámetros ambientales tales como la temperatura y humedad relativa. Publicaciones recientes han demostrado que en algunos casos, hembras y machos producen compuestos que son requeridos para la terminación exitosa del proceso de apareamiento (Phelan 1992).

El papel de compuestos de atracción libre (principalmente feromonas) en situaciones de campo, donde la densidad poblacional de insectos es baja, ha sido extremadamente limitada y permanece desconocida (Burkholder and Ma 1985). Los insectos de manera individual únicamente liberan cantidades de picogramos a nonogramos de feromonas en cualquier tiempo, muchos de estos compuestos son altamente volátiles y lábiles, así que tienen un promedio de vida corta. El espacio activo de la emisión de feromonas de un insecto sencillo no es más de unos pocos centímetros a un metro (Mankin et al. 1980).

En investigaciones de campo en trampas con feromonas, se debe de considerar las distancias de dispersión, su tiempo de liberación, dosis y tipo de liberadores, además tomar en cuenta las distancias entre los lugares muestreados y la distancia a los centros de almacenamiento de granos. Las feromonas comerciales son una alternativa para mejorar la detección y la estimación de la densidad de poblaciones de insectos. Se utilizan principalmente en programas de detección y monitoreo de insectos cuarentenados, en trampeo de insectos en cultivos antes de la cosecha, trampeo de insectos en vehículos de transporte y en programas de trampeo de insectos en el interior y exterior de almacenes. Las trampas aéreas con feromonas, se han utilizado para encontrar poblaciones muy bajas de insectos y para estimar su densidad poblacional a través del

tiempo (dinámica poblacional) y del espacio (distribución), además pueden adaptarse a muchas situaciones en base a la biología de los insectos (Leos, 1992). La feromona comercial dominicalure I, es una feromona de agregación utilizada específicamente para la captura de *Rhyzopertha dominica* (Williams et al. 1981). La feromona comercial específica para capturas de *T. castaneum* y *T. confusum* (Storgard CFB/RFB), es también una feromona de agregación (Suzuki and Sugawara, 1979). En la colocación de trampas con feromonas para la captura de insectos en plantas de trigo, no existe un patrón definido sobre la altura, distancia entre ellas, número de trampas, etc., pero se recomienda que se considere la velocidad y dirección del viento, así como colocarlas sobre las inflorescencias. Cogburn et al. (1984), determinaron que la captura de insectos es inversamente proporcional a la altura de las trampas. En el interior de almacenes la captura de *R. dominica*, fue mayor cuando las trampas aéreas se colocaron cerca del grano, ya que pueden capturar insectos que vuelan y se mueven sobre los granos (Leos, 1987).

Para detectar la presencia de insectos clasificados como de “almacén” en los campos de trigo, es necesario efectuar muestreos dirigidos sobre la espigas, ya que se estima que la infestación de campo se incrementa en éstas durante su maduración y secado. En la implementación de un sistema de muestreo de insectos en el campo, es importante conocer el ciclo de vida y hábitos de las especies que se van a monitorear.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La abundancia poblacional del barrenador menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) y el gorgojo castaño de la harina *Tribolium castaneum* (H.) (Coleoptera:

Tenebrionidae), fue analizada durante la etapa de madurez del trigo en el campo, para lo cual se seleccionaron seis parcelas de trigo (en dos regiones agrícolas del estado de Sonora) y se utilizaron cuatro métodos de muestreo. Las parcelas se seleccionaron con la misma fecha siembra (15 de diciembre) y sembradas con la variedad de trigo Aconchi. Fue necesario además contar con el apoyo de los agricultores para coordinar las labores de campo en las diferentes parcelas de prueba.

Se ubicaron tres parcelas de trigo en la región agrícola Valle del Mayo, localizadas en el Municipio de Etchojoa, específicamente en los ejidos Etchojoa, Basconcobe y Bacobampo: denominadas parcelas 1, 2 y 3. La distancia a los almacenes más cercanos fue de 4, 11 y 8 km respectivamente. Tres parcelas más se ubicaron en la región agrícola del Valle del Yaqui, Municipio de Bécum, específicamente en el block agrícola 611 y block agrícola 609, denominadas parcelas 4 y 5. La parcela 6, se ubicó en el Municipio Benito Juárez, específicamente en el ejido Villa Juárez. La distancia entre parcelas experimentales y los almacenes de trigo más cercanos fue 23, 26 y 25 km respectivamente.

Las regiones agrícolas seleccionadas son las que dedican mayor extensión al cultivo de trigo, además en estas regiones se ha reportado la presencia de insectos adultos de *R. dominica* y *T. castaneum*, durante la recepción de trigo en la época de cosecha. Los métodos de muestreo utilizados en esta investigación, cubrieron ampliamente las posibilidades de detección y captura de insectos adultos. Para correlacionar los efectos de las condiciones ambientales con la detección de insectos en el campo, se tomaron en cada muestreo registros de temperatura (°C) y % humedad relativa.

