Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis Doctoral

Efectos de cambios en el uso de la tierra sobre ensambles de roedores en agroecosistemas pampeanos

Fraschina, Jimena

2011

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:
Fraschina, Jimena. (2011). Efectos de cambios en el uso de la tierra sobre ensambles de roedores en agroecosistemas pampeanos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:
Fraschina, Jimena. "Efectos de cambios en el uso de la tierra sobre ensambles de roedores en agroecosistemas pampeanos". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2011.

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

EFECTOS DE CAMBIOS EN EL USO DE LA TIERRA SOBRE ENSAMBLES DE ROEDORES EN AGROECOSISTEMAS PAMPEANOS.

Tesis presentada para optar al título de Doctora de la Universidad de Buenos Aires en el área Ciencias Biológicas.

POR
Jimena Fraschina

DIRECTORA
María Busch

Consejera de Estudios: Dra. María Busch

Lugar de Trabajo: Grupo de Ecología de Poblaciones.
Departamento de Ecología, Genética y Evolución.
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
Universidad de Buenos Aires.
Pabellón II Ciudad Universitaria

Buenos Aires, 2011

A Juana porque tu risa es
mi guía y tu felicidad mi meta.

A Gonzalo porque tu amor
y alegría hacen que mi vida sea
mucho más linda.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora María Busch, ya que fue quien me enseñó a trabajar tanto en el campo como en el laboratorio, habiéndome inciciado en la investigación. Por haberme dado la oportunidad de trabajar con ella, por su gran generosidad a la hora de enseñar y por transmitirme todo el amor y la pasión por este trabajo. Por que desde que inicié este largo camino en el año 2004 siempre me acompañó en todos los momentos que viví tanto profesional como personalmente.- Gracias por haber confiado en mí para realizar este doctorado, por toda la ayuda recibida, y por todas las demás enseñanzas que no necesariamente pertenecen al ámbito académico. Gracias!!

A Vanina León, Soledad Fernández, Emiliano Muschetto y Santiago Guidobono, por que fueron los que hicieron el último de los muestreos, que yo no pude hacer por el embarazo.

A Vanina León, Soledad Fernández, Santiago Guidobono y María Busch por haberme acompañado en varios de los muestreos con muy buena onda y muchísima predisposición. Sin toda su ayuda no hubiese podido hacer todos los muestreos. Gracias también por haber hecho que todos los momentos en el campo tengan un recuerdo y una anécdota divertida.

A los dueños y encargados de los campos y granjas de Diego Gaynor, La Lata, Solis y Puerto Chenaut, por haberme permitido muestrear en ellos y por haberme tratado siempre muy amablemente. Gracias a toda la gente del lugar y especialmente a Carlitos y su familia y a Patricia que siempre me recibieron con una sonrisa y porque siempre que los necesité estuvieron.

A Regino Cavia, María Busch, Karina Hodara, David Bilenca, Olga Suarez, Alejandro Cittadino, Paula Courtalón, Stella Maris Bonaventura y Vanina león por haberme proporcionado los datos de sus muestreos de roedores correspondientes a los años 1985 – 2005.

A Soledad Fernandez y Gerardo Cueto por aclararme dudas acerca de los análisis estadísticos.

A CONICET por haberme otorgado la beca Doctoral.

A todos mis amigos y compañeros de los laboratorios 63, 104 y 106, Lorena Pérez Carusi, Emiliano Muchetto, Santiago Guidobono, Soledad Fernandez, Vanina León, Mariela Miño, Juliana Rojas Herrera, Isabel Gómez Villafañe, Victoria Vadell, PanchoGarcia Erize, Regino Cavia, Rosario Lovera, Gerardo Cueto, Carolina masa, Olga Suarez, David Bilenca, Carlos González Fischer, Mariano Codesido, Diego Hancke, Nora Burroni y María Busch, gracias por todos los momentos compartidos, por todas las charlas, por haber estado siempre que los necesité y por toda la ayuda que siempre me brindaron. Gracias por hacer que sea un placer ir a trabajar.-

A Regino Cavia por todas las horas que estuvo enseñándome a trabajar con imágenes satelitales, porque siempre que necesité algo estuvo a mi lado.

Gracias Vani por ser mi amiga y compañera. Por todo el aguante y la paciencia. Por todas las charlas. Por ser mi compañera de escritorio en el pasillo y ahora en la ventana, por todos los días vividos en gaynor y en el labo, sin tu inmensa ayuda no hubiese podido hacer la tesis. Gracias!

Gracias Sole por ser mi amiga y compañera, por todos los momentos que pasamos juntas en la facu y en gaynor. Gracias por haberme dejado participar de tu proyecto en Misiones, ahí fue que empezó nuestra amistad, conocí gente muy linda y viví momentos que nunca voy a olvidar. Gracias por las horas que estuviste al lado mío pensando en análisis estadísticos y enseñándome a usar el infostat (alto programa). Gracias!

A Mati Acevedo, Juli Molinas, Vero Viau, Juli Goenaga y Eva Aristegui, por ser mis amigas fuera del labo y por compartir más que sólo charlas en el pasillo de la Facu.

A las maestras Andrea, Jesica, Helena, Belén y Natalia del jardín de infantes *"Mi Pequeña Ciudad"de Ciudad Universitaria por recibir a Juana todos los días con tanto amor, por* cuidarla y jugar con ella todo el día. Gracias por haber hecho mucho más fácil la vuelta al trabajo. Sin ustedes no hubiese podido terminar la tesis.

A mis abuelas por su infinito amor.

A mis hermanos Jeronimo y Sofia por estar siempre al lado mío.

A Gonzalo y a Juana por todo su amor, paciencia y compañía, por toda la alegría que me brindan día a día, por que hacen que la vida sea mucho más linda.

Finalmente quiero agradecer muy especialmente a mis padres, porque siempre me incentivaron a estudiar y a trabajar en lo que realmente me gusta. Porque me acompañaron durante toda la carrera y doctorado. Por haberme escuchado siempre con paciencia mientras que estudiaba y haberse interesado por las cosas que a mí me gustan. Gracias por el apoyo cotidiano y por estar siempre al lado mío!!

ÍNDICE

Resumen…….....1

Abstract…….....3

Capítulo I

Introducción General……...4

Capítulo II

Área de estudio…….....12

Capítulo III – Variaciones en la abundancia de las especies de roedores y su relación con cambios ambientales.

III.1- Introducción…..……...……19

III.2- Materiales y Métodos…..……...……..25

III.2.1- Datos de Roedores y de Variables Ambientales……...……25

III.2.2- Análisis de Datos……..28

III.2.2.a. Roedores…….....28

III.2.2.b. Variables ambientales…….....29

III.2.2.c. Roedores y variables ambientales……..29

III.2.2.d. Vegetación y usos de la tierra…….....29

III.2.2.e. Roedores y usos de la tierra…….....30

III.3- Resultados……...……...……..30

III.3.1- Roedores……...30

III.3. 2- Variables ambientales……..33

III.3.3- Roedores y variables ambientales…….....34

III.3.4- Vegetación y usos de la tierra…….……..39

III.3.5. Roedores y cambios en el uso de la tierra…….....42

III.4- Discusión……..……...44

III.5- Apéndice 1…….……..50

Capítulo IV – Caracterización actual de los ambientes del área y comparación de las comunidades de roedores.

IV.1- Introducción……...……...……...52

IV.2- Objetivo…...……...…….56

IV. 3- Materiales y Métodos…….....57

IV. 3.1- Descripción de los ambientes……..57

IV. 3.2- Muestreo de roedores……...57

IV. 3.3- Análisis de datos…….....59

IV. 4- Resultados……...62

IV.4.1. Representación de los distintos ambientes en el área……...62

IV.4.2. Diversidad y composición específica de las comunidades de roedores de los distintos ambientes definidos…….....66

IV.4.4. Distribución de las especies entre ambientes y épocas del año…….....79

IV.4.4 a. Frecuencias de captura por sitio…….....79

IV.4.4 b. Abundancia por sitio……..81

IV.4.4 c. Contribución de los ambientes a la abundancia total de las especies considerando todos los períodos del año en conjunto y sin tener en cuenta el área relativa ocupada por cada ambiente……86

IV.4.4 d. Contribución de los ambientes a la abundancia total de las especies considerando todos los períodos del año en conjunto y teniendo en cuenta el área relativa de cada ambiente……87

IV.4.4 e. Abundancia relativa de las especies de roedores a escala de paisaje…….88

IV.4.5. Cambios en la composición de especies a escala regional bajo distintos escenarios de cambios en el uso de la tierra……...89

IV.5- Discusión……..……91

Capítulo V

Discusión y Conclusiones Generales……95

Bibliografía……102

EFECTOS DE CAMBIOS EN EL USO DE LA TIERRA SOBRE ENSAMBLES DE ROEDORES EN AGROECOSISTEMAS PAMPEANOS.

RESUMEN: El objetivo general de esta tesis fue analizar el efecto del uso de la tierra y de variables climáticas sobre las comunidades de roedores en un agroecosistema pampeano a distintas escalas temporales y espaciales. Para ello se realizaron muestreos estacionales de roedores durante 2006-2008 en los distintos ambientes presentes en el área de estudio y se analizaron datos de abundancia de roedores y de variables climáticas desde 1984 hasta 2008. También se compararon las abundancias de roedores y características de la vegetación entre los periodos anterior y posterior a la expansión de la soja. Las fluctuaciones en las abundancias de roedores estuvieron relacionadas con la precipitación, pero la tendencia a la disminución observada en .Calomys laucha y Calomys musculinus fue mejor explicada por cambios en el uso de la tierra que por las variables climáticas. Excepto las granjas avícolas, que serían las principales responsables del mantenimiento de M. musculus en el área, el resto de los ambientes estudiados presentaron composición similar de especies, aunque con abundancia variable. Los terraplenes de vía, los arroyos y los bordes de pastizal y cultivo, jugarían un papel importante en el mantenimiento de O. flavescens y O. rufus, y en gran medida de A. azarae, aunque esta última también hace uso de los campos de cultivo. A una escala de paisaje, los campos de cultivo son el ambiente que más aporta a la abundancia total de roedores ya que si bien no presentan una alta densidad, ocupan más del 88% del área total.

Palabras claves: Abundancia de Roedores, Uso de la Tierra, Variables Climáticas, Escalas Temporales y Espaciales, Agroecosistema Pampeano.

EFFECTS OF LAND USE CHANGES ON RODENT COMMUNITIES IN PAMPEAN AGROECOSYSTEMS.

ABSTRACT: The goal of this work was to assess the effect of land use and environmental variables on rodent communities of pampean agroecosystems. We conducted rodent samplings during 2006-2008 in different habitats of the Exaltación de la Cruz Department, Buenos Aires Province, Argentina. We also analyzed rodent abundance and climatic data from a time series for the period 1984 to 2008 in order to assess if there were trends of change in rodents or climatic variables, and we compared rodent abundance and vegetation data between the years after and before the expansion of the soybean.. Fluctuations in rodent abundance were related to precipitation, but the trend to decrease observed in Calomys laucha and Calomys musculinus was better explained by land use changes than by climatic variables. Poultry farms were the more distinct habitat with regard rodent species, and the presence of Mus musculus was fully dependent on this habitat. The other habitats presented similar species composition but with variable abundance. Borders of cropfields, grasslands, and streams, and railway terraces were fundamental for maintaining Oligoryzomys flavescens and Oxymycterus rufus populations, and in less degree Akodon azarae, because this species may also use the cropfields. Although rodent abundance is low in cropfields, at a landscape level this habitat has the highest contribution to abundance, because it occuppies more than 88 % of the total area.

Key words: Rodent Abundance, Land Use, Climatic Variables, Spatial and Temporal Scales, Pampean Agroecosystems.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

Durante los últimos 20 años se han producido grandes cambios en la biodiversidad a escala global, principalmente debido a cambios en el uso de la tierra, al cambio climático y en la composición de la atmósfera, al incremento en la disponibilidad de nutrientes y las invasiones de especies no nativas (Sala et al. 2000).

Los cambios en el uso de la tierra interactúan en forma compleja y en algunos casos sinérgicamente con otros factores como las invasiones biológicas, la incidencia de pestes y enfermedades y el cambio climático (Sala et al. 2000). Uno de los principales cambios son las actividades agrícolas, que generan impactos en cascada y modifican los flujos de energía y materiales, la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales y el suministro de bienes y servicios, que afectan el bienestar humano (Ehrlich y Ehrlich 1992, Vitousek 1994, Foley et al. 2005).

En ecosistemas templados, la diversidad se ve afectada por un avance de la urbanización y de las tierras destinadas al cultivo sobre los sistemas naturales, especialmente en países en vías de desarrollo (Tilman et al. 2001, Ramankutty et al. 2002). Una de las principales consecuencias del incremento de las áreas dedicadas a la agricultura y a la urbanización es la desaparición o fragmentación de hábitats, que generalmente producen cambios en la composición, estructura y funcionamiento de las comunidades y de los paisajes (McGarigal y McComb 1995).

En Latinoamérica, la creciente influencia del hombre sobre los sistemas naturales ha ocasionado en los últimos años una reducción de hábitats disponibles por la expansión agrícola y el manejo forestal, lo que sería uno de los factores determinantes de la pérdida de la diversidad por extinción de especies (Matteucci et al. 1999).

Sin embargo, en algunos sistemas la actividad humana ha producido un aumento de la diversidad, ya sea debido a un aumento de la heterogeneidad de hábitats, por cambiar la relación entre elementos del paisaje, por eliminar competidores, por la disminución de depredadores, o directamente por la introducción de especies. Aunque a una escala regional la agricultura puede generar una mayor uniformidad, a una escala local puede aumentar la heterogeneidad por inclusión de áreas habitadas y campos dedicados a la agricultura y ganadería (Crespo 1966, Matteucci et al. 1999). Este aumento en la heterogeneidad a escala local lleva aparejada una fragmentación de los hábitats originales y ocasiona cambios en la calidad y cantidad de parches que pueden ser utilizados por los organismos, así como en la configuración espacial del ambiente.

Las especies perciben de distinta manera la heterogeneidad y dinámica del paisaje, dependiendo de sus requerimientos y capacidad de dispersión (Alard y Poudevigne 2002). Si bien la tendencia general observada a lo largo del tiempo es una disminución en la diversidad o en la abundancia de algunas especies en los ambientes fragmentados, algunas especies pueden incrementar su densidad poblacional, ya sea por la aparición de nuevas oportunidades de nicho, o por la disminución de depredadores y controles naturales (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

Dado que la abundancia de las distintas especies en cada parche de hábitat no sólo depende de las características de éste, sino también de la presencia de otros parches y de los movimientos de individuos entre ellos, al analizar el efecto de los cambios en el ambiente

sobre las distintas especies hay que tener en cuenta tanto los cambios en la identidad y proporción de los distintos parches, como los cambios en la disposición espacial y la conectividad de éstos (Andren 1994, Alard y Poudevigne 2002).

En América del Sur los pastizales del Río de la Plata han sido transformados en tierras de cultivo a tasas muy altas desde el comienzo del siglo 20. En la década de 1880 menos del 10% de la superficie de estas tierras era tierra de cultivo, mientras que esta proporción se incrementó a más del 25% en la década de 1930 (Vervoorst 1967, Soriano et al. 1991, Hall et al. 1992, Viglizzo et al. 2001). Esta tendencia también se ha producido en la Argentina y se ha dado en los últimos años incluso hacia el interior de los límites preexistentes de la frontera agropecuaria (Vega et al. 2009). En la provincia de Buenos Aires durante el período 1988-2002 la superficie de cultivos anuales incorporó más de 1.200.000 ha, llevando el porcentaje de la superficie cubierta con cultivos anuales del 20% a casi el 26%. (Vega et al. 2009).

Esto condujo a una modificación de la estructura del paisaje, con el reemplazo de la matriz de pastizales por campos de cultivo, quedando relictos de vegetación espontánea como pequeños parches y corredores. Otros tipos de parches que aumentaron su representación fueron los montes implantados, los caseríos y los establecimientos de cría intensiva. De esta forma, el paisaje sufrió una gran fragmentación, y aumentaron los tipos de parches (Figura I.1).

En consecuencia, la implantación de agroecosistemas en la Región Pampeana ha modificado sustancialmente su estructura y también ha cambiado su funcionamiento (Viglizzo et al. 2001, Ghersa et al. 2002, Guershman et al. 2003, Donald 2004). La expansión de la agricultura a principios del siglo XX en esta región se produjo a expensas del reemplazo de la rotación agrícola-ganadera, en la cual el suelo era ocupado durante 4-5

años por cultivos anuales y luego por un período similar se implantaba una pastura basada en mezclas de gramíneas y leguminosas perennes, por la agricultura continua (Paruelo et al. 2006). Otro cambio importante se produjo en la proporción de área ocupada por los distintos cultivos (Paruelo et al. 2005). Si bien el crecimiento de la superficie sembrada con soja y su rendimiento ha ido aumentando desde que se introdujo en la región pampeana, dicho cultivo cobró un mayor impulso a partir de 1996, cuando se lanzaron al mercado variedades de soja transgénica, en particular la resistente al herbicida glifosato y que está asociada con la siembra directa (Begenesic 2002). La soja se convirtió en el cultivo más sembrado en la Argentina, pasando de ser un cultivo marginal a ocupar un 38% del área cultivada (Derpsch 1997).

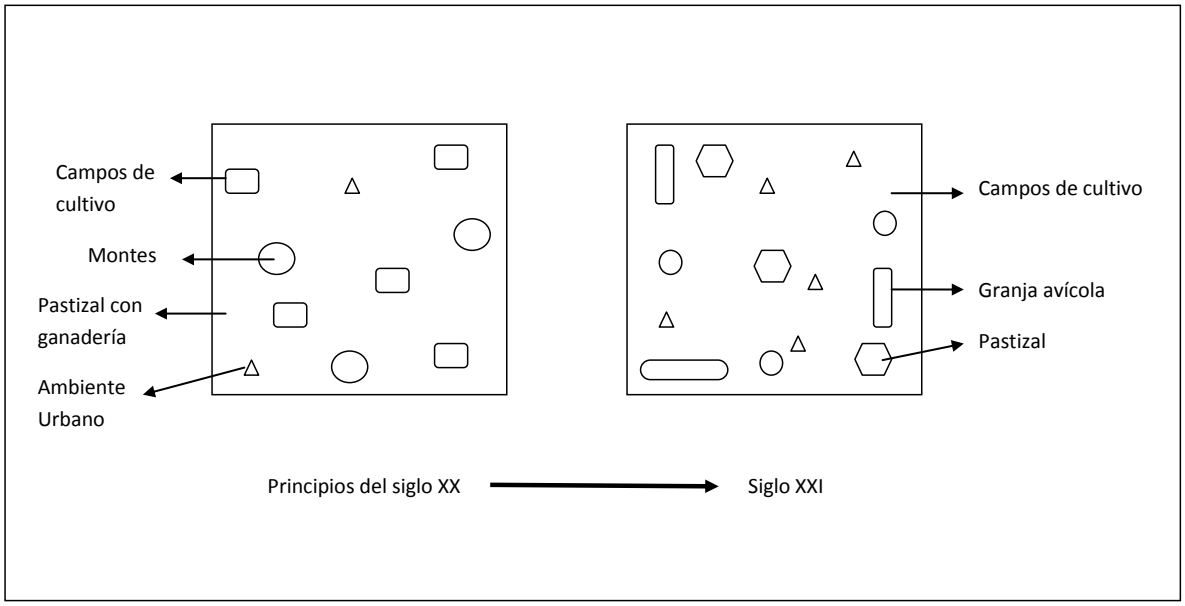

Figura I.1: Cambios en la organización del paisaje (desde una organización con una matriz de pastizal con ganadería a principios del siglo XX a una matriz de campos de cultivos en el siglo XXI.

El estudio de los efectos del uso de la tierra por el hombre, así como la aplicación de principios ecológicos a fin de formular recomendaciones de manejo para prevenir los efectos no deseados de los cambios, requieren del conocimiento de las especies involucradas y de cómo éstas pueden llegar a responder frente a esos cambios. En agroecosistemas pampeanos, el reemplazo de los pastizales por los campos de cultivo, más la presión de caza, produjeron cambios en la comunidad de mamíferos, con un aumento en los roedores y una disminución de los depredadores de mediano tamaño, como los zorros, gatos, zorrinos y hurones (Crespo 1966, Kravetz 1977). También se produjeron importantes modificaciones en las abundancias relativas de las especies de micromamíferos (Bilenca y Kravetz 1995). Estos cambios se debieron no sólo a la reducción de los hábitats disponibles, sino también a cambios en las relaciones interespecíficas por extinciones o introducción de especies, así como efectos indirectos de la modificación del ambiente que afectaron diferencialmente a distintas especies. Estos cambios pueden tener consecuencias no sólo para la conservación de las especies, sino también efectos sobre el hombre, tanto económicos como sanitarios, ya que pueden favorecer el incremento de especies plaga o aumentar el riesgo de transmisión de enfermedades, especialmente las asociadas a roedores.

Los roedores son fuertemente sensibles a las transformaciones introducidas por el hombre en los agroecosistemas, y responden desde una escala de paisaje hasta la de microhábitat (Grant et al. 1982, Bilenca y Kravetz 1995, Angelstam y Petterson 1997, Cole et al. 1998, Masters et al. 1998). Las distintas especies muestran diferencias en sus respuestas, dependiendo de las afinidades de hábitat, de los hábitos alimentarios, el rango de movimientos y las interacciones sociales (Bowers y Dooley 1991, Robinson et al. 1992, Bolger et al. 1997).

En agroecosistemas pampeanos, la expansión agrícola causó cambios en las abundancias relativas de las especies de roedores silvestres, con un incremento en aquéllas más adaptadas a ambientes perturbados, como los roedores del género Calomys, respecto a especies típicas de hábitats más estables, como Akodon azarae y Olygoryzomys flavescens (Crespo 1966, Kravetz et al. 1986). Por otro lado, las comunidades de roedores también muestran diferencias entre campos con diferente cultivo y forma de manejo (Busch et al. 1984, Mills et al. 1991).

Entre los antecedentes a nivel nacional de las consecuencias que pueden tener los cambios en el uso de la tierra sobre las comunidades de roedores se encuentran las enfermedades emergentes, como la Fiebre Hemorrágica Argentina (FHA), cuya transmisión está asociada a roedores que son favorecidos por los cultivos, especialmente Calomys musculinus, reservorio natural del virus Junín, agente etiológico de dicha enfermedad (Kravetz 1977, Kravetz et al. 1986, Maiztegui 1975, Mills et al. 1992). Por otro lado, una de las hipótesis planteadas para explicar la cantidad de casos de Síndrome Pulmonar por Hantavirus (SPH) ocurridos en el sur de nuestro país, fue el incremento de la abundancia de reservorios asociada a cambios en la vegetación y a la reducción de hábitats silvestres que podrían favorecer la invasión de hábitats más urbanos (Kravetz, com. pers.).

Los cambios en las abundancias de las poblaciones de roedores han sido asociados no sólo a factores relacionados con la actividad humana sino también a cambios ambientales relacionados con variables climáticas, que a su vez modifican la disponibilidad de recursos. Por ejemplo, en Sudamérica se detectó una asociación entre irrupciones poblacionales de roedores y los eventos del Niño (Jaksic y Lima 2003) y en la región Pampeana, en Argentina, se observó una asociación entre los picos de abundancia de A. azarae y la precipitación (Busch, com pers). Por otro lado, en Córdoba también se observó

una asociación entre la variación interanual en la densidad de A. azarae y la precipitación y el NDVI (Andreo et al. 2009). En hábitats silvestres los roedores presentan un ciclo anual de densidad y variaciones interanuales, relacionados con las variaciones estacionales de la temperatura y la precipitación (Zuleta et al. 1988, Cittadino et al. 1998). Por otro lado, en ambientes como las granjas avícolas, donde la disponibilidad de recursos y las condiciones de temperatura y humedad se mantienen constantes a lo largo del tiempo, no se observan variaciones estacionales de abundancia de las especies comensales (Miño et al. 2007).

A las variaciones estacionales de las variables climáticas se han sumado en los últimos años los cambios asociados a la modificación de la composición de la atmósfera por las actividades humanas (IPCC 2009), que podrían generar cambios direccionales en las abundancias de los roedores.

De acuerdo a los antecedentes planteados, el objetivo general de esta Tesis es analizar el efecto del uso de la tierra y de variables climáticas sobre las comunidades de roedores en un sistema rural a distintas escalas temporales (estacional e interanual) y espaciales (local y paisaje). Con el fin de analizar las variaciones a largo plazo, en el "Capítulo III" se estudiarán los cambios en las abundancias de las distintas especies de roedores entre los años 1984-2008, en los campos de cultivos y sus bordes y se los relacionará con variaciones en el uso de la tierra y en las variables climáticas.

Debido a que los cambios en el uso de la tierra generan cambios en las proporciones de los distintos ambientes, en el "Capítulo IV" se caracterizará el área de estudio en función de los ambientes presentes y se analizará la composición y abundancia de las comunidades de roedores en los distintos ambientes. En este capítulo también se plantearán distintos escenarios posibles de cambio y se predecirán los cambios esperados en las comunidades de roedores.

Por último, en el “Capítulo V” se integrarán los resultados de los distintos capítulos y se plantearán las conclusiones generales.

CAPITULO II

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la localidad de Diego Gaynor (34º 18 S, 59º 14´ E), Partido de Exaltación de la Cruz, Provincia de Buenos Aires (Figura II.1). El área estudiada pertenece a la Subregión Pampa Ondulada y es un agroecosistema caracterizado por un relieve suavemente ondulado y de mayor altura relativa respecto a las unidades vecinas, lo cual permite generar un sistema de drenaje exorreico bien desarrollado (Ghersa y León 2001). Los suelos son profundos, bien drenados y neutros, con una textura franco-limosa, que se torna más gruesa hacia el oeste.

El clima de la región es templado, con una gran estacionalidad térmica. El mes más cálido del año es enero (con una media de 23.4° C y una máxima absoluta de 41.5° C) y el más frío es julio (con una media de 9.2° C y un mínimo absoluto de -9.4° C). Durante el período invernal, el promedio de días con heladas es mayor a 5, lo cual es crítico para la supervivencia de roedores (Crespo 1944). Si bien existe un período más lluvioso que coincide con los meses más cálidos del año (de octubre a marzo), las precipitaciones se distribuyen a lo largo del año, presentando un valor medio anual de 1000 mm. La temperatura invernal raramente limita la producción, a diferencia de la sequía estival que con frecuencia limita el crecimiento de las especies vegetales. Esto es producto del balance negativo del agua, causado a veces por la escasez de precipitaciones pero más frecuentemente por la fuerte demanda de agua generada por las elevadas temperaturas y el viento del período estival (Hall et al. 1992).

