

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
COMISIÓN DE ESTUDIOS PARA GRADUANDOS  
DEPARTAMENTO E INSTITUTO DE ZOOLOGÍA AGRÍCOLA

COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE LA RATA ARROCERA  
*Holochilus sciureus* (RODENTIA: CRICETIDAE) EN UNA UNIDAD DE  
PRODUCCIÓN DE ARROZ DEL ESTADO PORTUGUESA

LILIAN M. FUENTES ROMÁN

MARACAY, MARZO 2012

Tesis Doctoral presentada como requisito final para optar al Título de Doctor en  
Ciencias Mención Zoología Agrícola

COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE LA RATA ARROCERA  
*Holochilus sciureus* (RODENTIA: CRICETIDAE) EN UNA UNIDAD DE  
PRODUCCIÓN DE ARROZ DEL ESTADO PORTUGUESA

Por

Lilian M. Fuentes Román

Tutor: Dr. Martín Correa-Viana. Universidad Nacional Experimental Ezequiel  
Zamora

Consejero: Lic. Msc. Danilo Agüero. Instituto Nacional de Investigaciones  
Agropecuaria-Portuguesa

MARACAY, MARZO 2012



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
**Programa Integrado de Estudios de  
Postgrado en Zoología Agrícola**



**VEREDICTO**

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Agronomía y el Consejo de Estudios de Postgrado de la Universidad Central de Venezuela, para examinar la **Tesis Doctoral** presentada por: **LILIAN MARÍA FUENTES ROMÁN**, Cédula de identidad N° 7.423.323, bajo el título "**Comportamiento de la rata arrocera *Holochilus sciureus* (Rodentia: Cricetidae) en una unidad de producción de arroz del estado Portuguesa**", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **DOCTORA EN ZOOLOGÍA AGRÍCOLA**, dejan constancia de lo siguiente:


1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 09 de Marzo de 2012 a las 02:00 PM., para que la autora lo defendiera en forma pública, lo que ésta hizo en el Laboratorio de Entomología, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por la autora, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado cumplió con los requisitos exigidos y constituye un importante aporte para el conocimiento de los vertebrados plaga.

Por unanimidad los miembros del Jurado aprobaron solicitar la modificación del título "**Comportamiento de la rata arrocera *Holochilus sciureus* (Rodentia: Cricetidae) en una unidad de producción de arroz del estado Portuguesa**", originalmente asignado a la Tesis por: **Comportamiento poblacional de la rata arrocera *Holochilus sciureus* (Rodentia: Cricetidae) en una unidad de producción de arroz del estado Portuguesa**.

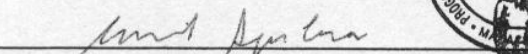
En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 09 días del mes de Marzo del año 2012. Conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinador del jurado el **Dr. Martín Correa-Viana**.




Dra. Nereida Delgado / C.I.: 6.363.676  
Universidad Central de Venezuela  
Jurado designado por el Consejo  
de la Facultad



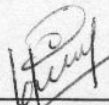
Dr. Carlos Vereá / C.I.: 10.182.042  
Universidad Central de Venezuela  
Jurado designado por el Consejo  
de la Facultad



Dra. Marisol Aguilera / C.I.: 2.833.020  
Universidad Simón Bolívar  
Jurado designado por el Consejo  
de Estudios de Postgrado



Dr. Nixon Jiménez / C.I.: 9.612.231  
Universidad Centroccidental Lisandro  
Alvarado  
Jurado designado por el Consejo  
de Estudios de Postgrado



Dr. Martín Correa-Viana / C.I.: 632.501  
Universidad Nacional Experimental de  
los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora  
Tutor

## **DEDICATORIA**

...A Dios, por el regalo de la vida y salud para culminar esta meta profesional y personal...

...A mi familia, por su apoyo incondicional...

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, por permitir realizar mis estudios de Postgrado.

A la Universidad Central de Venezuela-Instituto de Zoología Agrícola, por su formación académica.

Al CDCHT, por el apoyo financiero para la realización de la tesis.

Al Dr. Martín Correa – Viana, por su tutoría en la elaboración de la tesis.

Al Lic. Danilo Agüero y Lic. Antonio Utrera, por las asesorías brindadas.

A la Asociación de Productores de Arroz del estado Portuguesa, Sr. Nicolino Merlotti, Sr. Saverio Cantelmi, Sr. Luis Urriola y T.S.U Adan Olivar, quienes contribuyeron en la planificación y ejecución de las labores de campo.

A la Ing.Agr. Lisbeth Díaz, por su gran colaboración en los análisis estadísticos de los datos.

A la Srta. Marilyn Ramos, por brindarme un apoyo sincero, honesto y respetuoso desde que llegué al postgrado.

A la Sra Milagros López por facilitarme toda la información que necesitara en la biblioteca de Zoología Agrícola.

A Grisaly, Carlos, Nexcy, Franklin, Zunilde y Yolmar, por sus palabras de aliento y el ejemplo de cada uno sirvió de motivación para seguir adelante.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1 Bioecología y morfología de <i>Holochilus sciureus</i> Wagner, 1842.....	7
2.2 Generalidades del cultivo de arroz.....	12
2.3 Estimación de la abundancia de roedores.....	14
2.4 Evaluación de daños ocasionados por roedores.....	22
2.5 Dinámica poblacional.....	38
3. METODOLOGÍA.....	48
3.1 Área de estudio.....	47
3.2 Método de muestreo.....	47
a. Evaluación de abundancia relativa de <i>Holochilus sciureus</i> .....	50
b. Evaluación de los daños.....	52
3.3 Variables y mediciones.....	56
3.4 Técnica de análisis de datos.....	57

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
4.1 Caracterización de la población de <i>H. sciureus</i> .....	62
4.2 Comparación de las clases etarias y el cociente sexual, con los ciclos de siembra y las etapas de desarrollo del cultivo.....	64
4.3 Distribución de frecuencia entre el peso, el sexo y las clases de edad de los individuos capturados.....	67
4.4 Abundancia de <i>H. sciureus</i> .....	70
a. En cada etapa de desarrollo.....	70
b. En cada edad del cultivo.....	76
4.5 Daños ocasionados por <i>H. sciureus</i> .....	79
a. En función de las etapas de desarrollo y los días después de la siembra para cada ciclo.....	79
b. Relación del daño en función de los días después de la siembra.....	85
4.6 Abundancia y daño en función de la altura del cultivo y la lámina de agua.....	87
5. CONCLUSIONES.....	95
6. RECOMENDACIONES.....	96
7. REFERENCIAS.....	97
8. ANEXOS.....	115



## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
1. Biometría de los ejemplares de <i>H. sciureus</i> en función del peso y de las medidas corporales de juveniles y adultos de ambos sexos y media de embriones.. .....	63
2. Cociente sexual de <i>H. sciureus</i> durante los ciclos de muestreos.....	66
3. Cociente sexual de <i>H. sciureus</i> durante las etapas de desarrollo del cultivo.....	67
4. Número de individuos por grupos de peso, por sexo y de hembras preñadas de <i>H.sciureus</i> .....	68
5. Número de individuos machos de <i>H.sciureus</i> con testículos escrotados y abdominales por grupos de peso.....	69
6. Distribución por clases de peso de hembras de <i>H. sciureus</i> .....	69
7. Abundancia de <i>H. sciureus</i> en función de las etapas de desarrollo durante tres ciclos de siembra de arroz.....	71
8. Abundancia de <i>H. sciureus</i> desde 70 a 126 dds durante de ciclo de lluvia 2007.....	77
9. Abundancia de <i>H. sciureus</i> en función de los dds durante el ciclo de sequía 2007-2008.....	78
10. Área dañada (m <sup>2</sup> ) durante el ciclo de lluvia 2007 por <i>H. sciureus</i> desde 98 a 126 dds.....	80
11. Área dañada (m <sup>2</sup> ) en función de las etapas de desarrollo (ciclo de sequía 2007-2008).....	82
12. Área dañada (m <sup>2</sup> ) de <i>H. sciureus</i> en función de los dds (ciclo de sequía 2007-2008).....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
1.	Distribución geográfica de <i>H. sciureus</i> .....	8
2.	Etapas de desarrollo del arroz.....	13
3.	Ubicación del área de estudio.....	49
4.	Ubicación de las parcelas muestreo.....	49
5.	Diagrama de la disposición de las cuadrículas en campo ( + Punto de ubicación de cada trampa).....	51
6.	Instalación de las trampas dentro del lote de arroz.....	51
7.	Estructura utilizada para fijar la cámara.....	53
8.	Diseño de la parcela para la evaluación de daños.....	54
9.	Cantidad de individuos de <i>H. sciureus</i> capturados por clase de edad y ciclo de siembra.....	65
10.	Cantidad de individuos de <i>H. sciureus</i> capturados, durante los ciclos evaluados, por clase de edad y etapa de desarrollo del cultivo de arroz.....	65
11.	Índice de abundancia relativa de <i>H. sciureus</i> desde 20 a 116 dds durante el ciclo de sequía 2006-2007.....	76
12.	Índice de abundancia relativa entre 25 y 109 dds, durante el ciclo de sequía 2007-2008.....	78
13.	Área dañada desde 98 a 126 dds durante el ciclo de lluvia 2007.....	85
14.	Área dañada desde 25 a 109 dds, durante el ciclo de sequía 2007-2008.....	86
15.	Relación entre índice de abundancia relativa de <i>H. sciureus</i> (y), altura del cultivo (cm) ( $x_1$ ) y altura de la lámina de riego (cm) ( $x_2$ ) durante el ciclo de sequía 2006-2007.....	87
16.	Relación entre índice de abundancia relativa de <i>H. sciureus</i> (%)( $\hat{Y}$ ), altura del cultivo (cm) ( $x_1$ ) y altura de la lámina de riego (cm) ( $x_2$ ), durante el período de 28 a 126 dds del ciclo de lluvia 2007..	88

## RESUMEN

Se estudió el comportamiento poblacional de la rata arrocera *Holochilus sciureus* en siembras de arroz del municipio Ospino (Portuguesa) durante tres ciclos de siembra. El índice de abundancia relativa (IAR) del roedor fue estimado mediante el método de captura por remoción. La medición de los daños se sustentó en un muestreo aleatorio simple conducido a lo largo de un sistema de transectas preestablecidas. Se capturaron 222 ejemplares: 126 resultaron machos (18 juveniles y 108 adultos) y 96 hembras (16 juveniles y 80 adultas). El cociente sexual fue 1:1 ( $P > 0,05$ ) durante los ciclos, pero se diferenció 3:1 ( $P = 0,021$ ) en el curso de la etapa de macollamiento. El número medio de embriones de la población de hembras fue  $7,05 \pm 1,99$ . Las clases de edad de los roedores no variaron ( $\chi^2 = 6,87$   $P = 0,3328$ ), de acuerdo con las condiciones climáticas de la siembra (sequía o lluvia). Sin embargo, se observó un incremento tanto juveniles como adultos durante la maduración del grano ( $\chi^2 = 14,81$   $P = 0,0218$ ). El IAR aumentó durante la reproducción (floración) y maduración del grano. El IAR fue directamente proporcional con la edad del cultivo ( $\hat{Y} = 0,0106X^{1,35503}$ ,  $r^2 = 0,7282$   $r = 0,8533$ ) durante el ciclo de sequía 2006-2007, mientras que en el siguiente ciclo (lluvia 2007), se incrementó 84 días después de la siembra (dds) y explicado mediante el modelo  $\hat{Y} = -5,58373 + 0,12539X$  ( $r^2 = 0,6915$ ,  $r = 0,8316$ ). A diferencia de los ciclos anteriores, en el curso del ciclo de sequía 2007-2008 el IAR mostró fluctuaciones que se ajustaron al modelo  $\text{Arcsen}\left[\sqrt{\frac{\hat{Y}}{100}}\right] = -1,7478 + 0,1305X - 0,0031X^2 + 3,15 \cdot 10^{-5}X^3 - 1,114 \cdot 10^{-7}X^4$  ( $r^2 = 0,8206$   $r = 0,9059$ ). No se observó ningún tipo de daño (tallos cortados y construcción de nidos) durante el ciclo 2006-2007. En los ciclos siguientes sólo se registraron tallos cortados a partir de los 112 dds en el ciclo 2007 y a los 95 y 109 dds en el 2007-2008, pero sin efectos sobre el rendimiento promedio. Durante los tres ciclos, la abundancia de *H.sciureus* incrementó directamente con la altura del cultivo e inversamente con la lámina de riego, en el lapso. En el análisis del 2007-2008 se adicionó la variable daño, la cual disminuyó con el aumento de la altura de lámina de riego. Investigaciones de carácter multidisciplinario que conduzcan a entender el comportamiento de los roedores plaga son imprescindibles. Sus resultados podrían sustentar la elaboración de programas de manejo económicamente sustentables, armonizados con el ambiente y además aplicables de manera preventiva.

Palabras clave: *Oryza sativa*, *Holochilus sciureus*, Cricetidae, ciclos de siembra, índice de abundancia, daños, lámina de agua, altura del cultivo.

## ABSTRACT

Population behavior in rice rat *Holochilus sciureus* was evaluated in rice fields from Ospino Municipality (Portuguesa) during three crop cycles. Relative Abundance Index (RAI) of this rodent was estimated by removal capture method. Damage measurement was based on a simple randomized sampling along a preset transect system. One hundred and twenty two individuals were captured: being 126 males (18 youth and 108 adults) and 96 females (16 youth and 80 adults). Sex quotient was 1:1 ( $P > 0,05$ ) during cycles but it was 3:1 ( $P = 0,021$ ) during tillage stage. Mean number of embryos in this population was  $7.05 \pm 1.99$ . Age classes did not show variations ( $\chi^2 = 6,87$   $p = 0,3328$ ), according to climate conditions of the crop (dry or rainy season). However, increase in juvenile and adult number was observed during grain maturity ( $\chi^2 = 14.81$   $p = 0.0218$ ). The RAI increased during reproduction (bloom) and grain maturity. The RAI was directly related to crop age ( $\hat{Y} = 0.0106X^{1.35503}$ ,  $r^2 = 0.7282$   $r = 0.8533$ ) during dry season 2006-2007, while in rainy season (2007), it increased 84 days after sowing (das) and it was fitted to  $\hat{Y} = -5,58373 + 0,12539X$  ( $r^2 = 0.6915$ ,  $r = 0.8316$ ). Different to other cycles, during dry season 2007-2008, RAI showed fluctuations fitted to the model  $\text{Arcsen}\left(\sqrt{\frac{Y}{100}}\right) = -1,7478 + 0,1305X - 0,0031X^2 + 3,15 \cdot 10^{-5}X^3 - 1,114 \cdot 10^{-7}X^4$  ( $r^2 = 0.8206$   $r = 0.9059$ ). No damage (cut tillage or nest construction) was observed during 2006-2007. In subsequent cycles cut tillage was observed only from 112 das during cycle 2007 or from 95 and 109 das in 2007-2008, but no effect on mean yield was observed. During three cycles, the higher high plant, the higher *H. sciureus* abundance, and conversely, the lower water lamina, the higher abundance. Variable damage was added in 2007-2008 analysis, being the higher water lamina, the lower damage level. Multidisciplinary studies to better understand behavior of rodent pest are required. Results could support design of economically sustainable management programs, harmonizing with environment and when possible applicable as a preventive strategy.

Key words: *Oryza sativa*, *Holochilus sciureus*, Cricetidae, crop cycle, abundance index, damage, water lamina, height plant.

**COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE LA RATA ARROCERA  
*Holochilus sciureus* (RODENTIA: CRICETIDAE) EN UNA UNIDAD DE  
PRODUCCIÓN DE ARROZ DEL ESTADO PORTUGUESA**

1. INTRODUCCIÓN

En términos de abundancia, diversidad y distribución el orden Rodentia representa el grupo más exitoso de los mamíferos (Honeycutt *et al.* 2007). Los roedores representan 42% de la diversidad de mamíferos vivientes del planeta. En especies (2277) y número superan al resto de los órdenes de mamíferos (Musser y Carleton 2005). Tal ha sido el éxito, que han logrado una amplia diversificación de formas de vida y la ocupación de casi todos los hábitats terrestres conocidos. Por lo cual, en muchos casos son factores limitantes primarios de la producción en un sinnúmero de áreas agrícolas. Destruyen cultivos, productos almacenados y además, son vectores de enfermedades para el hombre y animales domésticos (Hone 1994). Sin embargo, el verdadero papel que desempeñan, en este sentido, no ha sido totalmente valorado (Taylor 1972, Jackson 1977). En consecuencia, aún se ignora con certeza la cuantía del daño que a escala mundial ocasionan anualmente (Cuong *et al.* 2003).

Las estimaciones de pérdidas varían ampliamente. En Australia, el ratón *Mus domesticus* Ruttie ocasionó pérdidas en las regiones donde se cultivaron granos por el orden de 60 millones \$ durante 1993-1994 (Caughley *et al.* 1994 en Brown 2005). Según Sterner *et al.* (1996), los ataques de *Microtus canicaudus* Miller sobre los cultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en Pakistán, produjeron pérdidas de 8,70%,

35,50% y 60,20% que estuvieron relacionadas con densidades ( $\text{ha}^{-1}$ ) de 145-220, 220-411 y 411-68, respectivamente. En Tanzania, el rendimiento anual de maíz (*Zea mays* L.) registró pérdidas que variaron desde 5 a 15% (FAO 1998). Las estimaciones de daños y pérdidas originadas por *Arvicanthis dembeensis* Rüppel, *Mastomys erythroleucus* Temminck, *Mus mahomet* Rhoads, *Tatera robusta* Cretzschmar y *Graphiurus murinus* Desmarest en maíz cultivado en campos experimentales en Etiopía fueron de 26% (Bekele *et al.* 2003). Al Norte de Nigeria, Rabiú y Rose (2004) reportaron pérdidas en el rendimiento producidas por *Arvicanthis niloticus* Desmarest y *Mastomys natalensis* Smith, en trigo (*Triticum aestivum* L.) entre 21,70%-30% y en arroz (*Oryza sativa* L.) de 4,80% y 12,60%. Ali *et al.* (2003) evaluaron en Pakistán mermas en coco (*Cocos nucifera* L.) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) de 15% y 7,50%, respectivamente. Los roedores plaga en las sabanas de China, afectan cada año entre 10-20% del área total lo que equivale a 40-50 billones de kg de biomasa perdida (Zhang *et al.* 1999). En los países asiáticos el arroz es el cultivo más atacado por los roedores, principalmente por Robinson y Kloss. Fulk y Khokhar (1981) señalaron que en Pakistán el rendimiento del cultivo registró 10% de disminución promedio, pero varió de 2% a 43. Leirs (2003) recopiló, de varias investigaciones, pérdidas desde 2% a 20 en Indonesia, Malasia, Vietnam, Tailandia, India y Bangladesh. En Indonesia, Singleton *et al.* (2005) constataron que por cada uno por ciento de daño en los cultivos de arroz el rendimiento representó una merma equivalente a  $58 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Las especies de cricétidos han sido identificadas como los roedores plaga más importantes en los cultivos agrícolas de América, seguidos de Muridae y Geomyidae (Elías y Valencia 1984). La información sobre los daños y las pérdidas generadas por estos vertebrados también es muy variable. En plantaciones de coco colombianas el daño osciló entre 4 y 77% (Elías y Valencia 1973). En Honduras, los roedores consumen las hojas cercanas al suelo y la base del tallo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq), sauce (*Salix* sp L.) y pino (*Pinus* sp L.) durante las primeras etapas de desarrollo de estos cultivos. Sin embargo, sólo se han medido daños en sauce y pino de 50% (Gurini 1986 en Bruggers y Zaccagnini 1994, Padilla *et al.* 1995). En caña de azúcar (USA) se han estimado pérdidas financieras entre 6 y 20 millones \$ (Lefebvre *et al.* 1978 y Seubert 1984) y detrimentos de 22400 toneladas causados por poblaciones de 300-900 roedores ha<sup>-1</sup> (Massoia 1974 en Bruggers y Zaccagnini 1994). Mientras que, en el cultivo de manzana las mermas fueron de 50 millones de \$ (Ferguson 1980). En Nicaragua hubo una reducción de 23% en el rendimiento del arroz (Kverno *et al.* 1971 en Elías y Valencia 1984). La producción de maíz en Honduras se afectó en 28 % (De Grazio 1976 en Elías y Valencia 1984).

En Venezuela, el arroz es el cultivo más afectado por roedores de la familia Cricetidae. Agüero (1978), Cartaya (1983), Aguilera (1985), Poleo (1987) reconocieron a *Holochilus sciureus* Wagner, 1842 como la única plaga del cultivo. Esta especie consume tallos y utiliza toda la planta para construir sus nidos. El daño se observa, generalmente, en la fase de floración y maduración de la panícula. Se han señalado pérdidas de 0,90% de la productividad bruta de una hectárea de arroz, lo que

correspondió a 208 kg menos de una producción de 5500kg/ha (Cartaya 1983). En varios ensayos regionales conducidos en Barinas con diferentes cultivares de arroz se obtuvo que el cultivar Sabaneta 96 alcanzó los porcentajes más altos de daños, con un rendimiento mínimo de 551 kg ha<sup>-1</sup> y un máximo de 2997 kg ha<sup>-1</sup>. En otros ensayos con cultivares para la producción de semillas de arroz en Calabozo (Guárico), los daños por roedores oscilaron entre 10 y 90%, con rendimientos de 3393 y 908 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Agüero 2001).

La información sobre pérdidas causadas por *H. sciureus* es escasa, aun cuando en las zonas arroceras se han registrado aumentos poblacionales durante los años 1968, 1971, 1976, 1977, 1980, 1984 y 1985 (Fall 1976, Agüero y Miralles 1977, Agüero 1978 y 1980, Cartaya y Aguilera 1984 y 1985). Durante los ciclos de siembra de los años 2003 y 2005 en los estados Portuguesa y Guárico ocurrió un aumento inusual (ratadas) de la población, la cual fue considerada la causa primaria de la disminución en los rendimientos del arroz. Por ejemplo, en un arrozal de 72 ha del municipio Páez (estado Portuguesa) capturaron 14000 individuos en un lapso de 12 días lo que generó un descenso en el rendimiento de 5000 a 2300 kg ha<sup>-1</sup> (Campos, A. com. per. 2005). En el Sistema de Riego del Río Guárico (SRRG, estado Guárico), durante el ciclo de siembra de sequía 2004-2005, la producción de arroz fue severamente afectada por roedores. Esto significó una pérdida de 10 a 15 % de la superficie sembrada y equivalente a 8 millardos de bolívares (González, N. (SASA) com. per. 2005). Esta situación ha llevado a los productores a la utilización de medidas extremas mediante el empleo de insecticidas aplicados en la lámina de riego



con el propósito de envenenar a los roedores. Generalmente emplean paratión (organofosforado), producto no específico para roedores que adicionalmente podría producir consecuencias ecológicas indeseadas.

El cultivo de arroz constituye un aporte económico importante para Venezuela dada la generación de divisas y empleos. En los últimos años, una de las causas en los bajos rendimientos en este rubro es el daño causado por roedores. Para establecer prácticas de controles oportunas, económicas y ecológicamente compatibles con el ambiente es necesario evaluar el daño, época, intensidad, pérdidas y su relación con la abundancia de roedores; motivo por el cual se han planteado los siguientes objetivos:

#### General

Determinar el comportamiento poblacional de la rata arrocera (*Holochilus sciureus*) durante tres ciclos de siembra en una unidad de producción de arroz del estado Portuguesa.

#### Específicos

1. Determinar las características morfométricas y reproductivas de una población de la rata arrocera (*H. sciureus*) durante tres ciclos de siembra en la unidad de producción del estado Portuguesa.
2. Comparar las clases etarias y el cociente sexual durante los ciclos de siembra y las etapas de desarrollo del cultivo.

3. Determinar la distribución de frecuencia según el peso, sexo y las clases de edad de los individuos capturados.
4. Medir la abundancia de *H. sciureus* y el daño en cada etapa de desarrollo y edad del cultivo para cada ciclo siembra.
5. Comparar y relacionar la abundancia y el daño en función de los días después de la siembra para cada ciclo.
6. Relacionar la abundancia y el daño con la altura del cultivo y la lámina de agua.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Bioecología y morfología de *Holochilus sciureus* Wagner, 1842.

Desde el punto de vista taxonómico la rata arrocera *H. sciureus*, también conocida como rata de pantanos, rata marrón o colorada, rata de humedales, rata de patas palmeadas, está incluida dentro del suborden Myomorpha, superfamilia Muroidea, familia Cricetidae y subfamilia: Sigmodontinae (Musser y Carleton 2005). Los miembros de esta familia se diferencian de Muridae, por la corona plana o los tubérculos dispuestos en dos series longitudinales en los molares superiores. Mientras que en Muridae los tubérculos están colocados en tres series longitudinales (Fernández *et al.* 1988). Su distribución incluye Venezuela, Guyana, norte y centro de Brasil y las regiones amazónicas de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Musser y Carleton 2005) (Fig. 1).

En Venezuela se distribuye al sur del Orinoco, los llanos, la Cordillera Central y áreas al sur este del Lago de Maracaibo, desde 10 hasta 660 msnm (Linares 1998). Está adaptada a hábitats abiertos y estacionalmente inundados en las zonas bajas del país o a cultivos que requieran alta humedad o una lámina de agua como el arroz, caña de azúcar y pasto alemán (*Echinochloa polystachya* Hitch) (Linares 1998, Valencia 1988). En las zonas inundables y sabanas de *Paspalum fasciculatum* Wild de los llanos venezolanos, la rata arrocera representó entre 0,2 y 1,3 % del total de las poblaciones de roedores presentes (Utrera *et al.* 2000).

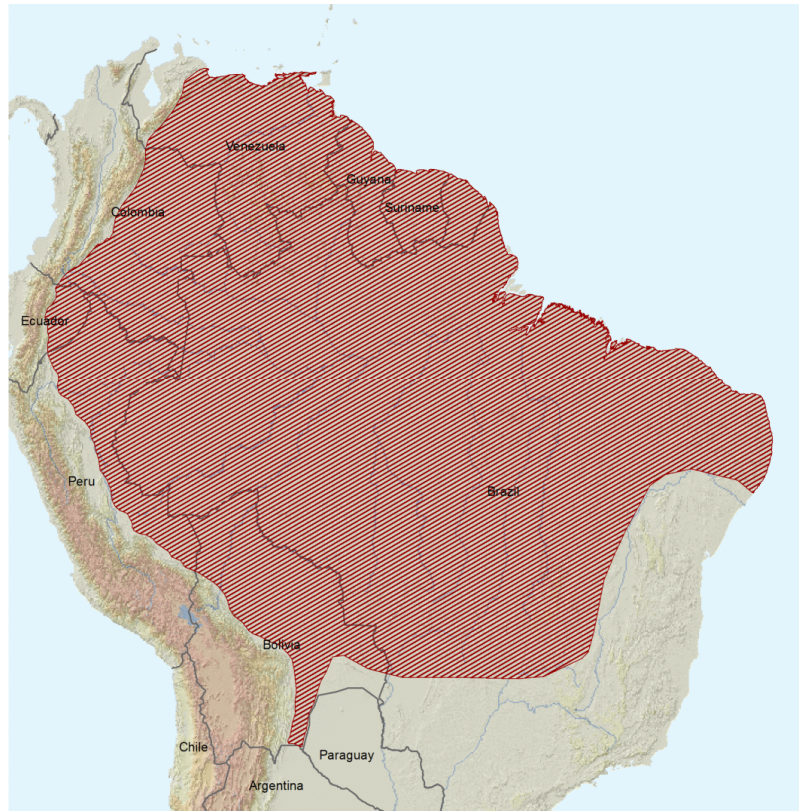


Figura 1. Distribución geográfica de *Holochilus sciureus*.

Similar a otros cricétidos, *H. sciureus* es monomórfica (Bellocq y Kravetz 1994) y se caracteriza por presentar la coloración del cuerpo marrón claro a oscuro o pardo rojizo brillante, región ventral blanco grisáceo y la cola marrón claro a oscuro sin pelos, borde y lado interno de las orejas presenta abundante pelo y las patas traseras (en ambos sexos) tienen membranas interdigitales que les permite adaptarse a los ambientes acuáticos (Poleo y Pérez 1999).

En términos generales, las medidas corporales de *H. sciureus* son: longitud cabeza-cuerpo de 130 a 220 mm y la correspondiente a la cola desde 115 a 178 mm

(Barreto y García – Rangel 2005). El peso medio del macho adulto es 130,2 g y la hembra 131,1 g. Los machos alcanzan la madurez sexual a los 54 g y las hembras a los 86 g (Agüero 1978). El período de gestación abarca 28 días y la media de la camada son seis crías. Con un período reproductivo durante todo el año (Twiggg 1965, Poleo y Pérez 1999).