De manera general y en base a la fecha de siembra, durante la última quincena del mes de marzo, se forman los granos en las espigas y se estima que éstos alcanzan su madurez fisiológica. A partir de esta etapa, las plantas y espigas de trigo cambian su color de verde a amarillento. Se

tomó como inicio de la madurez fisiológica de los granos, el día 22 de marzo de 1997. De acuerdo a lo anterior los muestreos se iniciaron el día 13 de abril, habiendo transcurrido 21 días de madurez en granos. En este tiempo los granos concluyeron la fase de llenado e iniciaron su endurecimiento y secado.

*Muestreo con trampas aéreas adhesivas.* Se establecieron trampas de cartón con adhesivo (tipo pherocon III D anaranjadas), conteniendo liberadores de plástico con feromona dominicalure I, en dosis de 25 microlitros, para la captura de insectos adultos de *Rhyzopertha dominica*. Para la captura de insectos adultos de *Tribolium castaneum*, se utilizó el mismo tipo de trampas y liberadores tipo gorro, impregnados con feromona específica para *T. castaneum* y *T. confusum* (clasificación comercial: CFB/RFB No. 3156). En ambos casos, el muestreo se realizó mediante conteo de insectos por la mañana (7:00 a.m.) y por la tarde (17:00 p.m.), cada tercer día y durante 21 días (12 fechas de muestreo). Se estableció el trabajo experimental con tres repeticiones por parcela. Se consideró como repetición la colocación de cada tipo de trampa, se establecieron tres trampas para la captura de *R. dominica* y tres trampas para la captura de *T. castaneum* por parcela. Con una distancia de 50 m entre trampas.

*Muestreo con red entomológica de golpeo.* Para detectar la presencia de insectos adultos en plantas de trigo, el muestreo se realizó cruzando las parcelas en forma diagonal, por la mañana (7:00 a.m.) y por la tarde (17:00 p.m.), cada tercer día y durante 21 días (12 fechas de muestreo). Se estableció el trabajo experimental con tres repeticiones por parcela, se consideró que cada 100 redadas es una repetición.

*Muestreo mediante recolección de espigas.* Para identificar los posibles estados biológicos de ambos insectos estudiados, se recolectaron espigas al azar recorriendo en forma diagonal cruzada las parcelas de prueba, por la mañana (7:00 a.m.) y por la tarde (17:00 p.m.), cada tercer día por 21

días (12 fechas de muestreo). Se establecieron tres repeticiones por parcela. Se consideró que cada 100 espigas recolectadas es una repetición.

*Muestreo en camiones de transporte al momento de la cosecha.* Este método de muestreo se utilizó para identificar a insectos adultos en la cosecha y su posible emergencia durante su almacenamiento. Para lo cual se recolectaron en camiones de transporte, tres muestras de 3 kg de trigo con muestreador de 11 alvéolos, tomando 5 puntos de muestreo al azar y representativos del área de camión.. Cada muestra recolectada fue considerada como una repetición.

Con la finalidad de determinar la presencia de insectos adultos como posible consecuencia de la oviposición en el campo, se procedió a almacenar las muestras de espigas y de granos en camiones de transporte, bajo condiciones ambientales de temperatura ( $28 \pm 5$  °C) y humedad relativa ( $35 \pm 5$  %) durante 3 meses, efectuándose muestreos semanales.

*Diseño y análisis estadístico.* El diseño estadístico de muestreo fue aleatorio estratificado en dos regiones agrícolas (Valle del Yaqui y Valle del Mayo). En el análisis de varianza y comparación de medias (Duncan, 0.05 %), se utilizó un arreglo factorial en bloques aleatorizados completos. Se efectuó la prueba de correlación de Spearman (SAS Institute, 1995), entre el número de insectos capturados, la temperatura y humedad relativa registradas durante los muestreos de campo. No se efectuaron análisis estadísticos en muestreos de espigas y de grano al momento de la cosecha, debido al pequeño número de insectos emergidos durante su almacenamiento.

*Indicadores relativos de la abundancia poblacional.* Se elaboraron curvas e histogramas poblacionales, en base a los resultados obtenidos sobre la captura de insectos adultos de *R. dominica* y *T. castaneum*, considerando las parcelas muestreadas y fechas de muestreo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los métodos de muestreo empleados en trigo, utilizando red entomológica de golpeo y muestreos con trampas aéreas adhesivas conteniendo feromonas, tuvieron mayor éxito en la detección y captura de insectos adultos. En cambio, muestreos de espigas y granos en camiones de transporte al momento de la cosecha, no lograron detectar la presencia de insectos adultos durante la recolección de muestras, sino que fueron detectados hasta que éstos emergieron en el transcurso del almacenamiento de dichas muestras. En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis de varianza, en relación a la captura de insectos adultos de *R. dominica* en trigo y los sistemas de muestreo en los cuales fueron detectados. Se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre la utilización de trampas con feromona dominicalure I y las regiones agrícolas muestreadas, la localización geográfica de las parcelas experimentales, así como entre las fechas de muestreo.

