



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Instituto de Biología

Consecuencias de la pérdida de la
cobertura vegetal y el cambio climático
sobre la comunidad de roedores del
Ajusco

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

STEPHANIE ORTEGA GARCÍA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. VÍCTOR MANUEL G. SÁNCHEZ-
CORDERO DÁVILA

COMITÉ TUTOR: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER
DRA. ROSA IRMA TREJO VÁZQUEZ

MÉXICO, D.F.

AGOSTO, 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 4 de junio de 2012, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** de la alumna **ORTEGA GARCÍA STEPHANIE** con número de cuenta **300340552** con la tesis titulada **"Consecuencias de la pérdida de la cobertura vegetal y el cambio climático sobre la comunidad de roedores del Ajusco"**, realizada bajo la dirección del **DR. VÍCTOR SÁNCHEZ CORDERO DÁVILA**:

Presidente: DRA. ELLA GLORIA VÁZQUEZ DOMÍNGUEZ
Vocal: DRA. ROSA IRMA TREJO VÁZQUEZ
Secretario: DRA. ANA CECILIA CONDE ÁLVAREZ
Suplente: DRA. PATRICIA ILLOLDI RANGEL
Suplente: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MEYER

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 27 de junio de 2012.

M. del Coro Arizmendi
DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se llevó a cabo dentro del programa de Posgrado en Ciencias Biológicas, con sede en el Instituto de Biología, UNAM.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca asignada.

A mi tutor el Dr. Víctor Sánchez-Codero Dávila

Y a mi comité tutorial, la Dra. Irma Trejo y el Dr. Enrique Martínez Meyer.

Agradecimientos personales

A los doctores del jurado: Patricia Illoldi, Joaquín Arroyo, Cecilia Conde y Ella Vázquez, por su revisión y sugerencias a este trabajo.

Al Dr. Roberto Bonifaz y al Ing. Ismael Pérez Colomer por su enorme paciencia y ayuda en el análisis de SIG.

Al Dr. David Ribble de Trinity University, San Antonio, Texas. Por su apoyo en mi estancia de investigación, y el análisis minucioso de mis datos.

A toda esa súper banda que me acompañó a la exhaustiva colecta de campo, Drs: Ángel Rodríguez y José Juan Flores. Maestros: Manuel Espino, Lázaro Guevara, Ricardo Paredes, Angélica Hernández, Alberto Cruz. Biólogos: Alan López-Portillo, Edith (Nutria), Lucia Durán, Marco Ortiz, Thonathiu Sanabria, Memo Muñoz Lacy, Nidia Inclán, Paula Romo, Dalia Ponce, Dayenari Caballero, Isabel Damián, Jorge (Kimba) Sánchez y su chica, Jesús Iglesias, Christian Montes, Agnibed Hernández, Omar Becerra, Vanía Rivera y su papá Antonio R. (que es la onda colectando). Ustedes fueron mi motor en esta tesis no tengo palabras para agradecerles esas desmañanadas y horas en el Ajusco.

Al Dr. Gabriel Gutiérrez y al M. en C. Enrique Arbeláez por haber dado críticas a mi tesis, las cuales hicieron de mi trabajo algo mejor.

Al Dr. Luis Zambrano por ayudarme en algunas partes de los análisis de la comunidad de roedores y por escuchar mis múltiples dudas.

A la C. a Dr. Fanny López y M. en C. Oscar Sánchez de Ciencias de la Atmósfera por su asesoramiento en el análisis de las tendencias climáticas.

A todos GRACIAS.

Esta tesis esta dedicada a la memoria de mi abuela Cristina Castillo

A mis mejores amigas: Cynthia Neri y Laura Canales

A mis padres y hermanos

Y por supuesto, al compañero de mi vida L. Guevara

Índice

Resumen

Abstract

Introducción

Cambio en la cobertura vegetal	1
La Cobertura vegetal de México	1
La deforestación y la biodiversidad mexicana	2
Clima, cambio climático y el hombre	3
El cambio climático en México	4
Cambio climático en relación a la biodiversidad	4
Cambios en la distribución de las especies	5
Cambios en la composición de la comunidad faunística	6
Evidencia fisiológica: ciclos reproductivos	6
Objetivos	8
Hipótesis	8
Predicciones	8
Área de estudio	10
Descripción de las especies estudiadas	
<i>Neotomodon alstoni</i>	12
<i>Microtus mexicanus</i>	13
<i>Peromyscus maniculatus</i>	14
<i>Peromyscus melanotis</i>	15
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	15