Mediante los estudios sobre el estado reproductivo de las poblaciones de *H. sciureus* (Twiggg 1965, Agüero 1978, Cartaya 1983, Poleo y Mendoza 2004, Barreto y García-Rangel 2005) se ha logrado obtener conocimiento sobre algunos aspectos biológicos y ecológicos de la especie. Como distribuciones de las poblaciones por grupos de peso (Twiggg 1965, Agüero 1978) y variaciones de la estructura sexual y etaria (Agüero 1978, Cartaya 1983, Poleo y Mendoza 2004, Barreto y García-Rangel 2005). Los grupos etarios se han definido en función del peso y las características reproductivas: machos con testículos abdominales o escrotales; hembras subadultas, jóvenes nulíparas y preñadas (Agüero 1978). Juveniles y adultos (Poleo 1987). Cartaya (1983), García (2002) y Poleo y Mendoza (2004), los clasificaron como: juveniles, subadultos y adultos.

La rata arrocera es de hábitos nocturnos. Reside en áreas de vegetación boscosa de baja densidad en las adyacencias de caños y ríos caracterizadas por suelos húmedos o anegadizos (Linares 1998). De igual manera, es localmente abundante en cultivos intensivos como arroz (donde es considerado el único roedor plaga) y caña de azúcar, debido a que las condiciones de microhábitat, abundancia y distribución de

recursos alimentarios y la cobertura aumentan la probabilidad de sobrevivencia y reproducción (Agüero *et al.* 1985). Condiciones que quizás contribuyen a la extensión de su área de acción. Esta se estimó, en las siembras de arroz del estado Portuguesa en 0,278 ha (Cartaya y Aguilera 1984). Mientras que en Guárico, Eiris y Barreto (2009) revelaron valores de 0,6 a 1,3 ha. En relación con sus hábitos alimentarios, *H. sciureus* es herbívora y el componente principal de su dieta son los tallos de arroz (61,53%) (Cabrera y Agüero 1984). Martino y Aguilera (1993) determinaron que la dieta incluía gramíneas (84,3 %), ciperáceas (6%) y pequeños artrópodos (5,8%). La adaptación a la herbivoría se correlaciona con las características anatómicas de su sistema digestivo, un ciego grande y ausencia de la vesícula biliar (Domínguez-Bello y Robinson 1991).

La población de la rata arrocera puede incrementarse hasta convertirse en plaga. Twigg (1962) señaló que en algunas siembras de arroz se han registrado densidades de 713 ratas ha<sup>-1</sup>. En caña de azúcar, Massoia (1974) observó un incremento de la densidad poblacional de 300 a 900 ratas ha<sup>-1</sup>. En las zonas productoras de arroz en Guárico y Portuguesa la población aumentó significativamente (ratadas) durante los años 1971, 1976-1977, 1980-1981 (Aguilera 1985), 1986-1987 (Poleo 1987), 2004-2005 (González, N. com. per. 2006). En 2006, representó 65,67 % de las capturas realizadas en parcelas comerciales de los municipios Páez, Esteller, San Rafael de Onoto, Ospino y Araure del estado Portuguesa (Rodríguez 2006). Esos incrementos poblacionales ocasionaron daños en la producción, en algunos casos el rendimiento acusó disminuciones de hasta 50%

(Barreto y García-Rangel 2005). El daño producido por roedores puede observarse en cualquier etapa de crecimiento del cultivo, mediante el corte de los entrenudos en forma oblicua y la construcción de nidos (Buckle 1994). Estos últimos, tienen forma esférica y generalmente están a 30 cm sobre el nivel del agua (tipo palafito). Internamente, están formados por hojas cortadas y en la parte externa por hojas y tallos entretejidos. El nido puede ser utilizado, indistintamente, por las hembras y sus crías. Los machos lo usan como refugio y cobertura de reposo durante las horas diurnas (Agüero *et al.* 1985).

Para el control de roedores, generalmente, los productores aplican elevadas cantidades de productos químicos. Se utilizan desde raticidas anticoagulantes hasta productos no específicos como el Paratión y Furadán. Los roedores por su amplia distribución (plasticidad ecológica), tienen la capacidad para producir resistencia contra los anticoagulantes de primera y segunda generación y la repulsión a las dosis aguda (Villafaña *et al.* 1999).

En Venezuela el arroz se siembra durante todo el año, principalmente en el estado Portuguesa. Para ello, utilizan prácticas agrícolas intensivas, además de la existencia de parcelas con arroces de diferentes edades que ayudan a mantener la presencia constante de roedores en esas áreas. La información precisa sobre las pérdidas que ocasionan es muy variable, puede afectar la producción entre 5-90% (Rodríguez 1993, Agüero 2001, Agüero *et al.* 2001). Cada agroecosistema presenta problemas y oportunidades particulares en relación con las plagas. La identificación

de esas oportunidades y el manejo integrado de plaga (MIP) permiten lograr que el ambiente sea lo más favorable posible para el cultivo y nocivo y perjudicial para la plaga (Correa-Victoria 2005).

## 2.2 Generalidades del Arroz

El arroz (*Oryza sativa* L.) (Lyliopsida: Poaceae) es una planta anual, semiacuática. El arroz para consumo humano puede provenir de las especies *O. sativa* u *Oryza glaberrima* Stend, esta última, circunscrita sólo al continente Africano (Larrauri 1997). La amplia distribución de *O. sativa* originó la diferenciación de numerosas razas geográficas, de las cuales se han originado tres ecotipos: Japónica, Javánica e Índica (Franquet y Borrás 2004). A esta última, pertenecen las variedades que se siembran en Venezuela (Páez y Ortiz 1999).

Morfológicamente la planta se caracteriza por tener un tallo principal y un conjunto de macollas, cuyo número es una característica varietal puede variar según el sistema de siembra y el ambiente. El total de tallos oscila de 50 a 60, y en condiciones normales cada planta produce de dos a cinco tallos fértiles. Las flores están agrupadas en panículas y tiene un fruto-semilla tipo cariósipide (CIAT 2005, Franquet y Borrás 2004).

Las variedades de arroz que existen en Venezuela tienen un ciclo de 125-130 días, en el cual se distinguen tres fases: (1) *Vegetativa*: tiene una duración



aproximada de 60 días e incluye desde la germinación de la semilla hasta la iniciación de la panícula). (2) *Reproductiva*: desde la iniciación de la panícula hasta la floración, con una duración de 35 días. (3) *Maduración*: comprende 30 días de duración, aproximadamente, desde la floración hasta la maduración del grano (Páez y Ortiz 1999, Fig. 2).

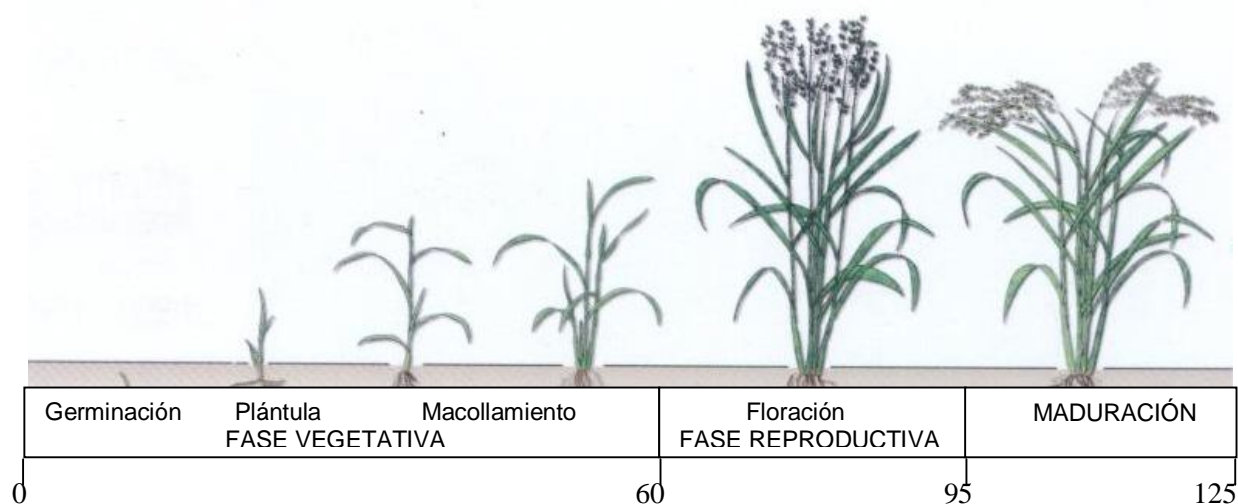


Figura 2. Etapas de desarrollo del arroz.

El arroz es el principal alimento de una tercera parte de la población mundial (Correa-Victoria 2005). La producción está geográficamente concentrada y más de 85% proviene de Asia (China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Myanmar y Tailandia), los cuales producen y consumen 80% del arroz del mundo (En: <http://www.portalagrario.gob.pe>. [2008.junio.15] ).

Después de Asia, América ocupa el segundo lugar en producción y consumo, lo que explica la importancia estratégica de la producción de arroz para muchos países del continente (IIA 2000). En América Latina y el Caribe, el arroz es el grano

alimenticio más importante porque aporta mayor cantidad de calorías a la dieta de la población que el trigo, el maíz, la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) o papa (*Solanum tuberosum* L.). Es sembrado en cerca de 6 millones de hectáreas y los principales productores son Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Correa-Victoria. 2005. En: <http://www.fao.org/docrep/>[2008.junio.15]).

En Venezuela, la producción de arroz se localiza en los llanos centrales (Guárico) y occidentales (Portuguesa, Barinas y Cojedes). En términos de superficie total sembrada, aproximadamente 40% corresponde a la región central y 60% a la occidental (MAT 2004). Durante el período 2005-2007 en el estado Portuguesa se sembraron, en promedio, 111.986,63 ha con una producción y rendimiento promedio de 562.441,67 Tn y 5041 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La localidad de Ospino se ubica entre los primeros cuatros municipios con mayor superficie sembrada y productora de arroz con 16551 ha y 83647,33 Tn, respectivamente (MAT 2005-2007).

### 2.3 Estimación de la abundancia de roedores

La determinación del tamaño de una población que ocasiona daños en los cultivos no sólo es un factor clave para conocer la condición de la especie, sino también para elaborar planes de manejo que permitan mantener esa población por debajo del nivel de daño económico.

Para estimar abundancia, generalmente, se dispone de dos procedimientos: el primero estima el número de roedores por unidad de área (densidad poblacional o abundancia absoluta) que permite conocer la variación de la población en el tiempo y en el espacio, sí las estimaciones se realizan simultáneamente en diferentes localidades o repetidamente en una localidad (Aplin *et al.* 2003). Se obtiene mediante el método CMR (Captura, Marcaje y Recaptura), el cual es muy laborioso en tiempo y dinero (Ojasti 2000). El segundo corresponde a la determinación de la abundancia relativa, aun cuando no proporciona un valor absoluto del tamaño de la población permite realizar comparaciones entre localidades o entre períodos de tiempo a un costo inferior a la estimación de la densidad absoluta (Walker *et al.* 2000, Ojasti 2000). La premisa para aplicar este índice se basa en que la abundancia guarda relación con la densidad o tamaño de la población (Steinmann *et al.* 2007).

Los datos que se utilizan para estimar abundancia son estadísticos que provienen del conteo de los animales o sus signos (Walker *et al.* 2000). La estimación de la abundancia requiere la consideración de dos fuentes de variación: espacio y la relación entre el estadístico empleado y la abundancia real, con la finalidad de realizar inferencias sobre la variación de abundancia en espacio y tiempo de la especie (Lancia *et al.* 1994).

En relación con la variación espacial se deben considerar los tipos de distribución o dispersión de los animales en el hábitat. En este sentido, la agregada es la más común porque corresponde a la respuesta de los organismos a diferencias en

el hábitat, cambios climáticos diarios o estacionales, patrones reproductivos y comportamiento social (Smith y Smith 2001). Para la relación entre el estadístico y la abundancia real, Walker *et al.* (2000) señalaron que existen dos formas de utilizar los estadísticos: (1) como índices, lo cual amerita su validación para probar el supuesto de que todos los animales tienen la misma probabilidad de detección, (2) o utilizar métodos que no requieran supuestos restrictivos sobre la probabilidad de captura porque permiten la estimación de la probabilidad cada vez que se obtienen datos de abundancia. Ejemplos de estos últimos métodos son: el doble observador, muestreo de distancia, captura – recaptura y remoción; siempre que el hábitat, el comportamiento y la demografía de la especie lo permitan (Ojasti 2000).

Para la obtención de los estadísticos de conteo tales como: número de individuos capturados, número de huellas, se aplica el mismo esfuerzo de búsqueda (número de trampas, horas de recorrido, entre otros) en diferentes lugares o circunstancias y los valores obtenidos reflejarán las diferencias en abundancia en esos lugares (Steinmann *et al.* 2007). El índice de abundancia más utilizado en campos de arroz es el éxito de captura, el cual se obtiene dividiendo el número de individuos capturados por el número de trampas- noche (esfuerzo de captura) (Aguero y Poleo 2004).

Los índices han sido los más utilizados para detectar cambios en la abundancia de pequeños mamíferos (Mckelvey y Pearson 2001). Ramsey *et al.* (2005) compararon el índice obtenido por el éxito de captura y el valor alcanzado por

método de remoción (captura y recaptura) utilizando un algoritmo para la simulación espacial de la captura de animales. Esos autores determinaron que hubo mayor precisión de la estimación de la abundancia relativa con el éxito de captura. Sin embargo, la heterogeneidad en las probabilidades de captura resultó en un sesgo positivo que sobreestima la abundancia relativa. Esto puede ser explicado por el efecto de la competencia por las trampas cuando existe alta densidad de individuos. Los problemas potenciales que se presentan con el uso de los índices pueden ser minimizados con un riguroso diseño estadístico (Engeman *et al.* 1998).

La mayoría de los estudios sobre pequeños mamíferos se fundamentan en los métodos de muestreo que incluyen captura; por lo tanto, la calidad de los datos depende de la técnica usada (Nicolas y Colyn 2006). En el caso del método de remoción, las trampas utilizadas se pueden clasificar en aquellas que capturan animales por intercepción o trampas pasivas (trampas de caída o pitfall) y las trampas activas que orientan el comportamiento de entrada y salida como aquellas en las que se utilizan cebos (trampas para animales vivos y trampas de guillotina o golpe) (Bilenca y Kravetz 1995, Aplin *et al.* 2003).

Varios factores afectan la respuesta de los pequeños mamíferos a la trampa: densidad de la población, edad, las diferencias en el peso dentro y entre especies, disponibilidad de alimento, tipo de cebo, distribución de las trampas en campo, condiciones climáticas (McManus y Nellis 1972, Janion y Wierzbowska 1970, Gliwicz 1970, Smith y Blessing 1969). En las investigaciones sobre eficiencia

relativa de trampas se reportaron resultados opuestos. Por un lado, algunos han afirmado que las trampas de captura de animales vivos son más eficientes que las trampas de golpe para capturar pequeños mamíferos (Cockrum 1947). Sin embargo, con la utilización de este tipo de trampas los animales casi nunca son recapturados y se requiere de más tiempo cuando es comparado con el uso de las trampas de golpe (Goodnight y Koestner 1942, Wood 1994). Dentro de estas últimas, las tipo Museum resultaron más eficientes que las Victor (McManus y Nellis 1972).

Las trampas de caída resultaron más eficientes para la captura de un mayor número de más animales pequeños (los de mayor tamaño pueden saltar o trepar), mientras que con las de golpe o guillotina las capturas estuvieron sesgadas hacia animales grandes (Williams y Braun 1983). Adicionalmente, permitieron la captura de mayor cantidad de individuos y especies, en contraste con las trampas tipo Sherman (Woodman *et al.* 1996). Sin embargo, los dispositivos de guillotina son más afectados por las condiciones climáticas. Por lo cual, son menos apropiadas para utilizarlas todo el año (Mengak y Guynn 1987).

MacComb *et al.* (1991) evaluaron la vulnerabilidad de pequeños mamíferos y anfibios a dos tipos de trampas en bosques del Noroeste Pacífico. Determinaron que las trampas de caída que contenían agua fueron más eficientes en la colecta de musarañas y anfibios que las trampas de guillotina. Sin embargo, estas últimas tuvieron mayor efectividad en la captura de roedores. Adicionalmente, requirieron menor tiempo de instalación y mantenimiento. Según Nicolas y Colyn (2006), el

éxito de captura de musarañas empleando trampas de caída superó a las correspondientes para animales vivos (tipo Sherman) y también a las de guillotina, pero su eficiencia declinó en la captura de roedores múridos. De igual forma, la efectividad de las trampas Sherman fue superior para capturar pequeños roedores en contraposición con las de guillotina, en las cuales sólo se capturaron roedores grandes. Estas disparidades, de acuerdo con los mismos autores, pudieran reflejar no sólo la sensibilidad del mecanismo de disparo de las trampas, sino también la aversión de los roedores grandes a entrar a los espacios confinados propios de las trampas Sherman.

Grodziński *et al.* (1966) estimaron el número de roedores mediante el método de Mínimo Estandar, el cual consistió en un precebamiento durante cinco días y una remoción intensiva por igual período. Para la captura de animales utilizaron trampas tipo Sherman y de guillotina colocadas en cuadrículas con un distanciamiento entre ellas de 15 m. El número de animales se estimó usando la ecuación de la línea recta ( $y = a - bx$ ) o método de regresión, el cual se obtiene al graficar en el *eje x* el número acumulado de las capturas durante tres días de muestreo y en el *eje y* los días de capturas. El punto de intersección de la línea con el *eje x* indica el tamaño estimado de la población en el área evaluada. Este método sólo puede ser aplicado si todos los individuos de la población tienen la misma probabilidad de ser capturados, no debe haber inmigración, emigración, reproducción, ni muerte (población cerrada) durante el período de muestreo y por lo tanto, debe esperarse que el número de capturas disminuya en los días sucesivos.

Windberg (1998) estimó la abundancia relativa de siete géneros de roedores en un matorral al sur de Texas mediante trampas de golpe. También Gubista (1999), revisó la diversidad y abundancia de la población de roedores en dos bosques primarios y dos bosques secundarios utilizando el método de remoción de Hayne; regresión lineal entre animales capturados en el tiempo (t) y el total de individuos previamente capturados. Trampas vivas y de golpe distribuidas en líneas y cuadrículas durante cuatro meses fueron utilizadas para obtener los datos de campo. Lathiya *et al.* (2003) evaluaron abundancia, reproducción, dieta e índice de daño por el roedor *Millardia meltda* Gray sobre el cultivo de arroz en cinco fincas utilizando el índice de abundancia relativa y trampas de golpes con muestreos cada dos meses.

Algunos autores señalan que la forma como se coloquen las trampas en campo influye en el muestreo. Weihong *et al.* (1999) en la Isla Motukorea evaluaron el efecto del tipo de disposición de las trampas y encontraron que al colocarlas en forma de cuadrículas aumenta la probabilidad de captura cuando coexisten dos especies y una subordina, como es el caso de *Rattus norvegicus* Berkenhout y *Mus musculus* L. También afirmaron que la duración de tres días de trampeo de cada sesión debería ser suficiente para estimar la densidad relativa de la especie dominante, pero no de todas las especies de roedores presentes. Vieira *et al.* (2004) señalaron que la instalación de trampas en transectas se utiliza para cubrir áreas más grandes de las que se puede muestrear con las cuadrículas.



Mwanjabe *et al.* (2002) estimaron la densidad de *Mastomys natalensis* Smith utilizando el método del cuadrado pequeño, el cual consistió en marcar de 18 a 20 cuadrados de 15 m x 15 m separados 50 m entre cuadrados y 100 m entre cuadrículas tanto en los campos sembrados o plantados (maíz, sorgo, leguminosas, arroz y yuca) como en barbecho. En la esquina de cada cuadrado se colocaron tres trampas de golpe separadas a un metro. Las trampas se activaron durante tres noches consecutivas. El número promedio de capturas de cada cuadro fue convertido a densidad (roedores ha<sup>-1</sup>) mediante la siguiente fórmula:  $D = 10000N / 225S$ . En la que N es el número total de capturas para tres noches consecutivas, S es el número de cuadrados marcados en cada sitio y 225 m<sup>2</sup> es el tamaño de la superficie. El éxito de trampeo fue calculado como  $E = 100 N / N^{\circ} \text{trapas} * \text{total noches-trampas}$ .

Witmer *et al.* (2007) evaluaron la ecología y manejo de roedores dentro de cultivos de trigo, leguminosas y pastos sembrados con labranza mínima. Los datos de la población y hábitos de alimentación los obtuvieron durante un año mediante el método de remoción con trampas de golpe colocadas en una cuadrícula de 5 m x 5 m separadas cada 10 m. Las trampas fueron activadas en cada estación durante tres noches consecutivas. Todos los datos fueron convertidos a capturas por 100 noches-trampa para estandarizar el estimador de la abundancia relativa.

Todos los métodos para determinar abundancia de roedores tienen ventajas y limitaciones porque obedecen al objetivo de la investigación, técnicas de muestreo, especie, estructura de la población, densidad, localidad, utilización del hábitat, cebo,

condiciones meteorológicas, disponibilidad de tiempo y dinero. Las evaluaciones, generalmente, se realizan en condiciones no controladas en las que es difícil o improbable la predicción y regulación de estos factores.

En el caso de evaluaciones de poblaciones de *H. sciureus* para determinar relaciones entre abundancia, daños y pérdidas sobre el cultivo de arroz, el método de remoción y extracción podría ser menos costoso (en tiempo y dinero) y confiable, considerando la homogeneidad del cultivo (cantidad y calidad de alimento), la capacidad de dispersión y el potencial reproductivo de la especie. Permite que el método sea suficiente para realizar las estimaciones necesarias en el establecimiento de estrategias de control.

#### 2.4 Evaluación de daños ocasionados por roedores

Para evaluar el impacto de los roedores sobre los cultivos agrícolas es necesario distinguir entre daño y pérdidas. Aplin *et al.* (2003) explicó que el primer término se refiere al efecto físico sobre el cultivo o sus productos y puede ocurrir en cualquier etapa, incluye: excavación y consumo de semillas y plántulas, corte y remoción de tallos y panículas en cereales, roído de tubérculos y frutos. Las pérdidas corresponden al resultado acumulativo de los daños en campo y el que ocurre durante el almacenamiento. Los cuales, se evidencian en la etapa de cosecha y en la venta o consumo del producto (Aplin *et al.* 2003). Esos efectos se generan debido a que los roedores consumen sólo aproximadamente 10 g de alimento por día, pero destruyen

10 veces la misma cantidad (Ali *et al.* 2003). Para que una población de roedores pueda causar daños a los cultivos debe tener una densidad mínima anual inicial alta. Esta es generalmente intermedia y la curva de desarrollo dependerá de la fertilidad de la especie y la tasa de mortalidad (Poulet 1985).

La denominación de una especie plaga debe regirse por criterios de carácter económico con base en la evaluación del daño y las pérdidas que ocasiona. De esta manera, se puede conocer el tiempo e intensidad del daño, cambios en la abundancia de especies, actividad reproductiva y patrones de movimientos que permitan diseñar estrategias de control adecuadas y oportunas (Dolbeer *et al.* 1994, Aplin *et al.* 2003). No obstante, es notoria la ausencia de este tipo de información, puesto que se ignoran las pérdidas de alimento y en la mayoría de los casos, ni siquiera existen métodos aceptables para medirlas (Elías y Valencia 1984). Las estimaciones existentes son generalmente cualitativas y carecen de validez estadística (Bilenca y Kravetz 1995). Mitchell *et al.* (1989) resaltaron que en 1742 referencias sobre roedores plaga en América Latina, sólo 23 contenían datos acerca de la magnitud de los daños.

La explicación de la situación anterior podría ser el resultado de: a) La urgencia con la que el agricultor desea actuar cuando se presentan problemas serios con vertebrados plaga, lo cual impide realizar evaluaciones detalladas y certeras, b) las dificultades de carácter operativo para evaluar el daño (acceso restringido al cultivo o a las estructuras vegetales dañadas y el efecto agregado que pueden causar varias plagas que coinciden en su ataque al cultivo) c) la capacidad que tienen

algunos cultivos (cereales) en compensar el daño, d) la distribución aleatoria o desigual de los roedores dentro del cultivo (generalmente son parches de actividad) y e) la carencia de profesionales dedicados al combate de vertebrados plaga, con buena formación en estadística y cuantificación de daños ( Hilje 1992, Aplin *et al.* 2003).

La distribución del daño causado por roedores en un lote o grupos de lotes de siembra, generalmente es desigual o muy variable. En consecuencia, se tienen variabilidad y amplitud en el intervalo de estimaciones (3 - 100 %) que no pueden ser explicadas exclusivamente en términos de cultivo o de su distribución geográfica. Por lo tanto, se requiere de estudios más precisos de las pérdidas ocasionadas (Bilenca y Kravetz 1995) que permitan establecer el estatus económico de la plaga, justificar gastos para el control, estimar la efectividad de los métodos de control, medir el efecto de los factores ambientales sobre las pérdidas del rendimiento, aportar información a los fabricantes y distribuidores de plaguicidas que les permita decidir cuáles acciones deberían ejecutar y por último, suministrar bases para la planificación agrícola e investigaciones futuras (Aplin *et al.* 2003).

El daño puede presentarse dentro del cultivo de manera aleatoria, en la parte central (efecto estadio) o agrupado (Buckle 1994, Aplin *et al.* 2003). Esta diferenciación, tanto en la distribución del daño como en la magnitud sobre el rendimiento está correlacionada con el comportamiento de la plaga; es decir, el grado de sincronización que exista entre el ciclo del cultivo, la dinámica poblacional de los

roedores y las características del ambiente, entre otras (Hone 1994, Bilenca y Kravetz 1995).

En general existen cuatro métodos para evaluar el daño producido por roedores (Hone 1994): (1) las encuestas, que permiten obtener información sobre las especies de roedores que causan problemas, tipos de daños, métodos de control utilizados y estimaciones de daños; (2) evaluaciones de campo, proporcionan estimaciones de los daños de roedores en cultivos y otras localidades; (3) métodos de campo post-mortem, permiten determinar de manera precisa que parte del cultivo es consumido por el roedor. Por ejemplo, Wood y Liao (1984) revisaron el contenido estomacal de *Rattus tiomanicus* Miller para confirmar el daño sobre los frutos de la palma aceitera. Los hábitos alimentarios de *Holochilus venezuelae* Aguilera y Barrios fueron evaluados utilizando muestras del contenido estomacal, aplicando la técnica microhistológica. En general, en esos exámenes se registró que 61,53 % de la dieta estaba constituida por tallos de arroz, 11,17 % por *Echinochloa colonum* L. y 6,69 % de *Leptochloa scabra* Nees. Las dicotiledóneas e invertebrados fueron consumidos en menor proporción (5,22 % y 5,8 %, respectivamente) (Cabrera y Agüero 1984, Martino y Aguilera 1993). (4) El método de comparaciones del rendimiento entre cultivos con o sin roedores y/o control.

Para medir daños y estimar pérdidas han sido utilizados diversos métodos, dependiendo de la especie de roedor y el cultivo atacado. En relación con el tipo de muestreo en lotes de arroz, Rabinovich (1980) explicó que este cultivo es un

ambiente homogéneo donde prácticamente todo el hábitat ofrece a la especie condiciones apropiadas de cobertura de alimentación, reproducción y refugio. En este caso no existe una unidad natural de muestreo, la cual generalmente es previa y arbitrariamente definida. Además, la distribución de los daños se presenta de manera aleatoria o uniformemente distribuida, por lo que el muestreo aleatorio simple es el más recomendado (Benigno 1980). Sin embargo, Aplin *et al.* (2003) recomendaron utilizar el muestreo aleatorio estratificado en lotes de arroz por ser más preciso en situaciones en las que no resulta obvia una distribución aleatoria o irregular dentro del campo.

La mayoría de las investigaciones de daños en arroz y otros cultivos han sido desarrolladas en Europa, Asia y África. Sin embargo, sirven de referencia porque en todo el mundo la naturaleza del daño es muy similar, independientemente de donde se desarrolle el cultivo y que especies lo ocasionan (Buckle 1994). En Filipinas, utilizaron un esquema de muestreo sistemático con aleatorización para evaluar daños en lotes de arroz transplantados (Swink *et al.* 1974 en Buckle 1994). Allí seleccionaron al azar 10 transectas por lote, en cada línea escogieron 10 macollas para un total de 100 macollas. En las plantas que presentaron daños registraron el número de tallos dañados y no dañados para obtener el porcentaje de daño, mediante la fórmula: % daño =  $a/b+c$  ( $a$ = número total de macollas dañadas,  $b$ = número de tallos sin daños en las macollas dañadas y  $c$ = total de tallos dañados). Aunque este método refleja la situación de todo el lote, es recomendable sólo cuando los niveles de daños ascienden de moderado hasta alto. En caso contrario, la estimación completa

estaría basada en un número irreal bajo o alto de los tallos dañados (Buckle 1994). Posteriormente, Buckle y Rowe (Buckle 1994), simplificaron la fórmula proponiendo evaluar una sola transecta en sentido diagonal y revisar sólo 25 macollas, con la finalidad de reducir el trabajo y disminuir los daños causados al cultivo durante el muestreo. Utilizaron la fórmula:  $\% \text{ tallos cortados} = (a/b) \times 100$ , en la cual  $a =$  número de tallos cortados en una muestra de 25 macollas y  $b =$  número total de tallos en una muestra de 25 macollas.