Las trampas con feromonas fueron eficaces aún en la captura de bajas poblaciones de insectos adultos de *T. castaneum*. Esto demostró la eficiencia de trampas aéreas con feromona para el monitoreo de insectos adultos de esta especie, durante la maduración y secado de trigo en el campo. Leos (1987), utilizó diferentes tipos de trampas aéreas con dominicalure I, dominicalure II y mezclas de ellas, para la captura de *R. dominica* en el interior y exterior de almacenes. Encontró que todas las trampas aéreas mostraron eficiencia en la captura de insectos adultos.

En muestreos con red entomológica, se capturaron diferentes especies de insectos de campo y entre ellos se capturaron únicamente insectos adultos de *R. dominica*, en el análisis de varianza se encontró diferencia significativa entre su captura y la ubicación de parcelas experimentales, así como entre fechas de muestreo (Tabla 1).



Tabla 1. Relación de significancia<sup>1</sup> en la captura de *R. dominica* y *T. castaneum* por región agrícola, ubicación de parcelas y fecha de muestreo.

Descripción	Región agrícola	Ubicación de parcelas	Fecha de muestreo
Captura de <i>R. dominica</i> en trampas aéreas adhesivas con dominicalure I	Significativa	Significativa	Significativa
Captura de <i>T. castaneum</i> en trampas aéreas adhesivas con feromona CFB/RFB # 3156	No significativa	No significativa	No significativa
Captura de <i>R. dominica</i> con red entomológica de golpeo	No significativa	Significativa	Significativa

<sup>1</sup> Prueba de Duncan (SAS Institute, 1995).

En la captura de insectos adultos de *T. castaneum*, no se encontró diferencia significativa entre la localización de parcelas experimentales ya que se obtuvieron bajos niveles de captura. Los resultados sobre la captura de *R. dominica* en trampas aéreas con feromona dominicalure I, se presentan en la Tabla 2. Los muestreos se realizaron en 12 fechas de muestreo, durante los meses de abril y mayo, encontrándose fluctuaciones entre la captura de insectos adultos de *R. dominica* y las fechas de muestreo (Fig. 1).

En las tablas 2, 3 y 4 se muestran los días de madurez fisiológica del grano en el campo, en ellas se observa que no existió relación entre los valores de captura de insectos y el avance de madurez de los granos en las espigas. Lo anterior incluye muestreos utilizando trampas con feromonas para captura de *R. dominica* y *T. castaneum*, así como en muestreos con red entomológica. La madurez del grano en la planta llegó a 43 días debido a que el grano fue cosechado el día 5 de mayo. Las fluctuaciones en la captura de insectos adultos durante el secado

de trigo en el campo, pueden deberse a variaciones en sus hábitos de vuelo, poca cantidad de insectos adultos y a la gran extensión de trigo sembrado.

Tabla 2. Número de insectos adultos de *R. dominica* en seis parcelas de trigo, utilizando trampas aéreas adhesivas conteniendo feromona dominicalure I, en 12 fechas de muestreo.

Fechas de muestreos	Abril									Mayo			Totales
	13	15	17	19	21	23	25	27	29	1	3	5	
Madurez fisiológica (días)	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	
Parcela 1 Ejido Etchojoa	2	12	20	9	10	8	6	15	4	12	13	7	118
Parcela 2 Ejido Basconcobe	1	5	8	4	4	13	19	5	10	7	16	3	95
Parcela 3 Ejido Bacobampo	1	7	6	3	2	3	0	9	5	4	4	3	47
Parcela 4 Block 609	0	0	0	2	2	2	4	2	2	7	9	4	34
Parcela 5 Block 611	0	0	2	1	1	1	2	2	3	5	5	4	26
Parcela 6 Villa Juárez	0	3	4	3	4	5	9	13	13	19	24	14	111

En trampas con feromonas, a partir del primer muestreo se observó la presencia de insectos adultos de *R. dominica*, en parcelas seleccionadas en la región agrícola del Valle del Mayo. En las parcelas de trigo de los ejidos Etchojoa, Bacobampo (localizadas en el municipio de Etchojoa, Sonora) y del ejido Villa Juárez (localizada en el municipio Benito Juárez, Sonora) se obtuvieron los mayores valores de captura con 118, 95 y 111 insectos adultos respectivamente (Fig. 2).