Material y Método

Selección de sitios de muestreo	17
Características de la vegetación	17
Condiciones climáticas de las cotas	17
Obtención de datos de la comunidad de roedores	
Captura de individuos	18
Análisis del cambio en la cobertura vegetal	19
Similitud de los datos climáticos entre los años de muestreo	20
Análisis de tendencias en las variables climáticas	21
Generalidades para el ajuste de tendencias con el programa <i>EViews</i>	22
Análisis del efecto de las variables abióticas en la comunidad de ratones	22
Resultados	
Descripción de las características de los sitios de muestreo	
Vegetación	24
Clima	24
Similitud de los datos climáticos entre los años de muestreo	25
Estructura de la comunidad de roedores	27
Periodo reproductivo	29
Cambio en la cobertura vegetal	31
Tendencias en las variables climáticas	
Temperatura mínima	33
Temperatura promedio	33
Temperatura máxima	34
Lluvia	34
Efecto de las variables abióticas en la comunidad de ratones	35

Discusión

Sitios de muestreo

Similitud en la estructura de la vegetación de ambas cotas altitudinales 37

Clima de cada cota altitudinal 37

Estructura de la comunidad de roedores

Cota baja 38

Cota alta 38

Patrones reproductivos de los roedores 39

Cambio de cobertura vegetal 40

Evidencia del cambio en el clima observado 41

Evidencia de los efectos del cambio climático y de la cobertura vegetal sobre la comunidad de roedores

Patrones de las poblaciones de roedores y cambios en la precipitación 42

Especialistas vs Generalistas 43

Patrones presentados por el resto de las especies de estudio 44

Conclusiones 47

Literatura citada 48

Anexo I.

Valores de P de la matriz de correlaciones de temperatura y lluvia entre las estaciones meteorológicas Ecoguardas y Amecameca de Juárez de 1970-1987.

Anexo II.

Gráficas mensuales de tendencia en temperatura y lluvia de 1970-2008

RESUMEN

La pérdida de hábitat y el cambio climático se constituyen actualmente como las principales amenazas para la fauna y la flora silvestres. La elevación global de la temperatura, derivada del cambio climático ocasionado por las actividades humanas, ha afectado la dinámica poblacional y la distribución de las especies.

El objetivo de este trabajo consistió en determinar el efecto del cambio climático y del cambio en la cobertura vegetal sobre la riqueza, abundancia y distribución de la comunidad de roedores conformada por *Peromyscus sp.*, *Reythrodontomis megalotis*, *Microtus mexicanus* y *Neotomodon alstoni*, en la sierra del Ajusco, al sur del Distrito Federal. Para ello, primero se evaluó la tendencia de temperatura y precipitación históricas de dicha zona. Para determinar la estructura de la comunidad, se realizó un muestreo en campo en el periodo de 2010-11 en dos cotas altitudinales (3000 y 3430 msnm). La información obtenida se comparó con datos provenientes de un estudio realizado en la cota de 3000 msnm en el periodo de 1978-79. Finalmente, para establecer una relación entre las variables climáticas y la abundancia de los individuos, se realizó un análisis de regresión lineal.

Los resultados de este trabajo demuestran que: 1) la tendencia de la temperatura ha ido en aumento, mientras que en la tendencia de la precipitación se observa una disminución; 2) la cobertura vegetal mostró una disminución de zonas forestales y un aumento en los pastizales; y 3) la composición de la comunidad ha cambiado drásticamente. En comparación con el estudio realizado previamente, en la cota de 3000 msnm la abundancia de las especies *Peromyscus sp.* y *M. mexicanus* ha disminuido notablemente. Asimismo, la especie dominante (*N. alstoni*) fue desplazada por *R. megalotis*. En contraste, en la cota de mayor altura la estructura de la comunidad fue similar a la reportada hace 30 años. El análisis de regresión demostró que existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la abundancia de roedores.