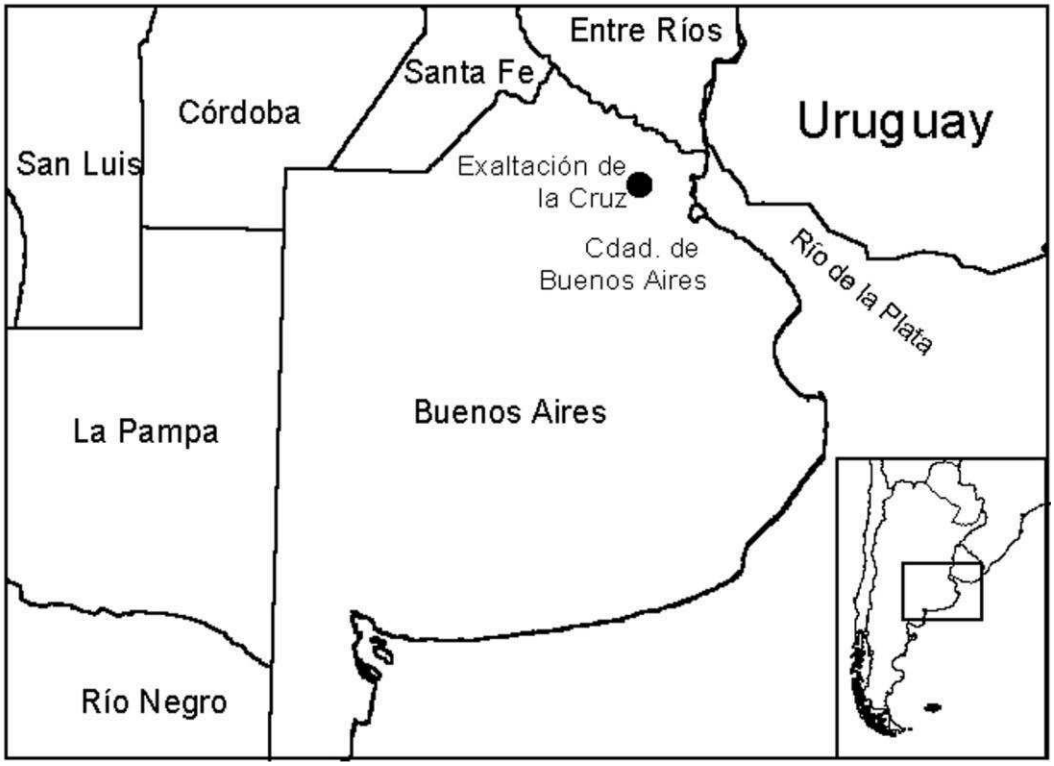

Figura II.1. Ubicación del Partido de Exaltación de la Cruz en la Provincia de Buenos Aires.

El ecosistema natural original mostraba predominio de pastizales, es decir, era un sistema de constitución herbácea con neto predominio de gramíneas (Poaceae) y especies graminiformes, de 0,5 a 1 m de altura, con pocas dicotiledóneas. En las lomadas se encontraban las especies Bothriocloa laguroides y las flechillas: Nassella neesiama, Jarava plumosa, Piptochaetium montevidense y Piptochaetium bicolor. Estas comunidades, prácticamente inexistentes en la actualidad, se han visto modificadas por la fuerte actividad agrícola-ganadera y por la introducción de árboles. También se han naturalizado las

especies exóticas Bromus hordeaceus, Briza minor, Lophochloa phleoides y varias malezas (Bilenca y Miñarro 2004).

En el manto vegetal se pueden distinguir tres estratos, el inferior alcanza sólo 6 cm de altura y está compuesto por plantas anuales tales como Ranunculus platensis, Micropsis dasycarpa, Soliva stolonifera, Soliva anthemifolia, Plantago myosuros, Plantago heterophylla, etc. Entre las especies perennes se encuentran Chevreulia sarmentosa, Dichondra microcalyx, Oxalis perdicaria, Phyla canescens y Coronopus didymus entre otras. El estrato intermedio alcanza los 30 cm de altura, se encuentran presentes Spergularia platensis, Oxalis articulata, Geranium albicans, Hybanthus parviflorus, Glandularia peruviana, Carex bonariensis, Tagetes minuta, Digitaria sanguinalis, entre otras. En el tercer estrato se encuentran las gramíneas xerófilas de más de 40 cm de altura, como Nassella neesiana, Jarava plumosa, Piptochaetium montevidense y Piptochaetium bicolor, Briza subaristata, Bothriochloa laguroides, entre otras. Se asocian algunas forrajeras como Paspalum dilatatum, Paspalum notatum, Paspalum distichum, Bromus auleticus, Sporobolus indicus, Setaria parviflora (Busch et al. 2001).

A la comunidad vegetal nativa se le han sumado las especies naturalizadas Avena sterilis, Avena fatua, Briza minor, Bromus hordeaceus, Lolium multiflorum, Cerastium glomeratum, Silene gallica, Medicago polymorpha, Medicago arabica, Melilotus indica, Capsella bursa-pastoris, Brassica rapa, Cynodon dactylon, Stellaria media y Trifolium repens y los cardos Cynara cardunculus, Cirsium vulgare, Centaurea calcitrapa y Carduus acanthoides. (Busch et al. 2001).

En los arroyos y cañadas la vegetación ha sido mucho menos alterada, al igual que en los bordes de los campos de cultivo y de los caminos. En los bajos se observan matas de Eryngium eburneum entre la loma y la zona anegada y Xanthium strumarium, Paspalum

distichum, Paspalum vaginatum y varias halófitas en las zonas anegadas. En terrenos bajos sin desagüe e inundables durante la estación lluviosa, predominan Solanum glaucophyllum, Glyceria fluitans, Phalaris angusta, Juncus microcephalus, entre otros, y los totorales de Typha domingensis.

En la actualidad la zona está dedicada a la explotación agrícola y agrícola-ganadera, y los hábitats más semejantes en cuanto a su fisonomía y composición florística a la vegetación original de la zona son los bordes de cultivos y caminos. Las áreas de vegetación natural son muy escasas, y por lo general se encuentran ubicadas en posiciones cóncavas o planas asociadas a los fondos fluviales halomórficos o inundables con escaso valor agrícola, o están ubicadas en bordes de caminos y de cultivos y terraplenes de ferrocarril (Mills et al. 1991, Busch y Kravetz 1992 a, Bonaventura y Cagnoni 1995). Se cultiva principalmente soja, trigo y maíz y se cría ganado vacuno, equino, caprino y porcino y aves en forma intensiva. Esta última actividad comenzó aproximadamente en 1980 y mostró un rápido incremento, alcanzando una cantidad mayor a 130 granjas avícolas en la zona de estudio y sus alrededores (Miño 2003).

La fauna del área de estudio incluye mamíferos medianos o pequeños, como el gato montés (Leopardos geoffroyi), el zorro gris pampeano (Dusicyon gymnocercus), el zorrino (Conepatus chinga), el hurón menor (Galictis cuja), la comadreja overa (Didelphys albiventris), la comadreja colorada (Lutreolina crassicaudata), murciélagos (Lasiurus cinereus villosissimus y Taradira brasiliensis), peludos y mulitas (Chaetophractus villosus y Dasypus hybridus), la liebre europea (Lepus europaeus), el lagarto overo (Tupinambis teguixin), las lechuzas Asio flammeus, Tyto alba, Athene (Speotyto) cunicularia y Bubo virginianus, caranchos (Polyborus plancus), chimangos (Milvago chimango), los halcones

blanco, común y plomizo (Elanus lencurus, Falco sparverius y Falco femoralis) y passeriformes en general (Crespo 1966, Bellocq 1988, Sartori et al.1995).

El reemplazo de los pastizales originales trajo aparejado un profundo desequilibrio en la estructura trófica de la comunidad de mamíferos que favoreció el aumento de la abundancia de roedores, la disminución de los depredadores de mediano tamaño (zorros, gatos, zorrinos, hurones) y modificaciones sustanciales en la abundancia relativa de las especies de micromamíferos. Los roedores se vieron favorecidos con los cambios ocurridos debido a que hubo un aumento de sus fuentes de alimento y una disminución en la densidad de sus predadores. Además, debido a sus características demográficas se pudieron adaptar mejor que otros grupos a los campos de cultivo. Sin embargo, esta capacidad adaptativa varía según la especie de roedor considerada (de Villafañe et al. 1977, Kravetz 1978, Busch 1987).

Entre las especies de roedores más frecuentes del área se encuentran los sigmodontinos Akodon azarae, Calomys laucha, Calomys musculinus, Oligoryzomys flavescens y Oxymycterus rufus, y el cávido Cavia aperea. Aparte de las especies nativas, encontramos las cosmopolitas Rattus norvegicus, Rattus rattus y Mus musculus. Aunque existe un buen conocimiento previo de las características de las comunidades de roedores tanto en los campos de cultivo como en las granjas avícolas (Zuleta et al. 1988, Busch y Kravetz 1992 a y b, Zuleta y Bilenca 1992, Busch et al. 1997, Hodara et al. 2000, Busch et al. 2000, 2001, Cittadino et al. 1998, 2000, 2001, Miño et al. 2001, Gómez Villafañe et al. 2001), es escaso el conocimiento acerca de los ensambles de pequeños mamíferos en los pequeños fragmentos de hábitat menos perturbados del área, como terraplenes de ferrocarril, terraplenes de arroyo, pastizales naturales o campos abandonados y montes.

En los ambientes rurales, los roedores muestran una variación estacional en su abundancia, con un mínimo en primavera, un pico en el otoño temprano e invierno y una disminución en el invierno tardío después de las heladas (Crespo 1966).

El paisaje del área de estudio está formado por una matriz de campos de cultivo y pastoreo, rodeados por bordes cubiertos de maleza que constituyen hábitats más estables que los campos de cultivo en cuanto a cobertura vegetal, así como los bordes de arroyos y terraplenes de ferrocarril. Asimismo, dentro de esta matriz se ubican pequeños caseríos, granjas avícolas y casas aisladas dentro de campos. El sistema formado por el campo y su borde representa condiciones contrastantes en cuanto a las variaciones en la cobertura vegetal, disponibilidad de alimento y acción de los factores de mortalidad para los roedores. En los bordes estas variaciones son estacionales, mientras que en los campos de cultivo los cambios son más intensos y frecuentes y no se producen siempre en la misma época del año, ya que están sujetos a la actividad agrícola, lo cual agrega un factor más de mortalidad, junto a las bajas temperaturas, la depredación y las enfermedades (Busch 1987, de Villafañe et al. 1988).

Los roedores utilizan diferencialmente los distintos hábitats disponibles, mientras que A. azarae, O. flavescens, y C.musculinus son más frecuentes en los bordes de cultivo, C. laucha es más abundante en los campos de cultivo y O. rufus está asociado a ambientes ribereños (Hodara et al. 2000, Busch et al. 2000, 2001). En cuanto a los roedores comensales, su presencia está prácticamente restringida a los ambientes peridomiciliarios, donde también se encuentran las especies de roedores silvestres presentes en los campos de cultivo y sus bordes (Miño et al. 2001).

En los últimos años se han identificado tres cambios principales en el área de estudio: reducción de las áreas menos perturbadas (que mantendrían relictos de las

comunidades vegetales y la fauna original), incremento en la actividad de cría de aves (Gómez Villafañe et al. 2001) y en tercer lugar un incremento en el cultivo de soja y cambios en el sistema de labranza, con un aumento en el número de parcelas trabajadas mediante el método de "labranza cero" en lugar del método tradicional. Este tipo de labranza implica una menor perturbación por la maquinaria, pero también la aplicación de herbicidas que disminuyen la cobertura de malezas.

CAPITULO III

VARIACIONES EN LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DE ROEDORES Y SU RELACIÓN CON CAMBIOS AMBIENTALES

III.1. Introducción

La estructura y funcionamiento de los ecosistemas varía tanto en tiempo como en espacio, dependiendo de mecanismos intrínsecos determinados por interacciones bióticas así como de variaciones en el medio abiótico. Las variaciones ambientales pueden afectar los componentes del ecosistema ya sea en forma directa (Parmesan 1996, Mehlman 1997) o indirecta, a través de efectos sobre recursos, competidores o consumidores (Grant y Grant 1996, Ernest et al. 2000). Entre los factores abióticos, diversos estudios han mostrado el efecto de las fluctuaciones climáticas a distintos niveles, como la dinámica poblacional, la composición de especies de las comunidades y sobre el funcionamiento de los ecosistemas (Chapin et al. 1995, Grant y Grant 1996, Ernest et al. 2000).

Además del efecto de las fluctuaciones naturales de las variables ambientales, la mayoría de los ecosistemas están sujetos a algún grado de influencia humana. El crecimiento poblacional y la expansión de la tecnología han aumentado drásticamente el alcance y la naturaleza de las modificaciones generadas por el hombre en los ecosistemas, ya que la población humana requiere cada vez de mayores recursos para crecer y mantenerse, lo cual lleva a la expansión de la agricultura, la industria, la pesca y el comercio internacional. Estas actividades involucran cambios en el uso de la tierra, alteran

los principales ciclos biogeoquímicos y remueven o agregan especies en la mayoría de los ecosistemas de la tierra (Wolman 1993, Vitousek et al. 1997).

Los cambios esperados debido a variaciones climáticas y a la acción del hombre, así como su impacto sobre la biodiversidad, varían de acuerdo al sistema y al organismo involucrado. En la actualidad el uso de la tierra para producir bienes y servicios, y en particular la expansión de la agricultura, representa la alteración humana más importante sobre los sistemas terrestres (Vitousek et al. 1997, Paruelo et al. 2005). Los pastizales templados son probablemente los ecosistemas más alterados por la actividad humana. Entre las consecuencias esperadas se encuentran variaciones en las comunidades vegetales, mediante el reemplazo de especies nativas perennes por exóticas anuales, la invasión de leñosas y cambios en la fenología. Los animales también se ven afectados por estos cambios, ya que variaciones en las comunidades vegetales generan cambios en su hábitat y en la disponibilidad de comida. A su vez, los animales pueden estar afectados directamente por el hombre a través de la explotación o la caza.

Los cambios climáticos ejercen un gran impacto sobre los ecosistemas terrestres (Sala et al. 2000), tanto directamente sobre los organismos, como indirectamente a través de los procesos que afectan la cobertura vegetal y la disponibilidad de alimento (Stenseth et al. 2002 a). A pesar de que existen pocos estudios a largo plazo de los efectos de las variables ambientales sobre la dinámica poblacional de roedores (Ernest et al. 2000, Lima et al. 2001, Stenseth et al. 2002b, Zhang et al. 2003) varios de estos estudios destacan la influencia de los patrones de variación de la temperatura y la precipitación en la abundancia de los roedores. En el hemisferio Norte, los ciclos poblacionales han sido relacionados con las variaciones climáticas (ya que éstas influyen sobre la disponibilidad de recursos) y con las interacciones con los predadores (Garsd y Howard 1981, Hanski et al. 1991). Por otro

lado, en el hemisferio Sur, las fluctuaciones en las poblaciones de roedores han sido asociadas a las oscilaciones de "El Niño" (ENSO; Lima, 2006). Sin embargo, el efecto de las condiciones ambientales pueden diferir según las especies, y por lo tanto la variación en la composición de las comunidades refleja las respuestas de las especies y de los grupos de especies a diferentes variables ambientales (Lima et al. 2002).

Además de las fluctuaciones climáticas, la mayoría de las prácticas agrícolas afectan tanto a la distribución como al uso del hábitat de los pequeños mamíferos, pero su respuesta difiere de acuerdo al tipo e intensidad del disturbio (Macdonald et al. 2000, Todd et al. 2000, Jacob 2003, Jacob y Hempel 2003, Millán de la Peña et al. 2003, Michel et al. 2006).

En la región Pampeana, las especies nativas de roedores muestran variaciones estacionales e interanuales en su abundancia asociadas a variaciones climáticas naturales, las cuales afectan la disponibilidad de recursos (Andreo et al. 2009), sin embargo, en los últimos años los cambios ambientales asociados a la actividad humana pudieron haber causado cambios direccionales en las comunidades de roedores. Uno de los cambios más importantes observados durante el siglo XX fue en el uso de la tierra, con la intensificación de la agricultura y el reemplazo del sistema anual de cultivo-pastoreo por el doble cultivo (de la Fuente et al. 2008) y la fragmentación de los hábitats naturales. De acuerdo a estimaciones actuales, aproximadamente el 90% de la tierra en la pampa ondulada está destinada a los cultivos de soja, trigo, maíz y girasol (Viglizzo et al. 2001, Paruelo et al. 2005).

Por otro lado, durante los últimos 40 años en la región pampeana la proporción del área destinada a los distintos cultivos se ha ido modificando. Los cultivos invernales como el trigo y el lino y los estivales como el sorgo, girasol y maíz han disminuido, mientras que el área destinada a la soja ha aumentado. Junto con este aumento, hubo un reemplazo del

método tradicional de labranza por el método de labranza cero (o siembra directa). En la Argentina, entre los años 1987-1988 se utilizaba el método de labranza cero en menos de 25.000 hectáreas, mientras que para el año 2004 creció a 15 millones de hectáreas. Asociado al método de labranza cero hubo un aumento en el uso de herbicidas para controlar las malezas (Satorre 2005). Como consecuencia del aumento de 30 veces en el área cultivada con el método de labranza cero, hubo un aumento de 160 veces en el uso de glifosato (Bilenca et al. 2007).

El aumento de la agricultura y el cambio en las áreas destinadas a distintos cultivos y en las tecnologías asociadas fueron relacionados con cambios en las comunidades de roedores. Kravetz et al. (1986) describieron un aumento de la abundancia de roedores del género Calomys y una disminución de A. azarae asociadas a la expansión de la agricultura en la primera mitad del siglo XX, mientras que variaciones en las comunidades de roedores según el tipo de cultivo y la tecnología utilizada fueron descriptas por Busch et al. (1984) y Mills et al. (1991), los cuales encontraron una mayor abundancia en campos de maíz respecto a campos de soja. Por otro lado, Bilenca et al. (2007) encontraron un fuerte efecto de la presencia o ausencia de malezas sobre la abundancia de roedores, pero no encontraron un efecto del tipo de cultivo.

Otro cambio ocurrido en años recientes en la región fue el aumento de la actividad avícola (Miño 2003), que favorece la presencia de especies de roedores comensales como Rattus rattus, R. norvegicus y M. musculus (Timm 1994, Pocock et al. 2004), especies que pueden convertirse en plaga en hábitats rurales y cerca de asentamientos humanos, y afectar otras especies a través de la competencia o predación (Pefaur et al. 1968).

Las especies de roedores presentes en el área muestran diferencias en el uso de hábitat, probablemente relacionadas con adaptaciones particulares de cada especie a las

perturbaciones así como con las interacciones interespecíficas (Busch y Kravetz 1992a). A. azarae, O. flavescens y O. rufus son más abundantes en ambientes poco perturbados como los bordes de los campos de cultivo y de caminos, terraplenes de ferrocarril y arroyos. C. laucha se encuentra principalmente en los campos de cultivos y C. musculinus en los bordes de los campos de cultivo. El uso del hábitat de los Calomys se encuentra restringido por la dominancia competitiva de A. azarae, especie que prefiere ambientes poco perturbados con una alta cobertura vegetal. M. musculus y Rattus spp. se encuentran presentes en las granjas avícolas y en asentamientos humanos pero es raro encontrarlos en ambientes silvestres y rurales (Crespo 1966, Kravetz et al. 1986, Mills et al. 1991, Busch y Kravetz 1992a).

Los cambios estacionales en la vegetación espontánea y en el estadío del desarrollo de los cultivos determinan variaciones cuanti y cualitativas de los recursos, tanto en los campos como en sus bordes, los cuales a su vez causan cambios en el uso del hábitat por parte de los roedores. Mientras que A. azarae aumenta el uso de los campos de cultivos en el periodo reproductivo, momento en que en estos ambientes hay alta cobertura vegetal verde, C. laucha y C. musculinus hacen un mayor uso de los bordes cuando en los campos ocurren las actividades agrícolas (Kravetz et al. 1981, Busch et al. 1984, Mills et al. 1991, Busch et al. 1997, Cavia et al. 2005, Hodara y Busch 2006).

En síntesis, debido a los cambios ocurridos en el área en los últimos años, y teniendo en cuenta sus posibles efectos sobre los roedores, se espera que éstos muestren no sólo variaciones estacionales de abundancia sino una tendencia de variación a lo largo de los años, por lo que el objetivo general de este Capítulo es analizar las variaciones de abundancia de los roedores a lo largo de los últimos 24 años en campos de cultivo y sus bordes en un agroecosistema de la Provincia de Buenos Aires, en relación a variaciones

climáticas y modificaciones en el uso de la tierra. Para ello en primer lugar se describirán las variaciones en las variables climáticas y los roedores a lo largo de los años, y luego se analizará si estas variaciones están relacionadas. Por otro lado, se analizará la variación en las abundancias de roedores asociada a la expansión en el cultivo de la soja y se describirán los posibles cambios en la vegetación en campos de cultivo y sus bordes, a fin de evaluar si el efecto de la soja se debe a cambios en las comunidades vegetales asociadas, que a su vez afectan a los roedores.

Hipótesis:

1. Durante los últimos 24 años se produjeron cambios direccionales en los valores de las variables ambientales en el área de estudio.
2. Los cambios en variables ambientales generan cambios en las abundancias de los roedores.
3. El incremento del área cultivada con soja y la labranza cero produjeron cambios en las abundancias de roedores.
4. Los cambios serán diferentes según el momento del ciclo estacional de densidad de los roedores.
5. Los efectos serán más marcados en los campos de cultivo que en sus bordes.
6. Los efectos serán más marcados sobre las especies que utilicen los campos de cultivo en mayor proporción.
7. Las variaciones en la precipitación producen variaciones en la abundancia poblacional de los roedores.
8. Las variaciones en las temperaturas producen variaciones en la abundancia poblacional de los roedores.

III.2. Materiales y Métodos

III.2.1. Datos de Roedores y de Variables Ambientales

A fin de evaluar si se produjeron cambios en las abundancias de roedores entre los años 1984 y 2008 se utilizaron datos de muestreos realizados por miembros del grupo de trabajo y datos bibliográficos de trabajos de otros autores realizados en el área de estudio.

Para los análisis se agruparon los datos en dos períodos, Primavera-Verano, caracterizado por baja-media densidad poblacional y actividad reproductiva, y el período Otoño-Invierno, con densidades altas-medias y sin actividad reproductiva.

Se estimó la abundancia de roedores en los campos de cultivo y en sus bordes. Si bien los factores climáticos afectan por igual a los dos ambientes, el efecto del uso de la tierra es probablemente distinto para los campos que para los bordes. Para cada fecha y ambiente el número de réplicas (sitios estudiados) varió entre 3 y 6 (con esfuerzos de captura entre 100 y 3480 trampas-noche). En todos los casos fueron muestreos de captura - marcado y recaptura utilizando trampas Sherman. En la tabla III.1 se muestran los años, períodos y ambientes para los cuales se contó con información sobre la abundancia de roedores. Todos los datos de abundancia incluidos en el estudio corresponden a muestreos realizados en un área de aproximadamente 1000 km^2, homogénea en cuanto a las características del uso de la tierra. A lo largo del período estudiado los muestreos fueron ubicados cubriendo gran parte del área, por lo que consideramos que los cambios observados a lo largo del tiempo no se deben a cambios en la ubicación espacial de las capturas.

Tabla III.1: Años y períodos (P-V: Primavera-Verano y O-I: Otoño-Invierno) para los que se dispone de datos de la abundancia de redores en los ambientes campos de cultivos (C) y bordes de campos de cultivos (B).

Año	Ambiente	Período	Fuente
1984	B/C	O-I	Bonaventura et al. 1988
1984-85	B/C	P-V	Datos de M. Busch
1988-89	B	P-V	Datos de M. Busch
1989	B	O-I	Cittadino et al. 1994
1989-90	B	P-V	Busch 1990, datos no publicados
1990	B	O-I	Cittadino et al. 1994
1993	B/C	O-I	Busch et al 2000, 2001; Hodara et al. 2001
1993-94	B/C	P-V	Busch et al 2000, 2001; Hodara et al. 2001
1994	B/C	O-I	Busch et al 2000, 2001; Hodara et al. 2001
1998	B/C	O-I	Cavia et al. 2005
1998-1999	B/C	P-V	Cavia et al. 2005
1999	B/C	O-I	Suárez et al. 2003
1999-2000	B/C	P-V	Courtalon 2003
2000	B/C	O-I	Courtalon 2003
2000-01	B	P-V	Suárez et al. 2003
2001	B	O-I	Suárez et al. 2003
2002	B/C	O-I	Datos de M. Busch
2002-03	B/C	P-V	Bilenca et al. 2007
2004	B	O-I	Fraschina et al. 2009
2004-05	B	P-V	Bilenca et al. 2007
2006	B/C	O-I	Datos propios
2006-07	B/C	P-V	Datos propios
2007	B/C	O-I	Datos propios
2008	B/C	P-V	Datos propios

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la estación meteorológica de San Pedro, la cual está ubicada aproximadamente a 70 Km del punto central del área de estudio. Las variables meteorológicas consideradas para cada período fueron la temperatura mínima media (TMIM), la temperatura máxima media (TMAM) en °C, la precipitación acumulada (PPTAc) en mm y el número de días con heladas. Se incluyó el índice ENSO, el cual es obtenido a partir del índice llamado “Niño 3.4” que se basa en la temperatura superficial del mar (SST) en la región correspondiente a 5° N - 5° S, 120° E - 170° O. Se obtuvieron las anomalías mensuales del SST del centro de Predicción Climático (CPC, NOAA). Estas

anomalías son desviaciones del índice de oscilación climatológico (AOIC) entre los años 1971 y 2000 (Smith y Reynolds 1998). Se calculó el promedio mensual de dicho índice para los períodos de Otoño-Invierno y Primavera-Verano.

La descripción de la vegetación se realizó teniendo en cuenta qué características tienen efecto sobre los roedores, y no representa un estudio exhaustivo de la vegetación del área estudiada. Estos datos fueron obtenidos de trabajos realizados por otros autores en el área de estudio y a partir de muestreos realizados por nuestro grupo de trabajo. Se comparó la cobertura total (TPC) y la cobertura verde (GPC) entre los años 1992-1993 (antes del aumento del área cultivada con soja y del uso del sistema de siembra directa, número de sitios en que se basa la descripción = 48) y los años 2006-2007 (después del aumento del área cultivada con soja y del uso del sistema de siembra directa, N = 120). Por otro lado se compararon las especies dominantes en los campos de cultivo y en los bordes entre los años 1982-1985, 1992-1993 y 2006-2007. Para los años 1982-1985 a partir de la bibliografía de Villafañe et al. 1988, 1992, Bonaventura y Cagnoni 1995 y para los años 1992-1993 de la bibliografía Busch et al. 2000, 2001; mientras que para los años 2006-2007 se obtuvieron a partir de los censos de vegetación realizados por la autora en los campos y bordes donde se realizaron los muestreos de roedores.

La proporción del área dedicada a los distintos cultivos se obtuvo por muestreos realizados por M. Busch en el área de estudio en los años 1988-1989 (antes de la expansión de la soja) y en los años 2006-2010 (después de la expansión de la soja). En estos muestreos se registró el tipo de uso de cada uno de los campos encontrados en los caminos principales y secundarios en un área de aproximadamente 1000 km^2.

Para analizar el efecto de la expansión de la soja sobre la abundancia de los roedores se consideraron los datos de abundancia 1984- 1996 como correspondientes al

período previo y los datos 1998-2008 como posteriores, ya que fue a partir de 1997 cuando se produjo un incremento abrupto en el área sembrada con dicho cultivo, a partir de la introducción de variedades transgénicas (Begenesic 2002).

III.2.2. Análisis de Datos

III.2.2.a. Roedores

Se estimó la abundancia de roedores a través del índice de Éxito de Captura (TS = número de capturas originales/ número de trampas X número de noches), debido a que el esfuerzo de captura variaba según el muestreo, y a que ese era el índice calculado en los trabajos utilizados como referencia.

Aunque debido a la metodología de trampeo no se dispone de una medida de la abundancia absoluta, si consideramos que el área de influencia aproximada de cada trampa en los ambientes bidimensionales (campos de cultivo y pastizales) es de 400 m^2, asumiendo un diámetro promedio del área de acción de los roedores de 20 m (Cittadino et al. 1998, de Villafañe et al.1988) y que a lo largo de las 3 noches que funcionan las trampas se captura todos los roedores que están en su área de influencia, se puede estimar un valor aproximado de densidad (número de individuos/ha), de manera que un valor de TS = 1 equivale a 25 individuos/ha. Para los ambientes longitudinales se consideró el área de influencia de una trampa de 40 m^2. por lo que un TS = 1 equivale a 250 individuos/ha.

Se analizó la tendencia temporal de la abundancia de roedores por medio de regresiones lineales simples entre la abundancia de las distintas especies y la abundancia total (TTS) y los años (1984-2008), teniendo en cuenta los distintos ambientes (Campos y Bordes) y períodos (Otoño-Invierno y Primavera-Verano).