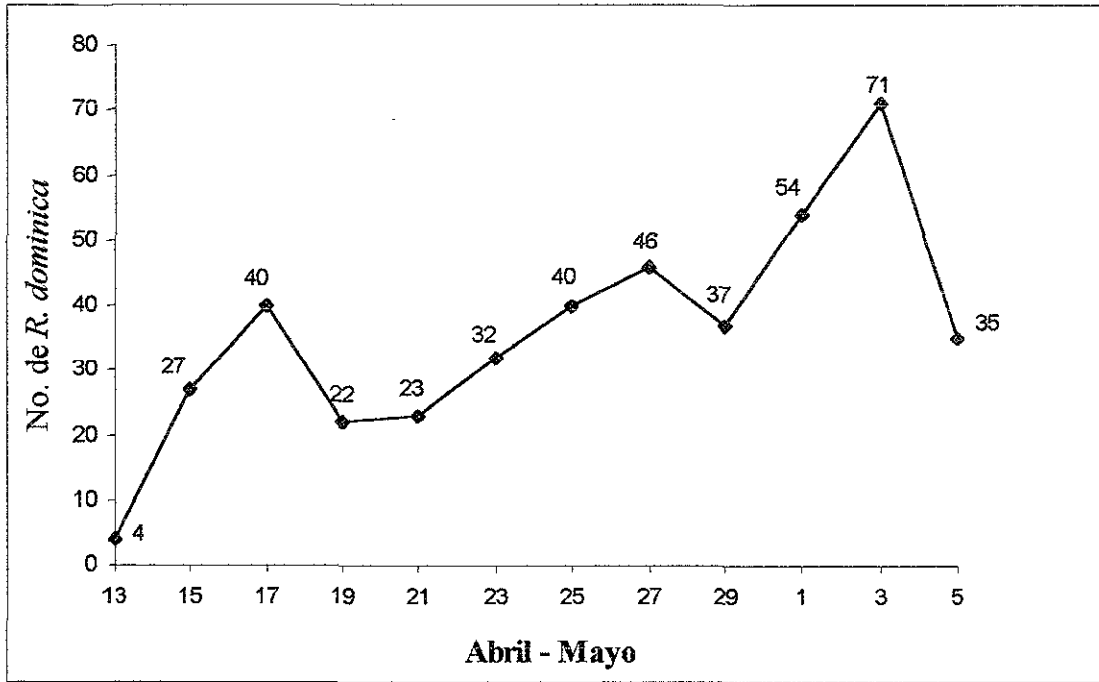


Figura 1. Captura total de *R. dominica* en seis parcelas del estado de Sonora, en la etapa de secado del trigo, utilizando trampas con feromona dominicalure I.

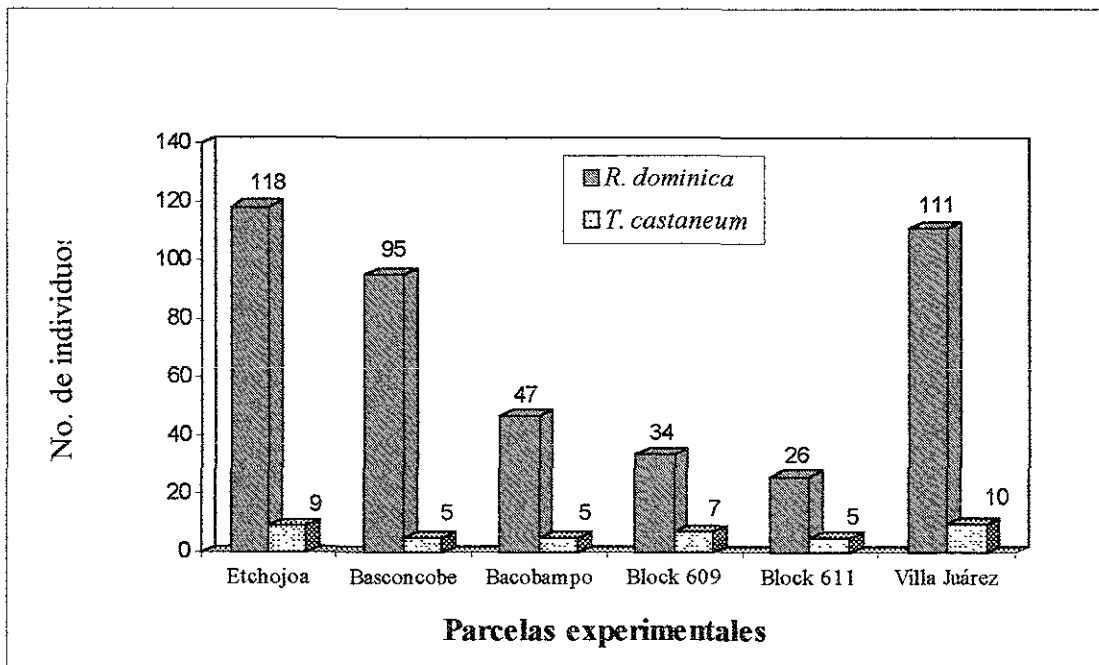


Figura 2. Captura total de *R. dominica* y *T. castaneum* en parcelas de trigo en el campo, utilizando trampas aéreas adhesivas con feromona específica para cada insecto.