Con la finalidad de demostrar que en Indonesia el manejo integrado reduce el daño ocasionados por roedores en arroz bajo riego, Singleton *et al.* (2005) utilizaron un diseño de muestreo en el cual establecían cinco transectas (separadas cada 100 m) y dentro de cada una fijaron cinco distancias (5, 25, 50, 75 y 100 m medidos desde el borde). Las variables que consideraron fueron: N° de tallos cortados, rebrote de los tallos y los tallos no dañados por macolla fueron contados cada quinta macolla a cada lado de la transecta. El rendimiento lo evaluaron a los 105 dds (días después de la siembra), de dos maneras: primero cosecharon el arroz en parcelas de 2,5m x 4m y cada réplica estaba cerca de una de las cinco líneas. Segundo: el rendimiento fue estimado por los agricultores en una hectárea adyacente a cada cuadrícula.

Cuong *et al.* (2003) en Vietnam, evaluaron daños y pérdidas en el rendimiento del arroz mediante un diseño completamente al azar. Seleccionaron tres etapas del cultivo (15-20, 35-40 y 55-60 dds) y establecieron nueve parcelas de exclusión de

arroz (áreas de cultivo de arroz cercadas dentro de un lote) de 3 x 3 m e introdujeron dos, tres y cuatro roedores (*Rattus argentiventer* Robinson y Kloss) por parcela. Adicionalmente, prepararon 15 parcelas de 10 x 10 m utilizando el mismo diseño de experimento y colocaron de una a cuatro ratas por parcelas durante todo el ciclo. El porcentaje de daño fue calculado con la siguiente fórmula: % de tallos dañados= (N° total de tallos dañados por parcela/N° total de tallos en la parcela control) x 100. El rendimiento lo obtuvieron multiplicando: peso de los granos de arroz / panícula x 1000 x N° de panículas / m<sup>2</sup>. Adicionalmente, determinaron ecuaciones de regresión.

Cartaya (1983) en el estado Portuguesa (Venezuela), contabilizó durante un ciclo de muestreo los daños en arroz ocasionados por roedores dentro de la cuadrícula de trapeo destinada para evaluar la abundancia de las especies de roedores. El contorno de cada superficie dañada la midió usando la fórmula  $\text{perímetro}^2 / 4\pi$ . El área total afectada (ATA) resultó de la suma de los perímetros de cada foco dañado. Mientras que la biomasa total afectada (BTA) fue calculada como el producto de ATA por la biomasa promedio (kg/m<sup>2</sup>). El autor concluyó que el área dañada fue 90 m<sup>2</sup>, lo que representó 207,95 kg de biomasa y una disminución en el rendimiento de 23160 kg de arroz. Posteriormente, Agüero *et al.* (1995) evaluaron daños durante el ciclo lluvioso 1993. Utilizaron el método de observación por transecta para calcular la población de estructuras (tallos roídos y nidos) por unidad de área, mediante la siguiente fórmula:  $P = AZ / 2XY$ , en la cual: P= población de estructuras (tallos roídos y nidos) por unidad de área, A= área evaluada en cada lote, Z= número medio de estructuras, Y = distancia media entre estructuras y X= longitud de la transecta.



Registraron mayor número de estructuras en lotes de arroz con mayores alturas de la lámina de agua.

Lathiya *et al.* (2003) evaluaron la dinámica poblacional del múrido *M. meltada* en cultivos de arroz y trigo en Pakistán. Calcularon un índice de daño en cada etapa del cultivo de la siguiente manera:  $A$  (proporción de arroz o trigo en la dieta) x  $B$  (abundancia estimada) x  $C$  (un factor que iguala el peso seco de los estómagos de *M. meltada* y de otros roedores, los cuales fueron determinados por estudios previos). Encontraron índices de daños en arroz y trigo de 17,80 y 28,39 %, respectivamente.

También en arroz y trigo de Nigeria, Rabiú y Rose (2004) investigaron sobre el daño y pérdidas en el rendimiento mediante la técnica de “cluster al azar”. Cada cluster constaba de cinco hileras y seis macollas (unidad básica de muestreo). El daño lo evaluaron contando el número de tallos cortados y no cortados, por macolla. El promedio del porcentaje de daño del total de macollas seleccionadas fue calculado al final de cada período de muestreo. El porcentaje de pérdidas en el rendimiento en un cultivo maduro fue estimado utilizando la fórmula de  $PL = 100 (A-B)/A$ , en la cual  $PL =$  % de tallos perdidos,  $A =$  N° de tallos por macolla no dañada y  $B =$  Total de tallos en macollas dañadas y no dañadas. Este método tiene la desventaja de asumir que las macollas tienen igual número de tallos e igual probabilidad de ser cortadas por roedores.

Poché *et al.* (1982) cuantificaron en Bangladesh el daño en trigo ocasionado por *Bandicota bengalensis* Gray (Muridae) según la densidad de siembra, mediante el conteo de tallos dañados y tallos totales ubicados en un área establecida al azar de 1 x 0,50 m dentro del cultivo. Adicionalmente, determinaron el efecto del corte de los tallos sobre el rendimiento del trigo, contando a lo largo de una transecta los tallos dañados y no dañados en un área de un m<sup>2</sup> con diferentes grados de daños. En las primeras 10 parcelas fueron seleccionadas al azar 10 panículas y en el resto de las áreas todas las panículas fueron cortadas. El rendimiento observado ( $Y_0$ ) y potencial ( $Y_p$ ) fue comparado en cada lote. El rendimiento potencial fue calculado como:  $Y_p = Y_0 (N/n)$ , en este caso  $n$  = número de panículas sin daños y  $N$  = total de panículas contadas (con o sin daños). El daño fue 12,10% o 77.000 t de granos antes de la cosecha. El daño estuvo altamente correlacionado con la densidad de tallos.

Con la finalidad evaluar la capacidad del trigo de compensar el daño ocasionado por *Mus domesticus* Ruty en Australia, Brown (2005) simuló cinco categorías de daños (0%,5%,10%, 25%, 35% y 50%) en parcelas (2 m x1,20 m) durante las etapas de plántula, máximo macollamiento, floración y dos semanas antes de la cosecha. En este se demostró que el trigo puede compensar el daño incrementando la producción de granos, la producción de tallos o la tasa de sobrevivencia de los tallos que quedan después del daño.

Brown *et al.* (2007) utilizaron un Simulador de los Sistemas de Producción Agrícola (APSIM) para relacionar abundancia de roedores y daños en trigo, para lo

cual disponían de datos de densidad de roedores desde 1983-2003. El APSIM-trigo simula la respuesta del tiempo (radiación y temperatura), agua y nitrógeno del suelo. Representa también, la fenología del trigo, crecimiento del área foliar, biomasa, concentración diaria de nitrógeno en las hojas, granos, tallos y raíces y predice el tamaño y cantidad de granos. Para imitar el daño por roedores representaron intensidades de 0, 5, 10, 25 y 50% por medio del corte manual. El efecto del corte de la población de *M. domesticus* para determinar las pérdidas en el rendimiento fue calculado multiplicando la densidad, consumo diario por ratón, proporción de grano y tejido de la planta en la dieta del roedor. La disminución del rendimiento resultó  $12,40 \% \pm 5,40$ . La relación entre densidad y daño fue analizada empleando regresión y mediante una curva sigmoïdal se explicó 97 % de la variación de las diferentes densidades del ratón desde la siembra hasta la cosecha.

Los rendimientos de cultivos como: maíz, caña de azúcar, forraje, nuez de macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden y Betche), coco, palmeras (Arecaceae Schultz), soya (*Glycine max* L.) y hortalizas también han decrecido por ataques de roedores. Igualmente, se han aplicado diferentes metodologías para la cuantificarlos. En la región Pampeana de Argentina, Bilenca y Kravetz (1995) utilizaron un diseño de bloques pareados. Cada bloque consistió de una parcela de exclusión y remoción de roedores y otra de control (sin remoción) para evaluar el ataque de *Calomys laucha* Desmarest en maíz (*Zea mays* L.). Después del crecimiento vegetativo del cultivo, registraron el número de plantas en 10 hileras seleccionadas al azar. En la fase de anthesis, contaron el número de espigas de 100 plantas al azar incluidas las

que presentaron evidencias de daños. Durante el período de plántula se manifestaron los daños por *C. laucha*, lo cual afectó la densidad de plantas y la producción de espigas en 3,1 % y 4,6 %, respectivamente. La disminución del rendimiento fue 143 kg/ha.

Hoque *et al.* (1986) recomendaron seleccionar 10 espigas de maíz mediante un muestreo sistemático en franjas para evaluar daños por roedores y según el tipo de daño, utilizar ecuaciones de regresión  $\text{Log } Y_c = 1,15 + 0,95X$  (1) o  $\text{Log } Y_s = 0,83 + 0,15X$  (2), previamente determinadas por los autores. Explicaron que en la fórmula (1)  $Y_c$  es el logaritmo de granos dañados alrededor de la mazorca,  $X$  proporción de área dañada ( $\text{cm}^2$ ) de la longitud de la mazorca. En la fórmula (2),  $Y_s$  es el logaritmo de granos dañados en la hilera de granos de la mazorca,  $X$  proporción de la longitud dañada (cm) por la longitud de la mazorca (cm).

Para establecer relaciones de daños y pérdidas con la finalidad de estimar la disminución en el rendimiento de diferentes cultivos, en la región de Lindi en Tanzania, Mwanjabe *et al.* (2002) utilizaron datos de simulaciones previas en maíz y determinaron que 10% de daño en plántulas equivalían a 9% en pérdidas en el rendimiento. También determinaron que la máxima reducción de la población de roedores que se lograba utilizando fosforo de zinc era 75%. Con base en esas relaciones, establecieron las siguientes ecuaciones para estimar las pérdidas: En zonas no tratadas con raticidas, el daño en plántulas es  $(U) = 75\%$  del área total sembrada y en zonas tratadas el daño es  $(T) = 25\%$  del total del área. Las pérdidas en el

rendimiento las estimaron mediante la ecuación:  $(Y) = 0,9 (U+T) \times \text{rendimiento cultivo (kg ha}^{-1}\text{)}$ .

Con la finalidad de precisar la técnica de muestreo más eficiente para estimar daños y pérdidas causadas por roedores en maíz, Mulungu *et al.* 2003a compararon cuatro métodos en términos de precisión, exactitud y tiempo: sistemático en hileras no estratificado, cuadrado aleatorio estratificado, sistemático Z no estratificado y aleatorio simple no estratificado. Concluyeron que el primer método de muestreo fue el más robusto para las determinaciones de daño y pérdidas, debido a que es simple, no requiere de un entrenamiento previo para contar y seleccionar las hileras y tampoco de equipos especiales.

Posteriormente, Mulungu *et al.* (2003b) analizaron la relación entre la densidad de roedores y las pérdidas causadas en siembras de maíz aplicando la técnica seleccionada anteriormente. Utilizaron 22 parcelas de 70x70 m para evaluar el daño 10 dds. Contaron las plántulas por agujero (en las hileras seleccionadas), en los cuales habían colocado tres semillas por punto de siembra. El daño lo expresaron como un porcentaje de la diferencia entre el número de plantas observadas y número de plantas esperadas. Para seleccionar el modelo que mejor explicara la relación entre densidad y daño, primero representaron los puntos en un diagrama de dispersión, luego fijaron la curva utilizando un software que incluía excel, sigmaplot y tabla de curvas en 2D. Finalmente, calcularon los valores del criterio de información de

Akaike (AIC) y aquel modelo que presentara el menor valor de AIC (baja parsimonia) era seleccionado para explicar la relación.

Bekele *et al.* (2003) determinaron cinco especies de roedores (*Arvicanthis dembeensis* (Rüppel), *Mastomys erythroleucus* Temminck, *Mus mohamet* Rhoads, *Tatera robusta* Cretzschmar y *Graphiurus murinus* (Desmarest), el daño y las pérdidas ocasionados en siembras de maíz en Ziway (Etiopía), mediante la utilización de parcelas de 10 x 10 m cercadas y no cercadas. Las cuales, fueron evaluadas desde la etapa de plántula hasta cosecha. Para la siembra utilizaron una semilla por planta. Compararon el daño en la etapa de plántula y de cosecha (kg de maíz por semilla sembrada) y concluyeron que el mayor daño y pérdida ocurrió en las etapas posteriores al de plántula en las parcelas no cercadas.

Un método similar al anterior, pero basado en la cuantificación de tallos cortados fue utilizado por Lefebvre *et al.* (1978) para estimar la magnitud del daño en caña de azúcar en Florida. También, Agüero *et al.* (1985) en Venezuela, estimaron intensidad, tipo y altura del daño de *H. venezuelae* en caña de azúcar. Seleccionaron al azar 10% de los tablones y dentro de ellos evaluaron cinco transectas a 10 m del margen externo. Contabilizaron 28 cepas e indicaron total de tallos por cepa, número de tallos dañados, altura del daño con respecto al suelo (0 a 30 cm, 31 a 100 cm y mayor de 100 cm) e intensidad del daño. Los daños más graves fueron de 34% y 57%.

Las pérdidas por forraje han sido estimadas comparando el rendimiento de zonas con o sin roedores en parcelas demostrativas (Dolbeer *et al.* 1994).

En Hawai, el cultivo de nuez de macadamia anualmente manifiesta daños de 5 a 10 % producidos por *Rattus rattus* L. Tobin *et al.* (1993) contabilizaron la cantidad de nueces de macadamia dañadas por roedores (sin considerar el tamaño) y no dañadas (diámetro mayor 1,50 cm), dentro de las parcelas de muestreo para calcular el porcentaje de daño. El rango de daño varió de 1,71 a 3,62% de la producción total. Posteriormente, Tobin *et al.* (1997) simularon el daño removiendo 10 y 30% de los racimos de nueces en 84 árboles de cinco años de edad a los 90, 120 y 150 días después de la floración. La remoción de 10% no tuvo efecto sobre el rendimiento. Si la eliminación de 30% de los racimos ocurre antes de los 120 días, las pérdidas no son económicas. Los esfuerzos de control deben enfocarse para reducir el daño después de los 150 días.

Ali *et al.* (2003) evaluaron, en Pakistán, daños en cuatro plantaciones de coco e igual número de plantaciones de caña de azúcar, a partir de 100 muestras de cada cultivo. En coco contabilizaron los frutos jóvenes e inmaduros caídos por la actividad de las ratas y los maduros en la etapa de cosecha. Para el cultivo de la caña, registraron los tallos sanos y dañados. Posteriormente, los datos los analizaron usando el método descrito por Sokal y Rohlf (1969). Estimaron daños de  $15\% \pm 5$  y  $7,5\% \pm 1,50$  para coco y caña de azúcar, respectivamente.

Padilla *et al.* (1995) midieron en una superficie de 25 ha de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la costa caribe de Honduras, la actividad de los roedores mediante la tipificación del daño: Daño leve, hasta dos bases peciolares dañadas. Daño moderado, más de dos bases peciolares dañadas, pero sin daño en la base. Daño severo, las bases peciolares y base del tallo dañada. En cada categoría evaluaron 30 plantas. Concluyeron que el daño iba disminuyendo conforme se desarrolla la palma aceitera.

Advani y Mathur (1982) recorrieron transectas diagonales en lotes de cultivos hortícolas en India. Relacionaron el número de frutos o parte comestible dañada con el total de frutos o partes no dañadas para contabilizar los daños y pérdidas provocados por roedores. El porcentaje de daño lo determinaron contando el número de frutos o partes comestibles dañadas (a) y el total de frutos o partes comestibles no dañadas (b). Posteriormente aplicaron la fórmula  $a/b \times 100$ . El daño estuvo en el intervalo 4,1% - 19,9% con un promedio de 8,70%.

Debido al impacto producido por *M. domesticus* sobre los cultivos de trigo, soya, maíz y arroz bajo riego en Australia, Brown y Singleton (2000) determinaron la relación entre la abundancia relativa de la especie y el daño (al inicio y final del ciclo). Midieron el daño a lo largo de cuatro transectas a diferentes distancias dentro del cultivo (10, 20, 50, 100 y 150 m). Cuantificaron el número de plantas dañadas, número de tallos cortados y total de tallos. La fórmula aplicada fue: % tallos cortados =  $(a/b) \times 100$  (a= N° de tallos cortados en la muestra y b = N° total de tallos en la



muestra). Encontraron poca abundancia y daño ( $< 75$  roedores/ha y  $< 5\%$ , respectivamente). Registraron en trigo una débil relación positiva entre abundancia y daño, fuerte relación en soya y una no definida en arroz y maíz.

La cantidad de semillas dañadas por *M. domesticus* a diferentes profundidades de siembra fue contabilizada por Brown *et al.* (2003a) en Australia, mediante un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones de parcelas no cercadas y cuatro parcelas cercadas. Los factores fueron: tipo de cultivo (trigo, lupino y guisantes), profundidad de siembra (30, 50 y 70 mm) y un insecticida sistémico utilizado como repelente aplicado solamente a las semillas sembradas a 30 mm. El conteo de la emergencia de plántulas se realizó dos semanas después de la siembra y emplearon un Análisis de Varianza Residual de Máxima Probabilidad. Hubo diferencias en % germinación de los cultivos, no ocurrió lo mismo en % de germinación a diferentes profundidades de siembra o con el repelente.

La relación entre abundancia y daño de los roedores no siempre es lineal, porque muchos factores ecológicos y de comportamiento son dependientes de la densidad. Estas mediciones tienen gran complejidad porque requieren numerosos datos obtenidos mediante diversos niveles de densidades y daños. A su vez, factores como el crecimiento compensatorio del cultivo y la naturaleza dinámica de los roedores influyen directamente en esa relación, situación que exige un gran esfuerzo de campo (Aplin *et al.* 2003).

## 2.5 Dinámica poblacional

La densidad poblacional está determinada por la natalidad e inmigración (procesos aditivos) y por la mortalidad y emigración (procesos sustractivos). Cuando algunos de esos procesos aumenta con respecto a los otros, la población incrementa o declina originando fluctuaciones poblacionales (Andrews *et al.*1989). Esos procesos son sensibles a los cambios en el ambiente (innovación de ambientes “super óptimos”) o altamente productivos como agricultura a gran escala y proyectos de riego (Happold 1987 en Rabiú y Rose 2004). Por lo tanto, la frecuencia y magnitud de las fluctuaciones de las poblaciones naturales varían considerablemente y no están espaciados a intervalos iguales. Se presume que la diferencia en el período de tiempo sea para estabilizar los procesos reproductivos (Ricklefs 1973).

Los factores que tienden a estabilizar la población, cuando está por encima o por debajo del nivel de equilibrio, varían con la densidad y actúan principalmente mediante la competencia (densodependientes). Corresponden a factores como: depredadores, parásitos, patógenos, nutrimentos especiales, espacio, entre otros. Caso contrario ocurre con aquellos factores que actúan sobre los individuos y no restauran la población a un nivel en particular, como: temperatura, humedad, viento, radiación solar, pH del suelo, idoneidad del hospedante y calidad del alimento. Son llamados factores independientes de la densidad (Chávez 1993, Smith y Smith 2001).

Existen divergencias para explicar las fluctuaciones poblacionales a partir de la clasificación de los principales componentes del control natural de las poblaciones. En algunos casos se ha señalado que la regulación del tamaño de la población obedece a controles del comportamiento o al deterioro de la “calidad” de los individuos que la componen y no a factores externos (limitaciones de alimento, depredación, enfermedades ni estrés) (Wynne-Edwards 1962, Krebs 1963 y Chitty 1967). Es decir, una densidad elevada es estresante para las poblaciones, lo que ocasiona síntomas como: aumento de las glándulas suprarrenales, disminución del desarrollo y reproducción en ambos sexos, la madurez sexual es retrasada o totalmente inhibida, al igual que la espermatogénesis de los machos. El ciclo estral de las hembras es prolongado y las tasas de ovulación e implantación es disminuida, la mortalidad de los embriones en el útero incrementa, y la lactación es a menudo inadecuada (produce retraso en el crecimiento y susceptibilidad a enfermedades) (Christian y Davis 1964). Este síndrome puede ser un factor básico en la regulación de las poblaciones naturales. Sin embargo, en condiciones naturales las poblaciones no alcanzan las densidades que se logran en el laboratorio (Smith y Smith 2001).

Si las poblaciones sólo son reguladas por factores independientes de la densidad por debajo de los límites de tolerancia de los organismos, esas poblaciones pueden disminuir hasta la extinción (Smith y Smith 2001). Sin embargo, las poblaciones están compuestas de un mosaico de numerosas poblaciones y ocasionalmente reciben inmigrantes desde otras áreas que son independientes y permiten aumentar el tamaño de la población (Ehrlich y Birch 1967). Pero, este

comportamiento no es estrictamente independiente de la densidad porque la posibilidad de colonizar o no nuevas áreas obedece a la disponibilidad de espacio y a su vez, depende del número de individuos por unidad de superficie (Ricklefs 1973).

Las poblaciones funcionan como sistemas regulados por bucles de realimentación positiva y negativa (Smith y Smith 2001). Los primeros promueven el crecimiento o disminución sin límite y producen inestabilidad al sistema; los segundos actúan para mantener la homeostasis dentro del sistema (En: <http://oregonstate.edu/muirp> [2009. Febrero.12]). Esto permite que las poblaciones naturales fluctúen entre puntos altos y bajos de manera mucho más regular de lo que podría esperarse que ocurriera por azar (Smith y Smith 2001).

En los roedores, principalmente los cricétidos, son frecuentemente observados incrementos inusitados en la densidad y/o abundancia (ratadas) en períodos relativamente cortos (O`Connell 1986, Jaksic y Lima 2003), las cuales representan daños para la agricultura, alimentos almacenados y hasta pueden llegar a convertirse en problemas de salud pública.

Los límites poblacionales máximos que determinan la denominación de una ratada dependen de la especie, su hábitat, hábitos reproductivos y de alimentación. Jaksic y Lima (2003) sugirieron que se considera una ratada cuando la densidad total de las especies de roedores es mayor a 100 roedores  $ha^{-1}$  o cuando una sola especie alcanza 50 individuos  $ha^{-1}$ . Sin embargo, en Australia los agricultores consideran un

problema con *M. domesticus* cuando la población supera los 200 roedores ha<sup>-1</sup> (Brown y Singleton 1999). En la región de Tanzania han capturado en promedio 900 roedores ha<sup>-1</sup> y específicamente en el distrito de Liwale encontraron 1482 roedores ha<sup>-1</sup> (Mwanjabe *et al.* 2002). En algunos países de Sur América, Jaksic y Lima (2003) y González *et al.* (2000) encontraron diversos incrementos de roedores: de 250 a 259 roedores ha<sup>-1</sup> de *Oryzomys xantheolus* Thomas, de 52 a 237 de *Akodon olivaceus* Waterhouse, de 30 a 225 de *Phyllotis darwini* Waterhouse, de 46 a 154 de *Oligoryzomys longicaudatus* (Bennett), *O. longicaudatus* de 61 a 422 roedores ha<sup>-1</sup>. Las ratadas generalmente incorporan de una a cuatro especies. Por lo tanto, las densidades pueden ser mayores (Jaksic y Lima 2003).

Aunque las poblaciones de roedores en el neotrópico han sido menos estudiadas que en la región holártica, existen evidencias que permiten conjeturar que los picos poblacionales de roedores en esta región pueden llegar a ser tan altos que ocasionan grandes pérdidas en los cultivos agrícolas (Rodríguez 1993). Aun así, mucha información es anecdótica, por lo tanto no existen suficientes datos que permitan entender mejor los mecanismos que subyacen en tales fluctuaciones (Lima *et al.* 1999a). Hasta ahora están asociadas a los incrementos en el promedio anual de la precipitación y florecimiento del bambú (Jaksic y Lima 2003).

La relación entre el incremento de los roedores y florecimiento del bambú no está totalmente definida. Chauhan (2003) y Douangboupha *et al.* (2003) no encontraron suficientes elementos para comprobar esa asociación. Mientras que

González *et al.* (2000), observaron dos grandes ratadas de *O. longicaudatus* y *A. olivaceus* en los bosques templados al sur de Chile, en respuesta a la abundancia de recursos alimentarios originados por la fructificación y producción de semillas del bambú *Chusquea quila* Kunth. En Sur América no florece cada 30 años, varía según la especie. La diferencia de tiempo entre su floración y el aumento de los roedores puede ser de tres y 18 meses, hasta dos años (Jacksic y Lima 2003).

Berryman (1999 en Jacksic y Lima 2003) señaló cuatro hipótesis que podrían explicar los incrementos inusuales de los roedores en sur América: (1) En las fluctuaciones poblacionales, los incrementos pueden ser proporcionales e instantáneos (*feedback* negativo de primer orden) a la magnitud de los factores independientes de la densidad (picos de lluvia, florecimiento del bambú o un año de abundante producción de frutos), (2) las fluctuaciones pueden ocurrir con retraso y no ser proporcionales a la magnitud de los factores externos (*feedback* negativo de segundo orden), (3) el *feedback* negativo de primer orden puede ocurrir a bajas o altas densidades, (4) una fluctuación puede ocurrir con retraso en un momento en que la población tiene alta densidad (aumento de la precipitación o abundancia en la producción de frutos) debido a la llegada de los depredadores o del incremento en la intensidad de la interacción roedor – planta. Por lo tanto, las predicciones de ratadas son más difíciles cuando se trata de especies de alta movilidad, capacidad de desplazamiento a hábitats más favorables (cultivos que permiten largos períodos reproductivos y altas densidades) y ausencia de medidas de control (Poulet 1985).

En diversos estudios se ha afirmado que existe relación entre la precipitación y el incremento de la población de roedores. Especialmente ocurre cuando la densidad es baja y en la etapa final de un largo período seco (Saunders y Giles 1977, Poulet 1980, Lima *et al.* 1999a, Brown y Singleton 1999, Zhang 2001, Davis *et al.* 2004). Durante la época de sequía la alimentación y el refugio escasea, tanto para los roedores como competidores y depredadores, lo cual origina disminución de la densidad (Fiedler 1988). Al aumentar las lluvias, mejoran las condiciones del suelo, están disponibles los nutrientes acumulados que permiten un crecimiento vigoroso y mayor contenido de nitrógeno en la vegetación (Janssen 1993), a los cuales los roedores responden rápidamente de manera incontrolada (Fiedler 1988). Sin embargo, para evaluar cómo la lluvia puede influir en la densidad de la población es necesario investigar las relaciones entre patrones de lluvia, reproducción, desarrollo y sobrevivencia. El conocimiento de esas relaciones es útil para entender la dinámica de la población y eventualmente pueden ayudar a predecir los cambios de la densidad (Leirs *et al.* 1990).

Es conocido, que las fluctuaciones climáticas globales como las Oscilaciones del Atlántico Norte (NAO) y las del Sur (El Niño /ENSO) influyen en el clima y la dinámica de la población (Lima *et al.* 1999b, Post y Stenseth 1999, Jaksic 2001, Ottersen *et al.* 2001). El cambio climático global afecta la población de roedores y de los depredadores como resultado de las alteraciones en la productividad primaria (Jaksic *et al.* 1997, Zhang y Wang 1998 y Zhang *et al.* 1999).

Lo anterior difiere a lo registrado por Leirs *et al.* (1996), quienes encontraron que las 11 ratadas de *Mastomys* Thomas ocurridas desde 1925 hasta 1989 en Tanzania fueron precedidas por precipitaciones abundantes a principios de la estación lluviosa, es decir al final del año. En los registros que se tienen del ratón casero (*M. domesticus*) en la zona donde se cultivan granos (norte de Australia), se indica que los incrementos de la población ocurren cuando las lluvias de invierno están por encima del promedio (Davis *et al.* 2004). Douangboupaha *et al.* (2003) revisaron los patrones de las ratadas en el sureste asiático y no mostraron una clara asociación con los ciclos generalizados del fenómeno El Niño. Hernández-Betancourt *et al.* (2008) tampoco encontraron una correlación significativa entre la densidad de *Ototylomys phyllotis* Merriam y la precipitación observada durante dos años de evaluación. Sin embargo, notaron que en los meses de mayor precipitación las densidades también fueron altas, lo cual podría indicar que la productividad de la selva subcaducifolia al sur de Yucatán en la época de lluvia favorecería el incremento de la población de esa especie. Por ello se recomienda que los muestreos para este tipo de investigaciones no deban ser inferiores a cinco años (Crespin y Lima 2006).

No solamente la cantidad total de la precipitación anual, sino también la distribución de las lluvias durante el año es importante en la dinámica poblacional del roedor *Mastomys* (Hubert y Adam 1985). Similares conclusiones obtuvieron Mwanjabe *et al.* (2002) y Davis *et al.* (2004), al descubrir que los aumentos en la población de *M. natalensis* en Tanzania sólo se presentaron cuando el primer pico de lluvia (octubre-diciembre) fue más abundante y mejor distribuido que el principal



período lluvioso (marzo – mayo). En estas condiciones los animales sobreviven mejor, se desarrollan rápido y la reproducción ocurre antes del principal pico de lluvia. Años con precipitaciones similares pueden mostrar diferencias en la densidad de roedores debido a que no existe una relación lineal entre la depredación, los factores dependientes de la densidad, el efecto climático y la estructura estacional del ambiente (Lima *et al.* 2002).