III.2.2.b. Variables ambientales

Para observar si hubo tendencias significativas de variación a lo largo de los años estudiados en las TMIM, TMAM, en el número de días con heladas y en la PPTAc se hicieron regresiones lineales simples. En este caso también se analizaron los datos para los dos períodos por separado (Otoño-Invierno y Primavera-Verano). En los casos en que no se cumplía con los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad, se sacaron uno o dos datos (outliers). Los análisis se llevaron a cabo con el programa INFOSTAT (2009).

III.2.2.c. Roedores y variables ambientales

El efecto de las variables ambientales sobre la abundancia de los roedores se evaluó mediante regresiones lineales múltiples de a pasos (INFOSTAT 2009). Las variables dependientes fueron la abundancia total de roedores y la abundancia de cada una de las especies en cada uno de los hábitats (campos de cultivo y bordes) y períodos (Otoño-Invierno y Primavera-Verano). Las variables independientes fueron TMIM, TMAM y número de días con heladas para cada período, mientras que para la PPTAc y el índice ENSO se consideró tanto el valor del período actual como el del período anterior. A fin de poder interpretar los resultados de las regresiones, se realizó un análisis de correlación entre las variables ambientales para evaluar cuáles estaban correlacionadas entre sí, ya que la regresión múltiple de a pasos incorpora una sola de ellas, pero la significación biológica de la variable que no queda incluida en el modelo puede ser mayor que la que si está incluida.

III.2.2.d. Vegetación y usos de la tierra

Se compararon las coberturas vegetales totales (TPC) y verde (GPC) en cada hábitat y estación del año entre los años 1992-1993 y 2006-2007 por medio de un Test de Wilcoxon (Zar 1996).

Se comparó la proporción del área destinada a soja y maíz (con respecto al resto del área cubierta con los cultivos lino, trigo, avena, sorgo y girasol) entre los períodos anterior y posterior a la expansión de la soja mediante una prueba de diferencia de proporciones (Zar 1996)

III.2.2.e. Roedores y usos de la tierra

Para comparar la abundancia de las distintas especies de roedores entre los años anteriores y posteriores a la expansión del área cultivada con soja en campos y bordes se realizaron análisis de la varianza de dos factores (ANOVA). El factor 1 fue el efecto antes y después de 1997 y el factor 2 la estación del año (P-V y O-I). Cuando se encontraron resultados significativos en el ANOVA se realizaron los contrastes de Tukey a posteriori.

III.3. Resultados

III.3.1. Roedores

La abundancia total de roedores mostró una tendencia significativa a disminuir a lo largo de los años en los bordes de campos de cultivo en el período Otoño-Invierno ($p = 0.0119$), mientras que no hubo variaciones significativas en los campos de cultivo en ninguno de los dos períodos. En el periodo Primavera–Verano no hubo ninguna tendencia significativa de variación en la abundancia total ni en bordes ni en campos de cultivos (Tabla III.2 a).

Las especies de roedores mostraron diferencias en su variación de abundancia a lo largo del tiempo. Mientras que A. azarae no mostró variaciones significativas en su abundancia a lo largo del período estudiado en ningún ambiente y en ninguna de las dos estaciones (Tabla III.2 b) O. flavescens mostró una disminución significativa en los campos en las dos estaciones (p = 0.0178 y p= 0.0002 en Otoño-Invierno y Primavera-Verano, respectivamente; Tabla III.2 c). Las dos especies de Calomys disminuyeron significativamente su abundancia a lo largo del tiempo en Otoño-Invierno en los dos ambientes (p = 0.0196 y p = 0.0230 para C. musculinus y p = 0.0002 y p = 0.0404 para C. laucha en bordes y campos respectivamente), pero no se encontraron cambios significativos en Primavera-Verano (Tabla III.2 d y 2 e).

Tabla III.2: Resumen de los resultados de las Regresiones para la relación entre la abundancia de roedores y los años en los dos hábitats (Campos de cultivo y sus Bordes) y períodos O-I (Otoño-Invierno) y P-V (Primavera-Verano), a) TTS (abundancia total de roedores), b) A. azarae, c) O. flavescens, d) C musculinus y e) C. laucha. Los valores significativos se destacan en negritas.

a)

TTS		Coeficiente	p-valor	Cp Mallow
O-I	Intersección	13.5519	**0.0111**	
Bordes (N=13)	Año	-0.0067	**0.0119**	9.3753
R^2: 0.4513				
O-I	Intersección	7.9797	0.1090	
Campos de cultivo (N=9)	Año	-0.004	0.1112	4.0304
R^2: 0.3217				
P-V				
Bordes (N=9)	Intersección	1.8677	0.3006	
R^2: 0.1414	Año	-0.0009	0.3185	2.1340
P-V				
Campos de cultivo (N=8)	Intersección	2.436	0.3764	
R^2: 0.1286	Año	-0.0012	0.3831	1.9016

b)

A. azarae		Coeficiente	p-valor	Cp Mallow
O-I				
Bordes (N=13)	Intersección	3.8667	0.3836	
R^2: 0.0655	Año	-0.0019	0.3986	1,7902
O-I				
Campos de cultivo (N=9)	Intersección	-1.5739	0.5497	
R^2:0.0547	Año	0.0008	0.5449	1.4791
P-V				
Bordes (N=10)	Intersección	0.7684	0.7662	
R^2: 0.0102	Año	-0.0004	0.7814	1.1843
P-V				
Campos de cultivo (N=8)	Intersección	0.0166	0.9892	
R^2:0.00	Año	0.000001	0.9982	1.1429

c)

O. flavescens		Coeficiente	p-valor	Cp Mallow
O-I				
Bordes (N=12)	Intersección	-0.1807	0.7800	
R^2: 0.0091	Año	0.0001	0.7686	1.1740
O-I				
Campos de cultivo (N=9)	Intersección	0.5999	**0.0176**	
R^2: 0.5754	Año	-0.0003	**0.0178**	9.4264
P-V				
Bordes (N=11)	Intersección	-6.2673	0.0773	
R^2: 0.2332	Año	0.0032	0.0753	4.7370
P-V				
Campos de cultivo (N=7)	Intersección	4.9064	**0.0002**	
R^2: 0.9447	Año	-0.0024	**0.0002**	72.2924

d)

C. musculinus		Coeficiente	p-valor	Cp Mallow
O-I				
Bordes (N=12)	Intersección	8.8482	**0.0190**	
R^2: 0.4350	Año	-0.0044	**0.0196**	8.0890
O-I				
Campos de cultivo (N=9)	Intersección	0.9175	**0.0227**	
R^2: 0.5455	Año	-0.0005	**0.0230**	8.4777
P-V				
Bordes (N= 11)	Intersección	-3.5908	0.2571	
R^2: 0.1427	Año	0.0018	0.2520	2.4485
P-V				
Campos de cultivo (N=8)	Intersección	-0.1788	0.0962	
R^2: 0.3963	Año	0.0001	0.0944	4.5191

e)

C. laucha		Coeficiente	p-valor	Cp Mallow
O-I				
Bordes (N=11)	Intersección	14.8276	**0.0002**	
R^2: 0.8088	Año	-0.0074	**0.0002**	35.3735
O-I				
Campos de cultivo (N=9)	Intersección	7.6878	**0.0398**	
R^2: 0.4736	Año	-0.0038	**0.0404**	6.635
P-V				
Bordes (N=11)	Intersección	0.2630	0.4876	
R^2: 0.0517	Año	-0.0001	0.5014	1.5415
P-V				
Campos de cultivo (N=8)	Intersección	2.4115	0.1755	
R^2: 0.2788	Año	-0.0012	0.1786	3.1306

III.3. 2. Variables ambientales

La temperatura mínima media anual (TMIM) mostró una tendencia a aumentar, especialmente a partir del año 1997, cuando los valores anuales medios se encuentran por encima de la media general (11.556° C, correspondiente al período 1984-2007), mientras que la temperatura máxima media anual (TMAM) no mostró variaciones a lo largo del tiempo. Al considerar por separado las estaciones Primavera-Verano y Otoño-Invierno, encontramos que la TMIM aumentó significativamente a lo largo del tiempo en las dos estaciones y que el número de días con heladas disminuyó significativamente en Primavera-Verano y en forma marginalmente significativa en Otoño-Invierno (Tabla III.3). Ni la TMAM ni la PPTAc mostraron variaciones significativas en ninguna de las dos estaciones (Tabla III.3).

Tabla III.3**:** Resumen de los resultados de las Regresiones para la relación entre variables ambientales y años (1984-2007). TMIM: Temperatura Mínima Media, TMAM: Temperatura Máxima Media, PPTAc: Precipitación Acumulada, Heladas: Número de días con Heladas, O-I: Otoño-Invierno; P-V: Primavera-Verano. Los valores significativos se destacan en negritas.

Variables ambientales		Coeficiente	p-valor	Cp Mallow
TMIM O-I	Intersección	-162.1417	**0.0023**	
(N=11)	Año	0.0858	**0.0016**	18.8730
R^2: 0.6869				
TMIM P-V	Intersección	-127.5275	**0.0438**	
(N=10)	Año	0.0683	**0.0339**	6.9116
R^2: 0.4492				
TMAM O-I	Intersección	-63.2068	0.2057	
(N=11)	Año	0.0446	0.0864	4.4338
R^2: 0.2916				
TMAM P-V	Intersección	-61.4153	0.2197	
(N=10)	Año	0.0438	0.0943	4.3127
R^2: 0.3105				
PPTAc O-I	Intersección	-3628.378	0.376	
(N=13)	Año	1.8885	0.3581	1.9268
R^2: 0.0772				
PPTAc P-V	Intersección	2367.789	0.4703	
(N=10)	Año	-1.0878	0.5066	1.5407
R^2: 0.057				
Heladas O-I	Intersección	409.4554	**0.0517**	
(N=11)	Año	-0.2009	**0.0557**	5.4389
R^2: 0.3488				
Heladas P-V	Intersección	664.806	**0.0103**	
(N=9)	Año	-0.3284	**0.0110**	11.4247
R^2: 0.6271				

III.3.3. Roedores y variables ambientales

El ajuste de los modelos que incluyen las variables ambientales para explicar las variaciones de abundancia de los roedores varió entre 0 (para O. flavescens en campos de cultivos en Primavera-Verano) y 0,94 (para la TTS en campos en Otoño-Invierno). Las variaciones de la abundancia en Otoño-Invierno (período de alta densidad) estuvieron mejor explicadas por las variables ambientales que las variaciones en Primavera-Verano

(baja densidad), con la excepción de C. laucha (Tabla III.4). El mejor modelo para explicar la variación en la TTS en los bordes en Otoño-Invierno incluyó la PPTAc de Primavera-Verano anterior y la PPTAc de la misma estación. Mientras que la PPTAc de la Primavera-Verano anterior tuvo un efecto positivo sobre la abundancia de roedores en esta estación, la PPTAc de la misma estación la afectó negativamente (Tabla III.4 a). En los campos de cultivo la PPTAc de la Primavera-Verano anterior también tuvo un efecto positivo sobre la TTS en Otoño-Invierno, pero el modelo también incluyó al ENSO de Otoño-Invierno y a la TMAM (ambos con un efecto negativo, Tabla III.4 a). El mejor modelo para explicar la TTS en los bordes en Primavera-Verano incluyó a la PPTAc de la misma estación con un efecto negativo (Tabla III.4 a), mientras que en los campos de cultivo la variable número de días con heladas tuvo un efecto marginalmente positivo. Esta última variable se encontró marginalmente asociada a la TMAM (coeficiente de correlación = -0.39, $p = 0.07$).

El mejor modelo para explicar las variaciones de la abundancia de A. azarae en los bordes en Otoño-Invierno incluyó a la PPTAc de la Primavera-Verano anterior (con un efecto positivo) y a la PPTAc de la misma estación (con un efecto negativo). En los campos de cultivo en Otoño-Invierno la abundancia de A. azarae estuvo afectada en forma positiva por el ENSO de Primavera-Verano, y negativamente por el de Otoño-Invierno (Tabla III.4 b). Los modelos para las variaciones de la abundancia de A. azarae en Primavera-Verano tuvieron un bajo valor explicativo, en los bordes se incluyó a la TMIM con un efecto positivo mientras que en los campos el ENSO en Otoño-Invierno fue la variable que mejor explicó las variaciones, con un efecto positivo (Tabla III.4 b).

El mejor modelo para explicar las variaciones en la abundancia de O. flavescens en los bordes en Otoño-Invierno incluyó a la PPTAc de la Primavera-Verano anterior (con un efecto positivo) y a la TMIM (con un efecto negativo). Tanto para los campos de cultivo en

Otoño-Invierno como para los campos y los bordes en Primavera-Verano los modelos no explicaron las variaciones de la abundancia de esta especie (Tabla III.4 c).

Las variaciones en la abundancia de C. laucha en Primavera-Verano son mejor explicadas por las variables climáticas que las de Otoño-Invierno (Tabla III.4 d). El mejor modelo para explicar las variaciones en los bordes en Otoño-Invierno incluyó al ENSO de Otoño-Invierno con un efecto negativo, mientras que en los campos de cultivo las variables ambientales no tuvieron ningún efecto significativo. El mejor modelo para explicar las variaciones de C. laucha en los bordes en Primavera-Verano incluyó a las variables TMAM, ENSO de Otoño-Invierno y el número de días con heladas con un efecto positivo. Esta última variable también se encontró incluida en el modelo que explica las variaciones de la abundancia en los campos de cultivo (Tabla III.4 d).

No se pudieron analizar las variaciones de la abundancia de C. musculinus en los bordes ya que no se cumplían los supuestos de la regresión múltiple. En los campos de cultivo el modelo que mejor explicó los cambios de abundancia de dicha especie en Otoño-Invierno incluyó la PPTAc de la Primavera-Verano anterior (con un efecto positivo) y la PPTAc de la misma estación (con un efecto negativo). Para la Primavera-Verano el modelo tuvo un bajo valor de R^2 y sólo incluyó a la TMAM con un efecto positivo pero no significativo (Tabla III.4 e).

Otra especie presente en el área de estudio, pero que debido a su baja abundancia no fue incluida en los análisis estadísticos realizados, es la especie sub tropical O. rufus (Fischer 1814, Olrog y Lucero 1980, Kravetz y Polop 1983, Pardiñas et al. 2010, Busch y Hodara 2010). Esta especie ha mostrado un aumento de su abundancia a lo largo de los años estudiados. Entre los años 1984 y 1998 no se capturó ningún ejemplar de dicha

especie, en los muestreos realizados entre los años 1998 y 2004 se capturaron solo 9 individuos y entre los años 2006 y 2008 se capturó un total de 51 individuos.

Tabla III. 4**:** Resumen de los resultados de las Regresiones para la relación entre la abundancia de roedores y las variables ambientales en dos períodos O-I (Otoño-Invierno) y P-V (Primavera-Verano), a) TTS (abundancia total de roedores), b) A.azarae, c) O. flavescens, d) C. laucha y e) C musculinus. TMIM: Temperatura Mínima Media, TMAM: Temperatura Máxima Media, PPTAc: Precipitación Acumulada, Heladas: Número de días con Heladas, ENSO: Indice del ENSO, Campos: Campos de Cultivo, Bordes: Bordes de Campos de Cultivo. Los valores significativos se destacan en negritas.

a)

TTS	Variable	Int.	T MIM	T MAM	PPTAc P-V	PPTAc O-I	ENSO O-I	Heladas
O-I Bordes (N=13) R^2: 0.77	Coef.	0.0900			**0.0008**	**-0.0007**		
	p-Valor	0.2145			**0.0031**	**0.0191**		
	Cp Mallow				15.66	9.17		
O-I Campos (N=9) R^2: 0.94	Coef.	0.5700		**-0.02**	**0.0004**		**- 0.07**	
	p-Valor	0.0595		**0.0426**	**0.0152**		**0.0017**	
	Cp Mallow			9.26	14.1		34.52	
P-V Bordes (N=11) R^2: 0.68	Coef.	0.010	0.020		**-0.0007**		0.04	
	p-Valor	0.925	0.0879		**0.0214**		0.0703	
	Cp Mallow		6.56		10.74		7.11	
P-V Campos (N=8) R^2: 0.50	Coef.	0.01					0.0042	
	p-Valor	0.7147					0.0502	
	Cp Mallow						6.26	

b)

A. azarae	Variable	Int.	T MIM	PPTAc P-V	PPTAc O-I	ENSO P-V	ENSO O-I
O-I Bordes (N=13) R^2: 0.71	Coef.	0.07		**0.0005**	**-0.0005**		
	p-Valor	0.2530		**0.0081**	**0.0419**		
	Cp Mallow			11.95	7.04		
O-I Campos (N=9) R^2: 0.70	Coef.	**0.02**				**0.02**	**-0.03**
	p-Valor	**0.0090**				**0.0101**	**0.0351**
	Cp Mallow					13.88	8.44
P-V Bordes (N=11) R^2: 0.51	Coef.	-0.14	**0.03**	-0.0004			
	p-Valor	0.2044	**0.0284**	0.0895			
	Cp Mallow		8.45	5.43			
P-V Campos (N=8) R^2: 0.62	Coef.	0.02				**0.02**	**-0.03**
	p-Valor	0.0090				**0.0101**	**0.0351**
	Cp Mallow					13.88	8.44

c)

O. flavescens Arcsen √(TS)	Variable	Int.	T MIM	T MAM	PPTAc P-V	Heladas
O-I Bordes (N=13) R^2: 0.73	Coef.	**0.66**	**-0.07**	-0.01	**0.0005**	
	p-Valor	**0.0282**	**0.0187**	0.1439	**0.0130**	
	Cp Mallow		10.47	5.41	11.68	
O-I Campos (N=9) R^2: 0.37	Coef.	-0.04			0.0003	
	p-Valor	0.2908			0.0832	
	Cp Mallow				4.69	
P-V Bordes (N=11) R^2: 0.22	Coef.	**0.09**				-0.0038
	p-Valor	**0.0079**				0.1499
	Cp Mallow					3.33
P-V Campos (N=8) R^2: 0.00	Coef.	**0.02**				
	p-Valor	**0.0295**				
	Cp Mallow					

d)

C. laucha	Variable	Int.	T MAM	PPTAc P-V	ENSO O-I	Heladas
O-I Bordes (N=13) R^2: 0.35	Coef.	**0.01**			**-0.02**	
	p-Valor	**0.0098**			**0.034**	
	Cp Mallow				**6.45**	
O-I Campos (N=9) R^2: 0.57	Coef.	-0.04		0.0003	-0.04	
	p-Valor	0.3952		0.1119	0.0732	
	Cp Mallow			5.12	6.16	
P-V Bordes (N=11) R^2: 0.73	Coef.	**-0.15**	**0.01**		**0.01**	**0.0008**
	p-Valor	**0.0132**	**0.0114**		**0.0357**	**0.0051**
	Cp Mallow		**13.26**		9.01	17.21
P-V Campos (N=8) R^2: 0.67	Coef.	-0.004				**0.0033**
	p-Valor	0.6401				**0.0129**
	Cp Mallow					11.6

e)

C. musculinus	Variable	Int.	T MAX	PPTAc P-V	PPTAc O-I
O-I Campos (N=9) R^2: 0.84	Coef.	-0.001		**0.00004**	**-0.00004**
	p-Valor	0.8039		**0.0129**	**0.0320**
	Cp Mallow			12.65	8.77
P-V Campos (N=8) R^2: 0.37	Coef.	-0.02	0.001		
	p-Valor	0.1262	0.1120		
	Cp Mallow		4.11		

III.3.4. Vegetación y usos de la tierra

La mediana de la cobertura vegetal total (TPC) en Otoño-Invierno fue significativamente mayor en los años 2006-2007 en comparación a los años 1992-1993, tanto en bordes como en campos ($p = 0.0270$, $W = 198$ y $p = 0.0006$, $W = 154$ respectivamente, test de Wilcoxon, Fig. III.1 a). La mediana de la cobertura verde (GPC) fue mayor en los años 2006-2007 con respecto a 1992-1993 en Primavera-Verano (Fig.

III.1 b), pero esta diferencia sólo fue estadísticamente significativa en los campos de cultivo (p = 0.0169, W = 201.50, test de Wilcoxon). Por otro lado, la GPC en Otoño-Invierno fue mayor en los años 1992-1993 que en 2006-2007 en ambos ambientes, pero la diferencia fue estadísticamente significativa sólo para los bordes (p = 0.0566, W = 358, test de Wilcoxon).

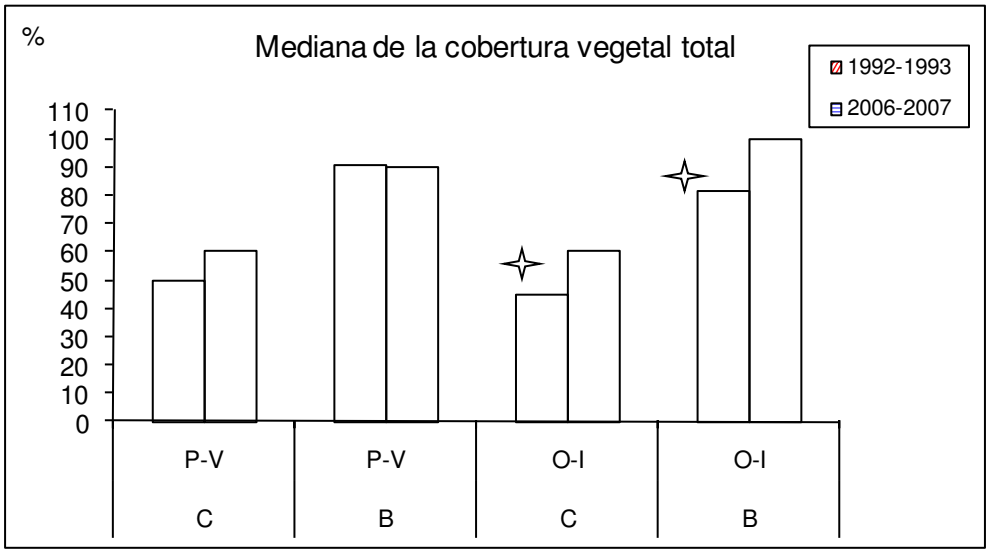

Figura III.1 a: Mediana del porcentaje de la cobertura vegetal total en los años 1992-1993 y 2006-2007 en campos de cultivo (C) y bordes (B) en los períodos Otoño-Invierno (O-I) y Primavera-Verano (P-V). ✧ : diferencias significativas

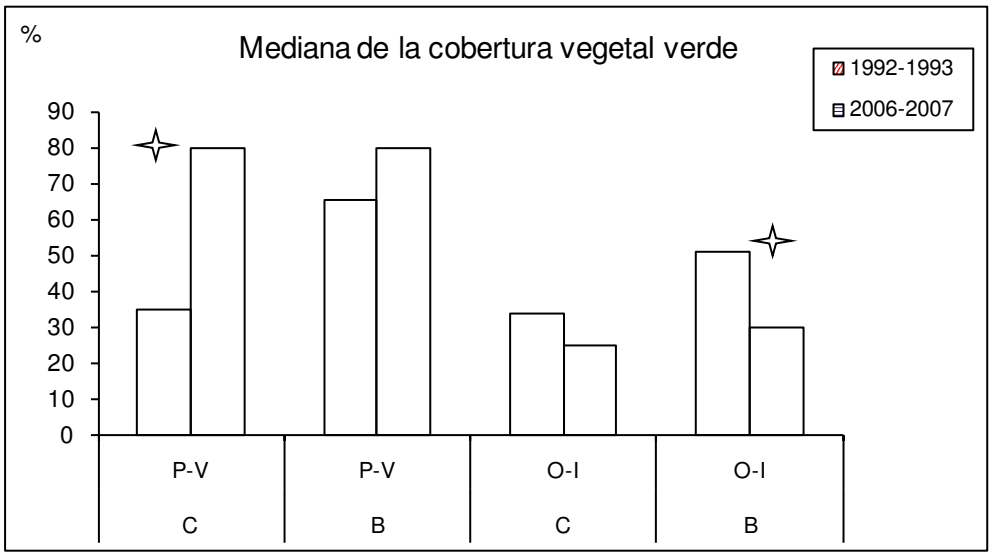

Figura III.1 b: Mediana del porcentaje de la cobertura vegetal verde en los años 1992-1993 y 2006-2007 en campos de cultivo (C) y bordes (B) en los períodos Otoño-Invierno (O-I) y Primavera-Verano (P-V). ✧ : diferencias significativas.

La composición de malezas (considerando sólo las especies que se encuentran con un porcentaje de cobertura mayor al 5%) varió en los muestreos realizados en distintos años. El número de especies aumentó de 31 en los trabajos considerados para el período 1982-1985 a 52 en 1992-1993 y a 66 en 2006-2007. Veintiún de las especies se encontraron presentes en los tres períodos y todas las especies presentes en 1992-1993 se encontraron en 2006-2007. Diez especies se encontraron sólo presentes en los censos más antiguos (siete de ellas eran especies nativas), mientras que 13 sólo se encontraron en el último censo, 4 de ellas son especies leñosas plantadas en los bordes de los campos de cultivo, y otra es la acacia negra (Apéndice 1) que es una invasora en el pastizal pampeano (Ghersa et. al. 2002, Mazia et al. 2001).

La proporción de campos sembrados con soja aumentó significativamente (p= 0.008) desde 1988 al 2006-2010, pasando del 16% al 34% en primavera-verano, momento previo a la cosecha, y del 18% al 51% en Otoño-Invierno, en donde se encuentran los rastrojos (p = 0.008). Estos cambios se debieron al reemplazo de otros cultivos de verano (como el girasol y el sorgo) por la soja y al hecho de que los campos de soja una vez cosechados se mantuvieron como rastrojos hasta que en la primavera siguiente volvieron a ser sembrados con algún cultivo de verano. En el caso del maíz, sólo hubo cambios significativos en la estación Primavera-Verano (disminuye del 36 al 21%, p = 0.018) mientras que en la estación fría (rastrojos) la proporción de este cultivo en el área de estudio disminuyó desde un 23.5 al 19%, p = 0.35).

III.3.5. Roedores y cambios en el uso de la tierra

La abundancia total de roedores en los bordes mostró una interacción significativa entre el efecto del período (antes y después de la soja) y la estación del año. Mientras que en el período previo había mayor abundancia en Otoño-Invierno que en Primavera-Verano, luego de la expansión de la soja se perdió el efecto estacional. La abundancia de A. azarae sólo varió significativamente de acuerdo a las estaciones, mientras que para O. flavescens hubo interacción significativa entre los factores, pero al realizarse los contrastes no se encontraron diferencias ni estacionales ni entre los períodos (Tabla III.5 a). C. musculinus también mostró interacción entre los dos factores, ya que se encontró menor abundancia en el período posterior a 1997 que en el período previo sólo en Otoño-Invierno. La abundancia de C. laucha fue significativamente mayor antes de 1997 y no mostró efectos estacionales (Tabla III.5 a).

En los campos de cultivo, la abundancia de C. laucha mostró diferencias marginalmente significativas entre antes (con mayor abundancia) y después de la expansión de la soja. La abundancia total de roedores y la abundancia de C. musculinus en campos no mostraron efectos significativos estacionales ni diferencias entre los períodos anterior y posterior a la expansión de la soja. No se han podido analizar las abundancias de las otras especies debido a su baja densidad en los campos (Tabla III.5 b).

Tabla III.5 a: ANOVA de dos factores (factor 1: antes y después de la expansión de la soja acompañado por el método de labranza cero y el factor 2: períodos Primavera-Verano y Otoño-Invierno) para los bordes de los campos de cultivo. TTS: abundancia total de roedores, Aa: A. azarae, Of: O. flavescens, Cm: C. musculinus, Cl: C. laucha, P-V: período Primavera-Verano y O-I: período Otoño-Invierno, a y b muestran diferencias significativas en las abundancias, siendo en todos los casos b > a.