En conjunto, estos resultados indican que el aumento de temperatura es una de las principales causas de cambio sobre la composición y estructura de la comunidad de roedores de este bosque.

Palabras clave: Cricetidae, Arvicolidae, Faja Volcánica Transmexicana

Abstract

Habitat loss and climate change are currently the major threats to wildlife and flora. The global rise in temperature resulting from climate change caused by human activity has affected the population dynamics and distribution of species.

The aim of this study was to determine the effect of climate change and vegetation cover on the richness, abundance and distribution of the rodent community composed of *Peromyscus* sp., *Reithrodontomys megalotis*, *Microtus mexicanus* and *Neotomodon alstoni* in the Sierra Ajusco, south of Mexico City. To do this, I first assessed the trend of historic temperature and precipitation of the area. To determine the structure of the community, I conducted a field work in the period 2010-11 in two altitudinal levels (3000 and 3430 msnm). The information obtained was compared with data from a study conducted at an altitude of 3000 m in the period 1978-79. Finally, to establish a relationship between climatic variables and the abundance of individuals, I performed linear regression analysis.

The results of this study showed: 1) the temperature's trend has been increasing, while the precipitation's trend decreased, 2) the vegetation cover showed a decrease of forests and grasslands increased and 3) the rodent community composition has changed. Compared to the previous study, at an altitude of 3000 msnm the abundance of the species *Peromyscus* sp. and *M. mexicanus* has decreased drastically. Also, the dominant species (*N. alstoni*) was displaced by *R. megalotis*. In contrast, in the high level (3430 msnm), community structure was similar to reported 30 years ago. Regression analysis showed there is a direct relation between temperature and abundance of rodents.

These results indicate that increased temperature is a major cause of change on the composition and structure of rodent community in this forest.

Keywords: Cricetidae, Arvicolidae, Transmexican Belt

INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la deforestación generalmente nos conducen hacia la pérdida de hábitat, éstos son los dos factores más importantes que amenazan los ecosistemas terrestres mundialmente (Parmesan & Yohe, 2003). Al ser consideradas individualmente, estas amenazas son significativas, pero su interacción podría tener efectos adversos (Pearson et al., 2004). Hasta ahora los impactos potenciales del cambio climático y de la deforestación se habían analizado de forma independiente en México. Este trabajo aborda a escala local, los cambios en una comunidad de roedores y su asociación con cambios en el clima y la vegetación.

Cambio en la cobertura vegetal

Cuando hablamos de cambios de la cobertura vegetal debemos hablar de procesos de "pérdida", "alteración" y "recuperación". De acuerdo con la FAO (2004) la deforestación se define como la transformación de la vegetación primaria en otra cobertura de la tierra, esto implica la pérdida duradera o permanente de la cubierta forestal y la transformación de la vegetación primaria en tierras dedicadas a otros usos.

La cobertura vegetal ha cambiado a lo largo de su historia debido a presiones naturales y humanas, como resultado, al paso del tiempo ha presentado cambios en su distribución, composición y en su calidad (Rutilio, 2010). Debido a que las condiciones biofísicas de cada región son relativamente estables y se mantienen en equilibrio con la vegetación y otros elementos del paisaje, se puede suponer que la principal causa del cambio en el uso de suelo en décadas recientes es de origen antrópico (Rutilio, 2010). El cambio de la cobertura vegetal original a una cobertura de tipo antrópico como serían los pastizales, la agricultura y los asentamientos humanos, es la principal forma en que se presenta la deforestación (Rutilio, 2010).

La cobertura vegetal de México

La cobertura vegetal en México ha presentado cambios notables a causa de presiones sociales y naturales. El aumento de áreas agrícolas y zonas de pastizales, la tala descontrolada, la expansión de las áreas urbanas e incendios provocados son algunos de

los factores involucrados (D'Silva y Appanah, 1993). En México se estima que, de la superficie original vegetal del país, al menos 50% ha desaparecido o se ha deteriorado de tal manera que ha perdido su papel ecológico original (Velázquez et al., 2002). Entre 1976 y 2000, más de 20,000 km² de bosque templado, 60,000 km² de bosque tropical y 45,000 km² de matorral fueron deforestados lo cual representa un promedio anual de áreas deforestadas de 90,000; 265,000 y 195,000 ha y, tasas de deforestación de 0.25, 0.76 y 0.33% anuales, respectivamente (Mas et al., 2004). En 2004, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2004) dio el dato más actual que se tiene sobre la deforestación para México, reportando para el periodo de 2000 a 2005 una tasa promedio de deforestación de 314,000 ha anuales.

