

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO



FACULTAD DE CIENCIAS



EFFECTIVIDAD COMPARATIVA DE DOS RODENTICIDAS

A BASE DE BRODIFACOU M Y WARFARINA

EN ALMACENES DE GRANOS Y SEMILLAS

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
BIOLOGO  
PRESENTA

CLAUDIA

MARCELA

ITUARTE-JAUREGUI

MACIAS

MEXICO, D.F.

1988.



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 está 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.

# I N D I C E

RESUMEN . . . . .	i
I.- INTRODUCCION . . . . .	1
II.- MATERIAL Y METODO . . . . .	11
III.- RESULTADOS . . . . .	16
IV.- DISCUSION Y CONCLUSIONES . . . . .	21
CUADROS . . . . .	25
TABLAS . . . . .	33
BIBLIOGRAFIA . . . . .	40

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó entre los meses de mayo y junio de 1987, y consistió en comparar la efectividad de dos rodenticidas a base de Brodifacoum y Warfarina en instalaciones de la Productora Nacional de Semillas ubicadas en el Municipio de Cortazar, Guanajuato.

Se realizó un estudio previo para tratar de evaluar el daño que la plaga de roedores produce en los almacenes y principalmente en la materia prima ahí almacenada; después de esto, se aplicaron los tratamientos químicos correspondientes a cada área experimental y al finalizar, se evaluó mediante un análisis de varianza, el efecto que ambos rodenticidas tuvieron sobre la población de roedores.

Al terminar la aplicación de los tratamientos y su evaluación, se hicieron sugerencias a los responsables y encargados de esta Unidad de Operación para mantener bajo control permanente las instalaciones, y así evitar una reinfestación de esta plaga.

## I. INTRODUCCION

La agricultura tiene el compromiso de suministrar alimento a la población humana que se encuentra en constante crecimiento, para ello se hace indispensable canalizar todos los esfuerzos para cubrir la creciente demanda (Cuevas, 1986).

En México, como en numerosos países y regiones del mundo, las prácticas agrícolas han aportado a los agroecosistemas características diferentes a los ecosistemas naturales, lo que ha repercutido directa o indirectamente en las comunidades tanto animales como vegetales (Ortega, 1985). Estos cambios alteran el balance o equilibrio ecológico de la naturaleza que es dinámico y en el cual sólo sobrevive el más apto, dando lugar a las plagas que son fenómenos biológicos no naturales causados por el hombre cuando éste rompe el balance natural (Sánchez, 1981).

De los dos o tres millones de especies de animales que existen en todo el planeta, probablemente no más de unos miles son plagas, razón por la cual es importante saber cómo estas especies excepcionales se volvieron perjudiciales, con la finalidad de evitar la creación de nuevas plagas y de controlar en forma eficiente las que se heredaron (González-Romero, 1980).

Sin duda alguna una de las causas principales para que una población en equilibrio cambie a una perjudicial es la provisión casi ilimitada de recursos alimenticios.

Los problemas más importantes en la formación de plagas, se

presentan cuando los organismos son introducidos a un nuevo ambiente sin el complejo de depredadores, parásitos y patógenos que los atacan, y si a esto se añade que el nuevo clima es favorable o el organismo se adapta rápidamente, sus poblaciones aumentarán a un ritmo tan acelerado, que es difícil que aparezca un control natural que detenga su desarrollo (S.A.R.H., 1977).

Todos los pequeños mamíferos del orden Rodentia son plagas potenciales, sobre todo cuando los métodos de control se aplican en forma indiscriminada sin realizar previamente estudios básicos, como la cuantificación de los daños que originan, especies involucradas, estructura poblacional, densidades, sexos, edades, fluctuaciones estacionales, etc. lo cual ha resultado en la sustitución de especies que eran inofensivas, por verdaderas plagas (González-Romero, 1980).

Quando se habla de roedores, particularmente de ratas y ratones, generalmente se hace referencia al grupo mayor y más numeroso de mamíferos que existen sobre la Tierra, y cuando estos organismos se convierten en plaga, compiten por los recursos alimenticios del hombre ya que son seres extremadamente voraces, capaces de consumir por cada Kg. de peso vivo, diez veces más comida que el hombre. Se calcula que las ratas destruyen anualmente una quinta parte de los cultivos en todo el mundo (Ortega, 1985), atacan diversas cosechas, alimentos almacenados o en tránsito. Dañan y destruyen instalaciones agropecuarias, sistemas de riego y drenaje, áreas de reforestación, bodegas y construcciones diversas, incluyendo material aislante o cables eléctricos, ocasionando frecuentes incendios (González-Romero, 1980). Las pérdidas que provocan en alimentos, se efectúan no sólo en forma de consumo directo, sino también por contaminación en vista de que solamente en un año, una rata produce 4 lts.

de orina, 250 000 "pellets" de excremento y tira 30 000 pelos (Ramírez, 1984), debido a esto, es evidente que se afecta la calidad de los alimentos. Sin embargo, las evaluaciones de pérdidas se realizan normalmente desde un punto de vista cuantitativo y no se han determinado procedimientos adecuados para estimar pérdidas cualitativas por contaminación (Robledo-Robledo, 1985). Si este tipo de pérdidas son prevenidas o al menos reducidas, más alimento estará disponible para el consumo humano.

Las características que poseen los roedores para convertirse en plaga son: que tienen gran plasticidad genética, alto índice de reproducción y un gran oportunismo para llenar nichos ecológicos vacíos; y algunas características del medio ambiente que el hombre maneja para dar lugar a una plaga de roedores son la inadecuada planeación del uso del suelo y la aplicación irracional de venenos.

El desarrollo normal de las poblaciones de roedores, se efectúa solamente cuando disponen o tienen a su alcance alimentos suficiente y adecuado, guaridas o refugios seguros donde estén a salvo, mínima competencia por espacio y alimento (Robledo-Robledo, 1985) en vista de lo cual, si se les dificultan o evitan estas condiciones se esperará que las poblaciones se reduzcan y desaparezcan especialmente de los almacenes.