Bordes	**Antes/ Despues**	**Período P-V/O-I**	**Interacción**	**O-I antes**	**O-I después**	**P-V antes**	**P-V después**
TTS	-	-	(p = 0.0405)	b	a; b	a	a
Aa	NS	(p = 0.0024) O-I > P-V	NS				
Of			(p = 0.0334)	b	b	a	a; b
Cm			(p = 0.0203)	b	a	a	a
Cl	(p = 0.0117) antes > después	NS	NS				

Tabla III.5 b: ANOVA de dos factores (factor 1: antes y después de la expansión de la soja acompañado por el método de labranza cero y el factor 2: períodos Primavera-Verano y Otoño-Invierno) para los campos de cultivo. TTS: abundancia total de roedores, Cm: C. musculinus, Cl: C. laucha, P-V: período Primavera-Verano y O-I: período Otoño-Invierno.

Campos de cultivos	Antes/ Después	Período O-I/P-V	Interacción	O-I antes	O-I después	P-V Antes	P-V después
TTS	NS	NS	NS				
Cl	(p = 0.069) antes > después	NS	NS				
Cm	NS	NS	NS				

III. 4. Discusión

A lo largo del período estudiado se observó un aumento significativo en la temperatura mínima media en Otoño-Invierno y Primavera-Verano y una disminución del número de días con heladas en el período de Primavera-Verano (de septiembre a febrero). Aunque de acuerdo a los modelos de cambio climático se esperarían mayores cambios en la estación fría que en la cálida (IPCC, 2009), el incremento en la temperatura mínima es consistente con las predicciones de dichos modelos. Las restantes variables climáticas no mostraron una tendencia significativa de variación a través del período estudiado.

La abundancia total de roedores en bordes de campo de cultivo en Otoño-Invierno (período de alta densidad) mostró una tendencia a disminuir a lo largo del período estudiado, esta variación de la abundancia total se debió principalmente a la respuesta de las dos especies de Calomys, que mostraron una tendencia a disminuir tanto en campos

como en bordes. Por otro lado, la variación estacional de la abundancia coincidió con el patrón descripto en trabajos previos (Mills et al 1991, Busch y Kravetz 1992 a).

Si bien las fluctuaciones inter anuales de la abundancia de roedores estuvieron correlacionadas con las precipitaciones, este efecto varió según la estación. La precipitación en Primavera-Verano estuvo positivamente relacionada con la abundancia de roedores del Otoño-Invierno siguiente, lo cual probablemente esté relacionado con el crecimiento vegetal y la disponibilidad de recursos (Lima et al. 1999, 2002, Andreo et al. 2009). Por otro lado, la precipitación en la estación Otoño-Invierno tiene un efecto directo ya que causa un aumento de la mortalidad debido a las bajas temperaturas de esa estación. El efecto de la precipitación sobre la abundancia de roedores en la región pampeana se ha demostrado en varios trabajos realizados desde fines de 1800 (Sarmiento 1885, Hudson 1903, Crespo 1944), pero hasta ahora no se había hecho ningún análisis de estos efectos a largo plazo. Si bien la precipitación no mostró una tendencia de variación significativa entre los años, por lo que no puede explicar las tendencias de variación de la abundancia total de roedores ni de los Calomys, sí explica la variación de la abundancia de roedores entre los años estudiados. La abundancia de C. laucha en Primavera-Verano estuvo positivamente relacionada con el número de días con heladas, el cual disminuyó significativamente a lo largo de los años estudiados, junto con un aumento en la temperatura máxima media. El significado de esta relación entre la abundancia de C. laucha y los días con heladas, deberá estudiarse a futuro, ya que esta relación puede darse como consecuencia de alguna variable no considerada en este estudio que posea una tendencia temporal similar al número de días con heladas.

El principal cambio observado en el uso de la tierra en el área de estudio fue el aumento del área cubierta con soja, a expensas del área destinada a los cultivos invernales. También se observó un aumento de la cobertura vegetal total en Otoño-Invierno ya que con el método de siembra directa los campos permanecen con los rastrojos de los cultivos previos. La cobertura verde en los campos de cultivo aumentó en Primavera-Verano, pero en Otoño-Invierno disminuyó entre los períodos previo y posterior a la expansión de la soja. Mientras que con el método de siembra tradicional se favorece el desarrollo de malezas en los campos en la estación invernal (las cuales representan un gran porcentaje de la cobertura verde), con el método de siembra directa, la cobertura verde durante el invierno es baja tanto en bordes como en campos debido a la aplicación de herbicidas. El aumento del número de especies de malezas en los años 2006-2007 con respecto a los años anteriores probablemente esté relacionado con la disminución de la dominancia de algunas especies, lo cual permite el crecimiento de otras que en ausencia de perturbaciones son competitivamente excluidas.

Akodon azarae, especie numéricamente dominante en los pastizales nativos y competitivamente dominante en los bordes de los campos de cultivos, no varió su abundancia a los largo de los años, pero las fluctuaciones interanuales se asociaron con el patrón de precipitaciones, al igual que se observó para esta especie en Zona Rural Chucul, Córdoba (Andreo et al. 2009). O. flavescens también usa los bordes pero es competitivamente subordinada, y mostró una disminución de su abundancia en los campos en las dos estaciones. La disminución observada en los campos puede estar relacionada con la disminución de la cobertura vegetal verde en Otoño-Invierno.

Las variaciones en la abundancia a lo largo de los años fueron mayores en las especies de roedores que usan en mayor proporción los campos de cultivo, como C. laucha y C. musculinus. Estas especies, especialmente C. laucha, están fuertemente asociadas a los campos de cultivo y mostraron un aumento de su abundancia con el reemplazo de los campos ganaderos por la agricultura (Kravetz et al. 1986) pero los cambios actuales en la agricultura probablemente estén afectando sus poblaciones, causando una disminución de su abundancia tanto en campos como en bordes. La baja abundancia de las especies de Calomys en los campos de soja en comparación con los otros cultivos fue previamente descripto por Busch et al. (1984) y Mills et al. (1991). Los roedores presentan un ciclo anual, con un número poblacional mínimo en primavera, al comienzo de la estación reproductiva, un aumento de la densidad durante el verano, junto con el desarrollo de los cultivos de verano, para alcanzar un máximo en el otoño, cuando los rastrojos están cubiertos de malezas. Los cambios asociados a la rotación de cultivos y al uso del sistema de siembra directa y a la aplicación de herbicidas, están asociados con una mayor cobertura total vegetal en los campos (debido a que permanecen restos del cultivo en pie) pero con una disminución de la cobertura verde. Trabajos previos de selección de hábitat sugieren que C. laucha y C. musculinus, están asociadas a ambientes con gran proporción de cobertura verde y de malezas (Busch et al. 2000, Busch et al. 2001). Por otro lado, puede haber también una disminución de la disponibilidad de insectos (los roedores estudiados son omnívoros, Bilenca et al. 1992, Bilenca y Kravetz 1998) debido a un efecto directo de los insecticidas o indirecto a través de la vegetación (Suarez et al. 2001, de la Fuente et al. 2003).

De acuerdo a los datos analizados los cambios observados en la abundancia de Calomys en los campos de cultivo y sus bordes están mejor explicadas por los cambios en el uso de la tierra que por las variables climáticas. En estos análisis no se discriminó entre los distintos tipos de cultivos, pero consideramos que después de la expansión de la soja, cada campo individual es cultivado con soja una alta proporción de veces y esto tiene un efecto acumulativo en la abundancia de roedores, independientemente del cultivo que se encuentre presente en un momento en particular, así como se ha observado en comunidades de malezas e insectos una gran influencia de la historia de uso (de la Fuente et al. 2003).

Nuestros resultados muestran la tendencia de variación de la abundancia de roedores a una escala individual de campos de cultivos y sus bordes, que puede ser distinta a las tendencias a una escala de paisaje o regional, en donde la proporción relativa de campos de cultivos y otros usos de la tierra determinan la abundancia total de cada una de las especies de roedores. Bilenca et al. (2008) encontraron un aumento en la proporción de Calomys en la dieta de especies rapaces en la misma zona durante el mismo período de tiempo. Debido a que las especies de Calomys predominan en los campos de cultivo, el aumento de la superficie cubierta por este tipo de hábitat en el área de estudio, puede tener como resultado un aumento en la abundancia de Calomys a una escala de paisaje a pesar de la disminución de la abundancia a escala local. La diferencia en las tendencias observadas a distintas escalas espaciales, refuerza la evidencia de que los cambios en la abundancia de roedores se relacionan con los cambios en el uso de la tierra y no con las variables climáticas, las cuales tienen el mismo efecto a distintas escalas espaciales.

A fin de separar los efectos climáticos de los del uso de la tierra se tendrían que haber seguido a lo largo del tiempo áreas similares con y sin cambios en el uso de la tierra.

Sin embargo esto está afuera de nuestras posibilidades, ya que prácticamente toda el área de estudio estuvo sujeta a modificaciones en el uso de la tierra; y las áreas que no sufrieron cambios es porque no son aptas para la actividad agropecuaria y por lo tanto no son comparables con el resto.

En resumen, volviendo a nuestros objetivos e hipótesis, se concluye que 1) hubo un aumento de la temperatura mínima media y una disminución en el número de días con heladas en el área a lo largo del período de tiempo estudiado, 2) la abundancia total de roedores en Otoño-Invierno disminuyó a lo largo del tiempo, pero cada especie mostró un patrón de variación diferente, 3) las variaciones en la abundancia de roedores estuvieron asociadas a la precipitación (o al índice ENSO, el cual está correlacionado con la precipitación) pero las tendencias observadas de la variación a lo largo de los años no estuvieron explicadas por estas variables, ya que la precipitación no presentó una tendencia de variación significativa a lo largo de los años, 4) los cambios observados en los métodos agrícolas y en la cobertura verde vegetal son consistentes con las tendencias observadas en la variación de la abundancia de roedores a escala local, especialmente de las especies asociadas a los campos de cultivo, 5) No se encontraron mayores efectos sobre la abundancia en campos de cultivo que en bordes, excepto para O. flavescens. Esta especie ocupa preferencialmente los bordes, por lo que el significado de la variación observada no es claro. Ambas especies de Calomys variaron tanto en campo como en borde, reflejando que para estas especies ambos hábitats están interconectados, como se ha observado en trabajos anteriores donde cambios en los campos debidos a las labores agrícolas son acompañados por cambios en el uso del hábitat.

III.5. Apéndice 1: Lista de especies de malezas nativas y exóticas y de árboles observadas en los censos de los campos de cultivo y de sus bordes en 1982-1985 (de Villafañe et al. 1992, Bonaventura y Cagnoni 1995), 1992-1994 (Busch et al. 2001) y 2006-2007 (éste trabajo). (N): Especies Nativas, (E): Especies Exóticas, las especies que son nativas de Argentina pero que son de otra ecorregión tienen un *

	1982-1985	1992-1994	2006- 2008
Hierbas de hoja grande			
Altherantera philoxeroides (N)	x	x	x
Amaranthus quitensis (N)		x	x
Ammi majus (N)	x		
Anthemis cotula (E)	x		
Baccharis pingraea (N)	x	x	x
Baccharis trimera (N)		x	x
Bidens pilosa (N)	x	x	x
Brassica campestris (E)		x	x
Capsella bursa pastoris (E)		x	x
Carduus achantoides (E)	x	x	x
Centaurea calcitrapa(E)	x		
Chenopodium alba (E)	x	x	x
Cichorium intybus (E)		x	x
Cirsium vulgare (E)	x	x	x
Conium maculatum (E)		x	x
Coniza bonariensis (N)	x	x	x
Coronopus didimus (E)		x	x
Datura ferox (E)	x	x	x
Dichondra microcalyx (N)		x	x
Dicliptera tweediana (N)			x
Dipsacus fullonum (E)		x	x
Eryngium ebracteatum (N)		x	x
Foeniculum vulgare (E)			x
Fumaria officinalis (E)			x
Gamochaeta spicata (N)	x		
Ipomoea cairica (N)		x	x
Lepidium bonariensis (N)		x	x
Lonicera japonica (E)			x
Matricaria chamonilla (E)		x	x
Medicago lupulina (E)		x	x
Melilotus albus (E)		x	x
Nicotiana longiflora (N)		x	x
Phyla canescens (N)	x		
Physalis viscosa (N)	x	x	x
Plantago sp (E)		x	x
Polygonum aviculare (E)		x	x

Portulaca oleracea (N)		x	x
Raphanus raphanistrum (E)	x	x	x
Rumex crispus (E)		x	x
Salpichroa origanifolia (N)		x	x
Senecio grisebachii (N)	x	x	x
Sida rhombifolia (N)	x	x	x
Solanum bonariense (N)	x	x	x
Solanum sisymbriifolium (N)			x
Solidago chilensis (N)	x	x	x
Sonchus oleraceus (N)		x	x
Stellaria media (E)		x	x
Tagetes minuta (N)		x	x
Taraxacum officinale (E)		x	x
Trifolium pratense (E)		x	x
Trifolium repens (E)	x	x	x
Urtica urens (E)			x
Wedelia glauca (N)		x	x
Pastos			
Avena			x
Bothriochloa lagunoides (N)	x		
Briza subaristata (N)	x		
Bromus unioloides (N)	x	x	x
Cortaderia sp (N)			x
Cynodon dactilon (E)	x	x	x
Deyeuxia sp (N)	x		
Digitaria sanguinalis (E)		x	x
Echinoclhoa crus- galli (E)	x		
Lolium mulitflorum (E)	x	x	x
Paspalum dilatatum (N)		x	x
Phalaris canariensis (E)		x	x
Poa annua (E)	x	x	x
Setaria geniculata (N)	x		
Sorghum halepense (E)	x	x	x
Sporobolus sp (N)			x
Stipa sp (N)	x	x	x
Arboles o arbustos			
Celtis tala (N) *			x
Crataegus sp (E)			x
Gleditisa triacanthos (E)			x
Morus alba (E)		x	x
Populus alba (E)			x
Salix sp (E)			x

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN ACTUAL DE LOS AMBIENTES DEL ÁREA Y COMPARACION DE LAS COMUNIDADES DE ROEDORES

IV.1. Introducción

Como se mencionó en el Capítulo II, el área de estudio está ubicada en la pampa ondulada, donde la vegetación original correspondía en años húmedos a una pradera con una cobertura vegetal mayor al 90%, mientras que en años más secos se asemejaba a una pseudo-estepa. Las comunidades vegetales características eran los "flechillares", dominadas por especies de los géneros Stipa, Paspalum, Piptochaetium, Aristida y Bothriochloa, entre otros (Carta de suelos INTA 1974). Otras comunidades vegetales se encontraban asociadas a zonas bajas (arroyos, cañadas y lagunas), como los pajonales de Paspalum quadrifarium, o los cardales de Eryngium. En zonas de estancamiento de agua permanente se desarrollaban juncales y totorales. Una característica de los pastizales pampeanos era la ausencia de árboles nativos (Carta de suelos INTA, 1974, Soriano, 1992).

Actualmente, quedan muy pocos relictos de pastizales, con una composición de especies modificada debido a la presencia de una mayor proporción de especies anuales y de especies exóticas (Cabrera, 1976, Ghersa y León, 1999a). Por otro lado, la mayor parte del área ocupada anteriormente por pastizales ha sido ocupada por campos de cultivo y pastoreo de tamaño variable, entre 4 y 25 ha, que suelen estar separados entre sí por alambrados. Los cultivos más comunes son el trigo, maíz, soja y girasol. Bajo las líneas de alambrados y a sus costados (cubriendo aproximadamente dos metros hacia cada lado)

donde no pasan las máquinas de labranza, se desarrollan comunidades vegetales espontáneas de fisonomía similar a la vegetación original, y donde se presentan algunas especies nativas acompañadas por una gran variedad de especies exóticas (Mills et al. 1991, Bilenca y Kravetz 1995, Busch et al. 2001, Bucsh et al. 2005). Este tipo de comunidades se presentan también en otros ambientes longitudinales, como bordes de caminos, arroyos y terraplenes de ferrocarril (Crespo 1966, Soriano 1992).

Las comunidades de malezas en los cultivos muestran mayor cantidad de especies, una gran proporción de exóticas y una mayor proporción de dicotiledóneas herbáceas que los pastizales naturales (Ghersa y León 1999 a, Feldman et al. 1998). Otro cambio notorio en la fisonomía vegetal del área tiene su origen en la plantación de árboles, especialmente en los alrededores de los establecimientos humanos (Cabrera 1976, León et al. 1984, Soriano et al. 1991, Burkart 1999). Muchas especies de árboles se han naturalizado y establecido sobre los márgenes de caminos secundarios y arroyos. Ghersa y León (1999 a y b) y Ghersa et al. (2002 a) analizaron los cambios sucesionales en los agroecosistemas de la pampa ondulada y detectaron la invasión de 40 especies leñosas, entre las más frecuentes se encuentran la mora (Morus alba), la acacia negra (Gleditsia triacanthos), el Eucaliptus sp y el paraíso (Melia azederach).

Otros tipos de ambientes presentes actualmente en el área son las urbanizaciones (caseríos) y los establecimientos de cría intensiva, como criaderos de aves, de cerdos, tambos y feed lots.

Los ambientes anteriormente descriptos se diferencian según su origen, fisonomía, composición de la vegetación y su representación en el ambiente. Los pastizales, los campos de cultivo y sus bordes, márgenes de arroyos y terraplenes de ferrocarril son derivados del ambiente original de la pampa, mientras que los montes, las granjas avícolas

y los establecimientos urbanos son ambientes creados por el hombre. Mientras que los campos de cultivo se encuentran en gran proporción, el resto de los ambientes ocupa una pequeña proporción del área total. Los arroyos se caracterizan por tener una vegetación herbácea espontánea asociada a condiciones húmedas y en algunos casos se encuentran secos en ciertos momentos del año. Los montes son pequeñas parcelas de entre 0,5 y 2,5 hectáreas compuestas por árboles de unos 5 m de altura y sus juveniles y con su suelo cubierto por broza. Las zonas urbanas estudiadas fueron pequeños pueblos de alrededor de 500 habitantes dispersos entre campos de cultivo, pastizales y granjas avícolas, con la mayoría de las calles sin pavimentar. La actividad principal en el área de estudio es el trabajo rural.

Las comunidades de roedores nativos presentes en el área se caracterizan por la presencia de especies de pastizal, como el caso típico de A. azarae, cuyo nombre común es "ratón del pastizal pampeano", y las especies del género Calomys (C. laucha y C. musculinus). Sin embargo, están acompañadas por otras especies características de hábitos ribereños o de climas subtropicales, como O. flavescens y O. rufus. Los ambientes con vegetación espontánea que se desarrollan bajo las alambradas que rodean los campos de cultivo, las banquinas, los terraplenes y los márgenes de cursos de agua son de gran importancia ya que actúan como "corredores" que conectan los fragmentos de pastizales que pudieran encontrarse en el paisaje (La Polla y Barret, 1993, Bilenca y Miñarro 2004). Los fragmentos también pueden funcionar como refugios para muchas especies que se dispersan desde los cultivos, cuando son perturbados por las labores agrícolas (de Villafañe et al. 1977, Fitzgibbon 1997).

Durante las últimas décadas en la región Pampeana ha habido una tendencia a la simplificación de los ambientes, con la transformación de pastizales en campos de cultivo,

y la disminución de la representación de los bordes de cultivo, ya sea porque son también cultivados, como por el aumento del tamaño de las parcelas cultivadas, que reduce la relación perímetro/área (Poggio et al. 2010).

Para el análisis del efecto sobre las comunidades de roedores de los cambios ocurridos o que podrían ocurrir en la región pampeana es necesario tener en cuenta las características de los distintos ambientes presentes, su representación proporcional y las afinidades de hábitat de las especies de roedores. A su vez, los efectos pueden mostrar diferencias según la escala espacial considerada, ya que los cambios en la representación de distintos ambientes o la aparición de ambientes nuevos en un área podrían producir cambios en la abundancia relativa de los roedores aún cuando la composición de cada ambiente no haya variado, es decir, habría cambios en la diversidad a escala de paisaje (diversidad γ) sin cambios en la diversidad a escala local (diversidad α).

La composición y diversidad de la comunidad de roedores varía según el ambiente y la estación del año. Trabajos anteriores han mostrado que a escala de macrohábitat las especies difieren en su patrón de uso de hábitat, debido tanto a características de las especies como al efecto de la competencia interespecífica. Mientras que A. azarae y O. flavescens muestran preferencia por los bordes, C. laucha es más abundante en los campos y muestra cambios estacionales en el uso de hábitat (Busch et al. 1997). Aunque todas las especies de roedores utilizan en cierto grado ambos hábitats, se ha observado que las zonas de los campos de cultivo cercanas a los bordes (hasta distancias de 50 m) son más utilizadas que las áreas alejadas (Manrique 2000, Hodara et al 2003). Si bien hay antecedentes de la existencia de diferencias en las comunidades de roedores entre campos con diferente cultivo y formas de manejo (Busch et al. 1984, Kravetz et al. 1986, Mills et al. 1991, Busch et al. 1997), es escaso el conocimiento acerca de los ensambles de roedores en los pequeños

fragmentos de hábitat menos perturbados, como terraplenes de ferrocarril, márgenes de arroyos, montes, pastizales naturales o campos abandonados. Por otro lado, hasta el presente se han realizado descripciones de las comunidades de roedores en los distintos ambientes, sin ponderar las relaciones de área de éstos y su efecto sobre la composición de especies a una escala de paisaje.

IV.2. Objetivos

General:

Analizar el rol de los distintos ambientes en la determinación de la diversidad, composición específica y abundancia de la comunidad de roedores del área de estudio.

Particulares:

a. Identificar los distintos ambientes presentes en el área de estudio y estimar su representación relativa.

b. Describir los distintos ambientes en cuanto al origen, uso, perturbación y vegetación.

c. Describir la riqueza específica, diversidad y composición específica de la comunidad de roedores en cada ambiente y comparar la composición específica entre ambientes.

d. Describir la distribución de las especies entre ambientes.

e. Describir la diversidad y composición específica del área.

f. Evaluar los cambios en la composición de especies a escala de paisaje bajo distintos escenarios de cambios en el uso de la tierra y teniendo en cuenta las tendencias de variación a lo largo de los años analizadas en el Capítulo III.

IV.3. Materiales y Métodos

IV.3.1. Descripción de los ambientes

Para la descripción del paisaje actual y para establecer los distintos tipos de ambientes presentes en el área se realizaron recorridas por caminos principales y secundarios, abarcando un área aproximada de 1000 km^2. En este relevamiento se registraron las parcelas destinadas a distintos cultivos y a los distintos tipos de ambiente en la cartografía correspondiente a Exaltación de la Cruz, Provincia de Buenos Aires (escala: 1:25000).

A partir de estos relevamientos se definieron distintos ambientes según el origen y el grado de intervención antrópica: desde granjas avícolas y casas, campos de cultivo, bordes de pastizales y de campos de cultivo, pastizales, montes, terraplenes de vías y márgenes de arroyos. En cada sitio estudiado se registraron el porcentaje de cobertura vegetal total y verde, las especies vegetales dominantes y la altura de la vegetación. Se consideró además el tipo de cultivo sembrado y el estado de desarrollo del mismo.

Se utilizaron mapas del área e imágenes del Google Earth para determinar las proporciones ocupadas por los distintos ambientes.

IV.3.2. Muestreo de roedores

En cada uno de los ambientes definidos se realizaron muestreos estacionales de roedores desde junio de 2006 hasta marzo de 2008. Los muestreos se hicieron estacionales a fin de cubrir todos los estadíos fenológicos de los cultivos presentes (etapas iniciales, cultivos maduros y rastrojos) y las distintas etapas del ciclo poblacional de los roedores. En cada muestreo se estudiaron tres sitios de cada uno de los distintos ambientes presentes,

excepto en las granjas avícolas, y para el caso de los cultivos y sus bordes se muestrearon tres sitios de cada tipo de cultivo y sus bordes. En total se muestrearon 284 sitios distintos en 8 de los ambientes estudiados, y 30 granjas avícolas. Cada sitio fue ubicado geográficamente mediante un Global Positioning System (GPS GARMIN ETREX LEGEND).

En cada uno de los sitios muestreados se instalaron 15 trampas de captura viva tipo Sherman separadas entre sí por 10 metros de distancia, salvo en las parcelas de cultivo y las granjas avícolas. En las parcelas de cultivo, que incluyen el campo y sus bordes, se instaló un total de 30 trampas en dos líneas paralelas de 15 trampas cada una, una en uno de los bordes del campo y otra 20 metros hacia dentro del mismo.

Para el estudio de las granjas avícolas se utilizaron datos de muestreos de captura, marcado y recaptura en otoño, primavera y verano de 2005 y en el otoño de 2006, realizados por León (2009), donde se instalaron 10 trampas rodeando cada uno de los galpones de pollos presentes durante tres noches consecutivas. Dado que la composición específica y las abundancias en estos ambientes no varían a lo largo de los años, en esta tesis se priorizó realizar el esfuerzo de captura en otros ambientes.

De los roedores capturados en cada sitio muestreado se registraron la fecha y ubicación espacial de cada captura, especie y sexo de cada individuo capturado, presencia o ausencia de heridas o cicatrices, peso corporal, largo del cuerpo y estado reproductivo. Se los marcó individualmente con caravanas numeradas y luego fueron liberados en el sitio de captura.

IV.3.3. Análisis de datos

Se estimó la abundancia total y de cada una de las especies de roedores en cada sitio estudiado, al igual que en el Capítulo III, mediante el índice de Éxito de Captura (TS = número de capturas originales/ número de trampas X número de noches) en cada uno de los ambientes y en cada época del año.

Se estimaron la diversidad mediante el índice H de Shannon-Wiener ($H' = - \Sigma p_i \ln p_i$, donde p_i es la abundancia proporcional de la especie 'i'), la equitatividad ($E = H'/\ln S$, donde S es la riqueza) y la abundancia relativa de cada una de las especies y se hicieron regresiones lineales simples entre la abundancia total y la diversidad, la equitatividad y el número de especies presentes por ambiente. Se consideraron en conjunto los datos correspondientes a los dos años de muestreo (Objetivo c).

A fin de establecer si los distintos ambientes definidos diferían en cuanto a la composición específica y abundancias relativas de la comunidad de roedores (Objetivo c) se realizó un análisis de componentes principales (INFOSTAT 2009). Los datos utilizados fueron las abundancias de cada especie por ambiente y por período del año (otoño, invierno, primavera, verano), sin discriminar entre los años muestreados. Se consideró la abundancia estandarizada debido a que las variables muestran distinto rango de variación de la abundancia. Se retuvieron los componentes principales que tuvieran autovalores mayores a 1, ya que éstos son los que explican mayor proporción de la varianza que cada una de las variables originales (Quinn y Keough 2002, INFOSTAT 2009).

A fin de analizar si las especies estudiadas se distribuían en forma heterogénea según los ambientes y períodos de muestreo (Objetivo d) se realizaron análisis log lineales en base a las frecuencias de sitios con presencia de cada especie para cada ambiente y período de muestreo (independientemente de la abundancia y sin discriminar años). Las

frecuencias se calcularon en base al número de sitios con al menos una captura en relación al número de sitios muestreados para cada ambiente. En caso de obtener resultados significativos para alguno o ambos de los factores en el log lineal, se calcularon para cada factor por separado las frecuencias esperadas de cada categoría. Para comparar el IDR (índice de densidad relativa) de las distintas especies entre los ambientes muestreados se realizó un análisis de Kruskal Wallis. Se consideraron en conjunto para cada estación del año los datos correspondientes a los dos años de muestreo. Para determinar qué ambientes diferían entre sí cuando el test de Kruskal Wallis dio significativo, se realizaron contrastes para tamaños de muestras desiguales (Zar 1996).

Para determinar la diversidad y la composición específica del área (Objetivo e) se estimó la contribución relativa de cada ambiente a la abundancia de roedores, multiplicando la proporción del área ocupada por cada ambiente por la densidad de cada especie en ese ambiente.