La deforestación y la biodiversidad mexicana

México es un país megadiverso pero con tasas de deforestación por encima del 1% a escala nacional, lo cual está amenazando su biodiversidad (Sánchez-Cordero et al., 2005). Algunos estudios han identificado los tipos de vegetación con alta riqueza de especies y endemismos que han sufrido deforestación considerable en el país, encontrando que los ecosistemas más deforestados son los bosques tropicales húmedos (90%), los bosques de niebla (30%) y el bosque tropical deciduo (20%) (Challenger, 1998; Velázquez et al., 2001; Mas et al., 2004). Sánchez-Cordero et al. (2005), modelaron la distribución potencial de 85 mamíferos endémicos para estimar el rango de pérdida de hábitat por deforestación e identificar las regiones potenciales con especies en riesgo de extinción. El 72% de los mamíferos endémicos mostró una alta proporción de hábitat transformado, el 27% perdió más del 50% de hábitat no transformado. Los mamíferos endémicos del estado de Veracruz y de la Faja Volcánica Transmexicana tuvieron el riesgo más alto de extinción de acuerdo a la tasa de deforestación para el país. Como puede observarse, el problema de la deforestación está presente en México y es necesario proponer estrategias para su combate y prevención, ya que la riqueza de especies animales albergada por estos ecosistemas inminentemente se perderá junto con éstos.

Clima, cambio climático y el hombre

El clima se define como el conjunto de estados y cambios de las condiciones atmosféricas observadas en un área determinada durante un periodo de al menos 30 años (Cifuentes, 2010). El clima tiene variaciones o fluctuaciones que ocurren a muchas escalas como resultado de procesos naturales, esto es llamado variación climática natural (IPCC, 2007a), pero cuando un parámetro meteorológico, como la temperatura, sale de su valor medio de muchos años, se habla de una anomalía. Esta anomalía puede ser causada por forzamientos externos como la radiación solar, o por forzamientos internos los cuales pueden ser generados por la actividad humana (Magaña, 2004).

El conocimiento acerca de qué elementos influyen en el clima ha incrementado apreciablemente en los últimos años, pero aún hay aspectos que no conocemos de manera precisa. Este es el caso del cambio climático (C.C.) en el último siglo. Sólo hasta 1995 el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) sugirió que hay evidencias de una influencia humana en los cambios del clima global, ya que actividades de origen antropogénico, tales como la quema de combustibles fósiles, el cambio de uso de suelo y combustión de biomasa han provocado el aumento de gases que provocan el efecto invernadero, i.e., dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), ozono (O_3), vapor de agua y halocarburos (compuestos de cloro, bromo o flúor y carbono). Actualmente sabemos que el cambio climático es inequívoco (IPCC, 2007a). Esta influencia humana junto con fuerzas naturales, han contribuido a los cambios en el clima de la Tierra; por ejemplo, a lo largo de todo el siglo XX la temperatura media anual mundial ha incrementado $0.76\text{ }^\circ\text{C}$. Además han cambiado los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones, se ha elevado el nivel del mar, hay derretimiento generalizado del hielo y la nieve y ha aumentado la intensidad de los huracanes (IPCC, 2007b). Dichos cambios, sobre todo el aumento de las temperaturas en algunas zonas, tienen efecto en diferentes aspectos de la biología de los animales, como en la reproducción (Langvatn, et al., 2004), el tamaño de las poblaciones y la distribución geográfica (Thomas & Lennon, 1999; IPCC, 2002; Bowman et al., 2005), así como un aumento en la frecuencia de aparición de algunas plagas y brotes de enfermedades (González et al., 2010).