En México, existen áreas endémicas en las que la rata ocasiona daños de gran importancia económica, como son las fértiles tierras de la Costa Occidental en el Noroeste del país -Nayarit, Sinaloa y Sonora-; la Región del Bajío -Guanajuato, Jalisco y Michoacán- y en la Costa Oriental -Las Huastecas y el Bajo Papaloapan-, dañando y destruyendo cultivos y grandes cosechas de cereales, granos y

oleaginosas y aprovechamiento industrial, hortalizas, forrajes y frutales de valor incalculable, sin considerar los valores agregados por su industrialización (Sánchez, 1981).

Otro aspecto de importancia, es que son portadores o transmisores de cuando menos diez enfermedades graves, incluyendo el tifo endémico (a través de pulgas y ácaros), la peste bubónica (causada por la bacteria *Pasteurella pestis*), la fiebre de mordida de rata (originada por las bacterias *Spirillum minus* y *Streptobacillus moniliformis*), la ictericia (provocada por la bacteria *Leptospira icterohaemorrhagiae*), la tularemia (causada por *Bacterium tularence*), la triquinosis (producida por *Trichinella spiralis*), así como la poliomielitis, la rabia, y otras ocasionadas por mordedura directa o transmitidas por la orina y los excrementos o a través de sus parásitos externos e internos (Ramírez, 1984).

En términos generales, se ha calculado que las ratas y ratones destruyen un 7.5% de la producción mundial de granos, pérdidas que agravan los problemas de malnutrición y riesgo de enfermedades de la población humana (González-Romero, 1980).

Los daños por roedores ocurren durante todas las fases de producción de alimentos y almacenaje. Las causas de pérdidas provocadas por los roedores en productos almacenados son debidas a que:

- consumen cierta parte del producto,
- contaminan con pelos, saliva, micoorganismos y materias extrañas que contienen en las patas y cuerpo,
- contaminan con sus excrementos una mayor cantidad de la que consumen y

- abren boquetes en los embalajes causando derrames.

Los alimentos almacenados a granel, experimentan menos daños que los ensacados, esto se debe a que los roedores no pueden abrir galerías en los primeros, por lo tanto, sólo consumen la parte superficial del producto. Este método de almacenamiento ofrece menos refugios para esta plaga (Robledo-Robledo, 1985).

La conservación de los granos y semillas es un problema complicado y de difícil solución, debido a que la importancia de los diversos factores que influyen en ella es mayor de la que generalmente se le concede. En aquellas áreas en las cuales el desarrollo de las poblaciones de roedores se favorezcan, se alcanzarán en poco tiempo poblaciones considerablemente numerosas, y entonces, obviamente los daños inferidos a los granos y semillas almacenados o en el campo, serán bastante severos. Sólo en los Estados Unidos se considera que destruyen anualmente el alimento que podrían consumir 10 millones de personas. En muchas comunidades del mundo se estima que la población de ratas iguala a la población humana (Ramírez, 1984).

El éxito de un programa de control de plagas, depende en gran medida de la correcta identificación de la plaga. Su buen desarrollo se basa siempre en el conocimiento de la biología, incluyendo comportamiento y habilidades físicas de la plaga a tratar. Los roedores más comunes y de mayor significado económico y de salud pública en relación con granos y semillas almacenados son: *Rattus norvegicus* (rata común, rata de alcantarilla, rata parda, rata trajinera, rata noruega o rata de granero); *Rattus rattus* (rata negra, rata casera, rata gris, rata de tejado o rata de barco) y *Mus musculus* (ratón casero, ratón común o ratón minero) (cuadro 1).

## Métodos de control.

Los métodos para combatir roedores son muy variados. La elección de los más adecuados y su subsiguiente uso con éxito, exige no sólo un conocimiento de las especies de roedores y del ambiente físico implicado, sino también la comprensión de los antecedentes del problema dentro de la localidad en la que se intentará combatirlos.

Uno de los puntos de vista de importancia en la lucha contra las plagas, es si el costo de la operación cabe justificarlo en base en la ganancia económica. Sin embargo, cuando este punto se refiere a almacenes de alimentos, los daños en potencia son por lo general tan grandes y el costo de combatir los roedores es tan bajo en relación con aquellos, que rara vez puede haber duda alguna acerca de la ventaja económica que habrá de lograrse combatiendo incluso leves infestaciones de roedores (Jamieson y Jober, 1975).

Existen factores limitantes básicos que afectan la longevidad de todos los organismos vivientes. Entre los más importantes están el ambiente físico (alimento, agua y clima), competencia entre animales (de igual o de diferente especie), la predación por otros animales y el hombre. El manejo adecuado de una plaga es la manipulación de estos factores limitantes para obtener los objetivos deseados (Baker, 1984a).

El principal objetivo de un control de roedores debe ser lograr un alivio a largo plazo de este problema con un máximo de seguridad para el hombre y para los animales útiles a él. Los métodos usados deben tomar en consideración el alcance de riesgos y beneficios, no deben afectar negativamente al ambiente (Howard, 1976) y sobre todo, debe

tener bajo costo y producir resultados en un tiempo corto.

#### Control integrado.

El control integrado de roedores consiste en una serie de medidas que utilizan técnicas adecuadas para mantener reducidas una población por el mayor tiempo posible, repercutiendo ésto en un menor gasto para su control. El control integrado se fundamenta en acciones directa, indirectas y legales (cuadro 2).

Control directo.-Este método agrupa cuatro alternativas de combate:

- 1) Manual: es el que se realiza con utensilios domésticos y depende en gran medida de la habilidad e ingenio del sujeto que realiza la operación.
- 2) Mecánico: se realiza por medio de caza y trampeo.
- 3) Físico: son métodos que se concretan a repeler a los roedores, por ejemplo, con barreras de sonido que se basan en el hecho de producir un estado de tensión en los animales por la molestia de un sonido constante.
- 4) Químico: consiste en el uso de diversas sustancias químicas llamadas rodenticidas.

Control indirecto.-Es la manipulación del ambiente con instalaciones adecuadas y prácticas sanitarias y culturales. Así mismo, se considera el empleo de depredadores y microorganismos patógenos que no afecten al hombre ni a los animales domésticos.