Brown y Singleton (1999) señalaron que la precipitación, al noroccidente de Australia, fue el factor climático que disminuyó la frecuencia con la que se presentaban los incrementos poblacionales de *M. domesticus*, de siete a cuatro años. Adicionalmente señalaron que luego de esa disminución, la densidad permanecía baja al menos durante dos años independientemente de la precipitación. Posiblemente debido a la acción de los depredadores, enfermedades, disponibilidad de alimentos y comportamiento social. Esta densidad se mantendrá hasta que se restablezcan las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de los roedores o hasta que la población de aves depredadoras decrezca (Zhang 2001). Sin embargo, es en la fase de declinación de la ratada cuando los depredadores tienen un impacto negativo en el desarrollo demográfico de los roedores debido a que son más abundantes que la presa (Blackwell *et al.* 2001).

Douangboupha *et al.* (2003) evaluaron los datos de incrementos poblacionales que se tienen en Laos desde 1988-1993 e indicaron no encontrar evidencias para afirmar que las ratadas se han incrementado durante los últimos tiempos; contrario a

lo ampliamente reportado que el nivel de daño de los roedores ha aumentado en la últimas décadas (Brown *et al.* 1999, Brown *et al.* 2003b, Leirs 2003, Stenseth *et al.* 2003). Esta aparente disociación entre ambos eventos añade mayor peso a la percepción tradicional de que los incrementos explosivos de los roedores podrían ser originados fuera de los sistemas agrícolas (Douangboupha *et al.* 2003). La razón es que dichos incrementos y la calidad del entorno influyen en la preferencia del hábitat (Wiens 1976). Es decir, a baja densidad sólo los hábitats óptimos son ocupados, pero al incrementar la población la selectividad decrece y todos los ambientes, óptimos o no, son colonizados por igual (González *et al.* 2000).

Poulet (1980) evaluó el incremento de la población de los roedores *Arvicanthis niloticus* Geoffrey y *Mastomys huberti* Wroughton durante el período 1975-1976 en zonas de cultivos de arroz y trigo al oeste de África y observó que: 1) durante el primer ciclo de siembra la densidad fue alta, producto de un largo período reproductivo con alta fecundidad, 2) el incremento de la población se debió a una intensa reproducción con una alta densidad al inicio de la reproducción y 3) cuando no hubo más disponibilidad de alimento la población disminuyó rápidamente. También indicó que los incrementos se observaron tanto en áreas naturales como en los sistemas agrícolas, sólo que en este último el nivel de densidad fue mayor por la disponibilidad de alimento durante todo el año.

Generalmente los roedores tienen alta movilidad y pueden explorar mayor cantidad de recursos en épocas de poca productividad primaria (Poulet 1985). Pero sí

de manera súbita en un área específica se incrementan los recursos, los individuos se concentrarán en esas áreas para consumirlos (González *et al.*1989).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Agropecuaria Lagoman (Fig. 3). Finca de 400 ha localizada a 15 km al sureste de la ciudad de Ospino, municipio Ospino, estado Portuguesa (UTM 1019485 – 460790) a 130 msnm, en la cual se desarrollan dos ciclos de siembra de arroz durante el año. Otras fincas con cultivo de arroz y ganadería de carne definen sus límites. La zona forma parte de las tierras agropecuarias de los Llanos Occidentales (Huber y Alarcón 1988), los cuales estaban representados inicialmente por sabanas, bosques deciduos, semideciduos y de galería (Ramia 1978). La precipitación media anual es de 1839,4mm, pero distribuida desigualmente de abril a octubre (período lluvioso) y desde noviembre a marzo (período seco) (M.A.R.N. Ospino–La Estación. Período 1990-2007). Con una temperatura máxima de 33 °C y mínimas de 22,8 °C (Estación Meteorológica de INIA -Turén 2003-2007).

#### 3.2 Método de muestreo

La evaluación de la abundancia y daño fueron realizados cada 15 días desde la germinación hasta la cosecha. Se seleccionaron tres melgas de arroz (de tres hectáreas cada una) de un lote que abarcaba una superficie de 38,60 ha (14 melgas), bordeado por otros lotes de arroz (Fig. 4).



Figura 3. Ubicación de la Agropecuaria Lagoman.

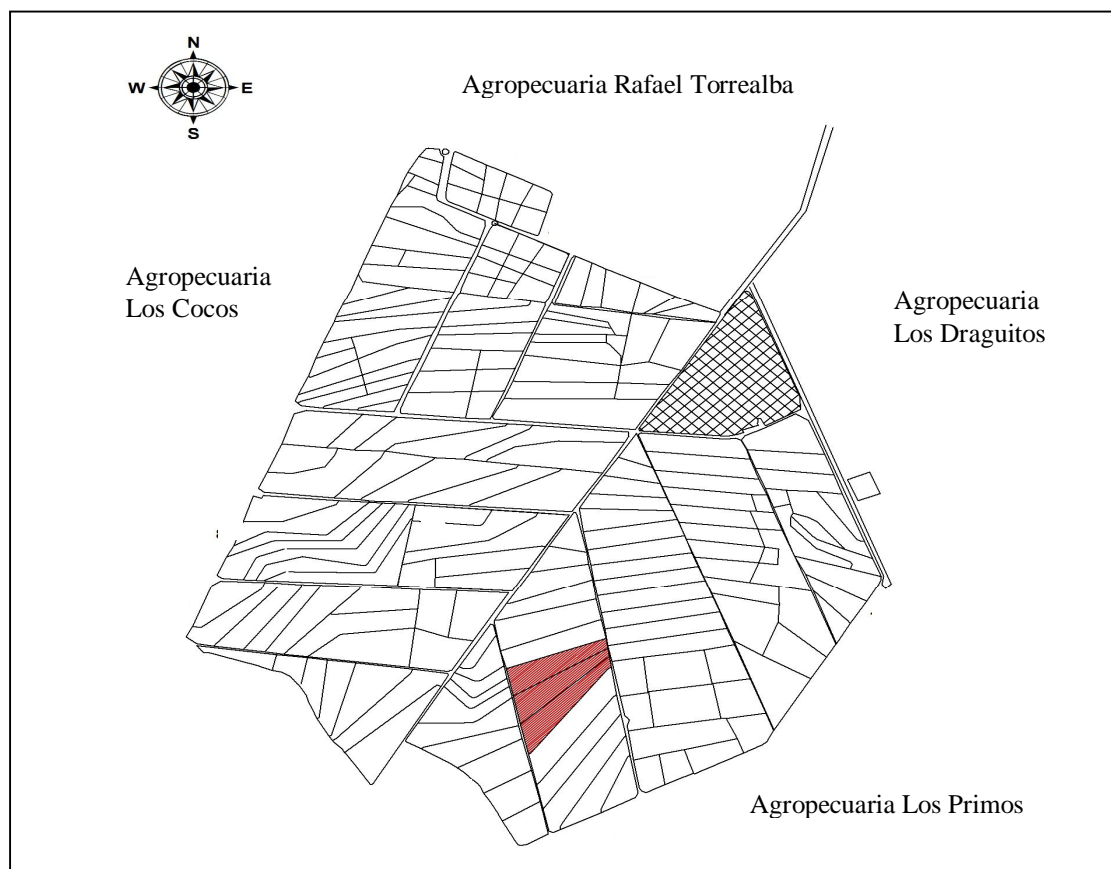


Figura 4. Ubicación de las parcelas de muestreo.

Las prácticas agrícolas fueron ejecutadas según el cronograma de actividades de la finca (Anexo 1). Las evaluaciones se realizaron durante tres ciclos de siembra (sequía 2006-2007, lluvia 2007 y sequía 2007-2008).

a. Evaluación de abundancia relativa de *Holochilus sciureus*

Para la estimar la abundancia relativa de *H. sciureus* no fue posible utilizar el método de captura, marcaje y recaptura, debido a que los propietarios de las fincas exigían que los animales no fueran liberados nuevamente en las parcelas. Por lo tanto, se optó por el método de remoción y extracción utilizando 100 trampas de golpe marca Víctor (dimensiones 17,50 cm x 8,50 cm) en dos cuadrículas (50 en cada una). La distancia entre trampas fue 10 m ubicadas dentro del cultivo (Fig.5). Sin embargo, durante el primer muestreo (etapa de germinación) de cada ciclo se colocaron 100 trampas sobre los muros que bordeaban los lotes, debido al exceso de humedad del suelo. En cada muestreo se alternaban las filas donde se colocaban las trampas para minimizar el pisoteo al cultivo.

Cada trampa fue colocada sobre una base de madera de 25 cm x 25 cm (Fig. 6) para darle mayor estabilidad cuando aumentara la lámina de riego. Previamente se evaluaron como cebo, trozos de auyama (*Cucurbita maxima* Duchesne), piña (*Ananas comosus* L.), melón (*Cucumis melo*) y una mezcla de sardina y avena. Con la auyama se obtuvo mejor resultado debido a que no hubo presencia de hormigas y no fue deteriorada por la lámina de agua.

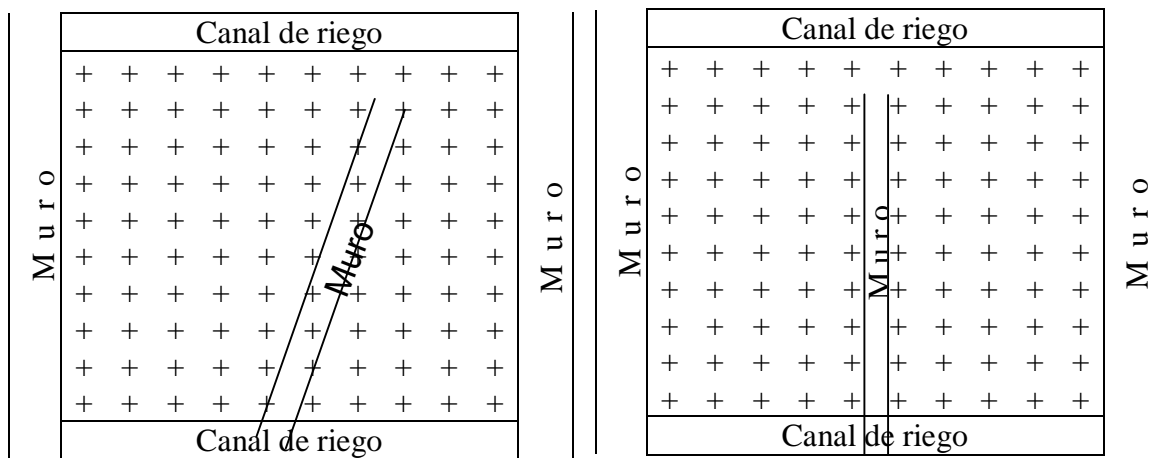


Figura 5. Diagrama de la disposición de las cuadrículas en campo (+ Punto de ubicación de cada trampa).



Figura 6. Instalación de las trampas dentro del lote de arroz.

Las trampas eran activadas cada 15 días durante tres noches consecutivas para un total de 10 muestreos por ciclo. A excepción del ciclo de sequía 2007-2008, en el cual

se adelantó la cosecha (por razones climáticas y de logística de la finca) y sólo hubo tiempo para realizar ocho evaluaciones

Las trampas fueron colocadas a las 1700 horas y revisadas a las 0700 del día siguiente. De cada ejemplar capturado se obtuvo su: peso (g), sexo, longitud cabeza-cuerpo, longitud de la cola, longitud de la pata trasera y longitud de la oreja (expresadas en mm). Adicionalmente, fue determinada la condición reproductiva de las hembras y machos. Para el caso de las hembras, se comprobó si la vagina estaba abierta o cerrada. Si era el primer caso, se procedió a realizar una disección para constatar la preñez y contar el número de embriones presentes. En los machos, se observó la posición abdominal o escrotal de los testículos. Se determinó la especie a que pertenecía cada ejemplar por comparación de pieles y cráneos pertenecientes a la colección de la Estación del INIA-Araure.

#### b. Evaluación de los daños

Se evaluaron durante los ciclos de sequía 2006-2007, ciclo de lluvia 2007 y ciclo de sequía 2007-2008.

*Ciclo de sequía 2006-2007.* Con la finalidad de minimizar la posible afectación del cultivo consecuencia del muestreo, se diseñó la siguiente estructura: dos cuerdas de polietileno (3/8”), previamente marcadas a intervalos de un metro, permitieron mantener la cámara digital (CANONN EOS20D) suspendida sobre la parcela de muestreo. La cámara estaba dotada con un intervalómetro para programar la



secuencia temporal de los registros fotográficos. A su vez, cada una de las cuerdas se fijó a los extremos de dos tubos galvanizados (2") dentro de los cuales se insertó otro de menor diámetro (1/2"), a los que se adosó un pasador para fijar la altura de la cámara (2,30 m). De igual manera, ambos tubos (2") fueron soldados a una plancha de hierro (50cm x 50cm x 3mm) para garantizar su estabilidad (Fig. 7).

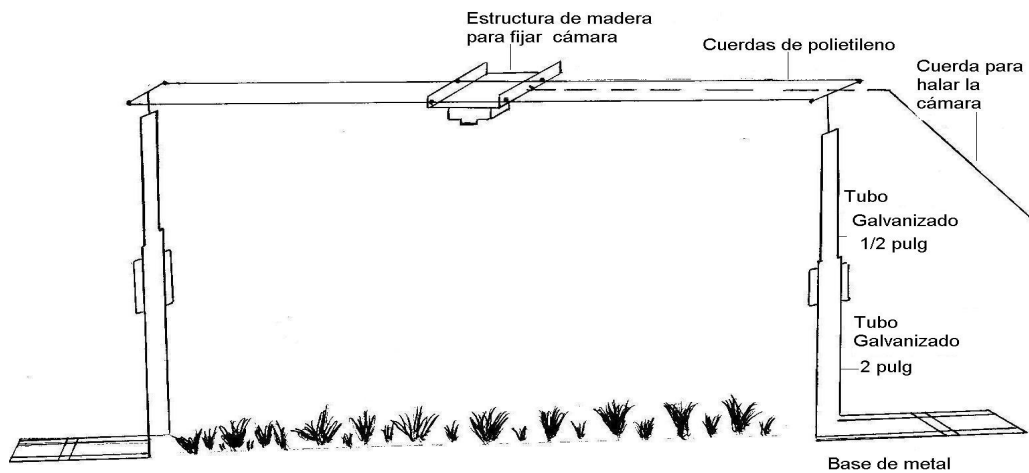


Figura 7. Estructura utilizada para fijar la cámara.

En cada uno de los lotes seleccionados se midió una superficie de  $1800 \text{ m}^2$  (90 m x 20 m) colocando estacas cada 6 m a fin de marcar el sitio donde se instaló la estructura que sostenía la cámara. En total, se establecieron 15 transectas de 20 x 1,5 m (Fig. 8).

Una vez instalada la cámara se totalizaron, en cada lote de muestreo, 300 fotografías para visualizar los posibles puntos con daños que se encontraran a lo largo de las transectas.

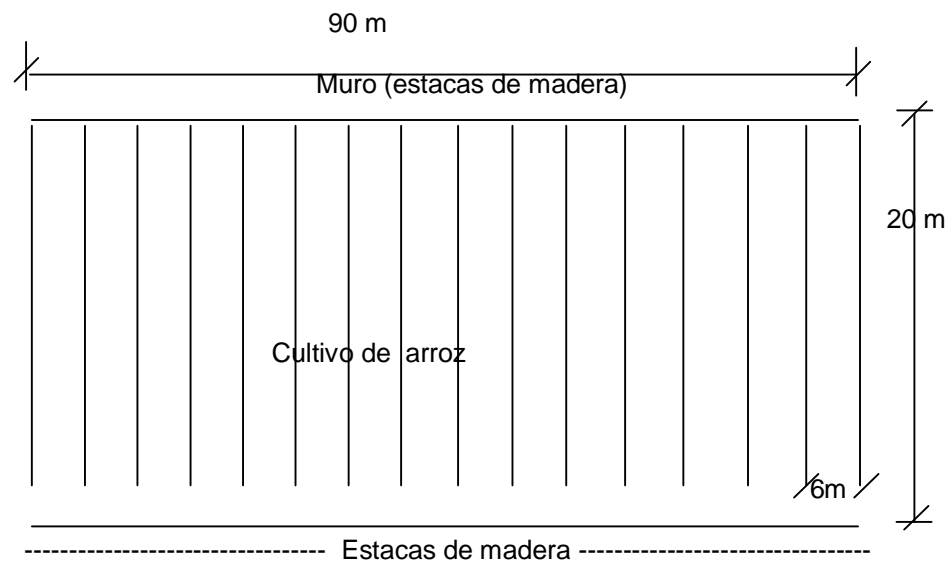


Figura 8. Diseño de la parcela para la evaluación de daños.

El número de cada fotografía estuvo debidamente registrado. Para conocer la magnitud del daño se midió el largo (m) x ancho (m) de cada punto de daño. Previamente se fotografió en el terreno la distancia conocida entre dos estacas y por equivalencia se midió la correspondiente distancia en la imagen. Adicionalmente, se verificó la altura del cultivo y de la lámina de agua de riego. La evaluación se realizó a partir de los 25 días después de la siembra (dds) hasta los 109 dds.

*Ciclo de lluvia 2007.* Se realizó siguiendo el mismo método de muestreo explicado anteriormente, hasta los 83 dds (séptimo muestreo). A partir del cual, fue necesario modificar la técnica debido a que se observaron daños de roedores fuera de

la superficie que era cubierta por la fotografía. A partir de esa fecha, los lotes fueron recorridos siguiendo el trazado de las transectas. Por lo tanto, este ciclo se analizó en dos partes: I) de 70 a 126 días después de la siembra (dds) para evaluar abundancia y II) de 98 a 126 dds para la evaluación de los daños. A lo largo de cada lote se establecieron dos transectas de 2 m de ancho (total seis transectas) y la longitud varió de acuerdo con la superficie de cada lote. En las parcelas 1, 2 y 3 alcanzaron 952, 826 y 772 m, respectivamente, y fueron delimitadas mediante el uso del GPS (eTrex Legend Garmin) marcando los extremos de las transectas con estacas de madera. Los recorridos no se realizaron siempre en la misma transecta para evitar mayor pisoteo sobre el cultivo.

Durante los recorridos se observaron los puntos dañados en la transecta y a cada lado de ella, hasta una distancia de un metro. En cada punto donde se observaron tallos de arroz dañados por roedores (base del tallo cortado en forma de bisel) se midió con una cinta métrica el largo y ancho de la superficie afectada. Paralelamente, se registraron las alturas del cultivo y de la lámina de agua.

*Ciclo de sequia 2007-2008.* Se utilizó el método de la transecta a partir de los 25 dds.

Para conocer el rendimiento de las parcelas fueron seleccionadas, el día de la cosecha, cinco superficies de 50 cm x 50 cm que no presentaron daños por roedores. Se extrajo las semillas y se pesaron en una balanza Ohaus (apreciación 0,1g). Se obtuvo un promedio y se extrapolo a la parcela.

### 3.3 Variables y mediciones

Para caracterizar la población de *H. sciureus*, estimar la abundancia y el daño ocasionado, fueron consideradas las siguientes variables:

#### A) Dependientes:

##### 1. Características morfológicas y reproductivas de la población *H. sciureus*.

a) Peso (g)

b) Sexo

c) Longitud cabeza-cuerpo (mm)

d) Longitud de la cola (mm)

e) Longitud de la pata trasera (mm)

f) Longitud de la oreja (mm)

g) Condición reproductiva de la hembra se determinó si la vagina estaba abierta o cerrada

h) Número de embriones: si la hembra estaba preñada (detección por palpación), se procedió a una disección para contar el número de embriones

i) Condición reproductiva del macho: se determinó mediante la posición abdominal o escrotal de los testículos.

##### 2. Abundancia de *H. sciureus*

Índice de Abundancia Relativa (IAR):

$$\text{IAR (\%)} = \frac{\text{Número de Animales Capturados}}{\text{Número de Trampas} * \text{Noches de Trampeo}} * 100$$

### 3. Daños al cultivo

Área dañada (m<sup>2</sup>) = largo x ancho de cada punto de daño.

#### B) Independientes

##### 1. Etapas de desarrollo del cultivo:

Germinación, plántula, macollamiento, reproducción y maduración.

2. Días después de la siembra (dds): Con la finalidad de determinar con mayor precisión la edad del cultivo cuando se sucedieron las variaciones en la abundancia y daños.

3. Altura del cultivo (cm)

4. Altura de la lámina de riego (cm)

#### 3.4 Técnica de análisis de datos.

##### a) Caracterización de la población de *H. sciureus*

Para la caracterización de la población se establecieron dos clases de edad (juveniles y adultos) considerando la condición reproductiva de cada ejemplar capturado. Se realizó una estadística descriptiva (media, desviación estándar, valor máximo y mínimo) para el total de machos y hembras y número de embriones. El total de animales capturados se separó por ciclo de siembra y etapa de desarrollo del cultivo.

Para determinar diferencias entre la cantidad de machos, hembras y clases de edad, de acuerdo con el ciclo de siembra y etapa de desarrollo del arroz, se aplicó la prueba de Chi-cuadrado. Esta técnica se emplea cuando los datos experimentales consisten en frecuencias en categorías discretas (nominales o categóricas y, en ocasiones, ordinales) para evaluar la significación de las diferencias entre  $k$  muestras independientes (Siegel y Castellan 1998).

El cociente entre machos y hembras y la diferencia con la proporción esperada para *H. sciureus* de 1:1 se calculó mediante la prueba Binomial porque las observaciones de la población sólo están en dos posibles categorías discretas: macho y hembra (Siegel y Castellan 1998).

Existe una correlación positiva entre el peso y la fecundidad en *Holochilus* (Twigg 1965). Por lo tanto se seleccionó el peso como variable para establecer los grupos o clases cada 36,67 g, según la fórmula de Sturges ( $k= 1+3,322 \log N$ ), que permitieron inferir sobre la potencialidad reproductiva de la población. Para cada clase se consideró el porcentaje de: machos, machos con testículos escrotados y abdominales, hembras, hembras preñadas y media de embriones.

b) Abundancia de *H. sciureus* y daño

Para obtener los datos del Índice de Abundancia Relativa (IAR) y los daños en el campo, se utilizó el muestreo aleatorio simple (Benigno 1980). Posteriormente,

para determinar diferencias entre las etapas de desarrollo y los días después de la siembra se analizó como un diseño completamente al azar. Los estimadores de ambas técnicas son coincidentes (Rodríguez 2006).

Para la evaluación de las variables dependientes en función de las etapas de desarrollo del cultivo y días después de la siembra (dds), los datos fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

1. Transformación de datos. Con el objeto de estabilizar la variación del error se transformaron los datos originales de las variables respuestas, previos a la comprobación del cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza. Cochran y Cox (1971) y Steel y Torrie (1992), señalaron que el incumplimiento de uno o más supuestos afecta tanto a los niveles de significación como a la sensibilidad de las pruebas de F y de t.

Las técnicas utilizadas para evaluar el cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza fueron Prueba de Wilk-Shapiro (W) y Prueba de Bartlett.

La normalidad se analizó con la Prueba de Wilk-Shapiro (W). Los datos se distribuyen normalmente cuando el valor (W) es lo más cercano a uno (1) y  $P > 0,05$ . La homogeneidad de varianza se evaluó mediante la Prueba de Bartlett's ( $\chi^2$ ), en la cual la hipótesis nula ( $H_0$ ) determina la igualdad de varianzas. Esta prueba ofrece

resultados significativos cuando las varianzas son heterogéneas (López 2000). La disminución en el valor del coeficiente de variación indica la estabilización de las varianzas. Las transformaciones utilizadas fueron:

- Arcosen  $((\gamma)^{1/2})$  para IAR.
- $\text{Log}_{10}(Y+1)$  para el IAR durante el ciclo 2006-2007.

2. Análisis de la varianza. Según las características de la investigación los datos se procesaron mediante análisis de la varianza completamente al azar con tres (3) repeticiones, para las etapas de desarrollo del cultivo y los días después de la siembra (dds). Cuando las variables aun transformadas no cumplían con algunos de los supuestos del anavar, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

3. Comparación de Medias. Se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para las variables que presentaron diferencias significativas en las etapas de desarrollo del cultivo y los días después de la siembra. Cuando las variables independientes se analizaron por la prueba no paramétrica se usó la prueba de comparaciones rango de medias de Kruskal-Wallis.

4. Análisis de Regresión. Para generar ecuaciones de estimación adecuadas que describieran el comportamiento de las variables abundancia de *H. sciureus* y daño en función de los días después de la siembra, los modelos evaluados correspondieron a funciones lineales, polinomiales (de segundo a quinto orden), exponenciales y



potenciales. Se seleccionaron los que mejor explicaron la respuesta considerando la significación de los estimadores ( $b_i'$ ) y los valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

Se establecieron ecuaciones de regresión lineal múltiple para relacionar: la abundancia de *H. sciureus* en función de la altura del cultivo y de la lámina de agua (ciclo 2006-2007). El área dañada y la abundancia de *H. sciureus* en función de la altura del cultivo y de la lámina de agua (ciclo 2007). El área dañada en función de la altura del cultivo, de la lámina de agua e IAR (ciclo 2007-2008).

Los supuestos estadísticos que deben cumplir tanto los análisis de las varianzas como las ecuaciones se ubicaron en los anexos.

Los programas utilizados fueron: Microsoft Excel 2003, Statistix V 8.0 y Systat V 7.01.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Características morfométricas y reproductivas de la población de la rata arrocera *H. sciureus* durante tres ciclos de siembra

Durante los ciclos muestreados se capturaron 222 ejemplares, 126 machos (18 juveniles y 108 adultos) y 96 hembras (16 juveniles y 80 adultas). En la Tabla 1 se ubican los valores de las medidas corporales de los ejemplares juveniles y adultos de ambos sexos, además del número de embriones (NE). Las medidas obtenidas fueron similares a las de otras poblaciones estudiadas en Portuguesa (Agüero 1978) y Guárico (Agüero y Poleo 1992, García 2002), aun cuando este último utilizó otras categorías de edad (juveniles, sub-adultos y adultos).

Se observó que la media de embriones en la población de hembras de *H. sciureus* fue  $7,05 \pm 1,99$ . En estudios previos se ha señalado que la media de embriones en esta especie muestra variaciones. Una población de Guyana presentó de 2,70 a 4,30 embriones (Twigg 1965), en Guárico  $5,60 \pm 1,8$  embriones (Poleo y Mendoza 2004). Mientras que en Portuguesa, Agüero (1978), Cartaya (1983) y Candellet (1984) evidenciaron poblaciones con media de embriones similares:  $6,20 \pm 2,09$ ,  $7,37 \pm 0,29$ ,  $7,29 \pm 0,47$ , respectivamente. Se observó que la media de embriones en la población de hembras de *H. sciureus* fue  $7,05 \pm 1,99$ . En estudios previos se ha señalado que la media de embriones en esta especie muestra variaciones.

Tabla 1. Biometría de los ejemplares de *H. sciureus* en función del peso y de las medidas corporales de juveniles y adultos de ambos sexos y media de embriones.

Machos								
	Juveniles (n=18)				Adultos (n=108)			
	$\bar{X}$	d.s	Min.	Máx.	$\bar{X}$	d.s	Min.	Máx.
P	31,56	17,15	10,00	60,00	143,84	52,58	40,00	285,00
LCC	101,17	19,55	60,00	130,00	151,45	15,61	98,00	185,00
LC	97,00	15,54	72,00	125,00	140,83	15,74	95,00	185,00
LP	29,61	5,11	19,00	35,00	38,90	3,15	40,00	46,00
LO	14,11	1,23	12,00	16,00	16,14	0,99	12,00	19,00
Hembras								
	Juveniles (n=16)				Adultas (n=80)			
	$\bar{X}$	d.s	Min	Máx.	$\bar{X}$	d.s	Min	Máx.
P	35,63	19,31	10,00	90,00	171,38	59,12	40,00	340,00
LCC	109,56	23,87	74,00	170,00	158,78	17,12	112,00	207,00
LC	94,75	15,49	50,00	121,00	142,09	19,03	58,00	172,00
LP	30,75	4,02	21,00	36,00	38,91	2,34	34,00	45,00
LO	16,31	1,09	12,00	16,00	16,33	0,96	14,00	20,00
NE					7,05	1,99	3,00	12,00

P: peso (g), LCC: Longitud cabeza cuerpo, LC: Longitud de la cola, LP: Longitud de la pata trasera, LO: Longitud de la oreja, NE: Número de embriones.  $\bar{X}$  : Media, d.s: desviación estándar, Min: valor mínimo registrado, Máx: valor máximo registrado.

Una población de Guyana presentó de 2,70 a 4,30 embriones (Twigg 1965), en Guárico  $5,60 \pm 1,8$  embriones (Poleo y Mendoza 2004). Mientras que en Portuguesa, Agüero (1978), Cartaya (1983) y Candellet (1984) evidenciaron poblaciones con media de embriones similares:  $6,20 \pm 2,09$ ,  $7,37 \pm 0,29$ ,  $7,29 \pm 0,47$ , respectivamente. De todas las especies de roedores asociadas al cultivo de arroz, *H. sciureus* es la que tiene mayor potencial reproductivo (Poleo 1996). Esta característica, unida a su capacidad de dispersión, contribuye a su éxito como principal vertebrado plaga del arroz y refleja además, su adaptabilidad a las condiciones de siembra del cultivo.