No fue posible establecer una relación directa entre la presencia de *R. dominica* en las parcelas de trigo muestreadas y la distancia a los almacenes de trigo. En las parcelas de prueba de los ejidos Etchojoa y Bacobampo se obtuvo mayor captura en trampas con feromona, las cuales se encuentran a 4 y 11 km de distancia respectivamente. En la parcela experimental localizada en ejido Villa Juárez se obtuvieron altos valores de captura, ésta se localiza a una distancia de 25 km de los almacenes de trigo más cercanos. El resto de las parcelas muestreadas, presentaron valores menores y se localizan a distancias similares. De tal manera que la presencia de *R. dominica* en los campos de trigo puede deberse además de la emigración de almacenes de trigo, a la reproducción en plantas silvestres y restos de cosechas anteriores. Los insectos de productos almacenados han sido capturados en lugares alejados de las instalaciones de almacenamiento, sus capturas pueden explicarse ya sea por su dispersión a largas distancias o la disponibilidad de hospederos silvestres (Cogburn and Vick, 1981). Los estudios de trapeo en Canadá y Estados Unidos han demostrado que la actividad de vuelo de *R. dominica*, se prolonga de mayo a noviembre en el interior y exterior de almacenes y alrededor de los campos de trigo. En el oeste de Canadá, *R. dominica* ha sido atrapado con trampas tipo Lindgren de conos múltiples impregnadas con feromonas; en elevadores de granos, molinos de alimentos y en el campo. Encontrando que su origen puede deberse a migraciones a través del viento y por la importación de granos infestados (Fields et al. 1993).

En la Tabla 3, se muestran los resultados de la captura de *Tribolium castaneum*, utilizando trampas aéreas con feromona. En general se observaron bajos valores de captura de esta especie, en comparación con los niveles de captura de *R. dominica*. En las parcelas localizadas en los ejidos de Etchojoa y Villa Juárez, se capturaron 9 y 10 insectos adultos de *T. castaneum* respectivamente. En el resto de las parcelas se encontraron valores de captura en un rango de 5 a

7 insectos. Al igual que en la captura de *R. dominica*, no se encontró un patrón definido de captura durante los muestreos, sólo se apreció una mayor captura de *T. castaneum* en el mes de mayo. Los niveles de captura de *T. castaneum* en el cultivo de trigo con trampas con feromona fueron bajos, esto puede deberse a que el insecto mostró poca actividad de vuelo y posiblemente prefiere desarrollarse en las partes bajas de las plantas y el suelo.

Tabla 3. Número de insectos adultos de *T. castaneum* en seis parcelas de trigo, utilizando trampas aéreas adhesivas con feromona específica para *Tribolium sp.* (CFB/RFB No. 3156), en 12 fechas de muestreo.

		Abril									Mayo			Totales
Fechas de muestreos		13	15	17	19	21	23	25	27	29	1	3	5	
Madurez fisiológica (días)		21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	
Parcela 1	Ejido Etchojoa	0	0	0	1	1	0	2	1	1	1	1	1	9
Parcela 2	Ejido Basconcobe	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	5
Parcela 3	Ejido Bacobampo	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	5
Parcela 4	Block 609	0	0	0	0	1	1	0	1	1	2	0	1	7
Parcela 5	Block 611	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	1	0	5
Parcela 6	Villa Juárez	0	0	1	0	1	0	0	2	0	3	3	0	10

El tipo de feromona y trampa fueron capaces de capturar adultos de *T. castaneum*, aún en bajos niveles de infestación. La colocación de trampas en la parte baja de las plantas, es un aspecto que deberá considerarse en futuras investigaciones para su monitoreo en trigo. *T. castaneum* puede ser encontrado en corteza podrida de árboles, posiblemente éste sea el hábitat original del género *Tribolium* (T.D.R.I., 1984). En la región del Valle del Mayo existen grandes

áreas de montes semidesérticos, los cuales podrían ser hospederas silvestres de *T. castaneum*, incrementando su abundancia poblacional durante el secado del trigo. En trampas con feromona dominicalure I, se capturaron insectos adultos de *Teritriosoma nigrescens* (5-12 por trampa), considerado como depredador de los bostríquidos; *Prostephanus truncatus*, *Dinoderus minutus* y *R. dominica* (Rees, 1991).

La distribución geográfica de las parcelas de trigo y los niveles de captura de *R. dominica* y *T. castaneum*, indicaron que existe mayor presencia de insectos en la región del Valle del Mayo (parcelas de los ejidos Etchojoa, Bacobampo y Basconcobe). En la región del Valle del Yaqui, específicamente en la parcela de prueba localizada en el ejido Villa Juárez, se obtuvieron altas capturas de ambos insectos, esta parcela se encuentra muy próxima a la región del Valle del Mayo, lo cual sugiere que existen diferentes áreas geográficas de distribución y abundancia poblacional de *R. dominica* y *T. castaneum*; las cuales, son influenciadas por la cercanía de los almacenes comerciales y rurales de trigo, así como por la existencia de plantas silvestres que posiblemente sirvan de hospederas durante las estaciones frías.