Control legal.-Es el uso y aplicaciones de las leyes que se indican en la "Ley de Sanidad Fitopecuaria" de Diciembre de 1974, (artículos 1o. y 2o.) (Cuevas,1986).

En este estudio, se aplicará un control directo de tipo químico para comparar la efectividad de dos rodenticidas, de los cuales, hay dos clases principales: de dosis única o venenos agudos y de dosis múltiple o venenos crónicos (Cuadro 3).

Los venenos de dosis única actúan rápidamente y matan a los roedores después de una sola ingestión, sin embargo, si los roedores no comen cantidades letales de estos venenos, comienzan a sentirse mal y rápidamente adquieren timidez ante el veneno y no lo volverán a comer.

Casi en su totalidad las sustancias que se utilizan como venenos de dosis única son muy tóxicos para el hombre y los animales domésticos. Entre los rodenticidas de acción violenta en uso, se pueden mencionar: endrin, estricnina, encila roja, sales de talio y probablemente el más usado, el fosfuro de zinc (González-Romero, 1980).

Los venenos de dosis múltiple se llaman así porque se necesitan varias dosis pequeñas durante varios días para causar la muerte. Actúan directamente sobre el mecanismo de coagulación de la sangre en forma acumulativa produciendo el debilitamiento de la paredes capilares por lo que estas se rompen con facilidad ocasionando hemorragias internas. Se comportan también como antivitaminas K, y al inhibir su acción previenen la activación de la protrombina. El activador de la protrombina cataliza la activación de ésta a trombina, la cual actúa como enzima para convertir el fibrinógeno en fibrina laxa, que enlaza a las células rotas de la sangre para formar el coágulo (Sánchez, 1981).

Los anticoagulantes presentan un modo de actuar común ya que el lapso de tiempo entre la ingestión de la dosis letal y el

momento de la muerte, son similares entre sí. Este lapso puede ser de cinco a siete días en laboratorio, presentándose síntomas de debilitamiento, así como parálisis antes de morir; algunas veces se observan lesiones en prominencias óseas así como anemia marcada, sin embargo, existe gran variabilidad en el tiempo que tarda en morir debido a que la hemostásis es un proceso de múltiples etapas y el "stress" se considera como un factor importante en el nivel de respuesta a una dosis determinada (Marsh, 1984).

Dentro de los rodenticidas anticoagulantes se distinguen dos grupos por su nivel tóxico:

1) De dosis múltiple.- En este grupo se reportan coumatetralyl, clorofacinona, difacinona, dicumarina, fumarina y el más popular en México, la warfarina. Las dosis aisladas de este tipo de anticoagulantes, a menos que sean muy grandes, no poseen acción letal; es necesario que se ingiera la sustancia regularmente durante un periodo de varios días, para que se manifieste la acción anticoagulante; el dejar de comer los cebos por un periodo mayor de 24 horas ocasiona que se rompa el efecto acumulativo. Las ratas pueden sobrevivir a dosis únicas de 50 mg/kg, pero mueren por dosificación repetida durante cinco días seguidos con 2mg/kg (Garner, 1970).

2) De dosis única.- En este grupo se incluyen difenacoum y brodifacoum, estos difieren de los anteriores ya que presentan efectos agudos cuando son administrados en dosis letales. Resultados en laboratorio indican que no es necesario la ingestión de dosis múltiples de cebo para controlar a roedores resistentes (ICI, 1984). Por lo tanto, este grupo presenta las ventajas de los rodenticidas de acción violenta y de los

## anticoagulantes de acción múltiple.

En el cuadro 4, se resumen las características químicas y biológicas más sobresalientes de los dos anticoagulantes utilizados en esta investigación.

Por todo lo antes expuesto, el objetivo principal de esta investigación es realizar un análisis comparativo de la efectividad de dos rodenticidas a base de brodifacoum y warfarina en almacenes de granos y semillas con el fin de mantener bajo control permanente los niveles de infestación de roedores sin llegar a afectar a los productos ni a los encargados de los almacenes.

## II.- MATERIAL Y METODO

El periodo de experimentación se llevó a cabo durante los meses de mayo a junio de 1987 en las instalaciones de Productora Nacional de Semillas, S.A.R.H. Región Bajío, ubicadas en el Km. 290 de la carretera Panamericana, Municipio de Cortazar, Guanajuato.

Las instalaciones donde se realizó el experimento, constan de nueve almacenes (Ver plano 1). De acuerdo con la información obtenida del personal de la planta, la actividad de los roedores era considerable tanto en el exterior como en el interior de los almacenes.

Asignación de las unidades experimentales.

Se tomó como unidad experimental cada uno de los almacenes de la planta y se separaron aleatoriamente en dos grupos para llevar a cabo los tratamientos designados, quedando cinco almacenes con el tratamiento de warfarina, con un área total de 12 300 m<sup>2</sup> y cuatro en el de brodifacoum con 12 800 m<sup>2</sup>.

Pretratamiento. Estimación de la actividad de los roedores.

Se realizó una inspección en toda la planta para ubicar madrigueras, verificar huellas (excrementos, caminos, etc.) y por medio de esto, identificar a los roedores involucrados y comprobar su actividad.

El segundo paso consistió en tapar perfectamente todas las madrigueras visibles con tierra, efectuándose esto por la

mañana y observando a la mañana siguiente las madrigueras que se encontraron nuevamente abiertas, lo cual indica que se encontraron activas, es decir, que son madrigueras que se encuentran habitadas por roedores.

Para comprobar la actividad de éstos, se efectuó un precebado que consistió en colocar 50 gr. de trigo impregnado con frambuesa (como atrayente) en cada cebadero (charola) a una distancia de 3 mts. entre sí durante cinco días. Se pesó diariamente cada cebadero para calcular la cantidad consumida y se reponía el faltante.

#### Tratamiento químico.

Se comparó la efectividad de los anticoagulantes Brodifacoum y Warfarina con las siguientes características:

Brodifacoum : Nombre químico: 3-(3-(4'-bromobifenil-4-il)-1,2,3,4-tetrahidro-1-naftil)-4-hidroxicumarina; Nombre comercial : Klerat; Laboratorio distribuidor: ICI de México; Concentración de ingrediente activo: 0.05 gr/kg.