#### 4.2 Comparación de las clases etarias y el cociente sexual, con los ciclos de siembra y las etapas de desarrollo del cultivo

Al considerar las clases etarias, se determinó que hubo independencia entre las clases de edad y los ciclos de siembra ( $\chi^2 = 6,87$   $P = 0,3328$ ). También, en todos los ciclos siempre se mantuvo la tendencia de capturar mayor cantidad de machos adultos, seguido de hembras adultas y menor número de ejemplares juveniles (Fig. 9). Igual comportamiento se ha observado en otras investigaciones, aun cuando el método utilizado fue captura, marcado y recaptura (Cartaya 1983, Candelette 1984 y García 2002). Los machos tienen mayor área de acción (Eiris y Barreto 2009), mientras que las hembras al reproducirse durante todo el año, se mantienen cerca del nido porque están preñadas o lactando, lo cual podría explicar la mayor de captura de ejemplares machos. Los juveniles comienzan a desplazarse después que alcanzan 25 g (Agüero 1978), lo cual podría explicar la mayor captura de ejemplares machos.

Se evidenció un incremento de las capturas de las diferentes clases ( $\chi^2 = 14,81$   $P = 0,02$ ) durante la maduración del grano (Fig. 10). Las posibles razones serán discutidas más adelante.

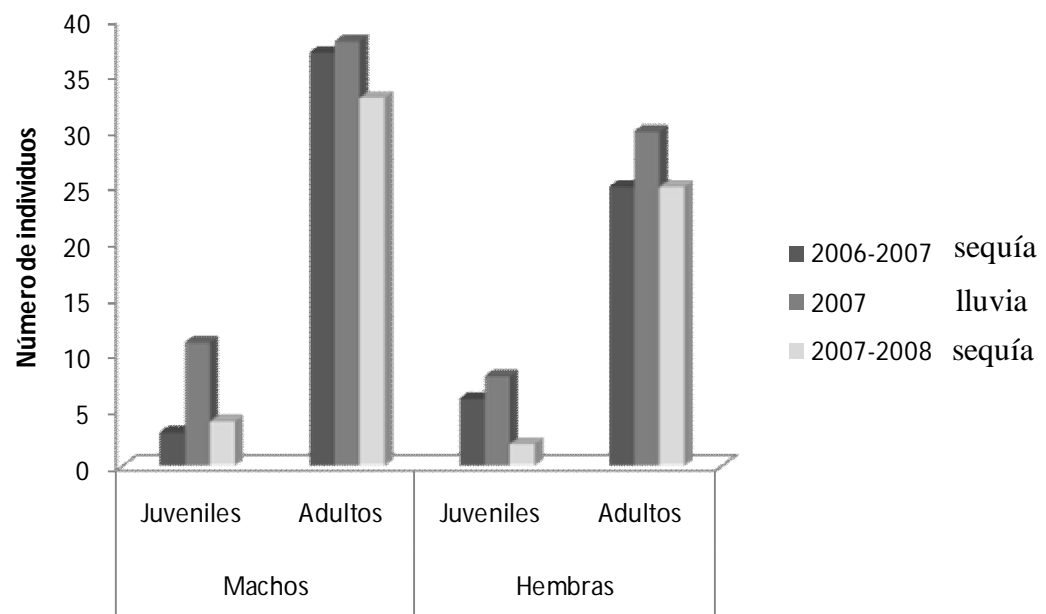


Figura 9. Cantidad de individuos de *H. sciureus* capturados por clase de edad y ciclo de siembra.

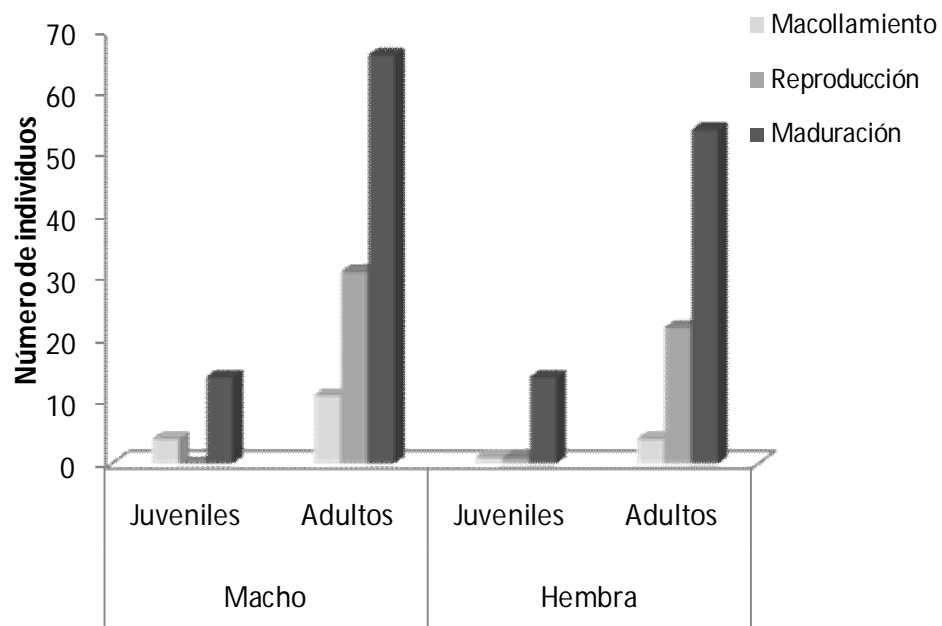


Figura 10. Cantidad de individuos de *H. sciureus* capturados, durante los ciclos evaluados, por clase de edad y etapa de desarrollo del cultivo de arroz.

En los tres ciclos el cociente sexual no divergió de la relación 1:1 ( $P > 0,05$ ) (Tabla 2). Esta estrategia podría maximizar la probabilidad de fecundidad y mejorar el *fitness*.

Tabla 2. Cociente sexual de *H. sciureus* durante los ciclos de muestreos.

Sexo	Ciclos de siembras			Total
	Sequía 2006-2007	Lluvia 2007	Sequía 2007-2008	
Machos	40	49	37	126
Hembras	31	38	27	96
n	71	87	64	222
Cociente sexual	1,29	1,29	1,37	
P	0,17 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	

Prueba de chi-cuadrado; <sup>ns</sup> ( $P > 0,05$ ); \* ( $P < 0,05$ ); \*\* ( $P < 0,01$ ), \*\*\* ( $P < 0,001$ )

Sin embargo, cuando se consideraron las etapas de desarrollo del cultivo el cociente sexual resultó diferente ( $P = 0,02$ ) a la relación 1:1 durante el macollamiento del cultivo (Tabla 3). Posiblemente, este hecho puede generar competencia entre los machos por las hembras, pero no se afectaría la probabilidad de fecundación. Por otra parte, durante esta etapa todavía no hay suficiente cobertura y alimento para toda la población. De igual manera, Cartaya y Aguilera (1985) y Candellet (1984) en muestreos realizados en el interior del cultivo durante un ciclo en Portuguesa, señalaron que las diferencias del cociente sexual y la relación 1:1 no fueron significativas. En cambio, García (2002) en una siembra en Guárico indicó que la población de *H. sciureus* presentó un coeficiente sexual superior a lo esperado, probablemente como consecuencia del muestreo de la subpoblación ubicada en los muros y bordes del cultivo

Tabla 3. Cociente sexual de *H. sciureus* durante las etapas de desarrollo del cultivo.

		Etapas de desarrollo			
		Macollamiento	Reproducción	Maduración	Total
Sexo	Machos	15	31	80	126
	Hembras	5	23	68	96
	n	20	54	148	222
Cociente sexual		3	1,35	1,18	
P		0,02*	0,16 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	

Prueba de Binomial; <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

#### 4.3 Distribución de frecuencia entre el peso, el sexo y las clases de edad de los individuos capturados

Mediante las tablas de distribución de frecuencia del peso de la población de *H. sciureus*, se registraron nueve clases. En los machos el peso osciló de 80 g a 190 g (clases III, IV y V) (Tabla 4). Asimismo, Agüero (1978) señaló pesos máximos de 90 a 120 g. Se capturaron más individuos clase V que IV. Probablemente por la presencia de: microhábitats en el lote que favorecieron la clase V y por lo tanto, mayor susceptibilidad a la captura de los individuos de esa clase, medidas de control a las cuales los individuos pertenecientes a la clase IV fueron más vulnerables. En las parcelas muestreadas no se impidió el control de roedores (químico y manual) planificado en la finca.

Tabla 4. Número de individuos por grupos de peso, sexo y número de hembras preñadas de *H. sciureus*.

Grupos	Peso (g)		nm	%	nh	%	nhp	%
I	>10	≤46,67	15	11,90	13	13,50	0	0
II	46,68	80,34	18	14,30	6	6,30	1	2,27
III	80,35	117,01	26	20,60	11	11,50	4	9,09
IV	117,02	153,68	22	17,50	22	22,90	10	22,73
V	153,69	190,35	27	21,40	17	17,70	12	27,27
VI	190,36	227,02	13	10,30	16	16,60	9	20,46
VII	227,03	263,69	3	2,40	4	4,20	2	4,55
VIII	263,70	300,36	2	1,60	5	5,20	5	11,36
IX	300,37	>337,03	0	0	2	2,10	1	2,27
Total			126	100	96	100	44	100

nm: Número de machos nh: Número de hembras nhp: Número de hembras preñadas

De los 15 ejemplares machos capturados en la clase 1, cuatro tenían de 10 a 15 g y 11 de 20 a 40 g (Tabla 4). Antes de 20 g *H. sciureus* se mantiene dentro del nido (Agüero 1978). Después de este peso ocurrió una mayor captura dentro del cultivo. Aunque, Agüero (1978) manifestó que los juveniles entre 25 y 30 g tienen muy poca actividad en el cultivo.

El número de machos, media, desviación estándar y porcentaje de machos con testículos escrotados y abdominales, se muestran en la Tabla 5. La media de la muestra fue 127,80 g ± 62,95. El peso máximo encontrado fue 285,00 g y el mínimo 10,00 g. Estos valores son similares a los descritos por Agüero (1978) en Portuguesa: media 130,20 g ± 58,32, peso máximo y mínimo 289,00 g y 23,20 g, respectivamente. También Poleo y Mendoza (2004) registraron valores cercanos: media 122 g ± 66,2, peso máximo 314 g y mínimo 11 g, respectivamente.



Tabla 5. Número de individuos machos de *H. sciureus* con testículos escrotados y abdominales por grupos de peso.

Grupos	Peso (g)		n	$\bar{X}$	d.s	nmTE	%	nmTA	%
I	>10	≤46,67	15	25,2	11,01	1	0,90	14	77,78
II	46,68	80,34	18	68,06	11,77	14	12,90	4	22,22
III	80,35	117,01	26	103,70	11,62	26	24,10	0	0
IV	117,02	153,68	22	140,00	8,73	22	20,40	0	0
V	153,69	190,35	27	170,74	9,97	27	25,00	0	0
VI	190,36	227,02	13	215,38	8,77	13	12,00	0	0
VII	227,03	263,69	3	250,00	0	3	2,80	0	0
VIII	263,70	300,36	2	282,50	3,54	2	1,90	0	0
IX	300,37	>337,03	0	0	0	0	0	0	0
Total			126	127,80	62,95	108	100	18	100

n: Número total de machos d.s: Desviación estándar nmTE: Número machos con testículos escrotados nmTA: Número machos con testículos abdominales

En relación con las hembras, hubo menor captura de roedores en la clase II a la teóricamente esperada (Tabla 6). Se infiere que la disponibilidad de alimento en cantidad y calidad pudo influir en esa disminución.

Tabla 6. Distribución por clases de peso de hembras *H. sciureus*.

Grupos	Peso (g)		n	$\bar{X}$ g	d.s	nhp	%hp	$\bar{X}$ Embr,	DE
I	>10	≤46,67	13	28,46	10,68	0	0	0	0
II	46,68	80,34	6	60,00	12,65	1	16,7	6	0
III	80,35	117,01	11	103,64	10,27	4	36,4	5,75	0,43
IV	117,02	153,68	22	141,82	9,70	10	45,6	6,4	1,55
V	153,69	190,35	17	169,41	10,29	12	70,6	6,17	1,40
VI	190,36	227,02	16	209,06	11,58	9	56,3	8,22	2,59
VII	227,03	263,69	4	253,75	12,5	2	50	9,00	0,00
VIII	263,70	300,36	5	278,00	8,37	5	100	8,2	2,05
IX	300,37	>337,03	2	330,00	14,14	1	50	10	0
Total			96	148,75	74,51	44		7,05	1,99

nh: Número de hembras d.s: Desviación estándar nhp: Número de hembras preñadas

El número de las hembras preñadas, aumentó gradualmente de la clase II a la V. Según la distribución de los pesos, la actividad reproductiva se inició a los 80 g y

alcanza su máxima actividad en el rango de 153,68 g a 190,35 g. Estos resultados son cercanos a los descritos para la misma especie por Agüero (1978).

El peso mínimo fue 10 g y el máximo 340 g (10 embriones). La media de la muestra y de embriones resultó en  $148,75 \text{ g} \pm 74,51$  y  $7,05 \pm 1,99$ , respectivamente. El porcentaje de preñez no aumentó con el peso de la rata arrocera, al contrario del número de embriones. No obstante Twigg (1965) y Agüero (1978) evidenciaron relación positiva entre las variables mencionadas.

De acuerdo con la distribución de las clases de peso obtenida, se puede inferir que la población está en plena madurez sexual y en consecuencia potencialmente puede aumentar, dependiendo del manejo agronómico del cultivo y las medidas de control de roedores.

#### 4.4 Abundancia de *H. sciureus*

##### a. En cada etapa de desarrollo del cultivo

Las diferencias de la abundancia (IAR) de *H. sciureus* en función de las etapas de desarrollo del cultivo fueron significativas ( $P < 0,05$ ) durante los ciclos 2006-2007, 2007 y 2007-2008 resultaron significativas. Los mayores valores se presentaron en las etapas de reproducción y maduración (Tabla 7. Anexos de 2 al 7).

Tabla 7. Abundancia de *H. sciureus* en función de las etapas de desarrollo durante tres ciclos de siembra de arroz.

Etapas de desarrollo	Lluvia 2006-2007		Sequía 2007		Lluvia 2007-2008	
	n	IAR (%) <sup>(1)</sup>	n	IAR (%) <sup>(1)</sup>	n	IAR (%) <sup>(1)</sup>
Macollamiento	8	0,17 b	6	0,02 c	6	2,68 b
Reproducción	4	3,61 a	6	2,00 b	9	4,68 ab
Maduración	4	7,53 a	9	8,90 a	3	8,63 a

Medias con la misma letra no difieren significativamente en las pruebas de Tukey  $P > 0,05$ .

<sup>(1)</sup> Medias convertidas  $((\text{Sen } (\gamma^2)) \times 100)$ .

En lotes de arroz de otras localidades en Portuguesa y Guárico el incremento de la población de roedores también se mantuvo entre las etapas de macollamiento y la maduración del grano (Cartaya 1983, Candellet 1984 y García 2002). Las diferencias que se observaron en las investigaciones mencionadas anteriormente y esta investigación posiblemente estuvieron relacionadas con: el método de captura, condiciones climáticas y las características del entorno de las parcelas donde se realizaron los muestreos, debido a que este último puede ocasionar migraciones. En este estudio se utilizó el método de remoción. Por lo tanto, la extracción quincenal de roedores pudiera generar espacios libres para la llegada de otros individuos no “residentes” sino “transeúntes”. Probablemente, los roedores que se extrajeron provenían de migraciones desde otros lotes porque *H. sciureus* tiene alta movilidad (de 1 a 3 km, aproximadamente) (Cartaya 1983, Eiris y Barreto 2009).

Las condiciones climáticas no sólo determinan la producción del arroz, sino también la incidencia de las plagas (abundancia). En Venezuela la mayor superficie de siembra se ubica entre noviembre y diciembre (época de sequía), con la finalidad

de que la planta durante el inicio del primordio hasta la floración (entre enero y marzo) reciba el pico más alto de radiación solar y así alcanzar los máximos rendimientos. Pero paralelamente, el cultivo también es más afectado por los roedores porque existe poca oferta forrajera en el entorno. Caso contrario, generalmente, ocurre durante el período de lluvia. Debido que aumenta el área verde en los alrededores de los lotes de arroz y los individuos tienen otras opciones para alimentarse, refugiarse y reproducirse (Agüero *et al.* 1995).

Prácticas agrícolas del cultivo de arroz como: fecha de siembra, preparación del suelo y densidad de siembra intervienen en la abundancia y distribución espacial de la población de roedores (Massawe *et al.* 2003, Pulver *et al.* 2005, Brown *et al.* 2005). Los lotes sembrados de manera programada, generalmente son menos atacados por los roedores (Lam 1990 en Tristiani *et al.* 1998). La sincronización de la fecha de siembra permite al productor tener un lapso de 30 días entre la cosecha y la siembra para romper el ciclo biológico de los roedores y otras plagas que afectan al cultivo (Pulver *et al.* 2005).

El método de preparación del suelo también incide sobre la distribución espacial de los roedores. En lotes arados se observó que los individuos se agruparon en los bordes o canales de riego probablemente, porque se redujo la cobertura vegetal, la disponibilidad de alimento y causó la muerte de algunos individuos. Mientras que, aquellos los lotes donde se utilizó sólo la quema, los animales se distribuyeron aleatoriamente (Massawe *et al.* 2003).

Por otra parte, los cultivos de cereales con altas densidades de siembra requieren abundante humedad del suelo y cantidades considerables de fertilizantes para incrementar el rendimiento, pero además son los más susceptibles al daño por roedores (Buckle 1994 y Mohan 2003), lo cual se debe: a) proporciona más cobertura de protección contra los depredadores, b) ahorro de energía porque reduce el tiempo de forrajeo (área de acción más pequeña), y c) el cultivo puede mantener una mayor población (capacidad de carga) (Poché *et al.* 1982, Buckle 1994, Mohan 2003).

El incremento de los roedores durante la maduración del grano de arroz también se ha registrado en Indonesia y Tanzania. La tasa reproductiva y la densidad de la población de roedores obedecieron a la abundancia y calidad del alimento (Leirs *et al.* 1994, Tristiani *et al.* 1998, Tristiani y Murakami 2003). En esta etapa las semillas de arroz son de gran tamaño y tienen buen contenido de almidón. Se ha observado que en los roedores que se reproducen una vez al año, la maduración del grano coincide con el período de lactación, en la cual la demanda energética es 134-190% más que los individuos que no están lactando (Bomford 1987, Wolff 1996).

Las razones por las cuales durante la maduración del grano es cuando se captura mayor cantidad de ejemplares aun no son bien comprendidas. No obstante, se han realizado algunas investigaciones. Tristiani *et al.* (1998) trabajaron con una población de *R. argentiventer* en condiciones de laboratorio y concluyeron que las hembras se pueden reproducir en cualquier etapa de desarrollo del arroz, mientras que los machos sólo fueron sexualmente activos después de haberse alimentado de plantas que están

en la etapa de iniciación de la panícula. Aunque no informaron la causa de ese comportamiento, manifestaron que algunas sustancias presentes en esa etapa podrían estimular la actividad reproductiva en los machos.

En adición, Bomford (1987) evidenció que la reproducción *M. musculus* silvestre fue abundante cuando el grano fresco de los cultivos (arroz, trigo, sorgo y cebada) estaba disponible, pero la intensidad declinó inmediatamente después de la cosecha. Los factores que intervinieron fueron: 1) energía: aun cuando había suficiente grano partido en el suelo, la energía no estaba disponible en esa etapa, 2) nutrientes: el contenido de vitaminas (A, D y complejo B) y proteínas es bajo en los granos maduros, lo cual es esencial para la reproducción, 3) señales químicas: como 6-metoxibenzoaloina, el cual es un glucósido presente sólo en el crecimiento vegetativo activo de las plántulas. El daño ocasionado por los depredadores en los tejidos de las plantas ocasiona la liberación de enzimas que provoca la producción de este glucósido. Este compuesto actúa en el sistema neuroendocrino enviando señales al roedor de la proximidad de la época de mayor abundancia de alimento (crecimiento vegetativo) en el área, induciendo el inicio de la reproducción (Berger *et al.* 1981) y 4) el ácido giberélico (AG<sub>3</sub>): hormona localizada en las semillas de pastos y cereales durante la germinación y maduración del grano. Además, tiene características que sugieren que es capaz de interactuar con receptores de hormonas esteroides en animales (Olsen 1981). En investigaciones previas en condiciones de laboratorio quedó demostrado que el AG<sub>3</sub> incrementa la tasa de desarrollo de los roedores, aumenta la actividad de la gonadotropina urinaria, restaura la función del útero

cuando son extraídos los ovarios en las hembras adultas y tiene un efecto miotrófico en machos adultos castrados. En tal sentido, puede actuar como una señal química para la reproducción de algunos herbívoros y como mecanismo de *feedback* entre la planta y el herbívoro en algunos modelos de ciclos demográficos (Albertini 1959, Ratsimamanga y Boiteau 1964, Volpe y Maillet *et al.* 1969 y Maillet y Bouton 1969 en Olsen 1981).

Es importante señalar que para el análisis de los resultados no se reflejó la etapa de plántula porque la captura de roedores durante los ciclos 2006-2007 y 2007 fue nula. En el ciclo 2007-2008 fueron capturadas otras especies (*Oecomys* sp Thomas, *Zygodontomys brevicauda* Allen y Chapman) desde plántula (10 dds) hasta la primera fase del crecimiento vegetativo (41 dds), las cuales tampoco fueron consideradas en el análisis. A diferencia de los ciclos 2006-2007 y 2007, había un hábitat idóneo para el refugio de estas especies debido a la presencia de malezas en los muros y en una zona adyacente a las parcelas de muestreo que no se sembró porque presentó problemas de drenaje. En estudios previos siempre se ha señalado la presencia de estas especies asociadas con el cultivo (Cartaya 1983, Candellet 1984, Poleo 1996, Agüero y Poleo 2004, García 2002). Generalmente se ubican en los muros o canales y cortan tallos en los bordes del cultivo, pero no ocasionan mermas en el rendimiento. Tienen importancia desde el punto de vista de salud pública debido a que son reservorios del virus de la fiebre hemorrágica de Venezuela (VFHV) (Salas *et al.* 1991, Tesh *et al.* 1993, Fulhorst *et al.* 1997, Vásquez *et al.* 2005).

b. En cada edad del cultivo

La variación de la abundancia expresada como IAR según la edad del cultivo durante los dds del ciclo 2006-2007, sólo se pudo analizar mediante el modelo potencial  $\hat{Y} = 0,0106X^{1,35503}$  ( $r^2=0,7282$   $r= 0,8533$ ) (Fig. 11 y Anexo 8). Se observó que la pendiente se incrementó en la medida que avanzó la edad del cultivo.

Ese desarrollo se podría explicar porque el aumento de la biomasa, medido indirectamente mediante la altura del cultivo a lo largo del desarrollo del arroz, ofrece mayor disponibilidad de alimento y protección contra los depredadores.

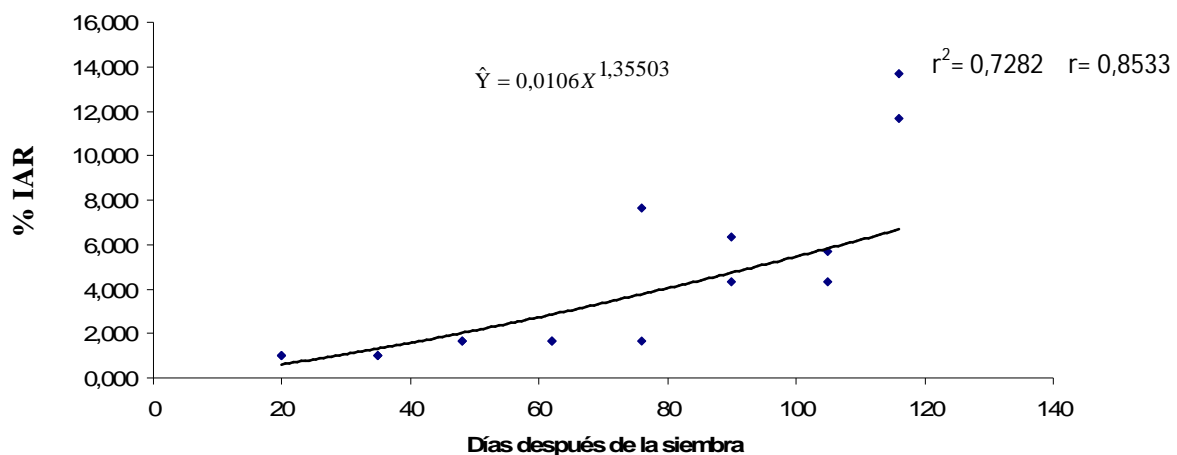


Figura 11. Índice de abundancia relativa de *H. sciureus* desde 20 a 116 dds durante el ciclo de sequía 2006-2007.

Lo cual, permite que el cultivo sea un hábitat ideal para la migración de roedores hacia los lotes de muestreos. A pesar de la abundancia detectada después de los 60 dds, aproximadamente, no se observaron nidos dentro de los lotes. Probablemente, la



población podría estar en una etapa de colonización o eran roedores “transeúntes” provenientes de otros lotes en proceso de quema o de cosecha. Así como también, el hecho de que hubo limpieza de maleza de los muros y tres aplicaciones de raticidas (Cropot (Clorofacinona) + Nox-o-prol (Difacinona)) a partir de los 50 dds, aproximadamente.

La población de *H. sciureus* durante el ciclo 2007 se incrementó específicamente a partir de los 84 dds (Tabla 8, Anexos 10 y 11). El modelo que mejor explicó la relación entre IAR y dds fue  $\hat{Y} = -5,58373 + 0,12539X$  ( $r^2=0,6915$ ,  $r=0,8316$ ) (Anexo 9). En la medida que avanzó la edad del cultivo aumentó el IAR en 0,13 %.

Tabla 8. Abundancia de *H. sciureus* desde 70 a 126 dds durante el ciclo de lluvia 2007.

Días Después de la Siembra (dds)	n	IAR (%)
70	3	0,45 b
84	3	5,33 ab
98	3	7,55 ab
112	3	9,11 a
126	3	10,22 a

Medias con la misma letra no difieren significativamente en las pruebas de Tukey  $P > 0,05$ .

Durante el crecimiento del cultivo del ciclo 2007-2008, el IAR tuvo diferentes variaciones (Tabla 9, Anexos 12 y 13). La ecuación que mejor explicó la relación

entre el IAR y los dds fue el modelo  $\text{Arcsen} \left( \sqrt{\frac{\hat{Y}}{100}} \right) = -1,7478 + 0,1305X - 0,0031X^2 + 3,15 \cdot 10^{-5}X^3 - 1,114 \cdot 10^{-7}X^4$

Fig. 12 (Anexo 14).

Tabla 9. Abundancia de *H. sciureus* en función de los dds durante el ciclo de sequía 2007-2008.

Días después de la siembra	n	IAR (%) <sup>(1)</sup>
39	3	3,82 ab
53	3	1,74 b
67	3	3,75 ab
81	3	2,46 b
95	3	8,93 a
109	3	8,63 a

Medias con la misma letra no difieren significativamente en las pruebas de Tukey a  $P > 0,05$ .

<sup>(1)</sup> Medias convertidas  $((\text{Sen } (\gamma^2)) \times 100)$ .

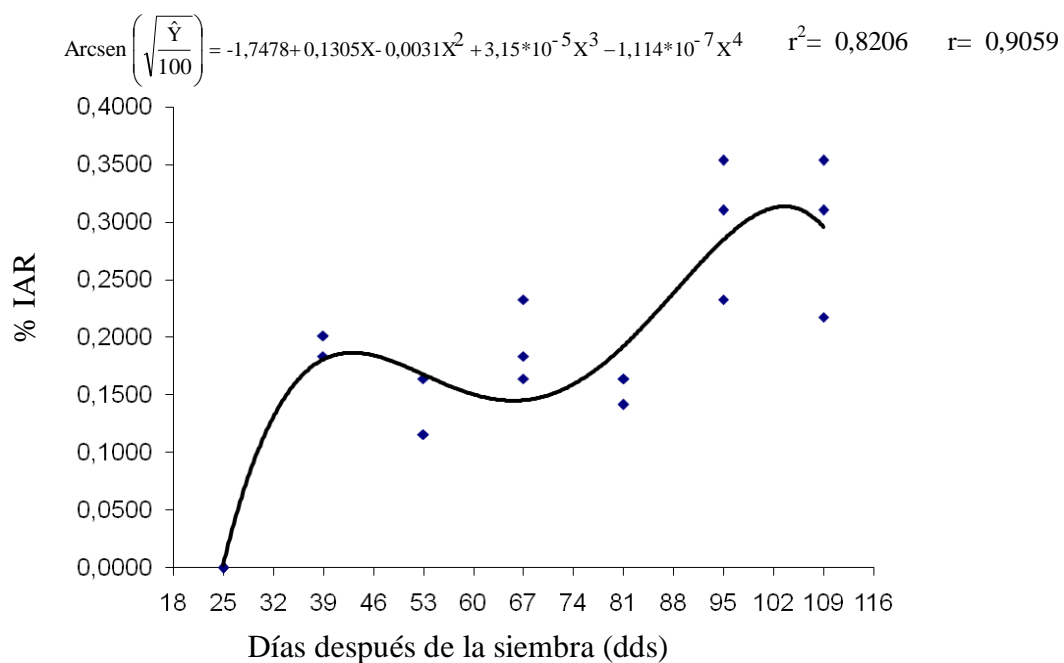


Figura 12. Índice de abundancia relativa entre 25 y 109 dds, durante el ciclo de sequía 2007-2008.