En muestreos efectuados con red entomológica de golpeo en plantas de trigo, sólo se capturaron insectos adultos de *R. dominica* (Tabla 4). Después del cuarto muestreo fue posible su detección, siendo ésta ligeramente mayor y más generalizada durante muestreos efectuados en el mes de mayo. En muestreos con red entomológica, no fue posible capturar insectos adultos de *T. castaneum*, debido posiblemente a su baja actividad de vuelo sobre las espigas de trigo y al efecto de la temperatura registrada durante su secado en el campo (abril y mayo). Los resultados mostraron menores niveles de captura de insectos en muestreos con red entomológica, que en muestreos donde se utilizó trampas con feromonas.

Tabla 4. Número de insectos adultos de *R. dominica* en seis parcelas de trigo, utilizando red entomológica de golpeo, en 12 fechas de muestreo.

Fechas de muestreos	Abril									Mayo			Totales
	13	15	17	19	21	23	25	27	29	1	3	5	
Madurez fisiológica (días)	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	
Parcela 1 Ejido Etchojoa	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	2	7
Parcela 2 Ejido Basconcobe	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	4
Parcela 3 Ejido Bacobampo	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	4
Parcela 4 Block 609	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	4
Parcela 5 Block 611	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	1	6
Parcela 6 Villa Juárez	0	0	0	1	0	1	2	2	0	1	1	2	10

Después de efectuar muestreos en camiones de transporte de trigo durante la cosecha, no se detectaron insectos adultos de *R. dominica* o de *T. castaneum* en las parcelas experimentales. No obstante, durante el almacenamiento de dichas muestras en condiciones ambientales y en un lapso de 33 a 39 días, se observó la emergencia de insectos adultos de *R. dominica* (Tabla 5). En muestras provenientes de parcelas localizadas en los ejidos Etchojoa, Basconcobe, Villa Juárez y Block 609, emergieron 4, 2, 1 y 2 insectos adultos respectivamente. A pesar del número reducido de adultos de *R. dominica* emergidos en granos de trigo, se comprueba que los granos son ovipositados en el campo durante su secado. Esta ruta de infestación es difícil de detectarse, a menos de que se realicen muestreos en campo y en la recepción de granos, para lo cual se requiere conocer las características de los huevecillos. Su detección podría ser de gran apoyo en el diseño de programas preventivos en la conservación de trigo almacenado.

Tabla 5. Número de insectos adultos de *R. dominica* emergidos en muestras almacenadas en condiciones ambientales provenientes de camiones de transporte de trigo durante la cosecha.

Parcelas muestreadas		Almacenamiento de muestras para observar emergencia	Insectos adultos emergidos
Parcela 1	Ejido Etchojoa	36 días	4
Parcela 2	Ejido Bacobampo	Sin emergencia	0
Parcela 3	Ejido Basconcobe	33 días	2
Parcela 4	Block 609	39 días	1
Parcela 5	Block 611	Sin emergencia	0
Parcela 6	Villa Juárez	37 días	2

Thorne and Cline (1994) realizaron muestreos de campo, sobre la actividad de vuelo y la abundancia anual de insectos en lugares cercanos a los almacenes de productos almacenados de Carolina del Sur. Utilizando trampas adhesivas encontraron 17 especies de insectos; entre ellas, adultos de *R. dominica* y *T. castaneum*. En este estudio se demostró que los granos almacenados pueden ser infestados durante todo el año.

Se han realizado variadas investigaciones en insectos de granos almacenados, para determinar los principales factores que influyen en la oviposición. O'Donnell et al. (1983) demostraron que los insectos de granos almacenados responden a olores de los alimentos, principalmente a los producidos por triglicéridos y ácido grasos de cadena larga. Barrer (1983), sugiere que estos olores en granos pudieran ser más importantes como olores de oviposición. Las hembras de insectos juegan el papel principal en la selección del alimento de su progenie larval y se relaciona directamente con los sitios de oviposición. Kanaujia and Levinson (1981), han



demostrado la presencia de estimulantes de la oviposición en varias variedades de trigo, aunque los compuestos no se han identificado. Chippendale and Mann (1972), utilizaron larvas de *S. cerealella* (O.) para medir la presencia de compuestos que causan agregación y estimulan la alimentación en lípidos de germen de trigo. Encontrando que los olores de los productos son claramente importantes para que los insectos adultos encuentren sitios de oviposición y para la elección del alimento larval.