Warfarina: Nombre químico: 3-(alfa-acetonil-bencil)-4-hidroxicumarina; Nombre comercial: Raticida; Laboratorio distribuidor: Helios; Concentración de ingrediente activo: 2.5 gr/kg.

#### Brodifacoum.

El primer día de tratamiento se colocaron 20 gr del producto (dosificación indicada por ICI) en los cebaderos en los mismos sitios del precebado, y diariamente se pesaba y anotaba la cantidad consumida por cada cebadero.

Ocho días después, se volvieron a colocar 20 gr. del veneno en los cebaderos vacíos, y en los que la toma fué parcial,

se completaron a 20 gr. Este método de cebado se llama de "cebado intermitente" y ofrece entre otras, las siguientes ventajas:

- no provoca "stress" en los roedores tratados, ya que su habitat no se altera diariamente.
- se reduce considerablemente la cantidad de cebo utilizado ya que sólo se aplica una vez a la semana.
- también existe beneficio en cuanto a mano de obra/tiempo se refiere.

#### Warfarina.

Se colocaron 10 gr del veneno en 1 lt. de agua (dosis indicada por Helios) en cada bebedero, ubicándolos en los mismos sitios en los que se habían puestos los cebaderos en el pretratamiento.

El reemplazo del cebo utilizado en este tratamiento se llevó a cabo cada cuatro días, ya que la solución se contaminaba constantemente.

Se revisó el nivel del líquido diariamente, calculando su consumo y su evaporación. Esto se estimó poniendo recipientes iguales con 1 lt. de agua simple en lugares inaccesibles a los roedores o cualquier otro organismo, en ellos se vió el grado de evaporación y se comparó con los recipientes de prueba.

Ambos tratamientos se programaron para una duración de dos semanas tomando en cuenta que el tiempo medio entre la ingestión de la dosis letal y el momento de la muerte es el mismo para ambos anticoagulantes (entre cinco y siete días).

## Post-tratamiento.

Al finalizar los tratamientos químicos, se procedió a tapar nuevamente las madrigueras para evaluar de este modo la eficacia de los tratamientos al comparar el número de madrigueras activas en ese momento, contra el número inicial y se hizo un postcebedo para estimar la actividad de la población de ratas remanente. El postcebedo se realizó durante cinco días de la misma manera que el precebedo, pesando el consumo diario.

Para comprobar la efectividad de los rodenticidas utilizados, se aplicó una prueba de hipótesis sobre la igualdad de medias mediante un análisis de varianza (Daniels, 1986), donde la hipótesis a probar en el experimento realizado es:

$$H_0: \bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \dots = \bar{X}_n \quad \text{vs.} \quad H_a: \text{No todas las medias poblacionales son iguales}$$

Para efectuar la prueba se definió la variable aleatoria que mide el número de madrigueras activas en cada almacén.

Sea  $X_{ij}$  el número de madrigueras activas existentes en la  $i$ -ésima observación realizada en el  $j$ -ésimo almacén.

Sea  $n_i$  el número de almacenes muestra en cada observación, donde  $i=1,2,3,4$  observaciones, donde los números impares (1 y 3) son las observaciones realizadas antes de aplicar los tratamientos químicos respectivos, y 2 y 4 son las observaciones realizadas después de aplicar los tratamientos especificados.

El promedio por observación a nivel de almacén del número de madrigueras activas está dado por:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \quad \text{con } i=1,2,3,4 \text{ observaciones.}$$

El promedio general de todas las madrigueras activas registradas en las cuatro observaciones a nivel de almacén se obtiene por:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}}{\sum_{i=1}^4 n_i}$$

La variación total entre todas las madrigueras activas a nivel de almacén de todas las observaciones en conjunto, se obtiene con la siguiente expresión:

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X})^2 = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 + \sum_{i=1}^4 n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2$$

donde  $\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2$  es la variación de madrigueras activas a nivel de almacén DENTRO de observaciones y

$\sum_{i=1}^4 n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2$  es la variación de madrigueras activas a nivel de almacén ENTRE observaciones.

Con la descomposición de la variación total se construyó la tabla I de análisis de varianza para probar la hipótesis planteada (a un nivel de significancia de 0.05).

### III.- RESULTADOS

Pretratamiento. Estimación de la actividad de roedores.

Al realizar la inspección, se encontraron caminos fuera de los almacenes, que en algunas ocasiones terminaban en puertas de acceso que no se utilizaban con frecuencia, o algunas "fisuras" o huecos en el piso; excrementos (principalmente de *Rattus norvegicus* y *Mus musculus*) que por su cantidad, denotaban que estos organismos frecuentaban más unos sitios que otros (generalmente estos sitios correspondieron a tomas completas de cebos en 2 o 3 días).

Se cuantificaron, marcaron y taparon todas las madrigueras visibles dentro de los almacenes, realizándose al día siguiente el conteo de las madrigueras reabiertas (madrigueras activas) cuyos resultados obtenidos se presentan en la Tabla II.

En cuanto a la actividad de roedores estimada por el consumo de trigo, los resultados se encuentran en la Tabla III.

Tratamiento químico.

El consumo de los cebos a base de Warfarina y Brodifacoum durante los diez días que duró el tratamiento y su equivalente en ingrediente activo, aparecen en la Tabla IV, en la cual puede apreciarse que a mayor tiempo transcurrido del tratamiento químico, hubo menor consumo de los cebos.

## Post-tratamiento.

Al finalizar el tratamiento químico, se realizó un post-cebado para verificar la actividad de la población de roedores remanente por medio del consumo de trigo, obteniéndose los resultados que aparecen en la Tabla V.

Para poder evaluar la efectividad de ambos rodenticidas, se procedió a contar el número de madrigueras activas que quedaron después de aplicar el tratamiento químico, obteniéndose un porcentaje de madrigueras controladas en base al número de madrigueras activas en el precebado que se reporta en la Tabla VI.