Se llevó el registro del cronograma de actividades de la finca y aun cuando no se midió el efecto de las prácticas de control de roedores con las disminuciones de la abundancia, se observó que estas últimas coincidieron con algunas de las practicas,

como: limpieza de los muros, colocación de refugios trampa con restos de la cosecha anterior para la captura manual y la aplicación de rodenticidas (Cropot (Clorofacinona) + Nox-o-prol (Difacinona)), lo cual sugiere que pudo ocasionar esas variaciones.

Estos resultados, parecen confirmar el comportamiento observado en varias investigaciones de *H. sciureus* y otras especies de roedores que afectan el cultivo de arroz, (Cartaya 1983, Candellet 1984, Hone 1994, Wood 1994, Leirs *et al.* 1994, Tristiani *et al.* 1998, García 2002, Tristiani y Murakami 2003, Aplin *et al.* 2003). Los roedores se benefician de las mejores condiciones (en cantidad, calidad de alimento y refugio) que se presentan en la medida que se desarrolla el cultivo y alcanza su máximo desarrollo.

#### 4.5 Daños ocasionados por *H.sciureus*

- a. En función de las etapas de desarrollo y los días después de la siembra para cada ciclo

Durante el ciclo 2006-2007 no se detectaron tallos cortados ni tampoco nidos de roedores. No sólo la técnica empleada para evaluar los daños pudo intervenir en este resultado, sino también el control manual de roedores realizado en la finca desde las primeras etapas del cultivo en la medida que se limpiaban los muros y canales. También la aplicación de raticidas (Cropot y Nox-o-porl) cada 15 días a partir de los

40 dds, aproximadamente, pudo haber impedido el establecimiento de una población de roedores suficiente como para causar algún daño. En el resto de los lotes de la finca tampoco se detectaron daños importantes ni pérdidas en el cultivo. El rendimiento promedio de las parcelas muestreadas y el de la finca fue 6625 y 7580 kg/ha, respectivamente; lo cual reflejó que no hubo efecto de la rata arrocera sobre la producción del cultivo.

La actividad de la rata arrocera (tallos cortados) se observó sólo en los últimos tres muestreos del ciclo 2007. Se detectaron diferencias ( $P < 0,001$ ) en el área dañada en la medida que avanzó el desarrollo del cultivo. La mayor dimensión ( $3,11 \text{ m}^2$ ) fue medida a los 112 dds (Tabla 10, Anexos 15 y 16). Posteriormente, el daño descendió aun cuando para esa edad el índice abundancia fue elevado.

Tabla 10. Área dañada durante el ciclo de lluvia 2007 por *H. sciureus* desde 98 a 126 dds.

Días después de la siembra	n	Valores medios	
		Área dañada ( $\text{m}^2$ )	
98	3	1,68	b
112	3	3,11	a
126	3	0,78	c

Medias con la misma letra no difieren significativamente en las pruebas de Tukey  $P > 0,05$ .

Aun cuando no se realizó captura, marcaje y recaptura de roedores, probablemente este resultado se debió a que los individuos no eran “residentes” de las parcelas de muestreo, sino “transeúntes” provenientes de los lotes que estaban en la

fase de cosecha a 800 m del área de muestreo. El rendimiento de las parcelas resultó menor (4550 kg/ha) comparado con el promedio de la finca (5660 kg/ha).

Cabe destacar que durante este ciclo se observó abundante cantidad de gallito azul (*Porphyryla martinica* L.) pues el período de lluvia coincide con su época reproductiva (Agüero *et al.*1995). El daño lo ocasiona cuando dobla las plantas para construir plataformas de reposo (perchas) y nidos. No se evaluó de manera sistemática la actividad de esta ave, pero fueron contabilizadas en promedio 840 perchas/ha, aproximadamente. Posiblemente, este daño ocasionó menor rendimiento en las parcelas muestreadas.

El área dañada se diferenció ( $P(\chi^2) < 0,05$ ) durante las etapas de desarrollo del cultivo del ciclo 2007-2008. Resultó más elevada al momento de la maduración del grano ( $0,28 \text{ m}^2$ ), tal como fue evidenciado por las pruebas de comparaciones de rangos de medias (Tabla 11, Anexo 17). Sin embargo, el daño no tuvo repercusión sobre el rendimiento del cultivo en las parcelas muestreadas (5900 kg/ ha) y tampoco afectó el rendimiento medio de la finca (6780 kg/ha).

Se detectaron diferencias altamente significativas ( $P < 0,001$ ) en el área dañada en la medida que avanzó la edad del cultivo. En la Tabla 12 (Anexos 12 y 13) se indicaron específicamente que los valores más altos de daño se observaron a los 95 y 109 dds.

Tabla 11. Área dañada (m<sup>2</sup>) en función de las etapas de desarrollo (ciclo de sequía 2007-2008).

Etapas de desarrollo	n	Medias	Rango de medias
Macollamiento	6	0,01	6,00 b
Reproducción	9	0,10	9,39 ab
Maduración	3	0,28	16,83 a

\* Medias con la misma letra no difieren significativamente en las pruebas de comparaciones por kruskal-wallis  $P > 0,05$ .

De manera similar a los ciclos 2006-2007 y 2007, se evidencia la preferencia de la población de roedores para incrementar la abundancia y los daños durante esas edades.

Tabla 12. Área dañada de *H. sciureus* en función de los dds (ciclo de sequía 2007-2008).

Días Después de la Siembra	n	Área dañada (m <sup>2</sup> )
39	3	0,01 b
53	3	0,01 b
67	3	0,00 b
81	3	0,04 b
95	3	0,25 a
109	3	0,28 a

\* Medias con la misma letra no difieren significativamente en las pruebas de Tukey a  $P > 0,05$ .

<sup>(1)</sup> Medias convertidas  $((\text{Sen } (\gamma^2)) \times 100)$ .

La distribución del daño producido por roedores es muy variable y está relacionado con el comportamiento de la plaga y las características del ambiente (Hone 1994). Al inicio, cuando los roedores comienzan a ingresar al cultivo, los tallos cortados pueden estar ampliamente distribuidos en el campo y no es fácil detectarlo. Posteriormente, el daño generalmente se observa como grupos de plantas fuertemente dañadas, rodeados por áreas poco destruidas. Finalmente, zonas con elevado daño

tienen el centro del cultivo casi totalmente depredado, mientras que los bordes presentan poco o ningún daño, lo cual produce el llamado “efecto estadio” (Buckle 1994 y Aplin *et al.* 2003).

En varias investigaciones ejecutadas en las principales zonas arroceras del mundo se ha comprobado que la naturaleza del daño de roedores es muy similar, sin importar donde el cultivo se desarrolle ni cuales especies lo ocasionen (Buckle 1994). Así como también, puede ocurrir en cualquier etapa de desarrollo del arroz (Islam y Hossain 2003). Cuong *et al.* (2003), en Vietnam, encontraron que el aumento de la actividad de *R. argentiventer* ocurrió a partir de los 70 dds. Islam y Hossain (2003), en Bangladesh, afirmaron que cuando los lotes de arroz alcanzan la fase de máximo macollamiento se produce el ataque de roedores (*R. argentiventer*, *M. musculus* y *B. bengalensis*). Aplin *et al.* (2003) con base en observaciones de campo y diversos reportes de Asia, señalaron que el daño más fuerte sobre el arroz es al inicio de la etapa reproductiva (formación de la panícula). También en Asia, Gallagher *et al.* (2000) especificaron que la planta de arroz es preferida por los roedores después que la panícula ha emergido. Rabiú y Rose (2004) manifestaron que los niveles de daño por roedores al norte de Nigeria son afectados por el estado de desarrollo del cultivo siendo más elevado durante la etapa de maduración. De manera análoga, en los cultivos de arroz en Venezuela se ha detectado que la rata arroceras (*H. sciureus*) consume tallos en cualquier fase de desarrollo, pero su impacto es mayor en fases de floración y maduración no sólo por el consumo de semillas, sino también por la

utilización de tallos para la construcción de nidos (Cartaya 1983, Agüero y Poleo 2004).

Una tendencia similar ha sido observada en cultivos como trigo y caña de azúcar atacados por roedores. En siembras de trigo, el porcentaje de tallos cortados fue menor a 1% hasta 60 dds y tendió a incrementarse a partir de la formación de la espiga manteniéndose hasta la cosecha (Poché *et al.* 1982). También, en plantaciones de caña de azúcar la mayor infestación de roedores ocurrió en cultivos maduros, debido al alto contenido de azúcar en esa etapa (Buckle 1994).

Además del aporte energético, disponibilidad de nutrientes (vitaminas A, D, complejo B y proteínas), señales químicas y el AG<sub>3</sub> como las posibles razones que explican el incremento la abundancia de roedores y el daño, en general, después de los 70 dds del arroz. Se considera también el hábito alimentario de los pequeños mamíferos porque obtienen su energía de la fermentación de los carbohidratos, pero la capacidad del sistema digestivo es muy reducida y el tiempo de la digestión es corto. Para superar esta dificultad, seleccionan partes de la planta menos fibrosa y con alto contenido celular (Parra 1978 en Domínguez-Bello y Robinson 1991). Esos requerimientos se presentan en la fase de máximo macollamiento hasta la maduración del grano.



b. Relación del daño en función de los días después de la siembra

La relación entre el área dañada y los días después de la siembra del ciclo 2007, se explicó mediante el modelo  $\hat{Y} = -115,003 + 2,13972X - 0,00969X^2$  ( $r^2 = 0,9482$

$r = 0,9738$ ). El área dañada, hasta el punto máximo de los 112 dds, presentó un incremento directamente proporcional a la edad del cultivo (Fig. 13, Anexo 18).

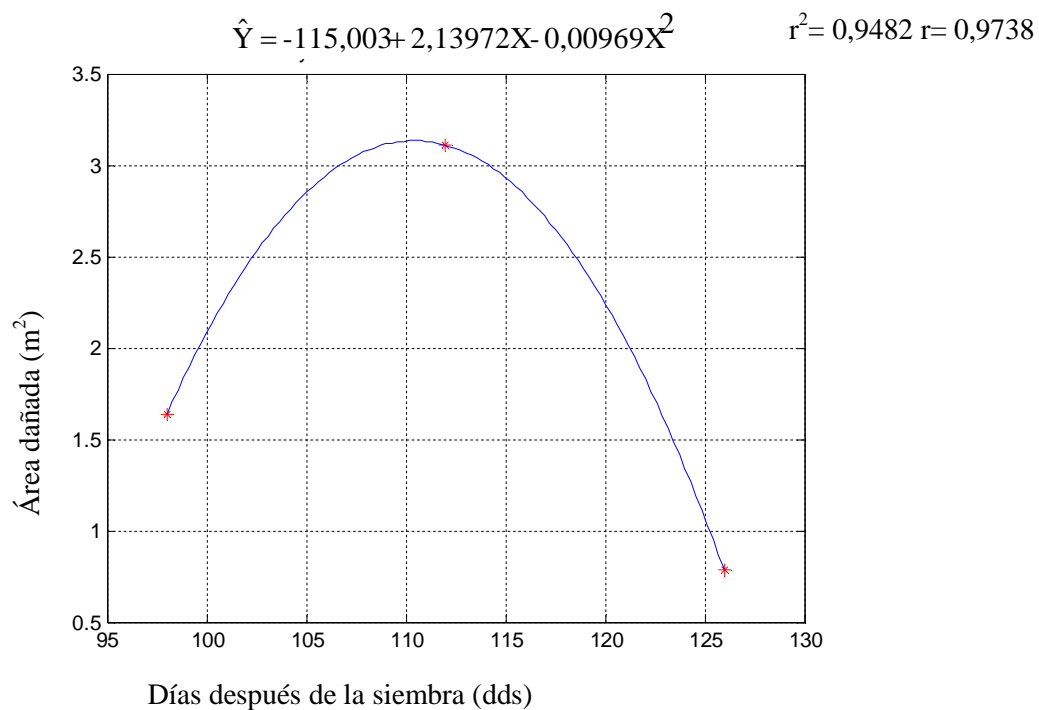


Figura 13. Área dañada desde 98 a 126 dds durante el ciclo de lluvia 2007.

Para el área dañada se estableció una ecuación polinómica y una curva de crecimiento con tendencia a ser sigmoideal. Mediante la ecuación

$$\hat{Y} = -1,0047 + 0,0820X - 0,0022X^2 + 2,45 * 10^{-5} X^3 - 9,099 * 10^{-8} X^4$$

se explicó 94% de la variación del daño en la medida que avanzó la edad del cultivo (Fig. 14, Anexo 14).

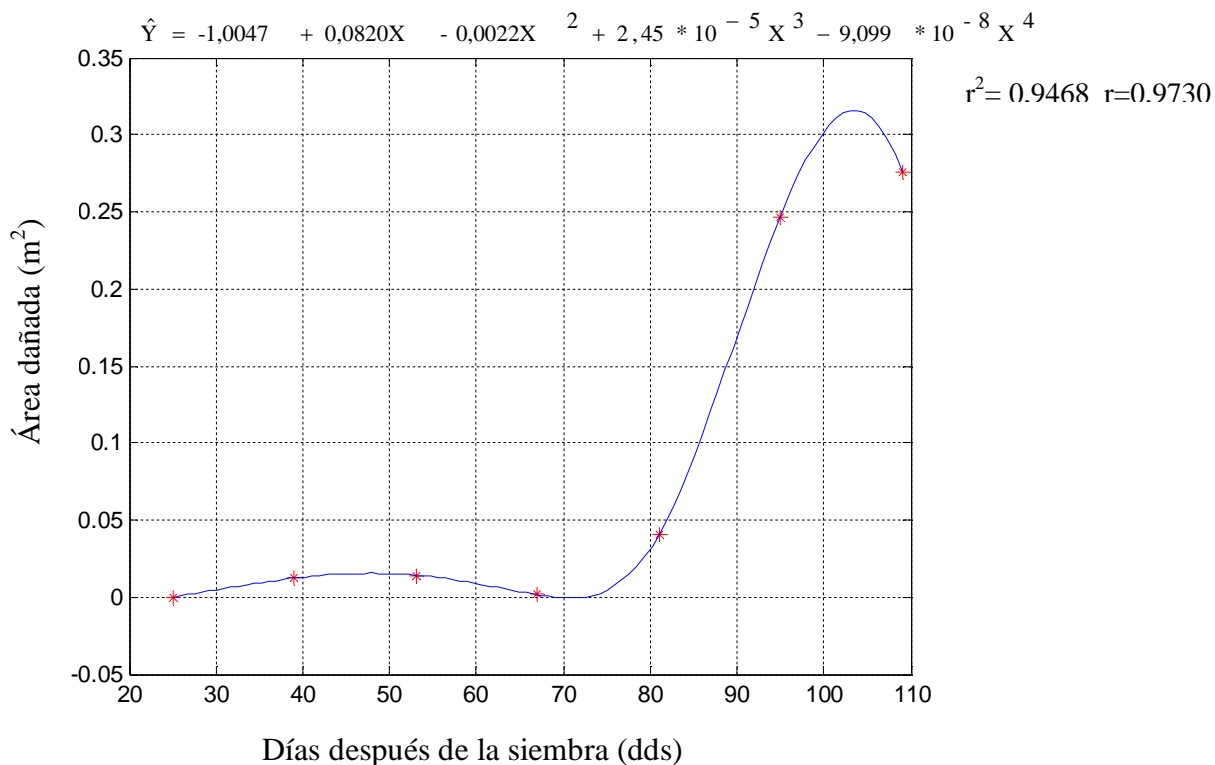


Figura 14. Área dañada desde 25 a 109 dds, durante el ciclo de sequía 2007-2008.

En este resultado se confirma la tendencia observada durante los ciclos anteriores y en evaluaciones similares, en las cuales se registraron que el máximo pico de abundancia (2006-2007, 2007 y 2007-2008) y daño (2007 y 2007-2008) de roedores estuvieron circunscritos en la etapas reproductiva y maduración del grano de arroz (Cartaya 1983, Candellet 1984, Hone 1994, Leirs *et al.* 1994, Wood 1994, Agüero *et al.* 1995, Tristiani *et al.* 1998, Gallagher *et al.* 2000, García 2002, Tristiani y Murakami 2003, Aplin *et al.* 2003, Cuong *et al.* 2003, Islam y Hossain 2003, Rabiú y Rose 2004). Posiblemente, durante esas etapas no sólo existe mayor superficie de

alimentación y refugio, sino también un incremento energético, vitaminas, proteínas, indicadores químicos y hormonales; así como también las características anatómicas del sistema digestivo de los roedores (Bomford 1987, Berger *et al.* 1981, Olsen 1981, Domínguez-Bello y Robinson 1991).

#### 4.6 Abundancia y daño en función de la altura del cultivo y la lámina de agua

El IAR del ciclo 2006-2007 incrementó 0,16 % al aumentar la altura del cultivo, pero disminuyó 0,73% en la medida que se elevó la lámina de agua (Fig.15, Anexo 19).

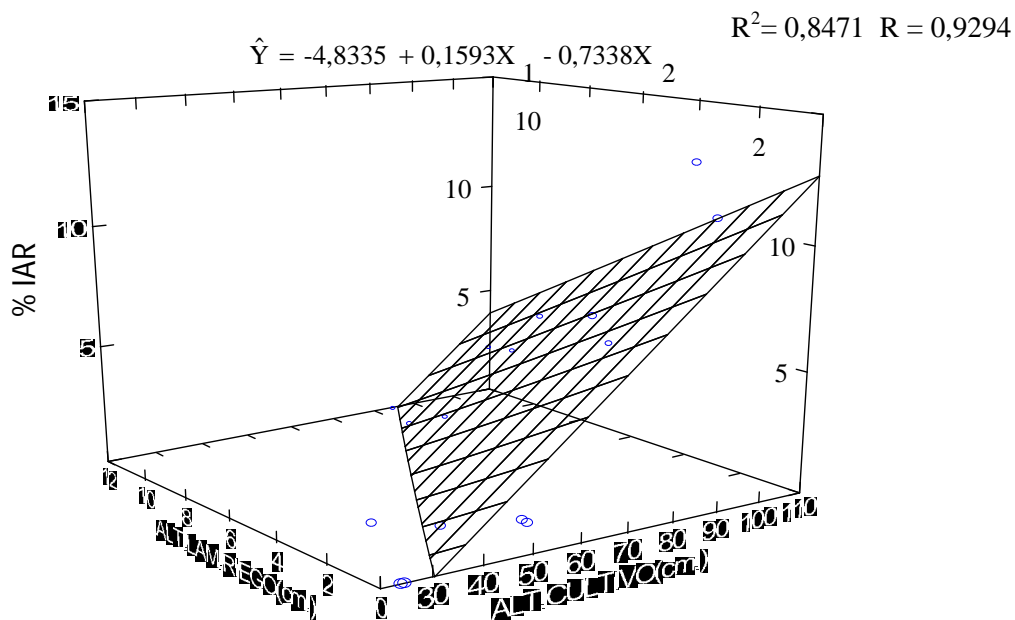


Figura 15. Relación entre índice de abundancia relativa de *H. sciureus* (y), altura del cultivo (cm) ( $x_1$ ) y altura de la lámina de riego (cm) ( $x_2$ ) durante el ciclo de sequía 2006-2007.

También en el ciclo de sequía 2007 se obtuvo relación entre el IAR ( $\hat{Y}$ ), altura del cultivo ( $X_1$ ) y de la lámina de agua ( $X_2$ ) ( $\hat{Y} = -6,53168 + 0,17192X_1 - 0,44677X_2$ ,  $R^2 = 0,6123$  y  $R = 0,7825$ ). Se reflejó que en la medida que crece el cultivo, se incrementa el IAR 0,17 %, pero al aumentar la altura de la lámina de agua disminuye 0,45 % (Figura 16, Anexo 20).

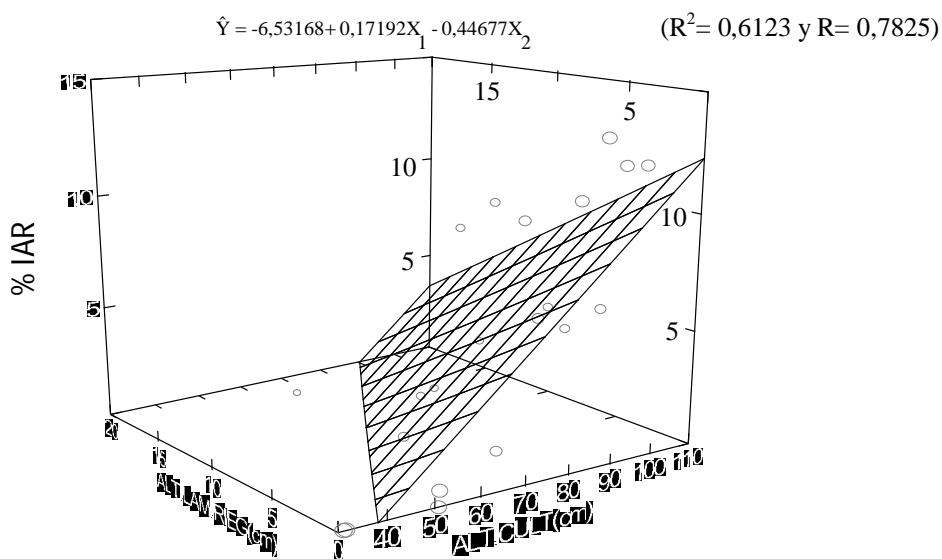


Figura 16. Relación entre índice de abundancia relativa de *H. sciureus* (%) ( $\hat{Y}$ ), altura del cultivo (cm) ( $x_1$ ) y altura de la lámina de riego (cm) ( $x_2$ ), durante el período de 28 a 126 dds del ciclo de lluvia 2007.

Para el ciclo 2007-2008 se determinó que al aumentar el tamaño del cultivo ( $x_1$ ) se incrementó el área dañada ( $\hat{Y}$ )  $0,00387 \text{ m}^2$ . También al elevar la altura de la lámina de riego ( $x_2$ ) disminuyó la superficie afectada  $0,01552 \text{ m}^2$  y que el aumento del IAR ( $x_3$ ) originó un incremento en el daño  $0,01554 \text{ m}^2$ .

( $\hat{Y} = -0,22105 + 0,00387X_1 - 0,01552X_2 + 0,01554X_3$   $R^2 = 0,8014$   $R = 0,8952$ ) (Anexo 21).

Las adaptaciones de *H. sciureus* a los ambientes semiacuáticos es ampliamente conocido. Aun así, nadar exige mayor costo energético en comparación con la locomoción terrestre. Es ampliamente conocido que *H. sciureus* está adaptada a ambientes semiacuáticos. Por lo tanto, resulta más económico para el animal buscar alimento en zonas que le proporcionen mayor consumo a menor costo porque la búsqueda de alimento está relacionada con la “estrategia de aprovisionamiento” que engloba los mecanismos utilizados por los animales para obtener la máxima tasa neta de ganancia energética (Smith y Smith 2001). Alguno de esos mecanismos que intervienen en la abundancia de pequeños mamíferos es la disponibilidad de microhábitats que ofrezcan menor costo energético en la búsqueda de alimento y mayor protección contra los depredadores (Yahner 1982). El resultado obtenido permite confirmar la adaptabilidad que tiene la rata arrocera a las diferentes alturas de la lámina de riego que se pueden presentar dentro del cultivo.

En estudios previos relacionados con la influencia de la lámina de agua, no se registraron efectos de esta sobre la abundancia (Agüero *et al.* 1995) ni la dinámica poblacional de los roedores en cultivos de arroz (García 2002). Cartaya (1983) aun cuando obtuvo una correlación positiva ( $P < 0,05$ ) entre el tamaño poblacional, el índice de cubierta de protección, biomasa vegetal y la precipitación concluyó que las

variables ambientales no eran suficientes para explicar los cambios en el tamaño poblacional de *H. sciureus*. Empero, estas evaluaciones se llevaron a cabo sólo durante un ciclo de siembra.

En otros países las evaluaciones que relacionen la abundancia con la lámina de riego y altura del cultivo son escasas porque los roedores de los géneros *Rattus*, *Mus*, *Bandicota* en Asia, *Arvicanthis* y *Mastomys* en África, *Millardia* en Pakistán, generalmente, ocasionan daños en el arroz cuando el grano está maduro (Islam y Hossain 2003, Lathiya *et al.* 2003, Rabiú y Rose 2004). Además, presentan características anatómicas, morfológicas, hábitos reproductivos y alimentarios diferentes a *H. sciureus*.

Son muy pocas las investigaciones realizadas en el país en relación con el daño de la rata arrocera sobre el arroz. Cartaya (1983) reportó relación entre el tamaño poblacional, precipitación, cubierta de protección y biomasa vegetal, pero no con los daños estimados durante un ciclo de siembra. Mientras que Agüero *et. al* (1995) obtuvo un éxito de captura variable y no fue posible establecer relación entre la altura de la lámina de agua, la densidad de siembra y las condiciones favorables para la incidencia de roedores durante dos ciclos en dos localidades.

La relación lineal entre abundancia y daño se determinó en zonas de cultivos de trigo y hortalizas en India y Bangladesh, así como en plantaciones de caña de azúcar en los Estados Unidos de Norteamérica donde se observó que si los roedores son

eliminados o removidos el daño se reduce (Poché *et al.* 1982, Advani y Mathur 1982, Lefebvre *et al.* 1989, Sheikher y Jain 1997). No siempre la relación es lineal porque pueden intervenir aspectos ecológicos y de comportamiento de los roedores que son dependientes de la densidad, además de las características propias de cada cultivo para compensar el daño (Aplin *et al.* 2003).

Esto último se observa en un tipo de relación sigmoïdal entre abundancia y daño, la cual es más compleja porque participa un componente adicional llamado crecimiento compensatorio del cultivo (Mulungu *et al.* 2003b, Brown *et al.* 2007). En los cereales este crecimiento tiene dos mecanismos: rebrote de los tallos y formación de la panícula. Si el daño ocurre en la etapa de macollamiento o antes, el cultivo puede rebrotar y llegar a formar panícula. Si sucede cuando el tallo ha entrado en la etapa de formación de la panícula se perderá esa inflorescencia, pero puede compensar esa pérdida generando granos más grande y numerosos en el resto de las panículas. Pero una vez que la planta entra en la etapa de maduración del grano es incapaz de compensar cualquier daño subsecuente (Aplin *et al.* 2003).

De acuerdo con los resultados obtenidos durante los tres ciclos de siembras evaluados se puede afirmar que los daños ocasionados por la rata arrocera *H. sciureus* sobre el cultivo no afectaron el rendimiento medio de la finca, los cuales siempre resultaron superiores a los 5000 kg/ha.

Los factores que probablemente pudieron influir en estos resultados serían:

Ecológicos: El crecimiento de las poblaciones naturales presenta a menudo una fase inicial lenta, seguido de un aumento acelerado y después la población tiende a estabilizarse (Ojasti 2000). La población de roedores durante el lapso 2003-2006 fue muy elevada y llegó a ser considerada la primera causa de pérdidas en el rendimiento del cultivo. Por lo tanto, estuvo sometida a una fuerte presión de control por parte de los productores. Para bajar la población utilizaron todo tipo de métodos de control, incluyendo el uso de insecticida organofosforado en el agua de riego (Parati6n). Lo cual, posiblemente pudo ocasionar que durante los ciclos muestreados la poblaci6n de roedores todavía no se había recuperado y la curva de crecimiento estuviera en la primera fase. También se realizaron entrevistas durante las evaluaciones con los productores de arroz, vecinos de la finca y manifestaron que tampoco obtuvieron pérdidas producidas por roedores.

Por otra parte, se ha considerado que la dinámica de la población de los roedores puede estar afectada no sólo por enfermedades, depredadores y disponibilidad de alimentos, sino también el comportamiento social. Este último elemento actuaría mediante cinco mecanismos: 1) limitando el tamaño de la población reproductiva, 2) control del tiempo para alcanzar la madurez sexual, 3) infanticidio, 4) control de la dispersión y 5) agresión directa (Krebs *et al.*2007). Sin embargo, para conocer la contribución de esos mecanismos en la dinámica de los roedores se requieren experimentos cuidadosamente diseñados. Esto se debe a que la dinámica resulta



complicada, especialmente en el trópico, donde muchas especies carecen de una época fija de reproducción (generalmente son iteróparas) y de cohortes anuales discretas (Ojasti 2000).