De los diferentes métodos de muestreo utilizados en el monitoreo de insectos en las parcelas de trigo evaluadas, las trampas aéreas con feromonas resultaron ser más efectivas en la captura de *R. dominica* y *T. castaneum*, seguido del método de muestreo con red entomológica de golpeo, con éste último, únicamente fue posible capturar adultos de *R. dominica*. En muestreos de espigas, no se detectaron estados de desarrollo de ninguna de las dos especies estudiadas. Los muestreos efectuados en camiones de transporte, solo mostraron efectividad en observaciones sobre la emergencia de adultos de *R. dominica* y específicamente durante el almacenamiento de las muestras recolectadas durante la cosecha.

Se utilizó la prueba de correlación de Spearman (SAS Institute, 1995), para estudiar la influencia de las condiciones de temperatura y humedad relativa, sobre la presencia de *R. dominica* (Tabla 6). Los resultados no mostraron correlación ( $r > 0.5$ ), debido posiblemente a que las dos regiones agrícolas estudiadas se encuentran relativamente cercanas entre sí y no se observaron grandes diferencias en las condiciones ambientales. Su influencia podría ser apreciada en experimentos de mayor duración, que incluyan observaciones en regiones más distantes con climas diferentes. Fargo et al. (1989) estudiaron en trigo el efecto de la temperatura sobre la captura en trampas con feromonas, de los insectos *Rhyzopertha dominica* (F.), *Tribolium castaneum* (H.), *Sitophilus oryzae* (L.) y *Criptolestes ferrugineus* (S.), encontrando menor

número de captura para *R. dominica* en temperaturas de 10, 21.1 y 32.2 °C, en cambio fue mayor la captura para *C. Ferrugineus* en estas mismas temperaturas.

Tabla 6. Coeficientes de correlación<sup>1</sup> entre la captura de insectos adultos en trigo y las condiciones de temperatura y humedad relativa, registradas durante la etapa experimental.

Descripción	Temperatura ° C	Humedad relativa (%)
Captura de <i>R. dominica</i> en trampas aéreas adhesivas con dominicalure I	0.1115	0.1100
Captura de <i>T. castaneum</i> en trampas aéreas adhesivas con feromona CFB/RFB # 3156	0.0338	0.0359
Captura de <i>R. dominica</i> con red entomológica de golpeo	0.0163	0.1700

<sup>1</sup> Prueba de correlación de Spearman (SAS Institute, 1995).

Wright and Morton (1995), realizaron estudios en el sur de Australia sobre los hábitos de vuelo de *R. dominica*, encontrando que el tiempo máximo de vuelo fue de dos horas antes del atardecer, a temperatura máxima y mínima de 37 °C y 12 °C respectivamente. Estos resultados fueron semejantes para ambos sexos. No encontraron influencia de la humedad relativa durante el día, ni entre los días de captura. Sugieren además, que las aplicaciones de productos químicos para el control de *R. dominica*, se realicen ya avanzada la tarde. Aslam et al. (1994) estudiaron en laboratorio, el efecto del fotoperíodo sobre la actividad de vuelo de *R. dominica*, encontrando que los insectos adultos de colonias de campo volaron más frecuentemente durante las dos primeras horas de la mañana, que los de colonias provenientes de cultivos de laboratorio. No encontraron diferencias de vuelo entre sexos. Sugiriendo además que los adultos jóvenes de *R. dominica*,

tienden a volar más en el verano durante la cosecha del trigo. En esta investigación adultos de *R. dominica*, fueron observados en vuelo bajo condiciones de 30 °C de temperatura y 38 % de humedad relativa, preferentemente durante el atardecer.

## CONCLUSIONES

- Se demuestra que el barrenador menor de los granos *Rhizopertha dominica* (F.) y el gorgojo castaño de la harina *Tribolium castaneum* (H.), infestan al cultivo de trigo durante su maduración y secado en el campo. Siendo ésta una ruta de infestación en almacenes comerciales de trigo.
- El método de muestreo con trampas aéreas adhesivas conteniendo feromonas, fue el único método capaz de capturar insectos adultos de *R. dominica* y *T. castaneum* en trigo. Las dosis aplicadas y los tipos de liberadores de feromonas, demostraron su eficiencia en la detección de estos insectos.
- La región agrícola del Valle del Mayo (sur de Sonora), presentó mayores niveles de infestación de *R. dominica* y *T. castaneum*. En ningún caso se observó un patrón ascendente de captura de insectos, en relación con el avance del secado y dureza de los granos de trigo en el campo.
- En muestreos de granos durante la cosecha no se encontraron insectos adultos, debido principalmente a la acción del cribado en las máquinas cosechadoras, pero se comprobó que los granos son ovipositados por *R. dominica* en el campo y que al ser trasladados a los almacenes, serán una fuente de infestación importante junto con las infestaciones residuales de insectos.