A fin de evaluar el efecto de posibles cambios en el uso de la tierra sobre la composición de especies de roedores a escala de paisaje (Objetivo f) se consideraron 11 escenarios posibles. En todos los casos se asumió un incremento en el área ocupada por granjas, cultivos y ambientes urbanos y una disminución en el área de bordes de cultivo, bordes de pastizales, pastizales y montes. Asumimos que no habría modificaciones en los arroyos y vías. Para los escenarios 1 y 2 se consideraron sólo cambios en las proporciones de los ambientes, para los escenarios 3 a 6 se consideraron las mismas proporciones que en el 2, pero asumiendo que los roedores utilizan sólo la zona del campo de cultivo ubicada a menos de 50 m del borde, y que un incremento de la proporción de campos estaría asociado a un incremento en el tamaño de las parcelas y por lo tanto una mayor proporción del campo no utilizado por los roedores. La distancia fue elegida de acuerdo a Busch y Hodara

(2003). Para estos escenarios se consideraron tamaños crecientes de parcelas (4, 9, 16 y 64 ha) asociadas a porcentajes decrecientes de uso por parte de los roedores (75, 55.55, 43.75 y 23.44%). Para los escenarios 7 a 11 se consideraron las mismas áreas relativas de los ambientes que para los escenarios 2 a 6, pero se partió de una proporción de las abundancias de las especies considerando una disminución en las abundancias de C. laucha y C. musculinus estimada a partir de las ecuaciones obtenidas en el capítulo III y considerando un período de tiempo de 10 años.

Tabla IV.1: Proporción del área ocupada por los distintos ambientes presentes en el área de estudio y los posibles escenarios de cambio planteados.

Ambientes	Proporción del área ocupada	Escenario1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
Arroyo	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31
Borde de cultivos	2.35	1.175	0.7833	0.7833	0.7833	0.7833	0.7833
Borde de pastizal	0.07	0.035	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233	0.0233
Cultivo	88.37	91.3	91.76	68.82	50.9268	40.145	21.508544
granja	0.33	1	2	2	2	2	2
Monte	1.08	0.75	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Pastizal	2.73	1	0	0	0	0	0
Urbano	0.54	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Vía	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13

IV.4. Resultados

IV.4.1. Representación de los distintos ambientes en el área

Los campos de cultivo ocupan más del 88 % del área de estudio, mientras que el resto de los ambientes ocupan entre un 3 y un 0,07% (Tabla IV.1 a). De acuerdo a la característica de la vegetación de los ambientes más abundantes, la mayor parte del área presenta sólo un estrato herbáceo, mientras que los árboles se encuentran sólo en los ambientes longitudinales, como bordes, arroyos, vías y en las plantaciones alrededor de las casas y los montes, que en su mayoría rodeaban casas actualmente abandonadas (Tabla IV.1 b).

Tabla IV.1 a: Descripción de los ambientes muestreados según su origen, perturbación, aplicación de agroquímicos, estacionalidad y porcentaje del área que cubren.

Ambientes	**Origen**	**Perturbación**	**Aplicación de agroquímicos**	**Estacionalidad**	**% del área que cubren**
Arroyo	Ambiente original de la Pampa	Baja	No	Sí	2.31
Borde de cultivos	Ambiente original de la Pampa	Media	Medio	Sí	2.35
Borde de Pastizal	Ambiente original de la Pampa	Media	No	Sí	0.07
Cultivo	Ambiente original de la Pampa / Antrópico	Alta	Sí	Sí	88.37
Granja	Antrópico	Alta	Sí	No	0.33
Monte	Antrópico	Media	No	Sí	1.08
Pastizal	Ambiente original de la Pampa / Antrópico	Baja/Media	No	Sí	2.73
Urbano	Antrópico	Alta	No	No	0.54
Vías	Ambiente original de la Pampa / Antrópico	Media	No	Sí	1.13
Rutas	Antrópico	Alta	No	No	1.08

Tabla IV.1 b: Descripción de los ambientes muestreados según el porcentaje de cobertura verde y total, los estratos presentes y las especies vegetales dominantes en cada uno de ellos para los muestreos realizados entre junio de 2006 y marzo de 2008.

Ambientes	**% de cobertura verde promedio**	**% de cobertura total promedio**	**Estratos de vegetación**	**Especies Dominantes**
Arroyo	71	94	Estrato herbáceo: Estrato arbustivo: Estrato arbóreo:	Cynodon dactilon Eryngium sp. Taraxacum sp. Hydrocotyle sp. Juncus sp. Ligustrum sinense Juncus sp. Ciperaceas Baccharis sp. Salix sp. Populus sp. Parkinsonia sp. Morus alba
Borde de cultivos	50	90	Estrato herbáceo: Estrato arbustivo: Estrato arbóreo:	Baccharis sp. Cynodon dactilon Eryngium sp. Dipsacus fullonum Senecio sp. Stipa sp. Sorghum halepense Baccharis sp. Bidens sp. Eryngium sp. Celtis tala Eucaiptus sp. Thuja sp. Celtis tala. Casuarina sp.
Borde de Pastizal	58	91	Estrato herbáceo:	Cynodon dactilon Dipsacus fullonum Senecio sp.

			Estrato arbustivo: Estrato arbóreo:	Sorghum halepense Stipa sp. Carduus acanthoides Baccharis sp. Eryngium sp. Melia azederach Crataegus Celtis tala. Gleditsia triacanthos
Cultivo	49	63	Estrato herbáceo:	Cynodon dactilon Senecio sp. Stellaria media Dipsacus fullonum Sorghum halepense
Monte	52	90	Estrato herbáceo: Estrato arbustivo: Estrato arbóreo:	Bromus sp. Conium sp. Cynodon dactilon Ligustrum lucidum Ligustrum sinense Melia azederach Eucaliptus sp. Gleditsia triacanthos Celtis tala Salix sp.
Pastizal	57	83	Estrato herbáceo:	Cynodon dactilon Senecio sp. Stipa sp. Bidens sp. Eryngium sp. Juncus sp. Carduus acanthoides
Urbano	90	90	Estrato herbáceo: Estrato Arbóreo:	Paspalum sp. Taraxacum sp. Trifolium sp. Cynodon dactilon Dichondra sp. Elaeagnus sp. Ligustrum lucidum Eucalyptus sp. Morus alba

Vías	52	79	Estrato herbáceo: Estrato arbustivo: Estrato arbóreo:	Dipsacus fullonum Eryngium sp. Sorghum halepense Conium sp. Stipa sp. Baccharis sp. Cortaderia sp. Dipsacus fullonum Gleditsia triacanthos Melia azederach Morus alba Celtis tala .

IV.4.2. Diversidad y composición específica de las comunidades de roedores de los distintos ambientes definidos

En todos los ambientes excepto en las granjas avícolas, se capturaron un total de 635 individuos de 6 especies de roedores: A. azarae (428), O. flavescens (53), O. rufus (60), C. musculinus (29), C. laucha (51) y M. musculus (14), con un esfuerzo de captura total de 8370 trampas noche. En las granjas avícolas se capturaron un total de 781 individuos (75 A. azarae, 6 O. flavescens, 7 O. rufus, 15 C. laucha y 678 M. musculus), con un esfuerzo de captura total de 3840 trampas noche. La abundancia total de roedores y el número de especies presentes variaron según el ambiente (Tabla IV.2, Fig. IV.1 a y b). Los ambientes con menor número de especies fueron los urbanos, mientras que en los bordes de campos de cultivo, los de pastizal y en los arroyos se capturaron todas las especies (considerando los dos períodos). Los montes y las vías fueron los más equitativos en cuanto a la distribución de individuos entre especies (Tabla IV.2, Fig. IV.1 a y b).

Tabla IV.2: Descripción de la riqueza específica (S), la diversidad de Shannon- Wiener (H´), la equitatividad (E) y la composición específica de cada ambiente estudiado en los muestreos realizados durante los años 2006 - 2008. Aa: Akodon azarae, Of: Oligoryzomys flavescens, Or: Oxymycterus rufus, Cm: Calomys musculinus, Cl: C. laucha, Mm: Mus musculus.

Ambiente	**S**	**H´**	**E**	**IDR total**	**%Aa**	**%Of**	**%Or**	**%Cm**	**%Cl**	**%Mm**
Arroyo	6	0.837	0.467	0.058	74.603	3.175	9.524	6.349	3.175	3.175
Borde de cultivos	6	0.979	0.546	0.083	72.175	6.279	10.828	4.933	5.337	0.448
Borde de pastizal	6	1.132	0.632	0.100	63.494	15.864	11.350	0.929	5.575	2.788
Cultivo	4	0,8297	0,5985	0.024	63.674	0.000	6.412	5.579	23.469	0.866
Granja	5	0.528	0.328	4.250	10.824	1.176	0.706	0.000	1.647	85.647
Monte	4	1.069	0.771	0.021	50.482	36.013	9.003	4.502	0.000	0.000
Pastizal	4	0.700	0.505	0.042	75.556	0.000	11.111	2.222	11.111	0.000
Urbano	2	0.334	0.000	0.008	22.222	0.000	0.000	0.000	0.000	77.778
Vía	4	1.036	0.748	0.034	62.192	18.904	13.699	0.000	5.205	0.000
Todos	6	0.704	0.393	4.619	15.294	1.876	1.482	0.258	2.032	79.058

El número de especies por ambiente mostró una relación positiva y marginalmente significativa con el IDR total, mientras que la diversidad (H´) y la equitatividad (E) no mostraron ninguna relación con la abundancia total (Tabla IV.3 a, b y c).

Tabla IV.3 a: Regresión lineal simple entre el IDR total y el número de especies presentes por ambiente.

	Beta	Error Estándar	B	Error Estándar	t(7)	p
Ordenada			2,860	0,569	5,025	0,001
IDR total	0,604	0,301	0,682	0,340	2,005	0,085

Tabla IV.3 b: Regresión lineal simple entre el IDR total y la diversidad (H´).

	Beta	Error Estándar	B	Error Estándar	t(7)	p
Ordenada			0,7713	0,167	4,624	0,002
IDR total	-0,065	0,377	-0,017	0,099	-0,172	0,868

Tabla IV.3 c: Regresión lineal simple entre el IDR total y la equitatividad (E)

	Beta	Error Estándar	B	Error Estándar	t(7)	P
Ordenada			0,7713	0,167	4,624	0,002
IDR total	-0,389	0,348	-0,085	0,076	-0,119	0,300

El ambiente urbano se caracterizó por la baja abundancia de roedores y por la presencia de una sola especie en las ocasiones en que hubo captura: en invierno y primavera de 2006 y verano de 2006-07 M. musculus, y en invierno de 2007 y verano de 2007-08 A. azarae. Los cultivos presentaron baja abundancia de roedores y estuvieron presentes C. laucha, C. musculinus y A. azarae. Los pastizales variaron en composición y abundancia según el muestreo, se capturaron C. laucha, C. musculinus, A. azarae y O. rufus. El resto de los ambientes estudiados también mostraron variaciones según el muestreo. En el período 2007 – 2008 hubo un aumento en el número de ambientes en donde se encontró O. rufus, mientras que en los muestreos del 2006 estaba presente en los bordes, vías y arroyos, en los muestreos del 2007 se encontró en los bordes, vías, arroyos, montes y pastizales (Fig. IV.1 a y b).

Los muestreos de mayor captura media fueron los de otoño de 2006 y de 2007 (0.070; 0.141 respectivamente). En el primer período la mayor captura promedio fue en los bordes de cultivo (0.175, correspondiente a 43.75 individuos/ha) seguida por los bordes de pastizal

(0.073), mientras que en el segundo período la mayor captura fue en los bordes de pastizal (0.283) seguida por los bordes de cultivo (0.167) (Fig. IV.1 a y b).

La mayor abundancia promedio de roedores en los campos de cultivo se encontró en los muestreos de verano de 2006 - 07 y 2007 - 08 y primavera de 2006 (0.052, 0.022 y 0.022 respectivamente, entre 1,3 y 0,55 individuos/ha; Fig. IV.1 a y b).

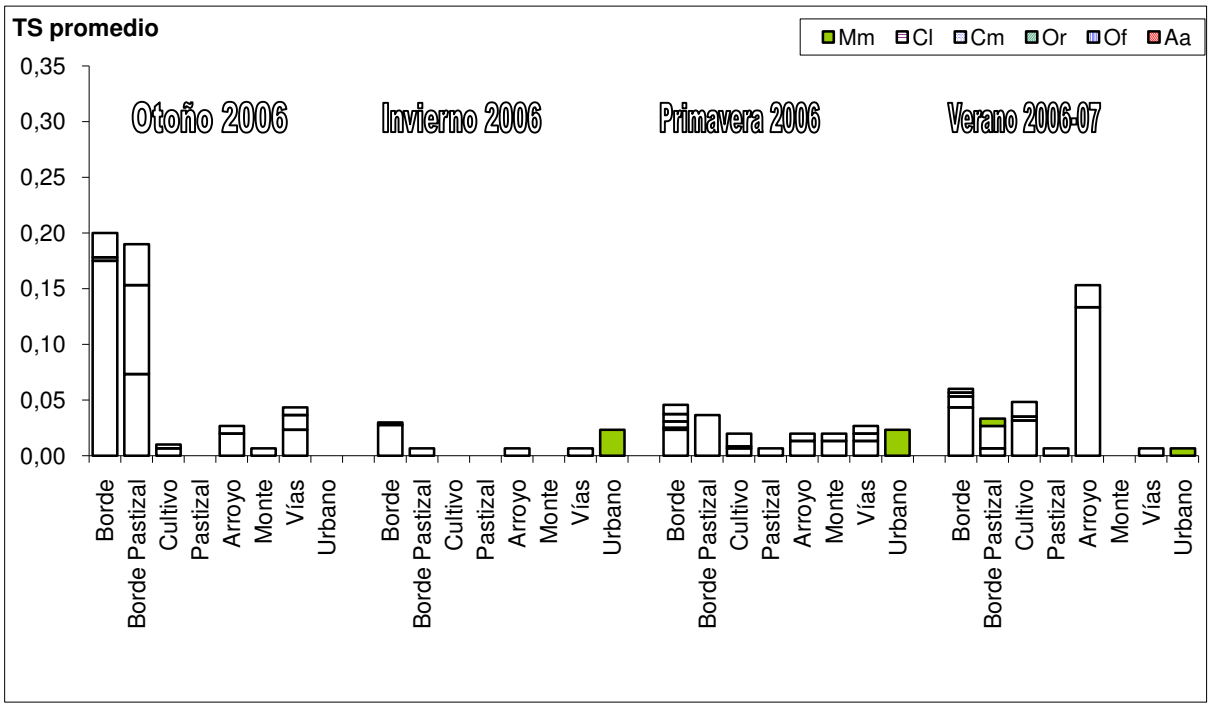

Figura IV.1 a: Abundancia relativa de las distintas especies por ambiente y fecha para los muestreos realizados durante los años 2006-07.

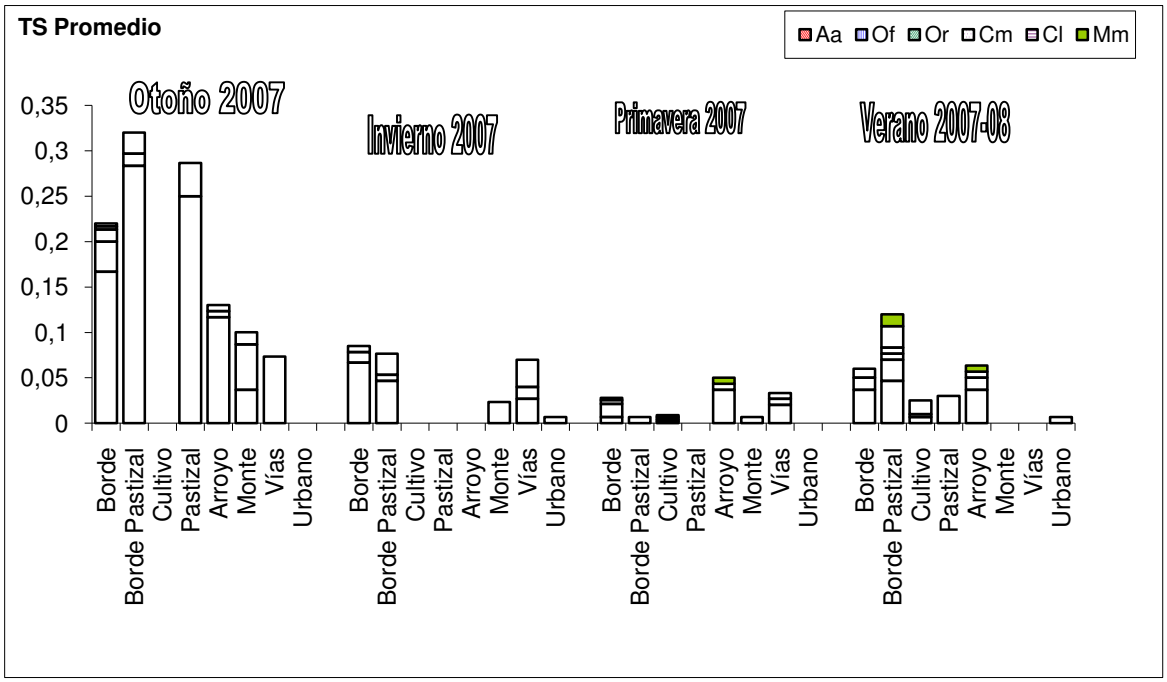

Figura IV.1 b: Abundancia relativa de las distintas especies por ambiente y fecha para los muestreos realizados durante los años 2007-08.

En las granjas se pudo observar una clara dominancia de M. musculus sobre las otras especies capturadas en todos los muestreos realizados. Además se capturaron A. azarae, O. flavescens, O. rufus y C. musculinus (Figura IV.2).

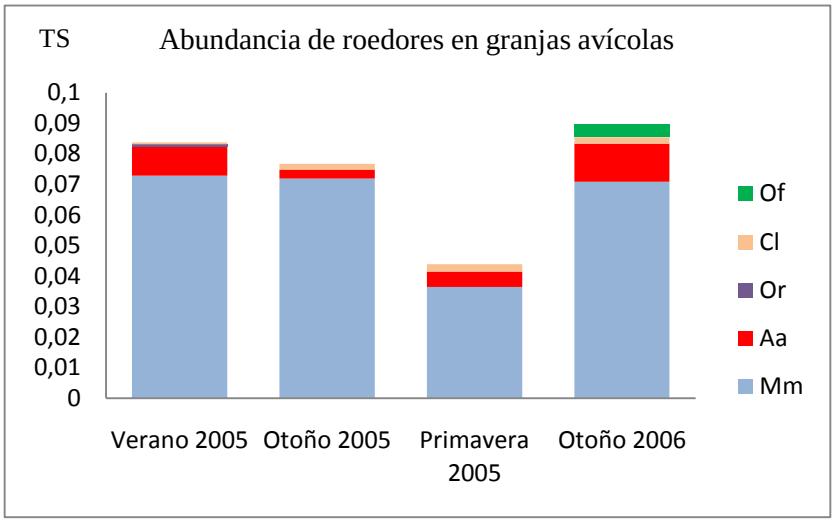

Figura IV.2: Índice de éxito de captura (TS) de las distintas especies de roedores en granjas avícolas en las estaciones muestreadas en los años 2005 y 2006.

A través del análisis de componentes principales se pudo observar la asociación entre las especies y los distintos ambientes estudiados en las cuatro estaciones del año. En verano los tres primeros componentes explicaron el 88% de la varianza total. Los ambientes bordes de cultivo y arroyo se asociaron con las especies silvestres C. musculinus, A. azarae y O. rufus (CP1), el ambiente borde de pastizal estuvo caracterizado por C. laucha y O. flavescens (CP2), mientras que las granjas se encontraron asociadas a M. musculus (CP3; Fig. IV.3 a y b; Tabla IV.4). En otoño los tres primeros ejes explicaron el 87% de la varianza total. Los ambientes bordes de pastizal y de cultivos se encontraron caracterizados por las especies silvestres A. azarae, O. flavescens y O. rufus (CP1), el ambiente arroyo estuvo caracterizado por la especie C. musculinus (CP2 y CP3) y las granjas por M. musculus y C. laucha (CP1 y CP2), siendo ésta la única estación del año en que una especie silvestre se encontró asociada al ambiente antrópico granjas (Fig. IV.4 a y b; Tabla IV.4). En invierno los dos primeros ejes explicaron el 77% de la varianza total. Los ambientes

borde de pastizal y vías estuvieron caracterizados por las especies O. flavescens y O. rufus (CP1), mientras que los borde de cultivos estuvieron caracterizados por C. musculinus y A. azarae (CP1 y CP2). Por otro lado, los ambientes urbanos, pastizal y monte se encontraron asociados a la especie antrópica M. musculus (CP1; Fig. IV.5; Tabla IV.4). En primavera los dos primeros ejes explicaron el 60% de la varianza total. Los ambientes bordes de cultivo y arroyos se asociaron con las especies silvestres A. azarae, C. musculinus y C. laucha (CP1), las granjas y ambientes urbanos se vieron caracterizados por M. musculus (CP1) y las vías por la especie O. flavescens (CP2; Fig. IV.6; Tabla IV.4).

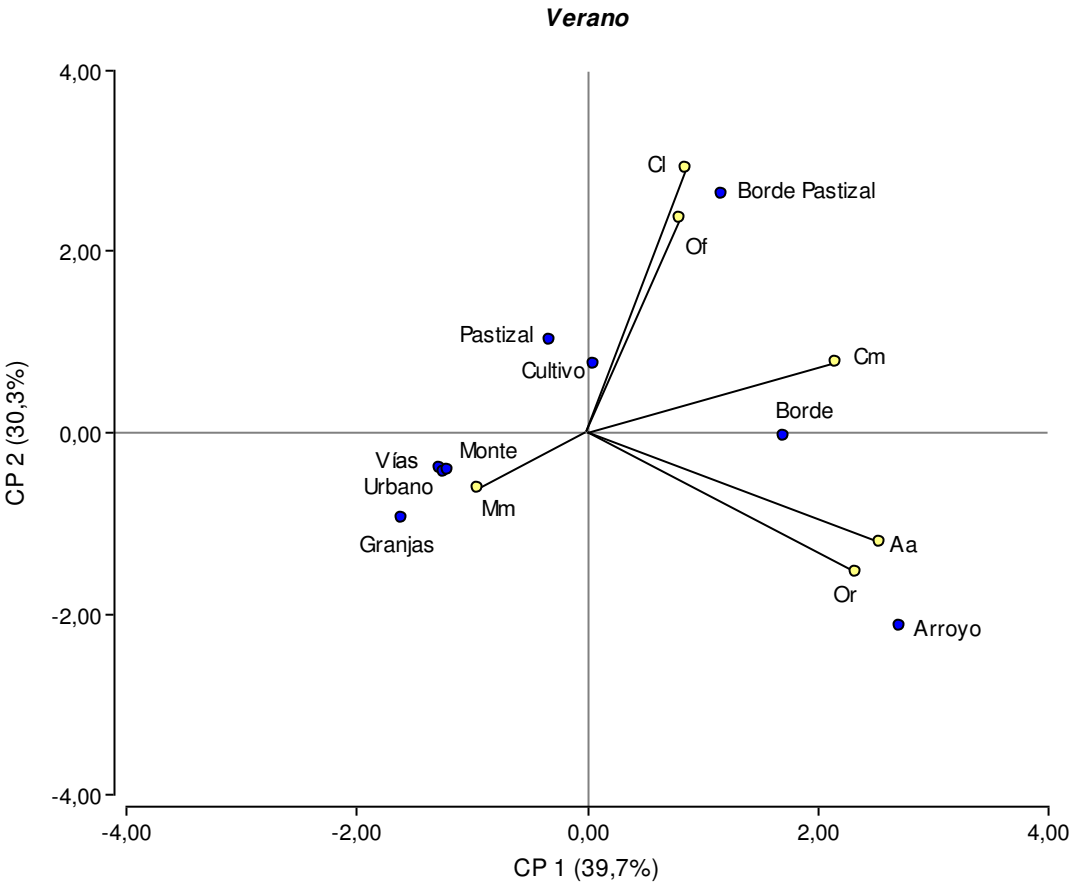

Figura IV.3 a: Biplot del análisis de componentes principales para el muestreo de verano, para los componentes principales 1 y 2. CP: componente principal, entre paréntesis se encuentra el porcentaje de varianza explicada por cada eje.

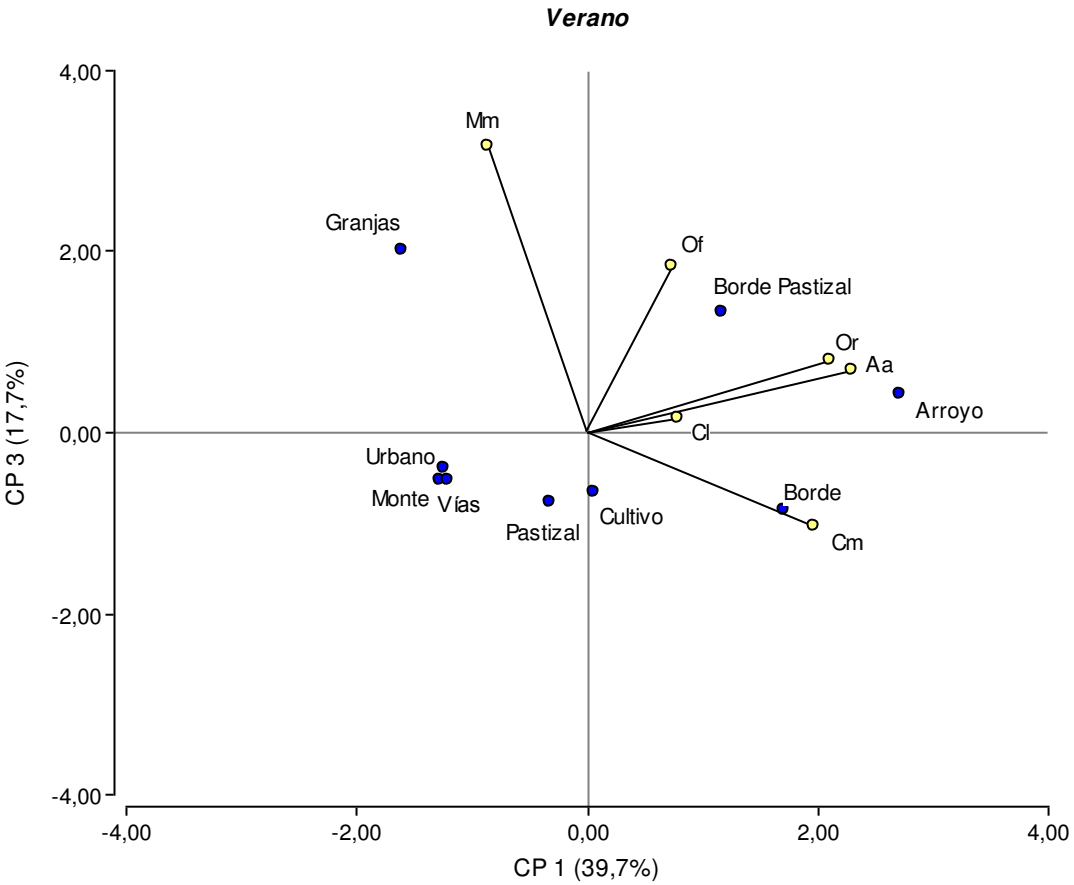

Figura IV.3 b: Biplot del análisis de componentes principales para el muestreo de verano, para los componentes principales 1 y 3. CP: componente principal, entre paréntesis se encuentra el porcentaje de varianza explicada por cada eje.