Manejo: se observó que en la finca evaluada hubo un estricto cumplimiento del cronograma de actividades, en relación con: 1) fecha de siembra, no habían lotes de arroz de diversas edades. La diferencia mínima entre los lotes fue dos días y máxima ocho días, lo cual pudo ocasionar que los roedores no tuvieran suficiente tiempo y sitios para establecerse, rompiéndose de esa manera su ciclo de vida. 2) El control de malezas en los muros y canales fue riguroso, paralelamente se eliminaban manualmente roedores. 3) Utilización de refugios trampas. Específicamente, durante el ciclo de sequía 2007-2008 estuvieron colocando restos de cosecha sobre los muros y canales. Los cuales, eran revisados diariamente para eliminar los roedores que estuvieran allí alojados. 3) Aplicación de dos raticidas de segunda generación (Cropot mezclado con nox-o-prol) sobre los muros de los lotes donde se observaban tallos cortados.

Todas esas prácticas de control posiblemente pudieron ocasionar que durante los ciclos muestreados no se detectaran poblaciones elevadas de roedores ni daños que generaran mermas en el rendimiento del cultivo. Para verificar esa relación se requieren muestreos sucesivos durante varios años y comparaciones con zonas donde no se realicen prácticas de control. En Vietnam, han realizado este tipo de estudio y consideraron que las acciones de control deben ser aceptables económica y

socialmente, a demás de amigables con el ambiente y sostenible (Brown *et.al.* 2003b).

Las evaluaciones de daños son complejas, tanto por las características del cultivo como de los roedores, que requieren muestreos continuos con la colaboración de un equipo multidisciplinario que permita analizar los diferentes factores (climáticos, biológicos y de manejo) que influyen en las fluctuaciones poblacionales de estos mamíferos. Con la finalidad de crear un programa de control que se aplique de manera preventiva y no sólo cuando la población sea muy elevada, tal como se realiza en la actualidad.

## 5. CONCLUSIONES

1. Las medidas corporales de *H. sciureus* capturada durante los ciclos evaluados fueron similares a las de otras poblaciones señaladas para la especie. Según la estimación de la condición reproductiva, la población estaba en plena capacidad reproductiva (85% adultos y 15% juveniles).
2. La cantidad de juveniles y adultos no varió en relación con el ciclo de siembra. Sin embargo, aumentó durante la etapa de maduración.
3. El cociente sexual, en todos los ciclos, no resultó diferente de la relación 1:1. Sólo varió al momento del macollamiento, con el predominio de los machos sobre las hembras.
4. Mediante la distribución de frecuencia según el peso se determinó que la captura de machos con testículos escrotados y hembras preñadas comenzó alrededor de 68g y 103g, respectivamente. El número de embriones aumentó con el peso y la media alcanzada confirma el alto potencial reproductivo de *H. sciureus*.
5. El índice de abundancia relativa y los daños fueron bajos. Sin embargo, cada variable estuvo relacionada con el desarrollo del cultivo. Los mayores valores se registraron a partir de la etapa reproductiva, alrededor de 80 dds.

6. Durante el ciclo de sequía 2006-2007, así como el de lluvia 2007 el índice de abundancia incrementó en la medida que aumentó la altura del cultivo, pero disminuyó cuando se elevó la lámina de riego.
7. Durante el ciclo de sequía 2007-2008 el daño incrementó cuando aumentó el índice de abundancia y la altura del cultivo, pero disminuyó con el ascenso de la lámina de riego. Lo cual, demuestra la habilidad que tiene la rata arrocera de adaptarse a cualquier altura del agua de riego para aprovechar mejores condiciones relacionadas con el costo energético.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Continuar los muestreos de evaluaciones de daños en igual número de ciclos de sequía y lluvia.
2. Comparar unidades de producción donde se realicen prácticas de control de roedores con zonas sin control para medir el efecto sobre la abundancia de *H. sciureus*, daño y rendimiento del cultivo.
3. Evaluar la eficiencia de las trampas de captura para animales vivos y las trampas de golpe en el cálculo de la densidad de roedores plaga del arroz.

## 7. REFERENCIAS

- Advani, R. and R. Mathur. 1982. Experimental reduction of rodent damage to vegetable crops in Indian Villages. *Agro – Ecosystems* 8: 39-45.
- Agüero, D. y E. Miralles. 1977. El uso de raticidas en Venezuela, En: Seminario sobre el uso de biocidas en Venezuela. UNELLEZ. 1: 110 -151.
- Agüero, D. 1978. Análisis reproductivo de una población de *Holochilus brasiliensis* (Rodentia: Cricetidae) en cultivos de arroz del estado Portuguesa. *Agronomía Tropical* 28 (2): 101-116.
- Agüero, D. 1980. Muestreos poblacionales de ratas en cultivos de arroz del Distrito Turén, estado Portuguesa. En: VIII Congreso Latinoamericano de Zoología. Resúmenes. p 151.
- Agüero, D., J. Quevedo, I. Tovar, A. Flores, V. Martínez y G. Espinoza. 1985. Estimación de daños y observaciones sobre la rata arrocera (*Holochilus venezuelae*) en caña de azúcar. *Caña de Azúcar* 3 (2): 63-70.
- Agüero, D., C. Barrios, O. Páez, O. Aponte, H. Rodríguez y H. Nass. 1995. Efecto del manejo del riego y la densidad de siembra en el cultivo de arroz en Portuguesa. Proyecto Cooperativo de Investigación FONAIAP-FUNDACIÓN POLAR-CORINA. 23pp.
- Agüero, D. 2001. Informe anual 2001, Acarigua, estado Portuguesa, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Portuguesa. 22 pp.
- Agüero D. y J. Poleo. 1992. Vertebrados plaga en el cultivo del arroz. Unidad de Aprendizaje para la Capacitación en Tecnología de Producción de Arroz. BID, FONAIAP, APROSELLAC, UNELLEZ y CIAT. Cali Colombia. pp 1-13.
- Agüero, D. , C. Poleo y J. Crespo. 2001. Muestreos poblacionales de ratas en siembras de arroz, situadas en el área del Sistema de Riego del Río Boconó estado Trujillo. En: IV Jornadas Técnico Divulgativas. Guárico-Apure 2001. Resúmenes. Calabozo. p 26.
- Agüero, D. y C. Poleo. 2004. Capitulo XIII: Manejo de Plagas Vertebrados. En: Cultivo del Arroz en Venezuela, 1ª edición. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Maracay. Venezuela. 202 pp.

- Aguilera, M. 1985. Especies plagas. En: El estudio de mamíferos de Venezuela. Evaluación y perspectivas. ASOVEM. Fondo Editorial de Acta Científica Venezolana. Caracas, Venezuela. pp 147-158.
- Ali, R., F. Mahdi and M. Farhanullah. 2003. Estimation of rodent damage on coconut plantations and sugarcane in Sindh, Pakistan. *Journal of Biological Science* 6 (12): 1051 – 1053.
- Andrews, K., A. King y J. Quezada. 1989. Capítulo 4: Importancia de conocimientos Bioecológicos para el MIP. En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura, estado actual y futuro. Andrews, K. y J. Quezada ed. Departamento de Protección Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano Honduras Centroamérica. 623 pp.
- Aplin K., P. Brown, J. Jacob, Ch. Krebs and G. Singleton. 2003. Fields methods for rodent studies in Asia and the Indo-Pacific. Australian Centre for International Agricultural Research Canberra, Australia. ACIAR Monograph N° 100. 223 pp.
- Barreto, G. y S. García-Rangel. 2005. *Holochilus sciureus*. *Mammalian Species* 780: 1-5.
- Bekele, A., H. Leirs and R. Verhagen. 2003. Composition of rodents and damage estimates on maize faros at Ziway Etiopía. In: Singleton, G., L. Hinds, C. Krebs y D. Spratt (eds). *Rats, Mice and People: Rodent Biology and Management*. ACIAR Monograph 96. Symposium 3. Disponible en: [www.aciar.gov.au](http://www.aciar.gov.au).
- Belloq, M. and F. Kravetz. 1994. Feeding strategy and predation of the Barn Owl (*Tyto alba*) and the Burrowing Owl (*Speotyto cunicularia*) on the rodent species, sex, and size, in agrosystems of central Argentina. *Ecología Austral* 4:29-34.
- Benigno, E. 1980. Rat damage distribution in rice and corn fields. *Phil. Agr.* 63:239-250.
- Berger, P., N. Negus, E. Sanders and P. Gardner. 1981. Chemical triggering of reproduction in *Microtus montanus*. *Science* 214: 69-70.
- Bilenca, D. y F. Kravetz. 1995. Daños a maíz por roedores en la región de Pampeana (Argentina) y su plan de control. *Vida Silvestre Neotropical* 4 (1): 51- 56.

- Blackwell, G., M. Potter and E. Minot. 2001. Rodent and predator population dynamics in an eruptive system. *Ecological Modelling* 25: 227-245.
- Bomford, M. 1987. Food and reproduction of wild house mice I. Diet and breeding seasons in various habitats on irrigated cereal farms in New South Wales. *Aust. Wildl. Res.* 14: 183-196.
- Brown, P. 2005. The effect of simulated house mouse damage to wheat in Australia. *Crop Protection* 24: 101-109.
- Brown, P., N. Hung, N. Hung and M. Wensveen. 1999. Population ecology and management of rodent pest in the Mekong River Delta, Vietnam. In: Singleton, G., L. Hinds, H. Leirs and Z. Zhang (eds). *Ecologically-based management of rodent pests*. ACIAR Monograph N° 59. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research 319-337.
- Brown, P. and G. Singleton. 1999. Rate of increase as a function of rainfall for house mouse *Mus domesticus* populations in a cereal-growing region in southern Australia. *Journal of Applied Ecology* 36: 484-493.
- Brown, P. and G. Singleton. 2000. Impacts of house mice on crops in Australia cost and damage. USDA National Wildlife Research Centre symposia. *Human Conflicts with Wildlife: Economic considerations*. University of Nebraska Lincoln. 48-58pp.
- Brown, P., G. Singleton, C. Tann and I. Mock. 2003a. Increasing sowing depth to reduce mouse damage to winter crops. *Crop Protection* 22: 653-660.
- Brown, P., N. Tuan and P. Banks. 2005. Movements, habitat use and response of ricefield rats to removal in an intensive cropping system in Vietnam. *Belgian Journal of Zoology* 135 (supplement) : 145-152.
- Brown, P., N. Tuan, G. Singleton, N. Tual, T. Tan and L. Hoa. 2003b. Impact of village-level rodent control practices on rodent populations and rice crops in Vietnam. En: Singleton, G., L. Hinds, C. Krebs y D. Spratt (eds). *Rats, Mice and People: Rodent Biology and Management*. ACIAR Monograph 96. Symposium 3. Disponible en: [www,aciar.gov,au](http://www.aciar.gov.au).
- Brown, P., N. Huth, P. Banks and G. Singleton. 2007. Relationship between abundance of rodents and damage to agricultural crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120: 405 – 415.

- Bruggers, R. and M. Zaccagnini. 1994. Vertebrate pest problems related to agricultural production and applied research in Argentina. *Vida Silvestre Neotropical* 3 (2): 71-83.
- Buckle, A. 1994. Damage assessment and damage surveys, In: *Rodents pest and their control*, Edited by: Buckle, P. y R. Smith. CAB International, New York. Pp: 219-248.
- Buckle, A. and F. Rowe. 1981. Rice field rat Project, Malaysia. Technical Report, 1977-1980. Overseas Development Administration. UK. 99 pp.
- Cabrera, M. y D. Agüero. 1984. Hábitos alimentarios de *Holochilus venezuelae* (Rodentia:Cricetidae), en cultivos de arroz del estado portuguesa. En: XI Jornadas Agronómicas. Maracaibo, Venezuela. p. 15.
- Candellet, F. 1984. Estudio del tamaño poblacional y establecimiento de los criterios de edad de roedores plaga de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Estado Portuguesa. Trabajo Especial de Grado. Universidad Simón Bolívar. 94 pp.
- Cartaya, E. 1983. Estudio de la comunidad de roedores plaga asociada a un cultivo de arroz a lo largo de su ciclo de vida en el estado Portuguesa. Trabajo Especial de Grado. Universidad Simón Bolívar. 90 pp.
- Cartaya, E. y M. Aguilera. 1984. Área de acción de *Holochilus venezuelae* Allen, 1904 (Rodentia: Cricetidae) en un cultivo de arroz. *Acta Científica Venezolana* 35: 162-163.
- Cartaya, E. y M. Aguilera. 1985. Estudio de la comunidad de roedores plaga del cultivo de arroz, *Acta Científica Venezolana* 36: 250-257.
- Chauhan, N. 2003. Observations of bamboo flowering and associated increases in rodent populations in the north-eastern region of India. In: Singleton, G., L. Hinds, C. Krebs y D. Spratt, eds. *Rats, Mice and People: Rodent Biology and Management*. ACIAR Monograph 96. Symposium 3. [Libro en línea]. Disponible en: [www.aciar.gov.au](http://www.aciar.gov.au). [2007, Marzo 23].
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura tropical). 2005. Morfología de la planta de arroz. Cali Colombia. [Transcripción en línea] [http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/morfologi\\_y Borrás a.htm](http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/morfologi_y_Borrás_a.htm), [ 2008. octubre 10].
- Chávez, H. 1993. Bases bioecológicas del control biológico y regulación de las poblaciones insectiles: Definiciones. Capítulo VI. En: *Anales del Curso y Foro Subregional Centroamericano y del Caribe de Control*



- Biológico de Plagas. León-Nicaragua, 18 de octubre al 5 de noviembre de 1993. p 15.
- Chitty, D. 1967. The natural selection of self-regulatory behavior in animal populations. *Proc. Ecol. Soc. Australia* 2: 51-78.
- Christian, J. and D. Davis. 1964. Endocrines, behavior and population. *Science* 146: 1550-1560.
- Cochran, W. y G. Cox. 1971. Diseños experimentales. Edit. Trillas. Mexico. 84 pp.
- Cockrum, E. 1947. Effectiveness of live traps versus snap traps. *Journal of Mammalogy*. 28: 186.
- Correa-Victoria, F. 2005. Conceptos básicos sobre el manejo integrado de enfermedades en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*). *Foro Arroceros Latinoamericano*. 11 (2): 20-26.
- Crespin, L. y M. Lima. 2006. Supervivencia adulta y dinámica poblacional del lauchón orejado *Phyllotis darwini* en Chile central. *Revista de Historia Natural* 79: 295-308.
- Cuong, L., H. Chie, L. Han, V. Duc and R. Singleton. 2003. Relationship between rodent damage and yield loss in rice in the Mekong Delta, Vietnam. In: Singleton, G., L. Hinds, C. Krebs y D. Spratt (eds). *Rats, Mice and People: Rodent Biology and Management*. ACIAR Monograph 96. Symposium 3. [Libro en línea]. Disponible en: [www.aciar.gov.au](http://www.aciar.gov.au). [2007. marzo 23].
- Davis, A., H. Leirs, R. Pech, Z. Zhang and N. Stenseth. 2004. On the benefit of predicting rodent outbreaks in agricultural Systems. *Crop Protection* 23:305-314.
- Dolbeer, R., N. Holler and D. Hawthorne. 1994. Identification and Assessment of Wildlife damage: An overview, (Lefebvre *et al.* (1978), Seubert (1984), Ferguson (1980), Clark y Young (1986), Turner (1969), Foster y Stubbendieck 1980 y Luce *et al.* 1981). In: *Prevention and Control of Wildlife Damage*. Editors, Scott E. Hygnstrom, Robert M. Timm, Gary E. Larson. 1994. University of Nebraska-Lincoln. 2 vols.
- Domínguez-Bello, M. and M. Robinson. 1991. Comparison of digestive adaptations in two neotropical cricetid rodents (*Holochilus venezuelae* and *Zygodontomys microtinus*). *Physiological Zoology* 64: 1542-1551.

- Douangboupha, B., K. Aplin and G. Singleton. 2003. Rodent outbreaks in the uplands of Laos: analysis of historical patterns and the identity of *nuu khii*. In: Singleton, G., L. Hinds, C. Krebs y D. Spratt (eds). *Rats, Mice and People: Rodent Biology and Management*. ACIAR Monograph 96. Symposium 3. [Libro en línea]. Disponible en: [www.aciar.gov.au](http://www.aciar.gov.au). [2007. marzo 23].
- Eiris, G. y G. Barreto. 2009. Home range of marsh rats, *Holochilus sciureus*, a rodent pest in rice fields of Venezuela. *Interciencia* 34 (6): 400- 405.
- Elías, D. y D. Valencia. 1973. Control de roedores en el cocotero. *ICA Informa* 6: 13-14.
- Elías, D. y D. Valencia. 1984. La agricultura latinoamericana y los vertebrados plaga. *Interciencia* 4 (4): 223- 229.
- Ehrlich, P. and L. Birch. 1967. The balance of Nature and population control. *American Naturalist* 101: 97-107.
- Engeman, R., L. Allen and G. Zerbe. 1998. Variance estimates for the Allen activity index. *Wildlife Research* 25: 643-648.
- Fall, M. 1976. Agricultural rodent control in Venezuela. Preliminary report. *Multig*. P. 15.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1998. Disponible en: <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/economic/ess/index.htm> [2005, octubre 20].
- Ferguson, W. 1980. Rodenticide use in apple orchards. *Proc. East. Pine and Meadow Vole Symp* 4: 2-8.
- Fernández, A., R. Guerrero, R. Lord, J. Ochoa y G. Ulloa. 1988. Mamíferos de Venezuela. Lista y claves para su identificación. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Museo del Instituto de Zoología Agrícola. 185 pp.
- Fiedler, L. 1988. Rodent pest problems and management in eastern Africa. *FAO. Plant Protection Bulletin* 36: 125-134.
- Franquet, J. y C. Borrás. 2004. Características morfofotográficas de la *Oryza sativa*, L. Universidad Internacional de Cataluña y la Asociación de Ingenieros Agrónomos de Cataluña. Eds. Economía del arroz: Variedades

- y Mejora. [Libro en línea, cap 3: 115-142]. En <http://www.eumed.net/libros/2006a/fbbp/2f.htm>. [2008, febrero 17].
- Fulhorst, C., M. Monroe, R. Salas, G. Duno, A. Utrera, T. Ksiazek, S. Nichol, C. Peters, N. de Manzione, D. Tovar y R. Tesh. 1997. Isolation, characterization y geografic distribution of Caño Delgadito, a newly discovered South American hantavirus. *Virus Research*. pp. 160-170.
- Fulk, G. and A. Khokhar. 1981. An investigation of rodent damage and yield reduction in rice. *Tropical Pest Management* 27: 116 - 120.
- García, S. 2002. Estudio de la comunidad de roedores asociada al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el estado Guárico. Trabajo Especial de Grado. Universidad Simón Bolívar. 91pp.
- Gallagher, K., P. Ooi, T. Mew, E. Borromeo and P. Kenmore. 2000. Integrated pest management in rice. *International Rice Commission Newsletter Bulletin de la Commission International du Riz* 51: 9- 24.
- Gliwicz, J. 1970. Relation between trappability and age of individuals in a population of the bank vole. *Acta Theriologica* 15: 15-23.
- González, L., R. Murúa and C. Jofré. 1989. The effects of seed availability on population density of *Oryzomys* in southern Chile. *Journal of Mammalogy* 70: 401-403.
- González, L., R. Murúa and C. Jofré. 2000. Habitat utilization of two murid species in relation to population outbreaks in southern temperate forests of Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 73 (3): 489-495.
- Goodnight, D. and E. Koestner. 1942. Comparison of trapping methods in an Illinois prairie. *Journal of Mammalogy* 23: 435-438.
- Grodziński, W., Z. Pucek and L. Ryszkowski. 1966. Estimation of rodent numbers by means of prebaiting and intensive removal. *Acta Theriologica* 10: 297:314.
- Gubista, K. 1999. Small mammals of the Ituri forests, Zaire: Diversity and abundance in ecologically distinct habitats. *Journal of Mammalogy* 80(1): 252 -262.

- Gurini, L. 1986. La rata colorada. En: J. Jackson, eds. Series Folletines Fauna Silvestre. Especies 5. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). San Luis, Argentina.
- Hernández-Betancourt, S., J. Cimé, S. Medina y M. González- Villanueva. 2008. Fluctuación poblacional de *Ototylomys pyillotis* Merriam, 1901 (RODENTIA: MURIDAE) en la selva mediana subcaducifolia del sur de Yucatán, Mexico. Acta Zoológica Mexicana 24 (2): 161-177.
- Hilje, L. 1992. Daño y combate de los roedores plaga en Costa Rica. Manejo integrado de plagas (Costa Rica) 23: 32-38.
- Hone, J. 1994. Analysis of vertebrate pest control. Cambridge University Press. New York. 258 pp.
- Honeycutt, R., L. Fabrotta and D. Rowe. 2007. Rodent evolution, Phylogenetics, and Biogeography. In: Wolff, J. and P. Sherman (eds). Rodent Societies. An Ecological and Evolutionary Perspective. The University of Chicago Press Chicago and London. Chapter 2: 8-23.
- Hoque, M., E. Benigno, F. Palis and J. Olvida. 1986. Rodent damage assessment in corn. Philippine Agriculturist 69: 317- 328.
- Hubert, B. and F. Adam. 1985. Outbreaks of *Mastomys erythroleucus* and *Taterillus gracilis* in the Sahelo-Sudanian zone in Senegal. Acta Zoologica Fennica 173: 113-117.
- Huber, O. y C. Alarcón. 1988. Mapa de Vegetación de Venezuela. Escala 1:2.000.000. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. División Vegetación. Caracas – Venezuela.
- IIA (Instituto de Investigaciones de arroz). 2000. Instructivo Técnico Cultivo de Arroz. Centro Nacional de Sanidad Vegetal. Ministerio de la Agricultura de Cuba. 80 pp.
- Islam, Z. and M. Hossain. 2003. Response of rice plants to rat damage at the reproductive phase. IRRN 28 (1): 45 – 46.
- Jaksic, F. and M. Lima. 2003. Myths and facts on ratadas: Bamboo blooms, rainfall deaks and rodent outbreaks in South America. Austral Ecology 28: 237-251.
- Jaksic, F. 2001. Ecological effects of El Niño terrestrial ecosystems of wertern South America. Oikos 78: 341-354.

- Jaksic, F., S. Silva, P. Meserve and J. Gutiérrez. 1997. A long-term study of vertebrate predator responses to an El Niño (ENSO) disturbance in western South America. *Oikos* 78 (341-354).
- Jackson, W. 1977. Evaluation of rodent depredation to crops and stored products *EPPO Bull* 7(2): 439-458.
- Janion, S. and T. Wierzbowska. 1970. Trappability of rodents depending on population density. *Acta Theriologica* 15: 199-207.
- Janssen, J. 1993. Soil nutrient availability in a primary outbreak area of the African armyworm, *Spodoptera exempta* (Lepidoptera, Noctuidae), in relation to drought intensity and outbreak development in Kenya. *Bulletin of Entomological Research* 83: 579-593.
- Krebs, C. 1963. Lemming cycle at Baker Lake, Canada, during 1959-1962. *Science* 146: 1559-1560.
- Krebs, Ch., X. Lambin and J. Wolff. 2007. Social behavior and self-regulation in Murid rodents. Wolff, J. and P. Sherman (eds). *Rodent Societies. An Ecological and Evolutionary Perspective*. The University of Chicago Press Chicago and London. Chapter 15:173-181.
- Lancia, R., J. Nichols and K. Pollock. 1994. Estimating the number of animals in wildlife populations. Pp. 215-253, En: Bookhout. T. ed. *Research and management techniques for wildlife and habitats*. The Wildlife Society, Bethesda.
- Larrauri, L. 1997. *Producción de Arroz en los Llanos Occidentales de Venezuela*. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora. Barinas. 246 pp.
- Lathiya, S., A. Khokhar and S. Ahmed. 2003. Population Dynamics of Soft-Furred field rat. *Millardia melitada*, in rice and wheat in Central Punjab, Pakistan. *Turk Journal of Zoology* 27:155-161.
- Lefebvre, L., C. Ingram and M. Yang. 1978. Assessment of rat damage to Florida sugarcane in 1975. *Proc. American Society Sugar Cane Tech.* 7:75-80.
- Leirs, H. 2003. Management of rodents in crops: The Pied Piper and his orchestra. In: Singleton, G., L. Hinds, C. Krebs y D. Spratt (eds). *Rats, Mice and People: Rodent Biology and Management*. ACIAR Monograph 96. Symposium 3. Disponible en: [www.aciar.gov.au](http://www.aciar.gov.au).

- Leirs, H., R. Verhagen and W. Verheyen. 1990. The use of rainfall patterns in predicting population densities of multimammate rats. *Mastomys natalensis*, *Vertebrate Pest Conference Proceedings collection*. Proceedings of the Fourteenth Vertebrate Pest Conference 1990.135-138.
- Leirs, H., R. Verhagen and W. Verheyen. 1994. The basis of reproductive seasonality in *Mastomys* rats (Rodentia: Muridae) in Tanzania. *Journal of Tropical Ecology* 10: 55-65.
- Leirs, H., R. Verhagen, W. Verheyen, P. Mwanjabe and T. Mbise. 1996. Forecasting rodent outbreaks in Africa: an ecological basis for *Mastomys* control in Tanzania. *Journal of Applied Ecology* 33:937-943.
- Lima, M., N. Stenseth and F. Jaksic. 2002. Population dynamics of a South American rodent: seasonal structure interacting with climate, density dependence and predator effects. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 269: 2579- 2586.
- Lima, M., P. Marquet and F. Jaksic. 1999a. El Niño events, precipitation patterns, and rodent outbreaks are statistically associated in semiarid Chile. *Ecography* 22: 213-218.
- Lima, M., J. Keymer and F. Jaksic. 1999b. ENSO-driven rainfall variability and delayed density dependence cause rodent outbreaks in western South America: linking demography and population dynamics. *American Naturalist* 153: 476-491.
- Linares, O. 1998. Mamíferos de Venezuela. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. 691 pp.
- López, J. 2000. Prueba de Bartlett. [Documento en línea]. Disponible en <http://jlopezco.topcities.com/bartlett.htm> [consulta: Julio, 2008].
- MacComb, W., R. Anthony and K. MacGarigal. 1991. Differential vulnerability of small mammals and amphibians to two trap types and two trap baits in Pacific Northwest Forests. *Northwest Science* 65 (3): 109-115.
- Martino, A. and M. Aguilera. 1993. Trophic relationships among four cricetid rodents in rice fields. *Revista Biológica Tropical* 41 (1): 131-141.
- Massawe, A., H. Leirs, W. Rwamugira and R. Makundi. 2003. Effect of land preparation methods on spatial distribution of rodents in crop fields. En: Singleton, G., L. Hinds, C. Krebs y D. Spratt (eds). *Rats, Mice and*

*People: Rodent Biology and Management*. ACIAR Monograph 96. Symposium 3. Disponible en: [www.aciar.gov.au](http://www.aciar.gov.au).

Massoia, E. 1974. Ataques graves de *Holochilus* y otros roedores a cultivos de caña de azúcar. IDIA 321-324: 15-25.

Mckelvey, K. and D. Pearson. 2001. Population estimation with sparse data: The role of stimators versus indices revisited. *Canadian Journal of Zoology* 79 (10): 1754 – 1765.

McManus, J. and D. Nellis. 1972. Relative efficiencies of four small mammal traps. *Journal of Mammalogy* 53 (4): 868-873.

Mengak, M. and D. Guynn. 1987. Pitfalls and snap traps for sampling small mammals and herpetofauna. *The American Midland Naturalist* 118: 284-288.

MAT (Ministerio de Agricultura y Tierra). 2004. Estadística sobre producción de arroz, Calabozo, Guárico. [Datos suministrados directamente del computador del Ministerio]. Unidad Estatal de Desarrollo Agrícola. División de Estadísticas.

MAT (Ministerio de Agricultura y Tierra). 2005-2007. Estadística sobre producción de arroz, Araure, Portuguesa. [Datos suministrados directamente del computador del Ministerio]. Unidad Estatal de Desarrollo Agrícola. División de Estadísticas.

Mitchell, G., F. Powe, M. Seiler and H. Mitchell. 1989. An annotated bibliography on rodent research in Latin America, 1960-1985. FAO Plant Production and Protection Paper N° 98. FAO. Rome. 363 pp.

Mohan, A. 2003. Rodent problems in India and strategies for their management. En: Singleton, G., L. Hinds, C. Krebs y D. Spratt (eds). *Rats, Mice and People: Rodent Biology and Management*. ACIAR Monograph 96. Symposium 3. Disponible en: [www.aciar.gov.au](http://www.aciar.gov.au).

Mulungu, L., R. Makundi and H. Leirs. 2003a. Robustness of techniques for estimating rat damage and yield loss in maize fields. En: Singleton, G., L. Hinds, C. Krebs y D. Spratt (eds). *Rats, Mice and People: Rodent Biology and Management*. ACIAR Monograph 96. Symposium 3. Disponible en: [www.aciar.gov.au](http://www.aciar.gov.au).