En cuanto a la identificación de los organismos responsables del consumo, se identificaron como *Rattus norvegicus* y *Mus musculus*. Esto se corroboró por las características anatómicas de los roedores encontrados y por los excrementos observados.

En la Tabla VII se presentan los datos registrados de madrigueras activas en los nueve almacenes para ambos anticoagulantes, por medio de los resultados obtenidos, tenemos que:

$$\bar{X} = 9.2$$

$$\sum_{i=1}^4 n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2 = 689.12$$

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 = 636$$

Por lo tanto...

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Estadística de prueba
Variación				
ENTRE observaciones	689.12	3	229.71	
				$F_c = \frac{229.71}{45.42} = 5.06$
Variación				
DENTRO observaciones	636	14	45.42	
TOTAL	1,325.12	17	77.95	

$$F_t = F_{(9, 14, 0.95)} = 3.34$$

Como  $F_c > F_t$ , entonces, se rechaza la  $h_0$ ; ésto es que las medias son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

Con los resultados obtenidos en la prueba de hipótesis sobre igualdad múltiple de medias mediante el análisis de varianza, se tiene que las medias son diferentes entre sí, sin embargo, no indica cuál de los dos productos es más efectivo en la erradicación de roedores, por lo que fue necesario realizar una segunda prueba de hipótesis que permitió determinar cual de los dos productos es más efectivo.

La hipótesis indicada para probar cual de los dos productos es más efectivo a un nivel de significancia del 5% es la siguiente:

$$H_0: P_x - P_y = 0 \quad \text{vs.} \quad H_a: P_x - P_y > 0$$

donde  $P_x$  es el parámetro poblacional de la proporción de erradicación de roedores utilizando Brodifacoum y  $P_y$  es el parámetro poblacional de la proporción de erradicación de los roedores utilizando Warfarina.

La estadística de prueba correspondiente es:

$$T_c = \frac{\hat{P}_x - \hat{P}_y}{\sqrt{\frac{\hat{P}(1-\hat{P})}{n_x} + \frac{\hat{P}(1-\hat{P})}{n_y}}} \sim t_{(n_x + n_y - 2)}$$

donde  $\hat{P} = \frac{x + y}{n_x + n_y}$  a su vez,  $\hat{P}_x = \frac{x}{n_x}$  y  $\hat{P}_y = \frac{y}{n_y}$

$n_x$  es el número de madrigueras activas que se observaron antes del tratamiento con Brodifacoum.

$x$  es el número de madrigueras que resultaron inactivas después del tratamiento con Brodifacoum.

$n_y$  es el número de madrigueras activas que se observaron antes del tratamiento con Warfarina.

$y$  es el número de madrigueras que resultaron inactivas después del tratamiento con Warfarina.

$n_x$  y  $n_y$  son muestras de madrigueras seleccionadas al azar de la población de estudio.

$$\hat{P} = 0.7328 \quad \hat{P}_x = 0.8205 \quad \hat{P}_y = 0.6038$$

$$T_c = 2.75 \quad \sim \quad t_{(129, 0.95)}$$

$T_t = -1.6577$  y por lo tanto, se rechaza  $H_0$ , y se tiene que Brodifacoum es más efectivo que Warfarina en la erradicación de los roedores.

El hecho de haber utilizado la hipótesis sobre diferencia de proporciones, se debe a que ella involucra una información más completa de los datos registrados en los experimentos, puesto que se midió el porcentaje de erradicación para cada uno de los productos.

Una prueba de igualdad de medias de madrigueras inactivas que se registran después de los tratamientos con cada uno de los productos, no considera el número de madrigueras activas que existían antes de los tratamientos y por lo mismo, la prueba de hipótesis puede resultar débil y llegar a una contradicción sobre el efecto que dichos productos han demostrado en otros países.

#### IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Basándose en los resultados que arroja esta investigación, se concluye que el cebo a base de 0.005% de Brodifacoum es más efectivo para el control de roedores en almacenes de granos y semillas que el de 0.025% de Warfarina; aunque por su concentración se supondría lo contrario, esto se explica de una manera más evidente si se compara nuevamente la toxicidad de ambos a través de sus dosis letales, encontrando que la LD<sub>50</sub> para Brodifacoum es, en mucho, más baja que para Warfarina (LD<sub>50W</sub>=2.0 mg/kg; LD<sub>50B</sub>=0.26 mg/kg para *Rattus norvegicus*; 0.65 mg/kg para *R. rattus* y 0.40 mg/kg para *Mus musculus*).

En el lapso de diez días que duró el tratamiento químico, se comprobó que 52.81 mg. de ingrediente activo de Brodifacoum, y 119.21 mg. de ingrediente activo de Warfarina, controlaron el 82.05% y el 60.37% respectivamente de la población de roedores presente en el área correspondiente a cada cebo, esto evidencia la acción de Brodifacoum como un anticoagulante de acción violenta o de dosis única, es decir, que en una sola toma del veneno, el organismo blanco ingiere suficiente cantidad de ingrediente activo para provocar su muerte.

Por el patrón de consumo, se observa que el rodenticida Brodifacoum comenzó a surtir efecto al cuarto día de su aplicación, lo cual indica que los organismos que consumieron el veneno durante los tres primeros días (presumiblemente los organismos dominantes), al cuarto día ya no estaban en condiciones de consumirlo, ya sea por síntomas o por muerte.

En cuanto a aplicación práctica y mano de obra se refiere, el producto Klerat a base de Brodifacoum, no requiere una preparación especial previa, ya viene listo para su aplicación, en contraste, la Warfarina si lo requiere.

Por otro lado, si se compara no solo la efectividad en la erradicación de la plaga, sino también otros aspectos que este trabajo implicó, se puede decir que existen factores a corto y largo plazo que controlan la transición de las poblaciones de organismos de un estado inocuo a una condición dañina. Los factores a largo plazo son aquellas presiones evolutivas que alteran la población de la plaga de tal forma que explotan a sus víctimas más eficazmente. Esto surge gracias a las mutaciones y a la selección natural. Los factores a corto plazo son los cambios en la resistencia ambiental al crecimiento de las poblaciones. Esta resistencia ambiental se compone de factores bióticos y abióticos pero estos no pueden separarse claramente, ya que interactúan unos con otros (Jamieson y Jober, 1975).