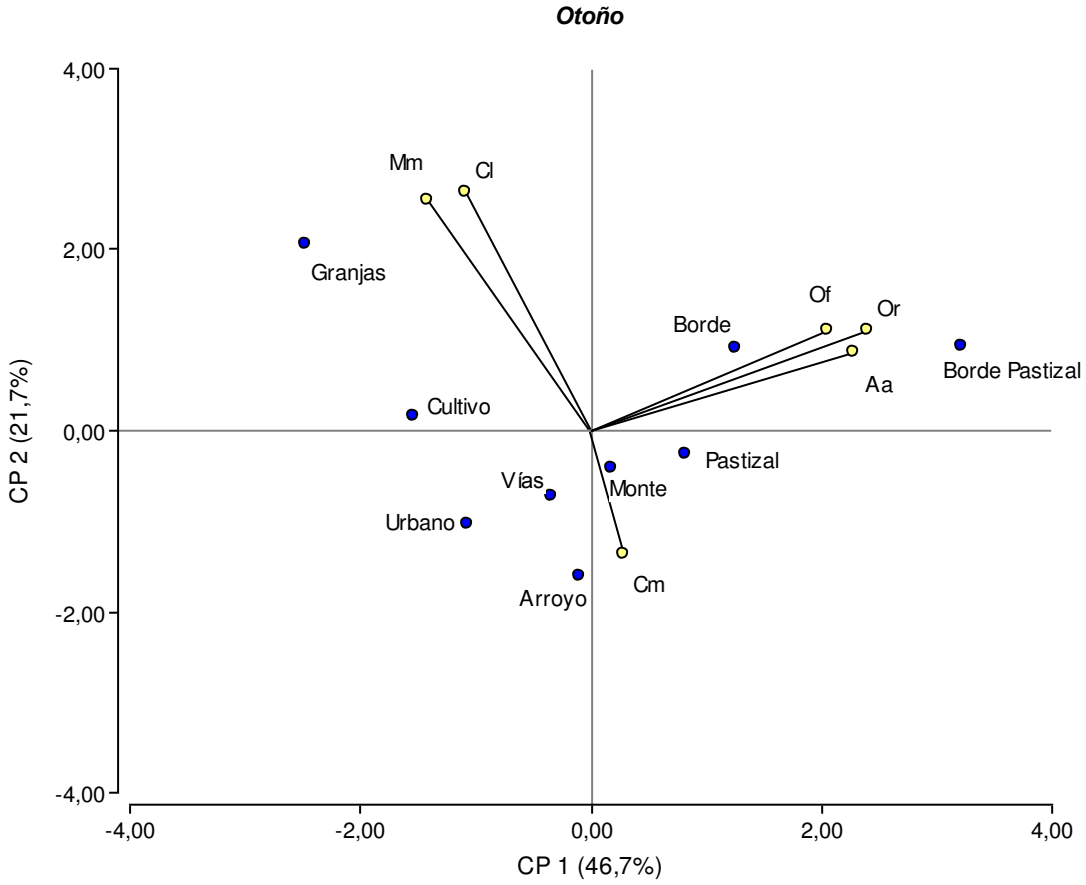

Figura IV.4 a: Biplot del análisis de componentes principales para el muestreo de otoño, para los componentes principales 1 y 2. CP: componente principal, entre paréntesis se encuentra el porcentaje de varianza explicada por cada eje.

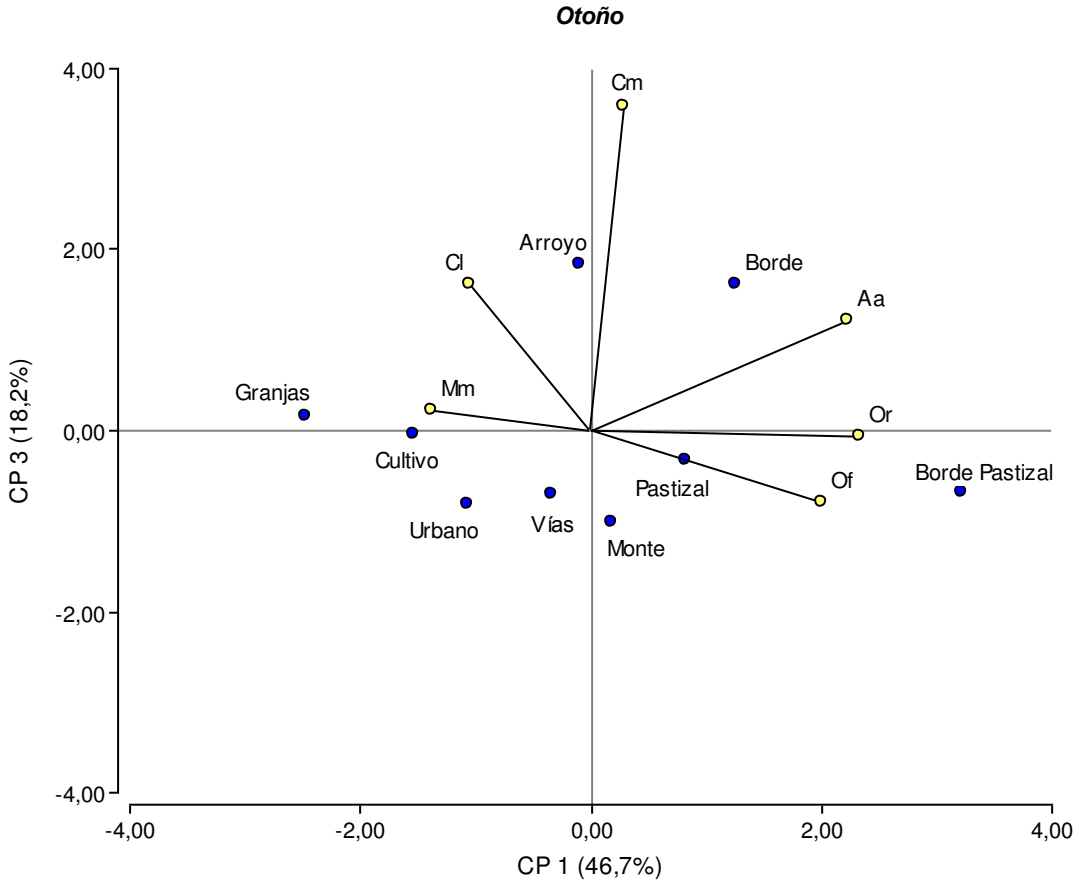

Figura IV.4 b: Biplot del análisis de componentes principales para el muestreo de otoño, para los componentes principales 1 y 3. CP: componente principal, entre paréntesis se encuentra el porcentaje de varianza explicada por cada eje.

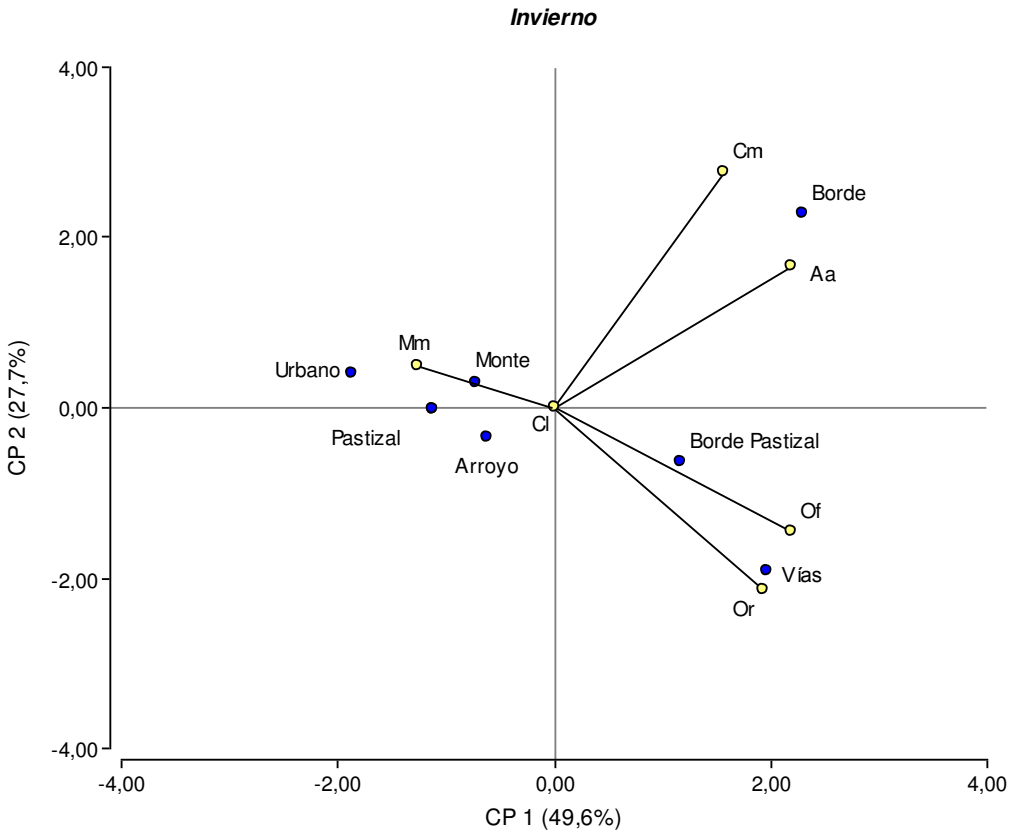

Figura IV.5: Biplot del análisis de componentes principales para el muestreo de invierno. CP: componente principal, entre paréntesis se encuentra el porcentaje de varianza explicada por cada eje.

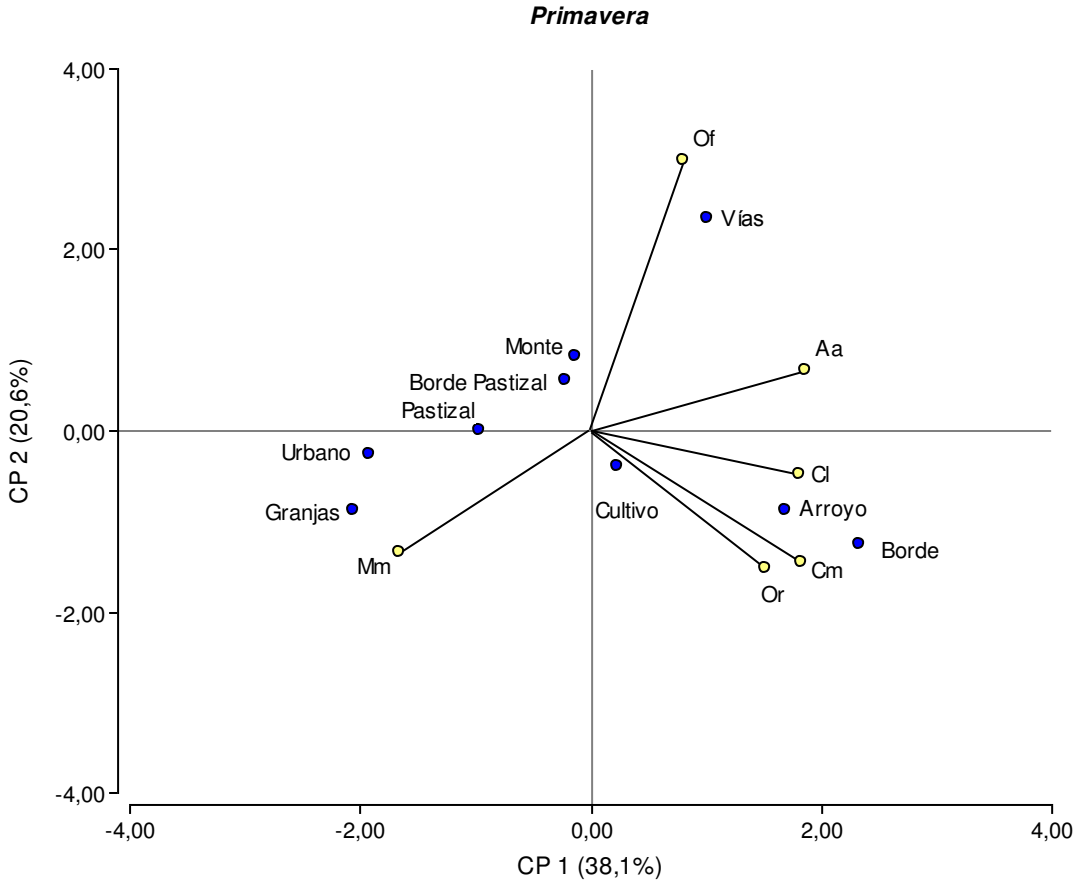

Figura IV.6: Biplot del análisis de componentes principales para el muestreo de primavera. CP: componente principal, entre paréntesis se encuentra el porcentaje de varianza explicada por cada eje.

Tabla IV.4: Resumen de la tabla de correlaciones del análisis de componentes principales con las variables originales. CP: componente principal. Entre paréntesis se encuentra el porcentaje de la varianza total explicada por los CP considerados.

	Verano (88%)			Otoño (87%)			Invierno (77%)		Primavera (59%)	
Especie	CP 1	CP 2	CP 3	CP 1	CP 2	CP 3	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2
A. azarae	0,90	-0,37	0,18	0,89	0,23	0,30	0,83	0,47	0,71	0,18
O. flavescens	0,29	0,73	0,48	0,80	0,30	-0,20	0,83	-0,41	0,31	0,83
O. rufus	0,83	-0,48	0,21	0,93	0,29	-0,02	0,73	-0,61	0,58	0,43
C. musculinus	0,77	0,24	-0,27	0,11	-0,36	0,89	0,59	0,78	0,69	-0,41
C. laucha	0,31	0,91	0,04	-0,42	0,70	0,40	0,02	-0,19	0,69	-0,13
M. musculus	-0,33	-0,19	0,83	-0,55	0,68	0,05	-0,48	0,14	-0,63	-0,38

IV.4.4. Distribución de las especies entre ambientes y épocas del año

IV.4.4 a. Frecuencias de captura por sitio

Según el análisis log- lineal, las dos especies de Calomys mostraron la menor diferencia en distribución según los períodos y ambientes. C. laucha no mostró diferencias en el número de sitios con presencia de al menos un ejemplar según el tiempo ni el ambiente, mientras que C. musculinus varió sólo según el tiempo. A. azarae, O. rufus y O. flavescens mostraron diferencias según los dos factores. Para ninguna de las especies hubo interacción significativa entre el efecto del período y el ambiente (Tabla IV.5). Analizando cada factor por separado, A. azarae mostró una menor frecuencia de captura que la esperada en invierno. En cuanto a su distribución por ambiente, los bordes de campos de cultivo mostraron mayores frecuencias de captura que lo esperado mientras que para los cultivos, pastizales y ambientes urbanos las frecuencias observadas fueron menores que las esperadas. Para O. flavescens, las frecuencias observadas fueron mayores que la esperadas

en otoño y menores en primavera. En cuanto a las variaciones por ambiente, fue más frecuente que lo esperado en los arroyos, bordes de cultivos y de pastizal, montes y vías, y menos frecuente que lo esperado en los cultivos, pastizales y ambientes urbanos. Para O. rufus, en otoño las frecuencias observadas fueron mayores que las esperadas, mientras que en verano fueron inferiores. Para esta especie, las frecuencias observadas en arroyos, bordes de cultivo y bordes de pastizal fueron mayores que las esperadas, mientras que en los cultivos, montes, pastizales, ambientes urbanos y vías fueron menores. M. musculus sólo mostró diferencias según el ambiente, siendo en las granjas las frecuencias mayores a las esperadas.

Tabla IV.5: Resumen del efecto del período del año y el ambiente sobre la frecuencia de captura de las distintas especies de acuerdo a los resultados del análisis Log- Lineal. Las granjas sólo fueron consideradas para M. musculus, y para esta especie sólo se consideraron las estaciones primavera, verano y otoño. Gl: Grados de libertad, Asoc. Parcial: Asociación parcial. Los valores significativos se encuentran resaltados en negritas.

	A. azarae		O. flavescens		O. rufus		C. musculinus		C. laucha		M. musculus	
	GL	Asoc. Parcial	GL	Asoc. Parcial	GL	P Asoc. Parcial	GL	Asoc. Parcial	GL	Asoc. Parcial	GL	Asoc. Parcial
Tiempo	3	0.545	3	0.409	3	0.029	3	0.403	3	0.160	2	0.905
Presencia	1	0.001	1	0.000	1	0.000	1	0.000	1	0.0000	1	0.000
Ambiente	7	0.000	7	0.000	7	0.000	7	0.000	7	0.000	8	0.000
Tiempo/Presencia	3	**0.001**	3	**0.030**	3	**0.012**	3	0.059	3	0.354	2	0.707
Tiempo/Ambiente	21	0.852	21	0.999	21	0.888	21	0.999	21	0.992	16	0.982
Presencia/Ambiente	7	**0.000**	7	**0.007**	7	**0.011**	7	0.938	7	0.881	8	**0.000**

IV.4.4 b. Abundancia por sitio

El éxito de captura de cada especie varió según el período del año y el ambiente (Fig. IV.7 a, b, c, d, e y f). A azarae fue la especie con mayor abundancia promedio en todos los muestreos, sin embargo el ambiente donde se encontró la mayor captura de esta especie varió según el muestreo. En otoño e invierno de 2006 y en el invierno de 2007 la mayor abundancia promedio fue en el borde (0.175, 0.028, 0.067 respectivamente), en primavera de 2006, otoño 2007 y verano 2007-08 fue en los bordes de pastizales (0.037, 0.287, 0.047 respectivamente) y en verano de 2006-07 y en primavera 2007 fue en los arroyos (0.133, 0.037 respectivamente; Fig. IV.7 a).

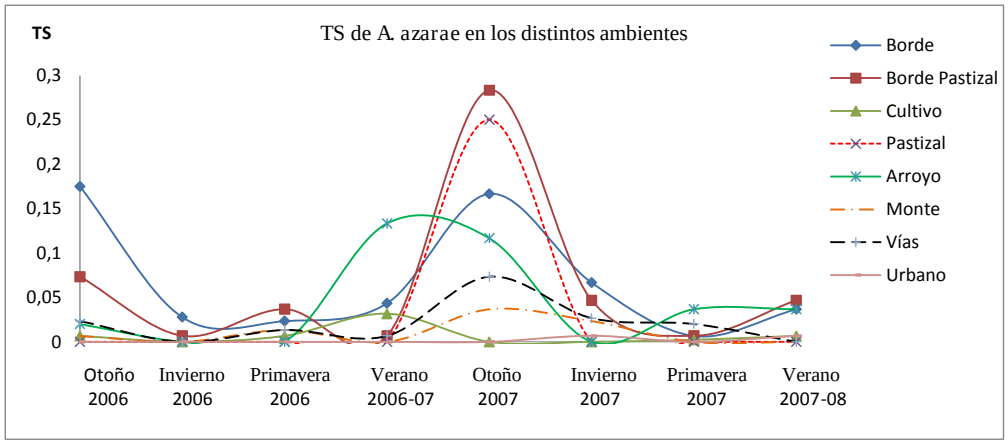

Figura IV.7 a: Éxito de captura de A. azarae en los distintos ambientes muestreados desde el otoño de 2006 hasta el verano de 2007-08. Se trazaron líneas continuas entre los muestreos, a pesar que éstos no fueron continuos a lo largo del tiempo estudiado, a fin de poder interpretar mejor los datos que se observan en el gráfico.

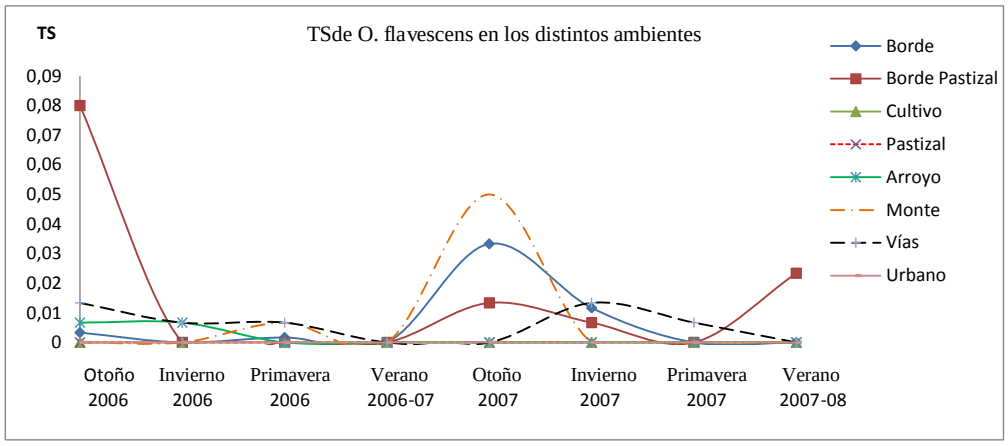

Figura IV.7 b: Éxito de captura de O. flavescens en los distintos ambientes muestreados desde el otoño de 2006 hasta el verano de 2007-08. Se trazaron líneas continuas entre los muestreos, a pesar que éstos no fueron continuos a lo largo del tiempo estudiado, a fin de poder interpretar mejor los datos que se observan en el gráfico.

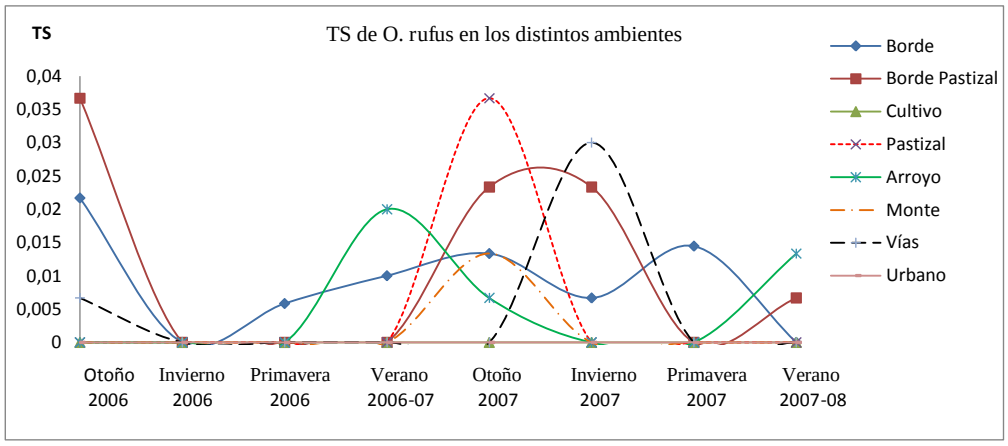

Figura IV.7 c: Éxito de captura de O. rufus en los distintos ambientes muestreados desde el otoño de 2006 hasta el verano de 2007-08. Se trazaron líneas continuas entre los muestreos, a pesar que éstos no fueron continuos a lo largo del tiempo estudiado, a fin de poder interpretar mejor los datos que se observan en el gráfico.

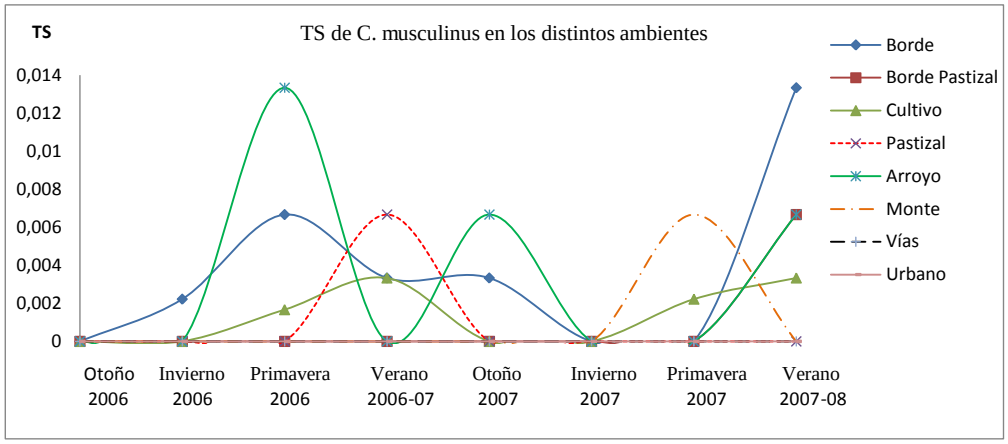

Figura IV.7 d: Éxito de captura de C. musculinus en los distintos ambientes muestreados desde el otoño de 2006 hasta el verano de 2007-08. Se trazaron líneas continuas entre los muestreos, a pesar que éstos no fueron continuos a lo largo del tiempo estudiado, a fin de poder interpretar mejor los datos que se observan en el gráfico.

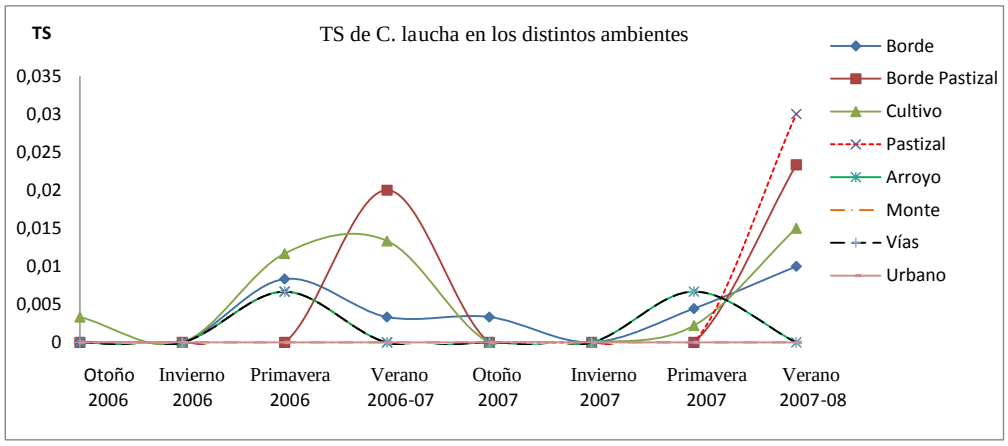

Figura IV.7 e: Éxito de captura de C. laucha en los distintos ambientes muestreados desde el otoño de 2006 hasta el verano de 2007-08. Se trazaron líneas continuas entre los muestreos, a pesar que éstos no fueron continuos a lo largo del tiempo estudiado, a fin de poder interpretar mejor los datos que se observan en el gráfico

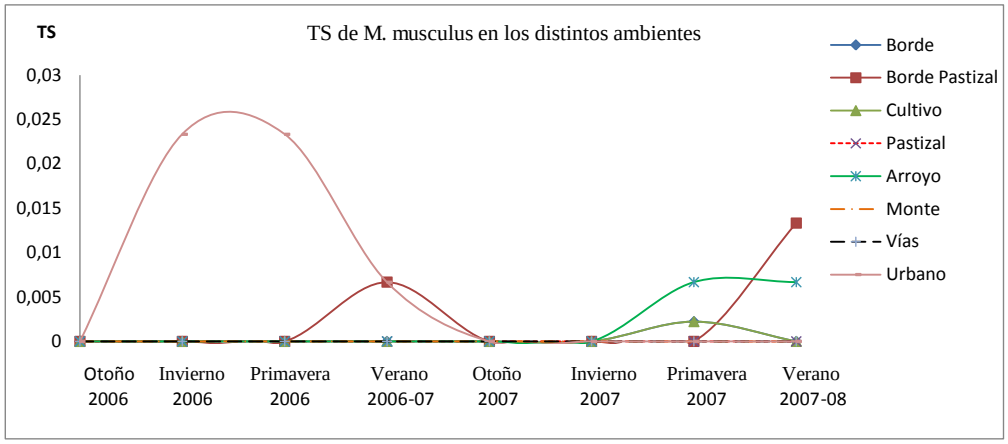

Figura IV.7 f: Éxito de captura de M. musculus en los distintos ambientes muestreados desde el otoño de 2006 hasta el verano de 2007-08. Se trazaron líneas continuas entre los muestreos, a pesar que éstos no fueron continuos a lo largo del tiempo estudiado, a fin de poder interpretar mejor los datos que se observan en el gráfico

La abundancia de las especies según el ambiente varió según el momento del año, en invierno A. azarae fue más abundante en bordes de cultivo que en campos de cultivo y pastizales, en otoño fue más abundante en bordes de cultivo y de pastizal que en campos, urbanos y granjas, mientras que en verano fue mas abundante en arroyos que en granjas, montes, pastizales, urbanos y vías. O. flavescens y O. rufus en otoño fueron más abundantes en bordes de pastizal que en campos de cultivo y granjas, mientras que O. flavescens en primavera fue más abundante en vías que en granjas, O. rufus en verano fue mas abundante en arroyos que en campos de cultivo. C. laucha no mostró diferencias en ninguna de las estaciones, mientras que C. musculinus en verano fue más abundante en los bordes de pastizal que en las granjas y en el resto de las estaciones no mostró diferencias. M. musculus fue más abundante en granjas en todas las estaciones en las que fue capturado en más de una ocasión (Tabla IV.6).