El cambio climático en México

Existen 15 países que contribuyen con 71.4% de las emisiones de CO₂ mundiales por quema de combustibles fósiles; México se encuentra en la posición 12, con 98 millones de toneladas de carbono (1.54%) (Arvizu, 2007). El 30.5% de las emisiones de gases invernadero en el país están relacionadas con el cambio de uso de suelo, asociados a su vez con procesos de deforestación (Arriaga & Gómez, 2004). De acuerdo a esta información en el *Estudio de País*, presentado en la Primera Comunicación de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se consideran supuestos de un incremento de 2°C de temperatura y una disminución de 10% en la precipitación anual en el país (INE-SEMARNAP, 1997). Esta predicción es apoyada por los resultados de Domínguez (2007), que analizó datos de 146 estaciones climatológicas ubicadas en la Faja Volcánica Transmexicana del periodo de 1949 a 1998, indicando la existencia de una tendencia al aumento de la temperatura acompañada de una disminución en la precipitación para la zona. Con base en estas diferencias en los valores de temperatura y precipitación, se estima que los tipos de vegetación más afectados en México serán los bosques templados, los bosques tropicales y los bosques mesófilos de montaña (Villers & Trejo, 2004), lo que implicará un cambio en la distribución de las especies que habitan esos ecosistemas.

Cambio climático en relación a la biodiversidad

De acuerdo a Hugues (2000), el cambio que se predice sobre las comunidades y especies en consecuencia de las alteraciones climáticas puede ser resumido de una forma muy general en cuatro categorías: 1) efectos en la fisiología: hay efectos de manera directa sobre las tasas metabólicas y de desarrollo de los animales, y también procesos como la fotosíntesis, la respiración, el crecimiento y la composición del tejido en plantas. 2) Cambios en la distribución geográfica: se espera que las especies se desplacen hacia mayores altitudes y latitudes en respuesta al cambio en las zonas climáticas. 3) Cambios en la fenología: pueden alterarse factores o etapas de los ciclos de vida provocados por estímulos ambientales lo que conduciría a la disociación de las relaciones fenológicas entre las especies. 4) Adaptación: las especies con

tiempos generacionales cortos y tasas de crecimiento poblacional rápido podrían experimentar cambios microevolutivos *in situ*. De las mencionadas anteriormente, en este trabajo se abordarán los efectos del cambio de cobertura vegetal y del clima sobre la composición de las poblaciones y la distribución geográfica de una comunidad de roedores en el centro de la Faja Volcánica Transmexicana.

Cambios en la distribución de las especies

El efecto general estimado del cambio climático provocado por el hombre muestra que el hábitat de muchas especies se desplazará hacia los polos o hacia altitudes mayores respecto a su distribución geográfica actual (IPCC, 2007b). Las especies se verán afectadas de forma diferencial, ya que dependiendo de sus características fisiológicas y biológicas se ven más o menos afectadas y migran a diferente velocidad, trayendo como consecuencia una modificación en la composición de especies de la mayoría de las comunidades actuales (IPCC, 2007b). En el grupo de los mamíferos se esperan cambios importantes en sus distribuciones geográficas (Crump, 1996). Un ejemplo de esto es el estudio realizado por Myers et al. (2009), quienes encontraron, por medio de la consulta de información en colecciones científicas, que el ratón *Peromyscus leucopus* y la ardilla voladora *Glaucomys volans* han extendido sus rangos de distribución alrededor de 225 km desde 1980 en la región alta de la península de Michigan. Para México, Peterson et al. (2002) realizaron el modelado de la distribución de 1 870 especies incluyendo mariposas, aves y mamíferos, con lo cual bajo ciertos escenarios se predice que el cambio climático afectará de manera severa a todos estos grupos, con la mayor parte de extinción y reducción drástica de distribución en las especies de las partes montañosas del país. El declive de poblaciones de anfibios a nivel mundial a causa de cambios en las condiciones climáticas que han provocado un aumento en las infecciones producidas por patógenos como hongos y virus en estos animales es un hecho bien documentado y México no es la excepción. Parra-Olea et al. (2005) modelaron la distribución de dos salamandras (*Pseudoerycea cephalica* y *P. leprosa*) que habitan en la Faja Volcánica Transmexicana, sus resultados muestran que para el año 2050, a causa de los cambios antes mencionados, *P. leprosa* perderá el 75% de su área de distribución y considerando la deforestación para el sitio, la proyección es más preocupante. Así mismo, Trejo et al. (2011) analizan los efectos del cambio climático en comunidades de plantas y mamíferos en México y prevén que para el año 2050 el 21% de las especies