## LITERATURA CITADA

- Aslam, M., D. W. Hagstrum, and B. A. Dover. 1994. The effect of photoperiod on the flight activity and biology of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*. 67(1):107-115.
- Barrer, P. M. 1983. A field demonstration of odour-based, host-food finding behavior in several species of stored grain insects. *J. Stored Prod. Res.* 19:105-110.
- Burkholder, W. E., and M. Ma. 1985. Pheromones for monitoring and control of stored-product insects. *Annu. Rev. Entomol.* 30:257-272.
- Burkholder, W. E. 1982. Reproductive biology and communication among grain storage and warehouse beetles. *J. Georgia Entomol. Soc.* 17:1-10.
- Chippendale, G. M., and R. A. Mann. 1972. Feeding behavior of angoumois grain moth larvae. *J. Insect Physiol.* 18:87-94.
- Cogburn, R. R., and K. W. Vick. 1981. Distribution of angoumois grain moth, almond moth, and Indian meal moth in rice fields and rice storages in Texas as indicated by pheromone-baited adhesive traps. *Environ. Entomol.* 10:1003-1007.
- Cogburn, R. R., W. E. Burkholder, and H. J. Williams. 1984. Fields test with the aggregation pheromone of the lesser grain borer (Coleoptera: Bostrichidae) *Environ. Entomol.* 13:162-166.
- Fargo, W. S., D. Epperly, G. W. Cuperus, B. C. Clary, and R. Noyes. 1989. Effect of temperature and duration for trapping on four stored grain insect species. *Journal of Economic Entomology*. 82(3):970-973.

- Fields, P. G., J. V. Loon, M. G. Dolinski, J. L. Harris, and W. E. Burkholder. 1993. The distribution of *Rhyzopertha dominica* (F.) in western Canada. *Canadian Entomologist*. 125:317-328.
- Hagstrum, D. W. 1985. Preharvest infestation of cowpeas by the cowpea weevil (Coleoptera: Bruchidae) and population trends during storage in Florida. *J. Econ. Entomol.* 78:358-361.
- Kanaujia, K. E., and H. Z. Levinson. 1981. Phagostimulatory responses and oviposition behavior of *Sitophilus granarius* L. to newly harvested and stored wheat grains. *Z. Ang. Entomol.* 9:417-424.
- Leos, M. J. 1992. Detección y monitoreo de insectos de almacén mediante trampas con feromonas. Apuntes del curso teórico-práctico. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de N. L. México. p. 1-14.
- Leos, M. J., T. A. Granovsky, H. J. Williams, S. B. Vinson, and W. E. Burkholder. 1987. Pheromonal trapping methods for lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Environ. Entomol.* 16:747-751.
- Mankin, R. W., K. W. Vick, M. S. Mayer, J. A. Coffelt, and P. S. Callahan. 1980. Models for dispersal of vapor in open and confined spaces: Application to sex pheromone trapping in a warehouse. *J. Chem. Ecol.* 6:929-950.
- O'Donnell, M. J., J. Chambers, and S. M. McFarlandy. 1983. Attractancy to *Oryzaephilus surinamensis* (L.), saw-toothed grain beetle, of extracts of carobs, some triglycerides, and related compounds. *J. Chem. Ecol.* 9:357-374.
- Phelan, P. L. 1992. Evolution of sex pheromones and the role of asymmetric tracking. *In* *Insect Chemical Ecology: An Evolutionary Approach* (Ed. Roitberg, B. D., and Isman, M. B.). Chapman & Hall, New York. 265 pp.

- Rees, D. P. 1991. The effect of *Teritriosoma nigrescens* Lewis (Coleoptera: Histeridae) on three species of storage Bostrichidae infesting shelled maize. *J. Stored Prod. Res.* 27(1):83-86.
- SAS Institute. 1995. User's guide: Statistics, SAS Institute, Cary NC.
- Suzuki, T. y R. Sugawara. 1979. Isolation of an aggregation pheromone from the flour beetles. *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*. *Appl. Entomol. Zool.* 14:228-230.
- T.D.R.I. (Tropical Development and Research Institute). 1984. Insects and arachnids of tropical stored products their biology and identification. Training manual. Compiled by entomologist of the storage department of the Tropical Development and Research Institute. U.S.A. 42-49 pp.
- Thorne, J. E., and L. D. Cline. 1994. Seasonal flight activity and seasonal abundance of selected stored-product Coleoptera around grain storage in South Carolina. *J. of Agri. Entomol.* 11(4):321-338.
- Williams, H. J., R. M. Silvestein, W. E. Burkholder, and A. Khorramshahi. 1981. Dominicalure 1 and 2: Components of aggregation pheromone from male lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *J. Chem. Ecol.* 7:759-780.
- Wright, E. J., and R. Morton. 1995. Daily flight activity of *Trogoderma variabile* (Coleoptera: Dermestidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *J. of Stored Prod. Res.* 31(3):177-184.