Tabla IV.6: Resultados del análisis de Kruskal Wallis para comparar el Éxito de captura de las distintas especies entre ambientes. Se consideraron en conjunto para cada estación del año los datos correspondientes a los dos años de muestreo. Para determinar qué ambientes diferían entre sí se realizaron contrastes para tamaños de muestras desiguales (Zar 1996). B: Bordes de cultivos, BP: Borde de Pastizal, C: cultivo, M: monte, A: arroyo, V: vía, U: urbano, P: pastizal, G: granja.

	Invierno	Otoño	Primavera	Verano
A. azarae	p = 0,0000 B > C,P	p = 0,0000 B > C, U, G BP > C, U, G	NS	p = 0,0001 A > G, M, P, U, V
O. flavescens	NS	p = 0,0014 BP > C, G	p = 0,0467 V > G 10%	NS
O. rufus	NS	P = 0,0018 BP > C, G	NS	P = 0,0344 A > C
C. laucha	1 sólo dato	2 datos	NS	NS
C. musculinus	2 datos	NS	NS	P = 0,0139 BP > G al 10%
M. musculus	1 sólo dato	P = 0,0000 G > todos los ambientes	P = 0,001 G > todos los ambientes	P = 0,0000 G > todos los ambientes

IV.4.4 c. Contribución de los ambientes a la abundancia total de las especies considerando todos los períodos del año en conjunto y sin tener en cuenta el área relativa ocupada por cada ambiente

Cada ambiente contribuye de manera distinta al Éxito de captura total de cada una de las especies. Para A. azarae y O. rufus, los bordes de cultivo y de pastizal son los ambientes que más contribuyen al Éxito de captura total, mientras que para O. flavescens, dependiendo del año, se agregan también los montes y vías, con otros ambientes en menor proporción. Para C. musculinus los que más aportaron fueron los bordes de cultivo,

mientras que el Éxito de captura de C. laucha se repartió entre distintos ambientes (Tabla IV.7). El Éxito de captura de M. musculus estuvo determinado principalmente por las granjas avícolas mientras que fue capturado ocasionalmente en ambientes urbanos, arroyos, bordes de cultivo y pastizal, y en cultivos (Tabla IV.7).

Tabla IV.7: Aporte porcentual de cada ambiente al Éxito de captura de cada especie sin tener en cuenta el área ocupada.

	A. azarae	O. flavescens	O. ruffus	C. musculinus	C. laucha	M. musculus
Arroyo	12.286	4.256	10.475	18.182	4.141	16.664
Borde de cultivos	42.881	26.385	44.689	49.999	24.860	8.336
Borde de pastizal	17.100	36.186	22.726	4.546	13.596	16.929
Cultivo	4.896	0	0	18.182	34.609	8.333
Granja	12.673	10.634	6.251	0	12.730	95.288
Monte	2.705	14.421	2.817	4.545	0	0
Pastizal	7.829	0	7.746	4.545	12.284	0
Urbano	0.417	0	0	0	0	2.094
Vía	5.548	13.428	8.421	0	4.144	0

IV.4.4 d. Contribución de los ambientes a la abundancia total de las especies considerando todos los períodos del año en conjunto y teniendo en cuenta el área relativa de cada ambiente

Al tener en cuenta la proporción del área ocupada por cada ambiente considerado, y por lo tanto su contribución a la abundancia de cada especie en el área de estudio a escala de paisaje, se incrementa el aporte de los campos de cultivo, ya que ocupan más del 88 % del área. Especialmente para las especies de Calomys (más del 90%) y para A. azarae (más del 60%; Tabla IV.8).

Tabla IV.8: Aporte de cada ambiente a la abundancia de cada especie teniendo en cuenta el área relativa.

	A. azarae	O. flavescens	O. ruffus	C. musculinus	C. laucha	M. musculus
Arroyo	7.171	13.928	16.324	2.359	0.334	2.419
Borde de cultivos	23.218	57.894	70.683	6.593	2.039	1.231
Borde de pastizal	0.3795	3.159	1.097	0.0180	0.034	0.128
Cultivo	63.722	0	0	90.256	96.830	46.276
Granja	0.458	4.972	1.254	0	0.107	93.188
Monte	0.349	6.667	0.719	0.085	0	0
Pastizal	3.426	0	6.471	0.689	0.604	0
Urbano	0.462	0	0	0	0	3.351
Vía	1.044	15.859	4.078	0	0.105	0

IV.4.4 e. Abundancia relativa de las especies de roedores a escala de paisaje

La representación porcentual de las distintas especies varía según se tenga en cuenta el área de los ambientes que ocupan. Se observa que al tener en cuenta el área, A. azarae disminuye su proporción pero igualmente sigue siendo la especie más abundante, mientras que aumentan las proporciones de C. laucha y C. musculinus, especialmente de la primera, que es la que ocupa en mayor proporción los campos. Por otro lado, las especies más restringidas a los bordes, como O. flavescens y O. rufus, disminuyen su proporción relativa (Tabla IV.9).

Tabla IV.9: Diversidad (H`), Equitatividad (E) y representación porcentual de las especies a escala de paisaje considerando y sin considerar el área de los ambientes.

	H´	E	A. azarae	O. flavescens	O. rufus	C. musculinus	C. laucha	M. musculus
Sin considerar el area	1.222	0.682	50.840	9.462	5.981	5.923	10.933	16.859
Considerando el area	1.179	0,658	42.467	0.831	0.787	11.063	39.808	3.949

IV.4.5. Cambios en la composición de especies a escala de paisaje bajo distintos escenarios de cambios en el uso de la tierra

La composición de las especies a escala de paisaje varía de acuerdo a la proporción de los distintos ambientes en el área. Para los dos primeros escenarios (incremento en el área ocupada por cultivos) se observa que las especies más perjudicadas serían aquellas que se encuentran más restringidas a los bordes, como O. flavescens y O. rufus, mientras que M. musculus se vería favorecida debido al aumento de la proporción del área ocupada por las granjas (Tabla IV.10). El resto de las especies no sufrirían grandes modificaciones. En los escenarios 3 a 6, las especies de campo disminuirían progresivamente su representación relativa, al disminuir el área efectivamente ocupada dentro de éstos. Al considerar la tendencia a disminuir de C. laucha y C. musculinus a lo largo de los años (escenarios 7 a 11), se observa que C. laucha disminuye su representación más que C. musculinus.

El tener en cuenta el área de los ambientes produce una disminución de la abundancia total y de cada una de las especies, ya que el ambiente más representado en el paisaje, el campo de cultivo, muestra baja densidad de roedores. Los escenarios 1 y 2 no producen grandes cambios en la estimación de las abundancias, dado que incrementar el

área de los cultivos, debido a su poca densidad, no produce un efecto global, mientras que en estos escenarios si se observa el aumento en M. musculus por el aumento en las granjas avícolas.

Tabla IV.10: Representación porcentual de especies bajo once escenarios posibles de cambios en el uso de la tierra y considerando las variaciones en las abundancias de C. laucha y C. musculinus esperadas de acuerdo a los resultados del Capítulo III.

Porcentaje	A. azarae	O. flavescens	O. rufus	C. musculinus	C. laucha	M. musculus
Área actual	42,467	0,831	0,787	11,063	39,808	3,950
Escenario 1	42,265	0,663	0,562	10,839	40,475	4,890
Escenario 2	41,987	0,573	0,465	10,582	40,347	6,048
Escenario 3	42,219	0,744	0,604	10,359	39,335	6,738
Escenario 4	42,526	0,969	0,786	10,066	38,004	7,649
Escenario 5	42,821	1,185	0,961	9,784	36,726	8,522
Escenario 6	43,834	1,927	1,564	8,817	32,333	11,526
Escenario 7	42,180	0,574	0,466	10,623	40,098	6,065
Escenario 8	42,408	0,745	0,605	10,397	39,090	6,754
Escenario 9	42,712	0,970	0,788	10,101	37,764	7,664
Escenario 10	43,003	1,186	0,964	9,817	36,492	8,537
Escenario 11	44,006	1,930	1,568	8,839	32,119	11,538

Tabla IV. 11: Abundancia total y por especie sin considerar el área ocupada por los ambientes, considerando el área actual y bajo 6 escenarios posibles de cambios

	TS A. azarae	TS O. flavescens	TS O. rufus	TS C. musculinus	TS C. laucha	TS M. musculus	TTS
Sin área	4,080	0,759	0,480	0,475	0,877	1,353	8,025
Área actual	0,379	0,007	0,007	0,099	0,355	0,035	0,882
Escenario 1	0,377	0,006	0,005	0,097	0,361	0,044	0,889
Escenario 2	0,374	0,005	0,004	0,094	0,360	0,054	0,892
Escenario 3	0,038	0,005	0,004	0,002	0,003	0,023	0,075
Escenario 4	0,049	0,005	0,004	0,004	0,009	0,024	0,091
Escenario 5	0,039	0,005	0,004	0,002	0,003	0,023	0,077
Escenario 6	0,037	0,005	0,004	0,002	0,002	0,023	0,073

IV. 5- Discusión

La composición de especies y la abundancia relativa fue similar en la mayoría de los ambientes estudiados, ningún ambiente tuvo una especie que no estuviera presente en por lo menos algún otro ambiente. Las granjas avícolas fueron el único ambiente que siempre difirió del resto debido a la gran abundancia de M. musculus. Si bien las especies nativas son capturadas ocasionalmente en éste ambiente, no muestran poblaciones establecidas a lo largo del tiempo, ya que son características de pastizales.

Las diferencias en las abundancias de las distintas especies entre los distintos ambientes dependieron de la época del año, mientras que A. azarae en otoño e inverno fue mas abundante en los bordes de campos de cultivo, en verano fue mas abundante en los arroyos. O. flavescens fue más abundante en los bordes de pastizales en otoño, mientras que en primavera fue más abundante en las vías. O. rufus también fue más abundante en los bordes de pastizales en otoño, mientras que en verano fue más abundante en arroyos y C. musculinus en verano fue mas abundante en los bordes de pastizal. La ausencia de

diferencias significativas entre ambientes en ciertas estaciones pueden haberse debido a la baja abundancia en esos momentos, por ejemplo en el invierno de 2007 - 08, en el que se registró mayor abundancia de roedores respecto al 2006 - 07, hubo también una mayor proporción de ambientes ocupados.

En cuanto al aporte que cada ambiente tiene sobre la abundancia de las especies teniendo en cuenta el área relativa que ocupan en la zona de estudio, los campos de cultivo son los que aportan más a la abundancia total de roedores (el mayor aporte es sobre las abundancias de C. laucha y C. musculinus). Este aporte estaría dado principalmente porque ocupan más del 88% del área total. Los arroyos y bordes de cultivos aportan una gran proporción de la abundancia total de O. flavescens y de O. rufus, porque si bien ocupan poca área se caracterizan por la alta densidad de estas especies.

El ambiente urbano no representa un aporte significativo para la abundancia de M. musculus ni por el área que ocupa en la zona de estudio ni tampoco por la abundancia que se encuentra en este ambiente. La diferencia entre lo que aportan las granjas y las casas puede deberse a que en granjas hay alimento constante y condiciones favorables de temperatura para los roedores, mientras que en las casas estos son controlados por el hombre con mayor éxito.

Al cambiar la proporción del área ocupada por los distintos ambientes cambia la composición de las especies. Si bien los cambios plantean un aumento en el área ocupada por las granjas, ambientes urbanos y campos de cultivo en detrimento del área ocupada por los bordes de cultivo y de pastizal, montes y pastizales, las modificaciones en las proporciones ocupadas por los distintos ambientes no son grandes, ya que en la actualidad los campos de cultivo ocupan más del 88% del área, dejando de esta forma sólo un 12% para el resto de los ambientes. Se observa que con los cambios propuestos en los escenarios

1 y 2, las especies más perjudicadas serían O. flavescens y O. rufus ya que son las que se encuentran más asociadas a los bordes, mientras que M. musculus se vería favorecida debido al aumento de las granjas en el área. El resto de las especies no sufrirían tantas modificaciones ya que son especies que se encuentran asociadas a los campos de cultivo, como C. laucha, o que hacen uso de los bordes pero también de los campos de cultivo, como A. azarae y C. musculinus. Sin embargo, hay que tener en cuenta que al disminuir el área destinada a los bordes de cultivo y de pastizal, no sólo cambiaría la composición de las especies en los ambientes presentes sino también la competencia interespecífica en ellos. El uso del hábitat de los Calomys se encuentra restringido por la dominancia competitiva de A. azarae, la cual prefiere ambientes poco perturbados. Al disminuir estos ambientes A. azarae haría mayor uso de los campos de cultivos, generando de esta forma una disminución en la abundancia de los Calomys.

Si bien un incremento en el área ocupada por cultivos no produciría grandes cambios en la abundancia de las especies respecto a la situación actual, un cambio en la relación perímetro (ocupado por los bordes)/área sí podría producir cambios, especialmente en las especies que se encuentran más restringidas a los bordes, como O. flavescens y O. rufus. Por otro lado, aún para las restantes especies, aunque no mantengan altas densidades en los bordes durante todo el año, éstos juegan un papel importante como refugio durante las labores agrícolas (Ellis et al. 1997).

El único ambiente que sería determinante para el mantenimiento de una especie es el de las granjas avícolas para M. musculus, ya que esta especie es sólo capturada ocasionalmente en otros ambientes, donde probablemente no forma poblaciones residentes.

En síntesis, a partir de los resultados de este capítulo podemos concluir que el único ambiente bien diferenciado en cuanto a la composición de especies son las granjas avícolas,

y que los posibles cambios en las proporciones de los distintos ambientes, dada la situación actual, no producirían grandes cambios en la composición de especies de los roedores, excepto en el caso de que desaparecieran totalmente los ambientes menos perturbados, o que la relación perímetro/área de los campos de cultivo aumentara. Estos dos últimos cambios han sido observados en algunas áreas de la región pampeana (Poggio et al. 2010).

CAPITULO V

DISCUSION Y CONCLUSIONES GENERALES

A lo largo de los 24 años estudiados se observó una tendencia de variación en la abundancia de los roedores, y las especies que sufrieron mayor variación fueron aquellas que usan en mayor proporción los campos de cultivos, C. laucha y C. musculinus. Aunque esta última es más abundante en bordes que en cultivos en algunas partes de la región pampeana (Busch et al. 1984, Mills et al. 1991), también está presente en los campos, y en agroecosistemas de Río Cuarto es más abundante en estos últimos. Aunque la expansión de la agricultura favoreció a estas especies en las primeras décadas del siglo XX (Kravetz et al 1986), los cambios actuales en la tecnología, con la aplicación de la labranza cero y el uso de glifosato estarían afectando sus números, especialmente en la época de post cosecha, cuando los campos de cultivo presentan escasa cobertura verde. Este período correspondía al de mayor abundancia de roedores que encontraban en los rastrojos abundante refugio y alimento (Ellis et al. 1997). Los cambios observados en las comunidades de roedores podrían estar asociados a cambios en las comunidades de malezas e insectos (sus principales fuentes de alimento) relacionados con las practicas agrícolas, ya que estudios realizados en agroecosistemas de la Pampa ondulada mostraron variaciones en estos grupos relacionadas con distinta historia de manejo (Ghersa et al. 1996, Suárez et al. 2001, de la Fuente et al. 2003).

Aunque la aplicación de herbicidas afecta en mayor medida los campos, especialmente cuando son aplicados con máquinas terrestres, también producen un efecto sobre la

vegetación de los bordes (Poggio et al. 2010). Este efecto sobre los bordes es aún mayor cuando se fumiga con aviones, lo cual es frecuente en el área de estudio. Sin embargo, no se encontró una tendencia de cambio en la abundancia de la especie dominante en los bordes, A. azarae. Esta especie está asociada a la alta cobertura vegetal, especialmente de gramíneas, pero esta asociación ha sido relacionada más a la selección de lugares con bajo riesgo de depredación aérea (provisto por tanto vegetación verde como seca) que a la de sitios de alimentación, ya que es una especie omnívora con una gran proporción de insectos en su dieta (Ellis et al. 1997, Bilenca y Kravetz 1998, Busch et al. 2000). Los Calomys, si bien también son omnívoros, utilizan una mayor proporción de material vegetal verde (Ellis et al. 1997, Bilenca y Kravetz 1998). Otra explicación para el efecto diferencial sobre las distintas especies es la dominancia social de A. azarae, que le permitiría aprovechar los pocos sitios favorables restantes, segregando a los Calomys y a O. flavescens a los sitios menos favorables (Busch y Kravetz 1992 b).

En cuanto al efecto de las variables climáticas, de acuerdo a la tendencia observada hacia un incremento en la temperatura mínima y una disminución de los días con heladas, se esperaría una tendencia a un aumento de la abundancia de roedores. Las temperaturas invernales han sido asociadas a una gran mortalidad de roedores, que junto con la interrupción de la reproducción, debido al incremento de los costos de termorregulación (Busch, 2010), causan un abrupto descenso de la densidad que llega a valores mínimos en primavera antes de que comiencen a reclutarse las nuevas camadas. Por lo tanto, un incremento en las temperaturas en el periodo invernal favorecería la supervivencia. Por otro lado, si bien la precipitación no mostró una tendencia de variación a lo largo de los años, las abundancias de roedores estuvieron asociadas a sus fluctuaciones, tal como se ha observado en otros sistemas y para distintas especies de roedores (Lima et al. 1999, 2001,

Jaksic y Lima 2003, Lima et al. 2006, Andreo et al 2009). Nuestros resultados coinciden con lo observado por Kravetz (1978), que durante la época fría (otoño- invierno) la precipitación tuvo un efecto negativo al aumentar la mortalidad por hipotermia, mientras que altas precipitaciones durante el período primavera- estival favorecerían la abundancia durante el otoño invierno siguiente, probablemente por una mayor disponibilidad de recursos que provocaría un mayor reclutamiento.

De acuerdo a la naturaleza de los datos disponibles, es imposible separar los efectos de los cambios de temperatura de los cambios en el uso de la tierra, de manera que las variaciones observadas en las abundancias de los roedores pueden ser consecuencia del efecto conjunto de ambos factores, que probablemente tengan tendencias opuestas.

Si bien no pudimos realizar un análisis estadístico, O. rufus parece estar aumentando su abundancia en los últimos años en el área de estudio, y esta tendencia sí podría estar relacionada con un incremento de las temperaturas mínimas. Esta especie es de abolengo subtropical, y extiende su distribución hacia el sur en asociación con ambientes ribereños donde hay un microclima más cálido (Busch y Hodara 2010).

En la primer parte de esta tesis analizamos los cambios en las comunidades de roedores en campos de cultivo y sus bordes a lo largo del tiempo, pero a fin de poder concluir acerca de tendencias de variación de las abundancias a una mayor escala es necesario tener en cuenta también otros hábitats que se encuentran disponibles en el área, y que podrían funcionar como refugios o, en términos de Crespo (1966), micro reservas espontáneas. Por otro lado, la actividad del ser humano produjo la aparición de nuevos hábitats para los roedores, como las granjas avícolas y asentamientos urbanos, con la aparición de especies comensales. De acuerdo a los resultados obtenidos, excepto las granjas avícolas, que serían las principales responsables del mantenimiento de M. musculus

en el área, el resto de los ambientes estudiados presentan similar composición de especies, aunque con abundancia variable. Sin embargo, los terraplenes de vía, los arroyos y los bordes de pastizal y cultivo, jugarían un papel importante en el mantenimiento de O. flavescens y O. rufus, y en gran medida de A. azarae, aunque esta última parece tener mayor capacidad de usar los campos, pese a que selecciona los bordes de cultivo (Busch et al 1997). Los pastizales mostraron mucha variabilidad, ya que algunos habían permanecido durante un tiempo relativamente largo sin uso, mientras que otros eran pastoreados. En el primer caso, la composición de roedores era semejante a la de los ambientes menos perturbados, mientras que en el segundo caso había muy baja abundancia. No se encontraron pastizales en suficiente cantidad en el área como para poder analizar las diferencias.

A una escala de paisaje, los campos de cultivo son el ambiente que más aporta a la abundancia total de roedores ya que, aunque no muestran alta densidad, ocupan más del 88% del área total. Esto explicaría las diferencias encontradas en la variación de la abundancia descripta en el Capítulo III de esta tesis (disminución en los Calomys) con el incremento de este género observado por Bilenca et al (2008) en la dieta de aves rapaces. Nuestro estudio reflejaría la composición de especies a escala de campo de cultivo y bordes, mientras que la dieta de las aves rapaces reflejaría la abundancia a escala de paisaje, aunque estas diferencias podrían también deberse a la diferente capturabilidad entre las trampas y las aves. De acuerdo a nuestros datos, aún teniendo en cuenta las áreas ocupadas por los distintos ambientes, la especie numéricamente dominante es A. azarae, seguida por C. laucha. Esta última es la que muestra mayor uso de los campos, y por lo tanto es la que muestra mayor segregación de hábitat respecto a A. azarae, por lo que una disminución de

ambientes menos perturbados afectaría en mayor grado a las especies de borde, especialmente O. flavescens.

En los últimos años hubo en la zona de estudio un cambio en la proporción del área ocupada por los distintos ambientes. Mientras que los asentamientos urbanos, los campos de cultivo y las granjas avícolas aumentaron, los pastizales, los bordes de los campos de cultivo y pastizales disminuyeron. Estos cambios se produjeron por la extensión de las áreas cultivadas hacia los bordes de alambrados y caminos, y por el aumento de las áreas de las parcelas cultivadas, con la consiguiente disminución de la relación perímetro/área (Poggio et al 2010) y de la longitud total de bajo alambradas al desaparecer separaciones internas. El incremento de la relación perímetro/área tiene un efecto, como se dijo en el Captítulo IV, en la proporción del campo de cultivo que puede ser efectivamente utilizado por los roedores, ya que éstos usan en mayor proporción las áreas cercanas a los bordes (Manrique 2000, Hodara y Busch 2006), debido a que durante las labores agrícolas se producen movimientos hacia estos hábitats (de Villafañe et al. 1988). El incremento en los tamaños de las parcelas de cultivo produciría un efecto independiente del aumento del área total, lo cual sería equivalente a la pérdida de hábitat favorable para los roedores, por disminución del área de cultivo cercana a los bordes. Este efecto de cambios en los tamaños de los parches independientemente de las áreas totales y de la pérdida de hábitats, ha sido observado en distintas especies de mamíferos y aves (Andren 1994). Si las tendencias de cambio en las proporciones ocupadas continuaran, veríamos que al disminuir los bordes de cultivo y pastizal estaría principalmente en riesgo O. flavescens mientras que incluso A. azarae podría verse afectado por el aumento en el tamaño de las parcelas de cultivo. En cuanto a O. rufus, si bien podría ser afectado por la disminución de los bordes de cultivo, ha

sido asociado a los bordes de arroyos, que generalmente están ubicados en áreas bajas y anegables, y por lo tanto no son cultivadas.

Los montes, salvo excepciones, fueron ambientes de baja abundancia, probablemente debido a que las especies nativas de la región pampeana son especies de pastizal. La tendencia reciente a implantar árboles como tuyas y casuarinas en los bordes de los campos de cultivo, con la consiguiente reducción de la cobertura de gramíneas a nivel del suelo, podría ser otro factor que afectara negativamente a A. azarae y O. flavescens.

Por otro lado, tal como se ha observado en otros sistemas, la aparición de ambientes antrópicos puede conducir a la presencia de nuevas especies (Andren 1994), como M. musculus asociado a las granjas avícolas. Un aumento en la cantidad de granjas aumentaría la abundancia de esta especie, no sólo por la mayor disponibilidad de hábitats favorables, sino porque una mayor densidad de granjas en el área conduciría a una menor distancia entre éstas, y por consiguiente un mayor flujo de individuos, y una mayor probabilidad de recolonización después de medidas de control. Esta especie es raramente capturada en ambientes silvestres o en campos de cultivo (con excepción de algunos años donde es más abundante, Busch et al. 2005) aunque se ha observado, a través de estudios de variabilidad genética (León et al. 2010), que existen movimientos entre granjas a través de estos ambientes, y que la probabilidad de colonizar una granja desde otra depende de la distancia que las separa. Por el contrario, si disminuyeran las granjas, probablemente los M. musculus se harían muy raros en la zona, ya que se observó en granjas abandonadas que al cabo de un tiempo se capturaban especies silvestres y no M. musculus (León et al. 2010). De esta manera, la tendencia de cambio observada en el manejo de la tierra representa un riesgo para las especies silvestres y favorece la expansión de las comensales como M. musculus.

Los cambios ocurridos en la región también podrían afectar la abundancia de predadores y/o la vulnerabilidad de los roedores (Delattre et al 1992), esta última podría aumentar al disminuir los ambientes menos perturbados con alta cobertura vegetal que representan refugios frente a la depredación aérea. Sin embargo, es mas probable que los cambios ocurridos hayan afectado también negativamente a los principales depredadores mamíferos, como gatos monteses y zorros, y a rapaces como las lechuzas.

En síntesis, a partir de los resultados de esta tesis podemos concluir que hubo una tendencia a la disminución de la abundancia de roedores en el área, principalmente C. laucha y C. musculinus. O. flavescens también mostró una disminución en otoño invierno, época en que mostraba su mayor abundancia (Busch y Kravetz 1992b). Desde un punto de vista epidemiológico, esto podría representar una ventaja, ya que C. musculinus es transmisor del virus Junín, agente etiológico de la Fiebre Hemorrágica Argentina (Kravetz 1977, Kravetz et al. 1986, Maiztegui 1975, Mills et al. 1992), y O. flavescens de hantavirus, causante del Síndrome Pulmonar por hantavirus (Martínez et al. 2001), pero no serían estas las únicas especies afectadas, y un aumento de M. musculus (que sufre competencia con las especies silvestres fuera de los hábitats comensales, Busch et al. 2005) podría incluso llegar a convertirla en plaga de la agricultura, como ocurre en otros países, especialmente Australia, donde no tiene competidores nativos (Jacob et al. 2003; Pocock et al. 2005).

BIBLIOGRAFIA

- Alard, D., Poudevigne, I., 2002. Biodiversity in changing landscapes: from species or patch assemblages to system organization. En: Leuven, R.S.E.W., Poudevigne, I., Teeuw (eds.), Application of Geographic Information Systems and Remote Sensing in River Studies, pp. 9 - 24.

- Andren, H., 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: A review. Oikos, 71: 355 – 366

.

- Andreo, V., Provensal, C., Scavuzzo, M., Lamfri, M., Polop, J., 2009. Environmental factors and population fluctuations of Akodon azarae (Muridae: Sigmodontinae) in central Argentina. Austral Ecology, 34: 132 - 142.

- Angelstam, P., Pettersson, B., 1997. Principles of present Swedish forest biodiversity management. In: Hansson, L. Boreal ecosystems and landscapes - structures, functions and conservation of biodiversity. Ecological Bulletins, 46: 191 – 203.

- Begenesic, F., 2002. Hacia un país sojero. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, 12 pp.

- Bellocq, M.I., 1988. Dieta de Athene cunicularia (Aves, Strigidae) y sus variaciones estacionales en ecosistemas agrarios de la Pampa, Argentina. Physis, 46: 17 - 22

- Bilenca, D.N., Zuleta, G.A., Kravetz, F.O., 1992. Food habits of Akodon azarae and Calomys laucha (Cricetidae, Rodentia) in agroecosystems of Central Argentina. Mammalia, 56: 371 - 383.

-.Bilenca, D.N., Kravetz, F.O., 1995. Patrones de abundancia relativa en ensambles de pequeños roedores de la región pampeana. Ecología Austral, 5: 21 – 30.

- Bilenca, D.N., Kravetz, F.O., 1998. Seasonal variations in microhabitat use and feeding habits of the pampas mouse Akodon azarae in agroecosystems of central Argentina. Acta Theriologica, 43: 193 – 205.