Respecto a lo económico, se observa que se mantienen contínuas pérdidas tanto en los productos almacenados, como en las instalaciones. Los parámetros de pérdidas debidas a roedores, carecen de una definición adecuada, y por lo tanto, un estudio a éste respecto, abre un campo de gran importancia que debe ser soportado por una evaluación experimental. Si son prevenidas, o al menos reducidas estas pérdidas, más alimento estaría disponible para el consumo humano.

En el contexto biológico, se propicia el desarrollo de enfermedades, además son una fuente de contaminación de los alimentos, utensilios personales y el medio en general; por lo tanto, es pertinente considerar programas de control de

fauna nociva que aminoren los índices de infestación de almacenes, mejorando así la calidad de vida de los consumidores (Robledo-Robledo, 1985).

La ignorancia del enorme daño que provocan los roedores hace que se gaste poco en combatirlos, por lo que se deben llevar al cabo campañas de concientización dirigida tanto a empleados como a autoridades sobre la necesidad de combatir permanentemente fauna tan perjudicial, a aquellos para instruirlos en los métodos y procedimientos y a éstas para lograr que se programe un presupuesto para tal fin.

Cada persona dedicada a combatir roedores, debe comprender las reglas que en gran medida, se ocupan de asegurar que los venenos peligrosos en potencia se utilicen de modo seguro.

La ausencia de reglas preventivas no releva a quién aplica los métodos de control, de su responsabilidad de proceder con seguridad; también vale la pena recordar que esta responsabilidad, no es una simple obligación moral de proteger a los hombres y otros animales que no son plaga, de los peligros de todo contacto por accidente con los roenticidas. Es muy importante que no se subestimen las exigencias de esta labor, puesto que al parecer, son pocos los encargados de almacenes que muestran el interés necesario para mantener un control efectivo de los roedores; es por esto, que es importante enfatizar el papel del biólogo en los programas de control de fauna nociva, ya que las personas que normalmente son las que proponen y efectúan este tipo de programas, no tienen la formación y la información adecuada para llevar a cabo satisfactoriamente este tipo de empresas.

A continuación se mencionan algunas recomendaciones que se

deben tomar en cuenta en los almacenes:

- Las puertas deben cerrarse perfectamente sin dejar espacios que permitan el acceso a los roedores.
- Colocar en puertas y ventanas hojas de lámina de unos 20 cm. viendo hacia abajo.
- Las ventanas deben protegerse con tela de alambre, así como las tuberías, sistemas de ventilación y otras aberturas que puede dar acceso al almacén a estos organismos.
- Todo refugio en potencia como cajas de embalaje, barreduras o papel de desecho, deberán eliminarse.
- En cuanto a higiene y organización del almacén, se debe tener presente que la procreación fructífera de los roedores se puede impedir por lo general, asegurándose que las pilas no permanezcan inmóviles durante un periodo mayor de dos meses, es decir, el lapso que transcurre desde la concepción hasta el destete de muchos roedores.
- Los cubos de basura no deberán sobrecargarse y tendrán tapas herméticas para evitar que los roedores hurguen.
- Las zonas del almacén en torno a las pilas de alimentos, habrá que barrerlas continuamente y mantenerlas limpias de alimentos derramados y de acumulaciones de materiales de empaque.

Para terminar y en vista de los resultados obtenidos en la planta de experimentación, La Productora Nacional de Semillas, implementó por medio del Departamento de Control de Calidad, lo que llamó un "Programa Nacional de Desratización" en todas sus Unidades de Operación utilizando Klerat como tratamiento químico y por lo menos, en la Planta de Cortazar, Guanajuato, se está haciendo lo posible para seguir las recomendaciones que se hicieron en cuanto a las instalaciones y medidas preventivas para evitar el acceso de los roedores en los almacenes.

**CUADRO 1. Biología asociada de los roedores (Baker, 1984b)**

Características	<i>Rattus norvegicus</i>	<i>Rattus rattus</i>	<i>Mus musculus</i>
Cuerpo	grande y robusto	delgado	pequeño y delgado
Ojos	pequeños	grandes y prominentes	pequeños
Orejas	cortas y redondas	delgadas y prominentes	poco prominentes
Cabeza	hocico redondeado y corto	hocico puntiagudo	hocico puntiagudo
Peso	200-500 gr.	150-250 gr.	12-30 gr.
Longitud (cabeza + cuerpo)	18-27 cm.	15-22 cm.	6-9 cm.
Cola	más corta que la cabeza y el cuerpo	más larga que la cabeza y el cuerpo	tan larga como la cabeza y el cuerpo
Color	café o gris pardo	gris o negro pardo	gris oscuro
Excrementos	en forma de cápsula(20mm.)	en forma de huso (12 mm.)	en forma de varilla(3-6mm)
Alimento (gramos/noche)	15-25	15-20	3
Tipo de alimento	omnívoro; prefiere granos, carne, basura y vegetales	omnívoro; prefiere granos, fruta, nueces, carne, huevos y vegetales	omnívoro; prefiere granos

(CONTINUA...)

(... CONTINUACION)

Agua (ml/noche)	15-30	15-30	generalmente la obtiene de la comida o consume pocas cantidades
Hábitos alimenticios	tímida, reacción ante nuevos objetos con desconfianza	tímida, igual que la noruega	mordisqueado- res, reacción recelosa limitada
Predio habitacional	50-100 mts.	50-100 mts.	10-20 mts.
Lapso vital	7-12 meses	7-12 meses	7-9 meses
Madurez sexual (hembras)	2-3 meses	2-3 meses	1 $\frac{1}{2}$ meses
Tiempo de gestación	22 días	22 días	19 días
Epoca de cruce	todo el año	todo el año	todo el año
Tamaño de camada	8-12	6-10	5-6
Camadas al año	7	6	8