incrementará su distribución histórica, mientras que la mitad de las especies analizadas perderán alrededor del 50% de su área de distribución, y las especies con afinidades a zonas montañosas serán las más perjudicadas.

Cambios en la composición de la comunidad faunística

Se ha predicho que el riesgo de extinción como consecuencia del cambio climático actual diferirá considerablemente a través de gradientes latitudinales, geográficos y entre ecosistemas, comunidades y especies (Isaac, 2009). Diversos estudios han demostrado que características ecológicas y de historia de vida pueden hacer que algunas especies sean más vulnerables que otras ante el cambio climático. En particular, las especies generalistas (aquellas con amplios rangos geográficos y tolerantes a cambios en temperatura) podrían ser capaces de adaptarse a las condiciones cambiantes, mientras que la probabilidad de extinción se incrementa en especies de hábitos especializados y de distribuciones restringidas (Isaac, 2009). Myers et al. (2009), documentaron cambios muy rápidos y amplios en la composición de una comunidad de mamíferos pequeños en Michigan, que incluía ratones (*Peromyscus maniculatus*, *P. leucopus*), ardillas (*Glaucomys sabrinus*, *G. volans*, *Tamias minimus*, *T. striatus*), y tlacuaches (*Didelphis virginiana*). Estas especies habitaban los límites norte y sur de la región de los grandes lagos. Los cambios consistentemente reflejaban un incremento en especies que eran principalmente de distribución sureña (*P. leucopus*, *T. striatus*, *G. volans* y *D. virginiana*) y una disminución para las especies norteñas (*P. maniculatus*, *G. sabrinus*, *T. minimus*). Se observó que los ensamblajes de mamíferos pequeños cambiaron numéricamente, donde dominaban las especies norteñas, ahora dominaban las especies sureñas. Los muestreos realizados sugirieron que las especies sureñas no sólo se sumaron a las especies presentes en la región de los grandes lagos que se distribuían al norte sino que algunas especies sureñas reemplazaron a especies norteñas, cambiando así la composición y estructura de estos bosques (Myers et al., 2009).

Evidencia fisiológica: ciclos reproductivos

Los mamíferos tienen la capacidad de mantener una homeostasis fisiológica ante los cambios ambientales, esta homeostasis implica costos metabólicos muy altos (Kalcounis-Rueppell, et

al., 2002). Los mamíferos pequeños poseen reservas somáticas de energía que permiten mantener éstos costos que están fuertemente influenciados por las temperaturas ambientales (Speakman, 2000). Bajo estas circunstancias, no es sorprendente que la reproducción pueda disminuir durante eventos climáticos extremos (Reid & Krebs, 1996; Van Horne et al., 1997). Los cambios en la duración o la intensidad reproductiva (en este trabajo: proporción de individuos que se están reproduciendo) tienen una influencia potencial en la dinámica poblacional de muchas especies. En el caso de los estudios en mamíferos que se encuentran en el hemisferio norte, las consecuencias de una reproducción temprana han provocado un mayor número de camadas antes de la época invernal y la maduración más rápida de individuos en el mismo año en el que nacieron, por lo cual hay tiempos generacionales más cortos, que llevan a un incremento en el crecimiento poblacional y en las tasas reproductivas (Kalcounis-Rueppell, et al., 2002). Sin embargo, hay poca información acerca de cómo podrían estar variando los periodos reproductivos ante el cambio climático en especies que se distribuyen en zonas que se encuentran en los trópicos. En este trabajo se hipotetiza que las tendencias climáticas de un aumento en la temperatura y una disminución en la cantidad de lluvia para la zona de estudio podrían tener efectos contrarios a los encontrados en el hemisferio norte, tales como una disminución en el número de eventos reproductivos. Los únicos trabajos que hasta ahora se han realizado para trópicos en relación a la reproducción, han usado especies de anfibios (Donnelly, 1998), pero con respecto al grupo de los mamíferos no hay suficiente conocimiento generado.