- Bilenca, D., Miñarro, F., 2004. Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal (AVP) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil. Buenos Aires, Fundación Vida Silvestre Argentina. 323 pp.

- Bilenca, D. N., González-Fisher, C. M., Teta, P., Zamero, M., 2007. Agricultural intensification and small mammal assemblages in agroecosystems of the Rolling Pampas, central Argentina. Agriculture, Ecosystems and Environment, 121: 371 – 375.

- Bilenca, D.N., Codesido, M., González Fischer, C., 2008. Cambios en la fauna pampeana. Ciencia Hoy, 108: 8 - 17.

- Bolger, D.T., Alberts, A.C., Sauvajot, R.M., Potenza, P., McCalvin, C., Tran, D., Mazzoni, S., Soulé, M.E., 1997. Response of rodents to habitat fragmentation in coastal southern California. Ecological Applications, 7: 552 – 563.

- Bonaventura, S., Bellocq, M., Kravetz, F.O., 1988. Selección de hábitat por roedores en campos de cultivo. Un estudio experimental. Physis, 46: 61 - 66.

- Bonaventura, S.M., Cagnoni, M., 1995, La vegetación de los bordes de caminos en agroecosistemas. Physics (Bs As), 50: 63 – 71.

- Bowers, M.A., Dooley, J.L. Jr., 1991. Landscape composition and the intensity and outcome of two- species competition. Oikos 60: 180 - 186.

- Busch, M., Kravetz, F.O., Percich, R.E., Zuleta, G.A., 1984. Propuestas para un control ecológico de la fiebre hemorrágica argentina a través del manejo del hábitat. Medicina (Buenos Aires), 44: 34 – 40.

- Busch, M., 1987. Competencia interespecífica en roedores silvestres. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. 126 pp.

- Busch, M., Kravetz, F.O., 1992 a. Competitive interactions among rodents (Akodon azarae, Calomys laucha, C. musculinus and Oligoryzomys flavescens) in a two-habitat system. I. Spatial and numerical relationships. Mammalia. 56: 45 – 56.

- Busch, M., Kravetz, F.O., 1992 b. Competitive interactions among rodents (Akodon azarae, Calomys laucha, C. musculinus and Oligoryzomys flavescens) in a two-habitat system. II. Effect of species removal. Mammalia, 56: 541 - 554.

- Busch, M., Alvarez, M.R., Cittadino, E.A., Kravetz, F.O., 1997. Habitat selection and interspecific competition in rodents in pampean agroecosystems. Mammalia, 61: 167 – 184.

- Busch, M., Miño, M., Dadon, J. R., Hodara, K., 2000. Habitat selection by Calomys musculinus (Muridae, Sigmodontinae) in crop areas of the pampean region, Argentina. Ecología Austral, 10: 15 - 26.

- Busch, M., Miño, M.H., Dadon, J.R., Hodara, K., 2001. Habitat selection by Akodon azarae and Calomys laucha (Rodentia, Muridae) in Pampean agroecosystems. Mammalia, 65: 167 – 184.

- Busch, M., Bilenca, D.N., Cittadino, E.A., Cueto, G.R., 2005. Effect of removing a dominant competitor, Akodon azarae (Rodentia, Sigmodontinae) on community and population parameters of small rodent species in Central Argentina. Austral Ecology, 30 (1): 168 - 178.

- Busch, M., Hodara, K., 2010. Uso y selección de habitat y competencia inter específica en roedores sigmodontinos de la región pampeana, pp 147 - 171. En: Polop, J.J., Busch, M. (eds.), Biología y Ecología de pequeños roedores en la región Pampeana de Argentina. Enfoques y perspectivas. Editorial Universidad Nacional de Córdoba, 328 pp.

- Busch, C. 2010. Energética y termorregulación. Pp 87-97. En: Polop y Busch (eds). Biología y Ecología de pequeños roedores en la región pampeana de Argentina. Enfoques y perspectivas. Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba. 328 pp.

- Burkart, R., 1999. Conservación de la biodiversidad en bosques naturales productivos del subtrópico argentino. En: Biodiversidad y Uso de la Tierra. Conceptos y ejemplos de Latinoamérica. Matteucci, S.D., Solbrig, O.T., Morello, J., Halffter, G. (eds.). Eudeba, Buenos Aires, pp:131 – 174.

- Cabrera, A., 1976. Regiones fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, 2(1): 1 - 85.

- Carta de suelos de la República Argentina INTA (Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria), 1974.

- Cavia, R., Gómez Villafañe, I.E., Cittadino, E.A., Bilenca, D.N., Miño, M.H., 2005. Effects of cereal harvest on abundance and spatial distribution of the rodent Akodon azarae in central Argentina. Agriculture, Ecosystems and Environment, 107: 95 - 99.

- Chapin, F.S., Shaver, G.R., Giblin, A.E., 1995. Responses of arctic tundra to experimental and observed changes in climate. Ecology, 76: 694 – 711.

- Cittadino, E.A., de Carli, P., Busch, M., Kravetz, F.O., 1994. Effects of food supplementation on rodents in winter. J. Mammal., 75: 446 – 453.

- Cittadino, E.A., Busch, M., Kravetz, F.O., 1998. Population abundance and dispersal in Akodon azarae (Rodentia, Muridae). Canadian Journal of Zoology, 76: 1011 – 1018.

- Cittadino, E.A., Kravetz, F.O., 2000. Fluorescent pigments: a method for the study of dispersal in small rodents. Journal of Neotropical. Mammalogy; 7(1):15 – 21.

- Cittadino, E.A., Bilenca, D.N., Busch, M., Kravetz, F:O., 2002. Characteristics of dispersing pampean grassland mice (Akodon azarae) in aroecosystems of Central Argentina. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 37(1): 1 - 7.

- Cole, E.C., Mc Comb, W.C., Newton, M., Leeming, J.P., Chambers, C.L., 1998. Response of small mammals to clear cutting, burning and glyphosate application in the Oregon Coast range. Journal of Wildlife Management, 62: 1207 - 1216.

- Courtalon, P., 2003. Comparación de la comunidad de roedores sigmodontinos entre parcelas de maíz y soja de agroecosistemas pampeanos. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. 132 pp.

- Crespo, J.A., 1944. Contribución al conocimiento de la ecología de algunos dasypódidos (Edentata) argentinos. Revista Argentina de Zoogeografía, Buenos Aires (Argentina), 4: 7 - 39.

- Crespo, J.A., 1966. Ecología de una comunidad de roedores silvestres en el Partido de Rojas, Provincia de Buenos Aires. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, 1: 79 – 134.

- de la Fuente, E.B., Súarez, S.A., Ghersa, C.M., 2003. Weed and insect communities in wheat crops with different management practices. Agronomy Journal. 95: 1542 - 1549.

- de la Fuente, E.B., Súarez, S.A., Ghersa, C.M., 2006. Soybean weed community composition and richness between 1995 and 2003 in the Rolling Pampas (Argentina). Agriculture, Ecosystems and Environment 115: 229 - 236.

- Delattre, P., Giraudoux, P., Baudry, J., Musard, P., Toussaint, M., Truchetet, D., Stahl, P., Poule, M.L., Artois, M., 1992. Land use patterns and types of common vole (Microtus arvalis) population kinetics. Agriculture, Ecosystems and Environment, 39: 153 - 169.

- de Villafañe, G., Kravrtz, F.O., Donadío, O., Percich, R.E., Knecher, L., Torres M., Fernandez, N., 1977. Dinámica de las comunidades de roedores en agroecosistemas pampásicos. Medicina, 37: 128 - 140.

- de Villafañe, G., Bonaventura, S.M., Bellocq, M.I., Percich, R.E., 1988. Habitat selection, social structure, density and predation in populations of Cricetine rodents in the pampa region of Argentina and the effects of agricultural practices on them. Mammalia, 52: 339 – 359.

- de Villafañe, G., Merler, J., Quintana, R., Bo, R., 1992. Habitat selection in cricetine rodent populations on maize field in the Pampa region of Argentina. Mammalia, 215 – 229

- Derpsch, R., 1997. Importancia de la siembra directa para obtener la sustentabilidad de la producción agricola. 5° Congreso Nacional de Siembra Directa de AAPRESID, Mar del Plata, 20 – 23 de agosto, pp.153 - 176.

- Donald, P.F., 2004. Biodiversity Impacts of Some Agricultural Commodity Production Systems. Conservation Biology, 18 (1): 17 - 38.

- Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H. 1992. The value of biodiversity. Ambio, 21: 219 - 226.

- Ellis, B.A., Mills, J.N., Childs, J.E., Muzzini, M.P., McKee Jr. K.T., Enría, D.A., Glass, G.E., 1997. Structure and floristics of habitat associated with five rodent species in an agroecosystem in Central Argentina. Journal of Zoology, 243: 437 – 460.

- Ernest, S. K. M., Brown, J. H., Parmenter, R. R., 2000. Rodents, plants, and precipitation: spatial and temporal dynamics of consumers and resources. Oikos, 88: 470 – 482.

- Feldman, S.R., Alzugaray, C., Torres, P.S., Lewis, J.P., 1998. Gap colonization by weeds in a wheat crop grown under different cultivation regimes. Weed Research, 38: 35 - 45.

- Fitzgibbon, C.D., 1997. Small mammals in farm woodlands: the effects of habitat, isolation and surrounding land use patterns. Journal of Applied Ecology, 34: 530 - 539.

- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., 2005. Global consequences of land use. Science, 309: 570 – 574.

- Fraschina, J., Knight, C., Busch, M., 2009. Foraging efficiency of Akodon azarae under different plant cover and resource levels. Journal of Ethology, 27: 447 – 452.

- Garsd, A., Howard, W. E., 1981. A 19-year study of microtine population fluctuations using time-series analysis. Ecology, 62: 930 – 937.

- Ghersa, C.M., León, R.J.C., 1999 a. Sucessional changes in agroecosystems of the rolling pampa. En: Walker (ed.) Ecosystems of disturbed ground., Elsevier, Capitulo 20: 487 - 502.

- Ghersa, C.M., León, R.J.C., 1999 b. Landscape changes induced by human activities in the rolling pampas grassland. People and Rangelands Building the Future. Proceedings VI International rangeland Congerss, 2: 624 - 628.

- Ghersa, C.M., León, R.J.C., 2001. Ecología del paisaje pampeano: consideraciones para su manejo y conservación. En: Ecología de Paisajes, Teoría y Aplicación. Naveh, Z. y Lieberman, A.S. (eds.). Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires.

- Ghersa, C.M., Ferraro, D.O., Omacini, M.; Martinez-Ghersa, M.A., Perelman, S., 2002 b. Farm and landscape level variables as indicators of sustainable land-use in the Argentine Inland-Pampa. Agriculture, Ecosystems & Environment, 93: 279 - 293.

- Ghersa, C.M., De la Fuente, E.B., Suarez, S., León, R.J.C., 2002 a. Woody species invasion in the Rolling Pampa grasslands, Argentina. Agricultural, Ecosystems and Environment, 88: 271 - 278.

- Gómez Villafañe, I. E., Bilenca, D. N., Cavia, R., Miño, M. H., Cittadino, E. A., Busch, M., 2001. Environmental factors associated with rodent infestation in Argentine poultry farms. British Poultry Science, 42: 300 - 307.

- Grant, W.E., Birney, E.C., French, N.E., Swift, D.M., 1982. Structure and productivity of grassland small mammal communities related to grazing- induced changes in vegetative cover. Journal of Mammalogy, 63: 248 - 260.

- Grant, P.R., Grant, B.R., 1996. Finch communities in a climatically fluctuating environment. En: Cody, M.L. y Smallwood, J.A. (eds) Long-term studies of vertebrate communities. Academic Press, San Diego, CA, pp. 343 – 384.

- Guershman, J.P., Paruelo, J.M., Burke, I.C., 2003. Land Use Impacts on the Normalized Difference Vegetation Index in Temperate Argentina. Ecological Application, 13: 616 - 628.

- Hall, A.J., Rebella, C.M., Ghersa, C.M., Culot, P.H., 1992. Field-crop systems of the Pampas, in: Pearson, C.J. (ed), Field crop ecosystems. (Ecosystems of the world, vol 18) Elsevier, Amsterdam, pp: 413 - 449.

- Hanski, I., Hansson, L., Henttonen, H., 1991. Specialist predators, generalist predators, and the microtine rodent cycle. Journal of Animal Ecology, 60: 353 - 367.

- Hodara, K., Busch, M., Kittlein, M.J., Kravetz, F.O., 2000. Densitydependent habitat selection between maize cropfields and their borders in two rodent species (Akodon azarae and Calomys laucha) of Pampean agroecosystems. Evolutionary Ecology, 14: 571 – 593

- Hodara, K., Courtalon, P., Manrique, V., Busch, M., 2003. ¿Uso del hábitat por roedores en agroecosistemas: cuánto se internan en los campos de cultivo?. Jornadas Argentinas de Mastozoología, Libro de resúmenes XVIII: 55.

- Hodara, K., Busch, M., 2006. Return of preferred habitats (edges) as a function of distance in Akodon azarae (Rodentia, Muridae) in cropfield-edge systems of central Argentina. Journal of Ethology, 21: 141 – 145.

- Hudson, W.H., 1903. The naturalist in La Plata. Chapman and Hall, London. 3° Edición 1985.

-INFOSTAT, version 2009. Grupo InfoStat, FAC, Universidad Nacional de Córdoba.

- IPCC. Expert Meeting on Detection and Attribution Related to Anthropogenic Climate 607 Change. (2009) In: Stocker T, Field C, Dahe Q, Barros V, Plattner G, Tignor M, Midgley 608 P, Ebi K. The World Meteorological Organization Geneva, Switzerland-

- Jacob, J., 2003. Short-term effects of farming practices on populations of common voles. Agriculture, Ecosystems and Environment, 95: 321 – 325.

- Jacob, J., Hempel, N., 2003. Effects of farming practices on spatial behaviour of common voles. Journal of Ethology, 21: 45 – 50.

- Jacob, J., Ylönen, H., Runcie, M.J., Jones, D.A., Singleton, G.R., 2003. What affects bait uptake by house mice in Australian grain fields? Journal of Wildlife Management, 67: 341 – 351.

- Jaksic, F.M., Lima, M., 2003. Myths and facts on ratadas: bamboo blooms, rainfall peaks and rodent outbreaks in South América. Austral Ecology, 28: 237 - 251.

- Kravetz, F.O., 1977. Ecología y control de reservorios. Ciencia e investigación, 33: 235 - 242.

- Kravetz, F.O., 1978.- Ecologìa de las comunidades de roedores involucrados en la Fiebre Hemorràgica Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Buenos Aires.

- Kravetz, F.O., Mamjón, M.C., Busch, M., Percich, R.E., Marconi, P.N., Torres, M.P., 1981. Ecología de Calomys laucha (Rodentia, Cricetidae) en el Departamento de Rio Cuarto (Cordoba Argentina). I Dinámica de Población. Ecología, 6: 15 - 22.

- Kravetz, F.O., Polop, J.J., 1983. Comunidad de roedores en agroecosistemas del departamento de Río Cuarto, Córdoba. Ecosur, 10: 1 - 18.

- Kravetz, F.O., Percich, R.E., Zuleta, G.A., Calello, M.A., Weissenbacher, M.C., 1986. Distribution of Junin virus and its reservoirs. A tool for Argentine hemorrhagic fever risk evaluation in non endemic areas. Interciencia, 11: 185 - 188.

- La Polla, V.N., Barret, G.W., 1993. Effects of corridor width and presence on the population dynamics of the meadow vole (Microtus pennsylvanicus). Landscape Ecology, 8: 25 - 37.

- León, R.J.C., Rusch, G.M., Oesterheld, M., 1984. Los pastizales pampeanos, impacto agropecuario. Phytocoenología, 12: 201 - 218.

- León, V.A., Fraschina, J. Busch, M., 2010. Population subdivision of house mice (Mus musculus) in an agrarian landscape: consequences of control. Can. J. Zool., 88: 427 – 435.

- Lima, M., Marquet, P.A., Jaksic, F.M., 1999. El Niño events, precipitation patterns, and rodent outbreaks are statistically associated in semiarid Chile. Ecography, 22: 213 - 218.

- Lima, M., Julliard, R., Stenseth, N.C., Jaksic, F.M., 2001. Demographic dynamics of a neotropical small rodent (Phyllotis Darwin): feedback structure, predation and climatic factors. Journal of Animal Ecology. 70: 761 - 775.

- Lima, M., Stenseth, N.C., Jaksic, F.M., 2002. Population dynamics of a South American rodent: seasonal structure interacting with climate, density dependence and predator effects. Proceedings of Royal Socciety of London, B 269: 2579 – 2586.

- Lima, M., 2006. Los efectos ecológicos de las fluctuaciones climáticas. Invetigación y Ciencia, Julio: 46 – 52

- Lima, F.P., Queiroz, N., Ribeiro, P.A., Hawkins, S.J., Santos, A.M., 2006. Recent changes in the distribution of a marine gastropod, Patella rustica Linnaeus, 1758, and their relationship to unusual climatic events. J. Biogeogr., 33: 812 - 822.

- Macdonald, D.W., Tew, T.E., Todd, I.A., Garner, J.P., Jonson, P.J., 2000. Arable habitat use by wood mice (Apodemus sylvaticus). A farm-scale experiment on the effects of crop rotation. J Zool Lond. 250: 313 – 320.

- Maiztegui, J.L., 1975. Clinical and epidemiological patterns of Argentine Hemorrhagic fever. Bull. World Health Organ, 52: 567 - 575.

- Manrique, V., 2000, Evaluación de componentes del fitness en dos especies de roedores (*Akodon azarae* y *Calomys laucha*) de agroecosistemas pampeanos". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

- Martinez, V.P., Colvecchia, S., García Alay, M., Suzuki, B., Trincheri, A., Busto, S., Rabinovich, R., Padula, P., 2001. Síndrome pulmonar por hantavirus en la provincia de Buenos Aires. Medicina (Buenos Aires), 61:147 - 156.

- Masters, G.J., Brown, V.K., Clarke, I.P., Whittaker, J.B., Hollier, J.A., 1998. Direct and indirect effects of climate change on insect herbivores: Auchenorrhyncha (Homoptera). Ecological Entomology, 23: 45 - 52.

- Matteucci, S.D., J.L: Solbrig, J. Morello y G. Halffter (eds). 1999. Biodiversidad y uso de la tierra. Conceptos y ejemplos de Latinoamérica. Editorial Eudeba. Universitaria de Buenos Aires, 580 pp.

- Mazía, C.N., Chaneton, E.J., Ghersa, C.M., León, R.J.C., 2001. Limits to tree species invasion in Pampean grassland and forest plant communities. Oecologia, 128: 594 - 602.

- Mc Garical, Mc Comb, W.C., 1995. Relationships between landscape structure and breeding birds in the Oregon Coast Range. Ecological Monographs, 65: 235 - 260.

- Mehlman, D.W., 1997. Change in avian abundance across the geographic range in response to environmental change. Ecology Applied, 7: 614 – 624.

- Michel, N., Burel, F., Butet, A., 2006. How does landscape use influence small mammal diversity, abundance and biomass in hedgerow networks of farming landscapes?. Acta Oecologica, 30: 1 – 20.

- Millán de la Peña, N., Butet, A., Delettre, Y., Paillat, G., Morant, P., Le Du, L., Burel, F., 2003. Response of small mammals community to changes in western French agricultural landscapes. Landscape Ecology, 18: 265 – 278.

- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: General Synthesis. Washington: Island Press. 765pp.

- Mills, J.N., Ellis, B.A., McKee, K.T., Maiztegui, J.I., Childs, J.E., 1991. Habitat associations and relative densities of rodent populations in cultivated areas of Central Argentina. Journal of Mammalogy, 72: 470 – 479.

- Mills, J.N., Ellis, B.A., McKee, K.T., Maiztegui, J.I., Childs, J.E., 1992. Reproductive characteristics of rodent assemblages in cultivated regions of central Argentina. Journal of Mammalogy, 73: 516 - 526.

- Miño, M. H., Cavia, R., Gómez Villafañe, I. E., Bilenca, D., Cittadino, E. A., Busch, M., 2001. Estructura y diversidad de dos comunidades de pequeños roedores en agroecosistemas de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción, 72: 67 - 75.

- Miño, M.H., 2003. Caracterización de las comunidades de roedores en granjas avícolas del partido de Exaltación de la Cruz (Provincia de Buenos Aires). Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

- Miño, M.H., Cavia, R., Gómez Villafañe, I., Bilenca, D.N., Busch, M., 2007. Seasonal abundance and distribution among habitats of small rodents on poultry farms. A contribution for their control. International Journal of Pest Management, 53: 311 – 316.

- Olrog, C.C., Lucero, M.M., 1980. Guía de los mamíferos Argentinos. Ministerio de Cultura Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina, 115 pp.

- Pardiñas, U.F.J., Teta, P., Bilenca, D., 2010. Análisis biogeográfico de los roedores sigmodontinos de la provincial de Buenos Aires. En: Polop, J.J., Busch, M. (eds) Biología y Ecología de pequeños roedores en la región Pampeana de Argentina. Enfoques y perspectivas. Editorial Universidad Nacional de Córdoba, pp: 37 - 57.

- Parmesan, C., 1996. Climate and species range. Nature, 382: 765 – 766.

- Paruelo, J.M., Guerschman, J.P., Verón, S.R., 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. Ciencia Hoy, 15: 14 - 23.

- Paruelo, M.J., Guerschman, J.P., Piñeiro, G., Jobbagy, E.G., Verón, S.R., Baldi, G., Baeza, S., 2006. Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos

conceptuales para su análisis. Agrociencia, 10 (2): 47 - 61.

- Pefaur, J., Hermosilla, W., Di Castri, F., González, R., Salinas, F., 1968. A preliminary study of wild Chilean mammals: their distribution, economic value and zoological inportance. Rev Soc Med Vet (Chile). 18: 3 – 5.

- Pocock, M.J.O., Searle, J.B., White, P.C.L., 2004. Adaptations of Animals to Comnensal Habitats: Population Dynamics of House Mice Mus musculus domesticus on Farms. Journal of Animal Ecology, 73: 878 - 888.

- Pocock, M., Hauffe, H., Searle, J., 2005. Dispersal in house mice. Biological Journal of the Linnean Society 84: 565 - 583.

- Poggio, S.L., Chaneton, E.J., Ghersa, C.M., 2010. Landscape complexity differentially affects alpha, beta, and gamma divesities of plants occurring in fencerows and crop fields. Biological Conservation. Doi: 10.1016/j.biocon.2010.06.014.

- Quinn G., Keough M. 2002. Experimental Design and data analysis for biologists. Cambridge University Press. 557pp.

- Ramankutty, N., Foley, J.A., Norman, J., McSweeney, K., 2002. The global distribution of cultivable lands: current patterns and sensitivity to possible climate change. Global Ecology and Biogeography, 11 (5): 377 – 392.

- Robinson, G.R., Holt, R.D., Gaines, M.S., Hamburg, S.P., Fitch, H.S., Martinko, E.A., 1992. Diverse and contrting effects of habitat fragmentation. Science, 257: 524 - 526.

- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., LeRoy Poff, N., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H., 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. Science, 287: 1770 - 1774.

- Sarmiento, D.F., 1885. Vida y escritos del Coronel Dr. Francisco Javier Muñiz. Buenos Aires.

- Satorre, E., 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura Argentina actual. Ciencia Hoy, 15: 24 – 31.

- Smith, T.M., Reynolds, R.W., 1998. A high-resolution global sea surface temperature climatology for the 1961-1990 base period. J Clim., 11: 3320 – 3323

- Soriano, A, León, R., Sala, O., Lavado, R., Deregibus, V., Cauhepe, M., Scaglia, O., Velázquez, C., Lemcoff, J., 1991. Río de la Plata Grassland. in: Coupland R (ed.) Ecosystems of the world, vol 8A. Natural grasslands. Introduction and western hemisphere. Elsevier, Amsterdam, pp. 367 – 407.

- Soriano, A., 1992. Río de la Plata Grasslands. In Coupland, R.T. (Ed), Natural Grasslands, Introduction and Western Hemisphere. Elsevier, Amsterdam, pp 367 - 407.

- Stenseth, N.C., Mysterud, A., Ottersen, G., Hurrell, J.W., Chan, K.S., Lima, M., 2002 a. Ecological Effects of Climate Fluctuations. Science, 297: 1292 - 1296.

- Stenseth, N.C., Viljugrein, H., Jedrzejewski, W., Mysterud, A., Pucek, Z., 2002 b. Population dynamics of Clethrionomys glareolus and Apodemus flavicollis: Seasonal components of density dependence and density independence. Acta Theriologica, 47: 39 - 67.

- Suarez, S.A., de la Fuente, E.B., Ghersa, C.M., León, R.J.C., 2001. Weed community as an indicator of summer crop yield and site quality. Agronomy Journal,, 93: 524 – 530.

- Suárez, O., Cueto, G., Cavia, R., Gómez Villafañe, I., Bilenca, D., Edelstein, A., Martínez, P., Miguel, S., Bellomo, C., Hodara, K., Padula, P., Busch, M., 2003. Prevalence of Infection with Hantavirus in Rodent Populations of Central Argentina. Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 98(6): 727 – 73.

- Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., Lehman, C., 2001. Diversity and Productivity in a Long-Term Grassland Experiment. Science, 294: 843 – 845.

- Timm, R.M., 1994. Norway Rats. En: Hygnstrom, S.E., Timm, R.M., Larson, G.E. (eds.) Prevention and Control of Wildlife Damage. Vol. 1. Lincoln: Univ. Neb. Coop. Ext., pp. 105 – 120.

- Todd, I.A., Tew, T.E., Macdonald, D.W., 2000. Arable habitat use by wood mice (Apodemus sylvaticus). 1. Macrohabitat. Journal of Zoology, 250: 299 – 303.

- Vega, E., Balde, G., Jobbagy, E.G., Paruelo, J., 2009. Land use change patterns in the Rio de la Plata grasslands: the influence of phytogeographic and political boundaries. Agriculture, Ecosystems & Environment, 134: 287 – 292.

- Vervoorst, F., 1967. Las comunidades vegetales de la depresión del Salado. Serie Fitogeográfica 7. La vegetación de la República Argentina. Buenos Aires, SEAGN-INTA, 259 pp.

- Viglizzo, E.F., Lertora, F., Pordomingo, A.J., Bernardos, J.N., Roberto, Z.E., Del Valle, H., 2001. Ecological lessons and applications from one century of low external-input farming in the Pampas of Argentina. Agriculture, Ecosystems and Environment, 83: 65 – 81.

- Vitousek, P.M., 1994. Beyond global warming: ecology and global change. Ecology, 75: 1861 - 1876.

- Vitousek, P.M., Money, H.A., Lubchenco, J., Melillo, J.M., 1997. Human Domination of Earth's Ecosystems. Science, 277: 494 - 499.

- Wolman, M.G., 1993. Population, land use, and environment: a long history. En: Jolly, C.L., Boyle, B. (eds) Population and land use in developing countries. Torrey. Washington, DC, National Academy Press. pp, 15 – 29.

- Zar, J.H., 1996. Biostatistical Analysis, third ed. Prentice Hall, New jersey.

- Zhang, Z., Pech, R., Davis, S., Shi, D., Wan, X., Zhong, W., 2003. Extrinsic and intrinsic factors determine the eruptive dynamics of Brandt´s voles Microtus brandti in Inner Mongolia, China. Oikos, 100: 299 - 310.

- Zuleta, G.A., Kravetz, F.O., Busch, M., Percich, R.E., 1988. Dinámica poblacional del ratón del pastizal pampeano (Akodon azarae) en ecosistemas agraros de la República Argentina. Revista Chilena Historia Natural, 61: 231 - 244.

- Zuleta, G.A., Bilenca, D.N., 1992. Seasonal shifts within juvenile recruit sex ratio of Pampas mice Akodon azarae. Journal of Zoology, 227: 397 - 404.