Mulungu, L., R. Makundi, H. Leirs, A. Massawe, S. Vibe-Petersen and N. Stenseth. 2003b. The rodent density- damage function in maize fields at an

- early growth state. En: Singleton, G., L. Hinds, C. Krebs y D. Spratt (eds). *Rats, Mice and People: Rodent Biology and Management*. ACIAR Monograph 96. Symposium 3. Disponible en: [www.aciar.gov.au](http://www.aciar.gov.au).
- Musser, G. and M. Carleton. 2005. Mammal Species of the World. pp 1118-1120. In: A Taxonomic and Geographic Reference. Third Edition. Volume 2. Edited by Don E. Wilson and Dee Ann M. Reeder .Baltimore, USA.
- Mwanjabe, P., F. Sirima and J. Lusingu. 2002. Crop losses due to outbreaks of *Mastomys natalensis* (Smith, 1834), Muridae, Rodentia, in the Lindi Region of Tanzania. *International Biodeterioration & Biodegradation* 49: 133-137.
- Nicolas, V. and M. Colyn. 2006. Relative efficiency of three types of small mammal traps in an African rainforest. *Belgica Journal of Zoology* 136 (1): 107-111.
- O'Connell, M. 1986. Population variability of Neotropical rodents: Influence of body size, habits, and food habits. *Revista Chilena de Historia Natural* 59: 169-178.
- Ojasti, J. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. F. Dallmeier (edt.). SIMAB Series N° 5. Smithsonian Institution /MAB Program. Washington, D.C. 290 pp.
- Olsen, O. 1981. The stimulating effect of a phytohormone, gibberellic acid on reproduction of *Mus musculus*. *Australian Wildlife Research* 8 : 321-325.
- Ottersen, G., B. Planque, A. Belgrano, E. Post, P. Reid and N. Stenseth. 2001. Ecological effects of the North Atlantic Oscillation. *Oecología* 128: 1-14.
- Padilla M., C. Chinchilla, E. Arias y I. Flores. 1995. Aves depredadoras diurnas y daño por ratas en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Honduras. *ASD Oil Palm Papers* 10: 1-12.
- Páez, O. y A. Ortiz. 1999. Morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. En: X Curso-Taller de producción económica de arroz bajo riego. Módulo 2.Fundarroz- Fonaiap-IUTEG-UCV, Maracay. 44 pp.
- Poché, R., Y. Mian, E. Haque and P. Sultana.1982. Rodent damage and burrowing characteristics in Bangladesh Wheat Fields. *Journal Wildlife Management* 46 (1): 139-147.
- Poleo, J. 1987. Informe de actividades 1987-1990. Estación experimental Guárico, FONAIAP- COCORPE. Calabozo, estado Guárico.



- Poleo, J. 1996. Control de ratas en el cultivo del arroz. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias del estado Guárico. 30 pp.
- Poleo, J. y N. Pérez. 1999. Aspectos bioecológicos de la rata arrocera. FONAIAP Divulga 62: 50-53.
- Poleo, J. y R. Mendoza. 2004. Actividad reproductiva de la rata arrocera (*Holochilus sciureus*) en siembras de arroz del Sistema de Riego Río Guárico, Calabozo estado Guárico. Investigación Agrícola 8: 2. Disponible en: URL: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen8/art3/index.html>
- Post, E. and N. Stenseth. 1999. Climate change, plant phenology and northern ungulates. Ecology 80: 1322-1339.
- Poulet, A. 1985. The ecological basis of forecasting rodent outbreaks in a Sahelian agrosystems. Acta Zoology Fennica 173: 107-111.
- Poulet, A. 1980. The 1975-76 rodent outbreak in a northern Senegal irrigated farmland. Biotrop Special Publication 12: 123-137.
- Pulver, E., L. Carmona, T. Rodríguez. 2005. Resultados del proyecto IRGA, FUNDARROZ, CFC-FLAR en Río Grande Do Sul, Brasil y Venezuela. Foro Arrocero Latinoamericano 11(1): 23-33.
- Rabinovich, J. 1980. Introducción a la ecología de las Poblaciones de animales. Centro de Ecología Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas – Venezuela. Consejo Nacional Para la Enseñanza de la Biología. Editorial Continental, S.A. Mexico, DF. 313 pp.
- Rabiu, S. and R. Rose. 2004. Crop damage and yield loss caused by two species of rodents in irrigated fields in northern Nigeria. International Journal of Pest Management 50 (4): 323-326.
- Ramía, M. 1978. Tipos de sabanas en los llanos de Venezuela. Boletín de la Sociedad de Venezuela de Ciencias Naturales 112: 264-288.
- Ramsey, D., M. Efford, S. Ball and G. Nugent. 2005. The evaluation of indices of animal abundance using spatial animal trapping. W.W.W.publish.csiro.au/journals/wr. Wildlife Research 32: 229-237.
- Ricklefs, R. 1973. Ecology. Ed. Chiron Press. University of Pennsylvania. Portland, Oregon. 861 pp.

- Rodríguez, J. 1993. Roedores Plaga: Un problema permanente en América Latina y el Caribe. Primera Consulta Latinoamericana sobre biología y control de roedores plaga. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 95 pp.
- Rodríguez, L. 2006. Informe técnico: Evaluación de la dinámica poblacional de los roedores plaga en los municipios Páez, Esteller, San Rafael de Onoto, Ospino y Araure del estado Portuguesa entre los meses de abril a diciembre 2006. Sección de Vertebrados plaga. Estación Experimental INIA-Araure. 15 pp.
- Rodríguez, M. 2006. Propuesta de un modelo de muestreo estratificado doble apoyado en el contraste de los modelos de diseño de experimentos clásicos y de muestreo aleatorio simple y estratificado aleatorio. Tesis Maestría. Universidad Central de Venezuela, Maracay. 254 pp.
- Salas, R., N. de Manzione, R. Tesh, R. Rico-Hesse, R. Shope, A. Betancourt, O. Godoy, R. Bruzual, R. Pacheco, R. Ramos, H. Taibo, J. Tamayo, E. Jaimes, C. Vásquez, F. Araoz y M. Querales. 1991. Venezuelan hemorrhagic fever. *Lancet* 338: 1033-1036.
- Saunders, G. and J. Giles. 1977. A relationship between plagues of house mice, *Mus musculus* (Rodentia: Muridae) and prolonged periods of dry weather in south-eastern Australia. *Australian Wildlife Research*. 4 (3): 241-247.
- Seubert, J. 1984. Research on nonpredatory mammal damage control by the U.S. Fish and Wildlife Service. In A. C. Dubbock, Editors. *Organization and practice of vertebrate pest control*. Imperial Chemical Industries PLC. Surrey, England. 553-571.
- Sheikher, C y S., Jain. 1997. Rodents in cauliflowers and cabbage: population, damage and control. *International Journal Pest Management* 43: 63-69.
- Siegel, S. y J. Castellan. 1998. *Estadística no paramétrica. Aplicada a las ciencias de la conducta*. Cuarta edición. Editorial Trillas. Mexico. 437 pp.
- Singleton, G., Sudarmaji, J. Jacob and C. Krebs. 2005. Integrate Management to reduce rodent damage to lowland rice crops in Indonesia. *Agriculture Ecosystems & Environment* 107: 75-82.
- Smith, M. and R. Blessing. 1969. Trap response and food availability. *Journal of Mammalogy* 50: 368-369.

- Smith, R. y T. Smith. 2001. Ecología. 4<sup>a</sup> Edición. Pearson Addison Wesley. Madrid. 642 pp.
- Sokal, R. and F. Rohlf. 1969. Biometry: Principal and practice of statistics in biological research. Pub: Freeman and Company. New York, USA. 859 pp.
- Steel, R. y J. Torrie. 1992. Bioestadística, Principios y Procedimientos. Edt. Graf América. México DF. 622 pp.
- Steinmann, A., C. Provensal y E. Castillo. 2007. Módulo IV. Métodos de censo de las poblaciones de roedores. En: Serie Enfermedades transmisibles. Dpto. de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto. Grupo de Investigación en Ecología de Poblaciones (GIEP). Instituto de enfermedades virales humanas y Fundación Mundo Sano. Disponible en: <http://www.mundosano.org/publicaciones>.
- Stener, R., C. Ramey, W. Edge, T. Manning, J. Wolff and K. Fagerstone. 1996. Efficacy of zinc phosphide baits to control voles in alfalfa – an enclosure study. *Crop Protection* 15 (8): 727-734.
- Stenseth, N., H. Leirs, A. Skonhøft, S. Davis, R. Pech, H. Andreassen, G. Singleton, M. Lima, R. Machangu, R. Makundi, Z. Zhang, P. Brown, D. Shi and X. Wan. 2003. Mice and rats: The dynamics and bioeconomics of agricultural rodents pest. *The Ecological Society of America*. [Revista en línea]. En <http://www.bio.puc.cl/caseb/casebpdf/Stenseth&al.2003.FEcol.pdf>. [2006, junio 12].
- Swink, F., J. Sumangil and J. Tolentino. 1974. A method of estimating rat damage to growing rice. In: *Proceedings of the Regional Seminar on Field Rat Control and Research*. Bureau of Plant Industry. Manila. 4-15 march. p. 3.
- Taylor, K. 1972. Rodent problems in tropical agriculture. *PANS*. 18: 81-88.
- Tesh, R., M. Wilson, R. Salas, N. de Manzione, D. Tovar, T. Ksiazek, Peters, C. 1993. Field studies on the epidemiology of venezuelan hemorrhagic fever: implication of the cotton rat *Sigmodon alstoni* as the probable rodent reservoir. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 49 (2): 227-235.
- Tobin, M., A. Koehler, R. Sugihara, G. Ueunten and A. Yamaguchi. 1993. Effects of trapping on rat populations and subsequent damage and yields of macadamia nuts. *Crop Protection* 12: 243-248.

- Tobin, M., A. Koehler, R. Sugihara, G. Ueunten and A. Yamaguchi. 1997. Effects of simulated rat damage on yields of macadamia trees. *Crop Protection* 16: 203-208.
- Tristiani, H., J. Priyono and O. Murakami. 1998. Seasonal changes in the population density and reproduction of the ricefield rat. *Rattus argentiventer* (Rodentia: Muridae), in West Java. *Mammalia* 62 (2): 227-239.
- Tristiani, H. and O. Murakami. 2003. Rates of population increase in the ricefield rat (*Rattus argentiventer*) as a function of food supply: an enclosure study in Jatisari, West Java. *Journal Zoology of London* 259: 239-244.
- Twigg, G. 1962. Notes on *Holochilus sciureus* in British Guiana. *Journal of Mammalogy* 43: 369-374.
- Twigg, G. 1965. Studies on *Holochilus sciureus berbicensis* a Cricetinae rodent from the coastal region of Bristish Guiana. *Proc. Zoology Society London* 145: 263-283.
- Utrera, A., G. Duno, B. Ellis, R. Salas, N. De Manzione, Ch. Fulhorst, R. Tesh and J. Mills. 2000. Small mammals in agricultural areas of the western llanos of Venezuela: community structure, habitat associations, and relative densities. *Journal of Mammalogy* 81: 536-548.
- Valencia, D. 1988. Aves y roedores plaga del cultivo de arroz. *El arroz colombiano*. 87-89.
- Vásquez, C., R. Salas, N. de Manzione, H. Paredes, L. Basile, V. Alarcón. 2005. Fiebres hemorrágicas por Hantavirus en Venezuela. *VITAE Academia Biomédica Digital* 23. <http://caibco.ucv.ve>.
- Vieira, M., C. Grelle and R. Gentile. 2004. Differential trappability of small mammals in three habitats of southeastern Brazil. *Brazil Journal of Biology* 64 (4): 895-900.
- Villafaña, F., M. Silva, J. Ruiz, L. Sánchez y A. Campos. 1999. Evaluación del impacto del biorrodenticida Biorat en poblaciones de roedores establecidos en varios cultivos en la Republica de Costa Rica. *Revista Cubana Médica Tropical* 51(3): 185-188.
- Walker, R., A. Navarro and J. Nichols. 2000. Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. *Mastozoología Neotropical / Journal Neotropical of Mammalogy* 7 (2): 73-80.

- Weihong, J., C. Veitch and J. Craig. 1999. An evaluation of the efficiency of rodent trapping methods: The effect of trap, arrangement, cover type and bait. *New Zealand Journal of Ecology* 23 (1): 45-5.
- Williams, D. and S. Braun. 1983. Comparison of pitfalls and conventional traps for sampling small mammal populations. *Journal of Wildlife Management* 47: 841-845.
- Wiens, J. 1976. Populations responses to patchy environments. *Annual Review of Ecology and Systematics* 7: 81-120.
- Windberg, L. 1998. Population Trends and Habitat Associations of Rodents in Southern Texas. *The American Midland Naturalist* 140: 153-160.
- Witmer, G., R. Sayler, D. Huggins and J. Capelli. 2007. Ecology and management of rodents in no-till agriculture in Washington, USA. *Integrative Zoology* 2: 154-164.
- Wolff, J. 1996. Population fluctuations of mast-eating rodents are correlated with production of acorns. *Journal of Mammalogy* 77: 850-856.
- Wood, B. 1994. Rodents in Agriculture and Forestry. En: A. Buckle y R. Smith. Editors. *Rodent Pests and Their Control*, New York. pp 45-83.
- Wood, B. and Liao, S. 1984. A long-term study of *Rattus tiomanicus* populations in an oil palm plantation in Johore, Malaysia. *Journal of applied Ecology* 21: 465-472.
- Woodman, N., R. Timm, N. Slade and T. Doonan. 1996. Comparison of traps and baits for censusing small mammals in neotropical lowlands. *Journal of Mammalogy* 77(1): 274-281.
- Wynne-Edwards, V. 1962. *Animal dispersion in relation to social behavior*. Edinburgh: Oliver and Boyd.
- Yahner, R. 1982. Microhabitat use by small mammals in farmstead shelterbelts. *Journal of Mammalogy* 63 (3): 440-445.
- Zhang, Z., A. Chen, Z. Ning and X. Huang. 1999. Rodent pest management in agricultural ecosystems. In: Singleton, G., L. Hinds, H. Leirs y Z. Zhibin (eds). *Ecologically-based Management of Rodent Pest*. ACIAR Monograph 59. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research. pp 261- 284.

Zhang, Z. 2001. Relationship between El Niño/South Oscillation (ENSO) and population outbreaks of some lemmings and voles in Europe. *Chinese Science Bulletin* 46 (13): 1067-1073.

Zhang, W. and Z. Wang. 1998. ENSO and biological disasters. *Chinese Science Bulletin* 13 (1): 34.

## 8. ANEXOS

**Anexo 1.** Cronograma de actividades de la unidad de producción.

Ciclo de siembra	Variedad	Densidad de siembra	Sistema de siembra	Prácticas agrícolas	Rendimiento En toda la unidad (kg/ha)
Sequía 2006-2007	Fedearroz-50 Semilla no tratada	140 kg/ha	Preparación de suelo a barro batido y siembra al voleo con avión. Semilla pre germinada.	1 <sup>er</sup> control de malezas. Abono 1 <sup>er</sup> reabono Aplicación de herbicida(de rescate) mas insecticida 2 <sup>do</sup> reabono 3 <sup>er</sup> reabono Aplicación de raticida (cada 10 días) Aplicación de insecticida contra el enrollador Limpieza de muros (cada 30-45 días) Aplicación de protección de la panícula	7580
Lluvia 2007	D-Oryza Semilla tratada	154 kg/ha		1 <sup>er</sup> control de malezas. Abono 1 <sup>er</sup> reabono Aplicación de herbicida mas insecticida 2 <sup>do</sup> reabono 3 <sup>er</sup> reabono Aplicación de raticida (cada 20 días) Limpieza de muros (cada 20 días) 1 <sup>er</sup> y 2 <sup>da</sup> aplicación de protección de la panícula	5660
Sequía 2007-2008	D-Sativa Semilla tratada	135 kg/ha		1 <sup>er</sup> control de malezas. Abono 1 <sup>er</sup> reabono Aplicación de herbicida mas insecticida 2 <sup>do</sup> reabono 3 <sup>er</sup> reabono Aplicación de raticida (cada 10 días) Limpieza de muros (cada 30-45 días) Aplicación de protección de la panícula	7130

**Anexo 2.** Pruebas del cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza. Datos originales y transformados para la variable abundancia de *H. sciureus* en función de las etapas de desarrollo del cultivo, ciclo de sequía 2006-2007.

Variable	Normalidad <sup>(2)</sup>		Homg. varianza <sup>(3)</sup>		CV %
	W	Prob.	$\chi^2$	Prob.	
IAR (%)	0,9375	0,3200 <sup>ns</sup>	21,1	0,0000 <sup>***</sup>	80,86
IAR (%) <sup>(1)</sup>	0,9168	0,1497 <sup>ns</sup>	2,34	0,3108 <sup>ns</sup>	47,60

CV: Coeficiente de variación <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (p < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001) <sup>(1)</sup> Observaciones transformadas (Arcsen (( $\gamma$ )<sup>1/2</sup>)) <sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales <sup>(3)</sup> Prueba de homogeneidad de varianza de Bartlett ( $\chi^2$ ) de los residuales.

**Anexo 3.** Análisis de la varianza completamente al azar para la variable abundancia de *H. sciureus* en función de las etapas de desarrollo del cultivo, ciclo de sequía 2006-2007.

Cuadrados medios		
Fuentes de variación	gl	IAR (%) <sup>(1)</sup>
Etapas de desarrollo error	2	0,08036
	13	0,00422
P		0,0001 <sup>***</sup>
CV (%)		47,60

(1) Observaciones transformadas (Arcsen (( $\gamma$ )<sup>1/2</sup>)) CV: Coeficiente de variación <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 4.** Pruebas del cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza. Datos originales y transformados para la variable de abundancia de *H. sciureus* en función de las etapas de desarrollo del cultivo, ciclo de lluvia 2007.

Variable	Normalidad <sup>(2)</sup>		Homg. varianza <sup>(3)</sup>		CV (%)
	W	Prob	$\chi^2$	Prob.	
IAR (%)	0,9616	0,548 7 <sup>ns</sup>	17,9	0,0001 <sup>***</sup>	60,96
IAR (%) <sup>(1)</sup>	0,9862	0,985 8 <sup>ns</sup>	5,54	0,0627 <sup>ns</sup>	42,44

CV: Coeficiente de variación <sup>(1)</sup> Observaciones transformadas (Arcsen (( $\gamma$ )<sup>1/2</sup>)) <sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales <sup>(3)</sup> Prueba de homogeneidad de varianza de Bartlett ( $\chi^2$ ) de los residuales <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)



**Anexo 5.** Análisis de la varianza completamente al azar para la variable abundancia de *H. sciureus* en función de las etapas de desarrollo del cultivo, ciclo de lluvia 2007.

Cuadrados medios		
Fuentes de variación	gl	IAR (%) <sup>(1)</sup>
Etapas de desarrollo	2	0,15011
error	18	0,00534
P		0,0000 ***
CV %		42,44

CV: Coeficiente de variación <sup>(1)</sup> Observaciones transformadas (Arcsen (( $\gamma$ )<sup>1/2</sup>)) <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 6.** Pruebas del cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza. Datos originales y transformados para las variables abundancia y daño de *H. sciureus* en función de las etapas de desarrollo del cultivo, ciclo de sequía 2007-2008.

Variable	Normalidad <sup>(2)</sup>		Homg. varianza <sup>(3)</sup>		CV % (modelo)
	W	Prob.	$\chi^2$	Prob.	
IAR (%)	0,9295	0,1899 <sup>ns</sup>	4,77	0,0920 <sup>ns</sup>	60,48
IAR (%) <sup>(1)</sup>	0,9239	0,1514 <sup>ns</sup>	1,84	0,3980 <sup>ns</sup>	30,02
Área dañada (m <sup>2</sup> )	0,8699	0,0177 *	15,80	0,0004 ***	86,01

CV: Coeficiente de variación <sup>(1)</sup> Observaciones transformadas (Arcsen (( $\gamma$ )<sup>1/2</sup>)) <sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks - Shapiro (W) para los residuales <sup>(3)</sup> Prueba de homogeneidad de varianza de Bartlett ( $\chi^2$ ) de los residuales. <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001).

**Anexo 7.** Análisis de la varianza completamente al azar para la variable abundancia de *H. sciureus* en función de las etapas de desarrollo del cultivo, ciclo de sequía 2007-2008.

Cuadrados medios		
Fuentes de variación	gl	IAR (%) <sup>(1)</sup>
Etapas de desarrollo	2	0,01719
error	15	0,00404
P		0,0344 *
CV%		30,02

CV: Coeficiente de variación <sup>(1)</sup> Observaciones transformadas (Arcsen (( $\gamma$ )<sup>1/2</sup>)) <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 8.** Supuestos para la ecuación de regresión de la variable abundancia de *H. sciureus* en función de los días después de la siembra (20-116 dds), ciclo de sequía 2006-2007.

Variable	$r^2$ <sup>(1)</sup>	F	Normalidad <sup>(2)</sup>		DW <sup>(3)</sup>
			KW	P(W)	
IAR (%) <sup>(4)</sup>	0,7282	37,50 ***	0,9196	0,1664 <sup>ns</sup>	2,0551

<sup>(1)</sup> Coeficiente de determinación <sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales <sup>(3)</sup> Prueba de Durbin Watson <sup>(4)</sup> Observaciones transformadas Log( $\gamma+1$ ) <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 9.** Supuestos y prueba de F para la ecuación de regresión de la variable abundancia de *H. sciureus* en función de los días después de la siembra (28-126 dds), ciclo de lluvia 2007.

Variable	$r^2$ <sup>(1)</sup>	F	Normalidad <sup>(2)</sup>		DW <sup>(3)</sup>
			KW	P(W)	
IAR (%)	0,6915	42,59 ***	0,9121	0,0603 <sup>ns</sup>	1,8211

<sup>(1)</sup> Coeficiente de determinación <sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales <sup>(3)</sup> Prueba de Durbin Watson <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 10.** Pruebas del cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza para la variable abundancia de *H. sciureus* en función de los días después de la siembra (70-126 dds), ciclo de lluvia 2007.

Variable	Normalidad <sup>(1)</sup>		Homog. varianza <sup>(2)</sup>		CV %
	W	Prob.	$\chi^2$	Prob.	
IAR (%)	0,8859	0,0581 <sup>ns</sup>	6,00	0,1988 <sup>ns</sup>	48,57

CV: Coeficiente de variación <sup>(1)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales <sup>(2)</sup> Prueba de homogeneidad de la varianza de Bartlett ( $\chi^2$ ) de los residuales <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 11.** Análisis de la varianza completamente al azar para la variable abundancia de *H. sciureus* en función de los días después de la siembra (70-126 dds), ciclo de lluvia 2007.

Fuentes de variación	gl	Cuadrados medios IAR (%)
Días después de la siembra (dds)	4	44,8319
error	10	10,0695
P		0,0253 *
CV %		48,57

CV: Coeficiente de variación <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 12.** Pruebas del cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza. Datos originales y transformados para las variables abundancia y daño de *H. sciureus* en función de los días después de la siembra (39-109 dds), ciclo de sequía 2007-2008.

Variable	Normalidad <sup>(2)</sup>		Homg. varianza <sup>(3)</sup>		CV % (modelo)
	W	Prob.	$\chi^2$	Prob.	
IAR (%)	0,8988	0,0547 <sup>ns</sup>	13,2	0,0220 *	44,07
IAR (%) <sup>(1)</sup>	0,9517	0,4531 <sup>ns</sup>	7,97	0,1581 <sup>ns</sup>	20,11
Área dañada (m <sup>2</sup> )	0,9671	0,7416 <sup>ns</sup>	8,76	0,1189 <sup>ns</sup>	17,44

CV: Coeficiente de variación <sup>(1)</sup> Observaciones transformadas (Arcsen (( $\gamma$ )<sup>1/2</sup>)) <sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales <sup>(3)</sup> Prueba de homogeneidad de varianza de Bartlett ( $\chi^2$ ) de los residuales <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 13.** Análisis de la varianza completamente al azar para las variables abundancia y daño de *H. sciureus* en función de los días después de la siembra (39-109 dds), ciclo de sequía 2007-2008.

Fuentes de variación	gl	Cuadrados medios	
		IAR (%) <sup>(1)</sup>	Superficie dañada (m <sup>2</sup> )
Días después de la siembra (dds)	5	0,0147	0,04849
error	12	0,0018	0,00030
P		0,0015 **	0,0000 ***
CV (%)		20,11	17,44

CV: Coeficiente de variación <sup>(1)</sup> Observaciones transformadas (Arcsen (( $\gamma$ )<sup>1/2</sup>))  
 ns (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 14.** Supuestos y prueba de F para las ecuaciones de regresión de las variables abundancia y daño de *H. sciureus* en función de los días después de la siembra (25-109 dds), ciclo de sequía 2007-2008.

Variable	r <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	F	Normalidad <sup>(2)</sup>		DW <sup>(3)</sup>
			KW	P(W)	
IAR (%) <sup>(4)</sup>	0,8206	18,30 ***	0,9727	0,7923 ns	2,1911
Superficie dañada (m <sup>2</sup> )	0,9468	71,17 ***	0,9562	0,4431 ns	1,4307

<sup>(1)</sup> Coeficiente de determinación <sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales  
<sup>(3)</sup> Prueba de Durbin Watson <sup>(4)</sup> Observaciones transformadas (Arcsen (( $\gamma$ )<sup>1/2</sup>)) ns (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 15.** Pruebas del cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza para la variable daño en función de los días después de la siembra (98-126 dds), ciclo de lluvia 2007.

Variable	Normalidad <sup>(1)</sup>		Homg. varianza <sup>(2)</sup>		CV (%)
	W	Prob.	$\chi^2$	Prob.	
Superficie dañada (m <sup>2</sup> )	0,9018	0,2627 ns	3,78	0,1512 ns	14,92

CV: Coeficiente de variación <sup>(1)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales <sup>(2)</sup> Prueba de homogeneidad de varianza de Bartlett ( $\chi^2$ ) de los residuales ns (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 16.** Análisis de la varianza completamente al azar para la variable daño de *H. sciureus* en función de los días después de la siembra (98-126 dds), ciclo de lluvia 2007.

Cuadrados medios		
Fuentes de variación	gl	Superficie dañada (m <sup>2</sup> )
días después de la siembra (dds)	2	4,1557
error	6	0,0756
P		0,0001 ***
CV %		14,92

CV: Coeficiente de variación <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 17.** Análisis de la varianza de Kruskal-Wallis para el daño de *H. sciureus* en función de las etapas de desarrollo del cultivo, ciclo de sequía 2007-2008.

Cuadrados medios		
Fuentes de variación	gl	Superficie dañada (m <sup>2</sup> )
Etapas de desarrollo	2	117,472
error	15	16,470
P		0,0067 **
K-W		8,2864
P ( $\chi^2$ )		0,0159 *

<sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 18.** Supuestos y prueba de F para la ecuación de regresión de la variable daño en función de los días después de la siembra (98-126 dds), ciclo de lluvia 2007.

Variable	r <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	F	Normalidad <sup>(2)</sup>		DW <sup>(3)</sup>
			KW	P(W)	
Área dañada (m <sup>2</sup> )	0,9482	54,95 ***	0,9018	0,2627 <sup>ns</sup>	2,0011

<sup>(1)</sup> Coeficiente de determinación

<sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales

<sup>(3)</sup> Prueba de Durbin Watson

<sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 19** Supuestos para la ecuación de regresión lineal múltiple de la abundancia de *H. sciureus* en función de la altura del cultivo y lámina de riego, ciclo de sequía 2006-2007.

Variable	$r^2$ <sup>(1)</sup>	F	Normalidad <sup>(2)</sup>		DW <sup>(3)</sup>
			KW	P(W)	
IAR (%)	0,8471	36,01 ***	0,9422	0,3772 <sup>ns</sup>	1,5349

<sup>(1)</sup> Coeficiente de determinación <sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales <sup>(3)</sup> Prueba de Durbin Watson <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 20.** Supuestos para la ecuación de regresión lineal múltiple de la abundancia de *H. sciureus* en función de la altura del cultivo y lámina de riego durante el período de 28 a 126 dds, ciclo de lluvia 2007.

Variable	$R^2$ <sup>(1)</sup>	F	Normalidad <sup>(2)</sup>		DW <sup>(3)</sup>
			KW	P(W)	
IAR (%)	0,6123	14,21 ***	0,9203	0,0881 <sup>ns</sup>	1,8200

<sup>(1)</sup> Coeficiente de determinación <sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales <sup>(3)</sup> Prueba de Durbin Watson <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)

**Anexo 21.** Supuestos y prueba de F para la ecuación de regresión lineal múltiple del área dañada por *H. sciureus* en función de la altura del cultivo, lámina de riego y la abundancia, en el ciclo de sequía 2007-2008.

Variable	$R^2$ <sup>(1)</sup>	F	Normalidad <sup>(2)</sup>		DW <sup>(3)</sup>
			KW	P(W)	
Área dañada (m <sup>2</sup> )	0,8014	18,83 ***	0,9577	0,5579 <sup>ns</sup>	1,6229

<sup>(1)</sup> Coeficiente de determinación <sup>(2)</sup> Prueba de Normalidad de Wilks – Shapiro (W) para los residuales <sup>(3)</sup> Prueba de Durbin Watson <sup>ns</sup> (P > 0,05); \* (P < 0,05); \*\* (P < 0,01), \*\*\* (P < 0,001)