**CUADRO 2. Clasificación de métodos para el control de roedores plaga (González-Romero, 1980).**

Control directo	Mecánico y Manual	- trampas	
		- caza	
Control directo	Químico	- ultrasonido	
		- barreras físicas	
		- venenos de ingestión	
Control directo	Químico	- venenos de contacto	
		- inhibidores de la reproducción	
		- limpieza de canales y bordos	
Control indirecto	Manipulación del hábitat	- prácticas agrícolas adecuadas	Control Biológico
		- policultivos	
		- plantas resistentes al ataque de roedores	
		- protección de enemigos naturales	
Control indirecto	Depredadores	- introducción de depredadores y parásitos	

**CUADRO 3. Ventajas y desventajas de rodenticidas de acción aguda y de acción crónica (condensado de EPP0, 1975).**

VENENOS AGUDOS		VENENOS CRONICOS	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Es difícil la intoxicación accidental de humanos y animales domésticos	Requieren más mano de obra para aplicarse que los agudos	Requieren poca mano de obra para aplicarse	Los accidentes con estos productos son comunes en humanos y animales domésticos y sus efectos son irreversibles
Para todos existe antídoto específico	Requieren ser ingeridos varias veces para poder acumular la dosis letal	Basta una toma del veneno para matar al animal blanco	No existen antídotos
No penetran mucosas ni piel intacta	Su uso indiscriminado genera roedores resistentes	Es mejor aceptado por parte de dueños de explotaciones	Penetran la piel
No hay rechazo al cebo	Son caros	Son baratos	Puede haber un marcado rechazo al cebo

(CONTINUA...)

(... CONTINUACION)

Se aplican directamente sin ningun precebado			Requiere de aplicar cebo sin veneno varios dias antes
No se acumula en tejidos vegetales ni en depósitos de agua			Algunos son fitotóxicos o se acumulan en el tejido graso de los vegetales
Los animales intoxicados no dan ninguna señal de aviso hacia el cebo			Puede generar roedores resistentes
			Los trabajadores que manejan el producto deben aislarse con equipo especial caro
			Rompe cadenas alimenticias
			Se acumulan en depredadores
			Dosis letal igual para el hombre

(CONTINUA...)

(... CONTINUACION)

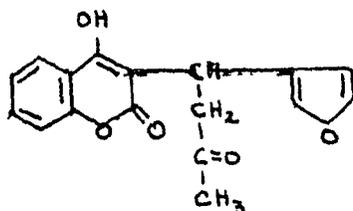
	0		<b>Virtualmente no son biode- gradables, aún en barbecho y agua</b>
--	---	--	---

CUADRO 4. Características químicas y biológicas más sobresalientes de los anticoagulantes Warfarina y Brodifacoum.

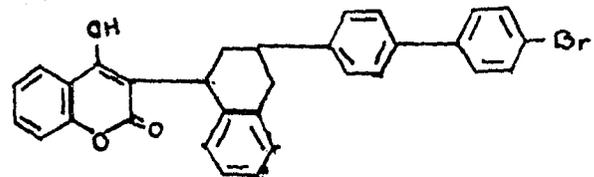
CARACTERÍSTICA	WARFARINA	BRODIFACOUM
Nombre común	Warfarina	Brodifacoum
Nombre químico	3-(alfa-acetonil-bencil)-4-hidroxi-cumarina.	3-(3-(4'-bromobifenil-4-il)-1,2,3,4-tetrahidro-1-naftil)-4-hidroxicumarina.
Laboratorio distribuidor	Helios.	ICI de México.
Concentración de Ingrediente Activo	2.5 gr/kg	0.05 gr/kg
Toxicidad (LD50)	Para <i>Rattus</i> spp. aguda: 180 mg/kg crónica: 2 mg/kg	Para <i>Rattus norvegicus</i> : 0.26 mg/kg <i>R. rattus</i> : 0.65 mg/kg y <i>Mus musculus</i> : 0.40 mg/kg

Fórmula  
estructural

WARFARINA



BRODIFACOUM



(CONTINUA...)

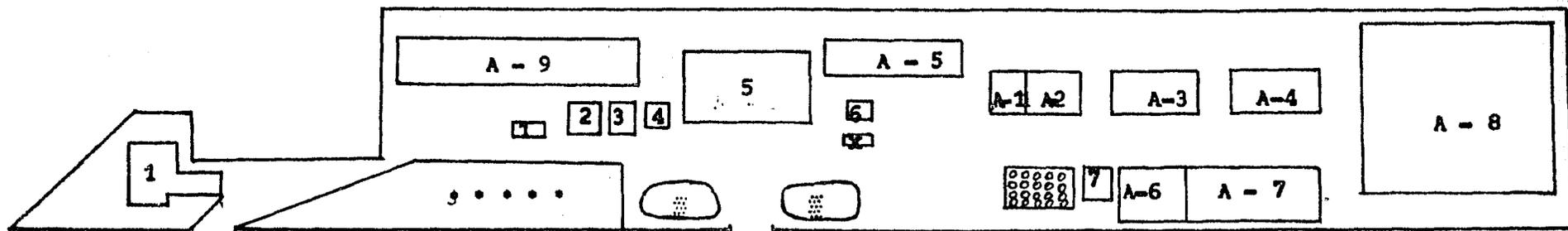
(CONTINUACION. . .)

Forma de acción	Estimulan al Sistema Nervioso causando hiperactividad, dando como resultado final, temblores musculares que propician un desgaste físico anormal.
-----------------	---

Modificado de Sánchez, 1981.

PLANO 1. Unidad de Operación de Productora Nacional de Semillas.

Cortazar, Guanajuato.



CARRETERA PANAMERICANA Km. 290

← Salamanca

Celaya →

- 1.- Casa habitación.
- 2.- Laboratorio.
- 3.- Invernadero.
- 4.- Salón de conferencias.
- 5.- Secadora y planta de tratamiento.
- x.- Báscula.
- Jardines.
- Silos.
- 6.- Oficinas.
- .- Terrenos de cultivo.

- A - 1.- 20 20
- A - 2.- 20 40
- A - 3.- 20 60
- A - 4.- 20 60
- A - 5.- Almacén de hortalizas.
- A - 6.- 30 60
- A - 7.- 30 80
- A - 8.- 80 100
- A - 9.- Almacén de materia prima.
- 7.- Bodega.

TABLA I. Análisis de varianza.

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza estimada	Estadística de prueba
Variación ENTRE observaciones	$\sum_{i=1}^4 n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2$	4-1	$S_{eo}^2 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^4 n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2$	$F_c = \frac{S_{eo}^2}{S_{do}^2}$
Variación DENTRO observaciones	$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2$	18-4	$S_{do}^2 = \frac{1}{14} \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2$	

**TABLA II. Número de madrigueras reabiertas en los nueve almacenes de la Planta de Operación.**

	<b>WARFARINA</b>	<b>BRODIFACOUM</b>
<b>Número de madrigueras en la inspección.</b>	<b>89</b>	<b>103</b>
<b>Número de madrigueras activas en el pretratamiento.</b>	<b>53</b>	<b>78</b>

**TABLA III. Actividad de roedores durante el pretratamiento, estimada por el consumo de trigo (en gr.).**

Area correspondiente a los cebos con:		
DIAS	WARFARINA	BRODIFACOU
1	402.2	425.7
2	391.3	387.7
3	373.0	372.2
4	383.5	358.1
5	406.8	318.3
<b>TOTAL</b>	<b>1,956.8</b>	<b>1,862.0</b>
$\bar{X} \pm S$	$391.4 \pm 13.73$	$372.4 \pm 39.39$

**TABLA IV. Consumo de los cebos en gramos y el equivalente de ingrediente activo en miligramos de los anticoagulantes Warfarina y Brodifacoum.**

Consumo total de los cebos de:		
DIAS	WARFARINA	BRODIFACOUM
8	76.2	343.7
9	68.9	241.3
10	61.95	175.7
11	55.75	56.0
12	46.9	62.5
15	38.8	86.4
16	34.85	21.6
17	33.45	37.9
18	32.65	30.5
19	27.55	13.4
<b>TOTAL</b>	<b>477.0</b>	<b>1,069.0</b>
<b>TOTAL de I. A.</b>	<b>119.21</b>	<b>52.81</b>

**TABLA V. Actividad de roedores en postcebado estimada por el consumo de trigo (en gr.).**

Area correspondiente a los cebos con:		
DIAS	WARFARINA	BRODIFACOUM
22	8.4	6.8
23	8.5	5.2
24	6.9	4.9
25	6.3	4.8
26	4.6	3.9
<b>TOTAL</b>	<b>34.7</b>	<b>25.6</b>
$\bar{X} \pm S$	6.94 $\pm$ 1.61	5.12 $\pm$ 1.05

**TABLA VI. Madrigueras activas en el postcebado y el porcentaje de madrigueras controladas.**

	WARFARINA	BRODIFACOUM
Número de madrigueras activas en el postcebado.	21	14
% de control	60.37	82.05

**TABLA VII. Datos registrados de madrigueras activas.**

W A R F A R I N A		B R O D I F A C O U M	
Antes ( $X_{1j}$ )	Después ( $X_{2j}$ )	Antes ( $X_{3j}$ )	Después ( $X_{4j}$ )
5	2	9	3
14	8	8	2
7	2	29	5
9	3	32	4
18	6		
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>21</b>	<b>78</b>
$\bar{X}_1 = 10.6$	$\bar{X}_2 = 4.2$	$\bar{X}_3 = 19.5$	$\bar{X}_4 = 3.5$
$n_1 = 5$	$n_2 = 5$	$n_3 = 4$	$n_4 = 4$

## B I B L I O G R A F I A

- Baker, R.O. (1984a) Commensal Rodents-Kay Identification Characteristics and Biology Essencial to Control. Fundamentals of Commensal Rodent Control. Workshop Manual. Sacramento, California. U.S.A. pp. 3-6.
- Baker,R.O. (1984b) Rodent Control Program Development and Strategies for Succesful Control. Fundamentals of Commensal Rodent Control. Workshop Manual. Sacramento, California. U.S.A. pp. 7-12.
- Control de Ratas y Ratones. (1979) Manual para el Personal de Plagas. Zeltia Agraria, S.A. Porriño (Pontavedra). Gran Bretaña. 58 pp.
- Cuevas, O.C. (1986) Estudio de Palatabilidad y Dosis Letal Media del Roedoricida Brodifacoum en Rata Noruega. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 53 pp.
- Daniels, W.W. (1982) Bioestadística. Mc.Graw Hill. México.
- EPPO Bulletin. (1975) Guide-lines for the Development and Biological Evaluation of Rodenticides. Paris. 49 pp.
- Garner, R.J. (1970) Toxicología Veterinaria. 3a. ed. Aribia. Zaragoza, España. 347 pp.
- González-Romero, A. (1980) Roedores Plaga en las Zonas Agrícolas del Distrito Federal. Inst. Ecol. México. 83 pp.
- Howard, W.E., et. al. (1976) The Rat: Its Biology and Control. Univ. of. Cal. U.S.A. 23 pp.
- ICI. (1984) Klerat, rodenticida de alta efectividad. Folleto de Divulgación. ICI de México. División Agrícola. 23 pp.
- Jamieson, M. y P. Jober. (1975) Manejo de Alimentos. Vol. 1. Pax-Mex. México. 578 pp.

- Marsh, R.E. (1984) Anticoagulant Rodenticides Are Not All Alike. Fundamentals of Commensal Rodent Control. Workshop Manual. Sacramento, California. U.S.A. pp. 13-15.
- Ortega, B.C. (1985) El Almacenamiento de Semillas. U.N.A.M. México. 28 pp.
- Ramírez, G.M. (1984) Almacenamiento y conservación de granos y semillas. C.E.C.S.A. México. 300 pp.
- Robledo-Robledo, E. (1985) Estudios Ecológicos y del Comportamiento de Roedores en relación a Pérdidas de Alimentos. U.N.A.M. México. 33 pp.
- Sánchez, N.F. (1981) Roedores y Lagomorfos. C.I.A.M. México. 247 pp.
- S.A.R.H. (1977) Programa Nacional Sobre el Control de Roedores. México. Fitófilo: 74. 86 pp.