Los estudios hasta ahora realizados para México han utilizado modelos y proyecciones a futuro para poder estimar los cambios que podrían presentarse en la distribución de los mamíferos, pero carecen de datos de campo que validen las predicciones. El diseño experimental realizado en esta investigación hasta ahora no se había hecho en México y permite poner a prueba de manera explícita el efecto del cambio climático y de la cobertura vegetal en una comunidad de roedores particular en un periodo de tiempo corto (32 años).

Objetivos

General- Evaluar el efecto del cambio en la temperatura, cantidad de lluvia y cobertura vegetal sobre la dinámica poblacional y estructura de la comunidad de roedores de un bosque templado aledaño a la Ciudad de México.

Particulares

1. Comparar la abundancia y riqueza de especies de la comunidad de roedores de los periodos 1978-79 y 2010-11.
2. Evaluar si el periodo reproductivo de los roedores ha variado en duración o intensidad en comparación con lo reportado durante 1978-79.
3. Comparar la abundancia y riqueza actual de los roedores entre una cota altitudinal situada a 3000 msnm (cota baja) y una cota altitudinal a 3430 msnm (cota alta).
4. Determinar la respuesta de cada especie de roedor a los cambios en la cobertura vegetal, en la temperatura y la lluvia.

Hipótesis

En los últimos años ha habido un aumento poblacional en los alrededores de la Sierra del Ajusco que ha causado una disminución en la cobertura vegetal original. Además, se ha detectado un cambio en el clima en las últimas tres décadas tendiente a un aumento en la temperatura y una disminución en la precipitación. Dado que los roedores son sensibles a los cambios en la estructura de su hábitat y al clima, se esperaría que las alteraciones en su hábitat hayan tenido un efecto diferente sobre la dinámica poblacional y/o distribución de los mamíferos el cual depende de la biología de cada roedor.

Predicciones

1. La estructura poblacional de roedores reportada para 2010 y 2011 en la cota altitudinal baja será diferente a la de 1978-79, ya que se espera que la abundancia de ratones de carácter generalista (*Reithrodontomys megalotis*, *Peromyscus maniculatus* y *Microtus mexicanus*) será mayor que la de una especialista (*Neotomodon alstoni*).

2. La intensidad reproductiva de los roedores habrá sido afectada negativamente como consecuencia de una mayor temperatura y menor cantidad de lluvia en años recientes.
3. La estructura de la comunidad actual de los roedores de la cota altitudinal alta será semejante a la estructura de la comunidad reportada en la cota baja durante 1978-79, dado que se espera que ésta posea condiciones similares a la de hace 32 años.

ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en el Parque Nacional Cumbres del Ajusco que se encuentra ubicado en la delegación Tlalpan, al sur del Distrito Federal, al norte del estado de Morelos y una porción al oriente y poniente del Estado de México; dentro de las siguientes coordenadas extremas: 19° 12' y 19° 12' 50'' latitud norte y 99° 14' 35'' y 99° 16' 20'' latitud oeste (Fig. 1). El Ajusco es un cerro aislado de 1,700 m de altura sobre el nivel de la cuenca de México y de casi 4000 msnm (Vargas, 1997).

Aspectos físicos- El área se encuentra situada en la porción suroeste del parte aguas de la Cuenca de México y está compuesta por un conjunto de rocas volcánicas. Presenta un clima C (W2) semifrío, subhúmedo con temperaturas máximas de abril a septiembre (T° media = $15 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y mínimas de noviembre a febrero (T° media = $11 \pm 1^{\circ}\text{C}$); las lluvias ocurren de mayo a octubre (precipitación media anual= 1350 mm) y el estío de noviembre a abril (precipitación media anual= 16 ± 11 mm) (Vargas, 1997; Fa et al., 1996; Castro-Campillo et al., 2008).

Aspectos biológicos- La vegetación se encuentra representada por las siguientes asociaciones: bosque mixto de *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa* (3,500 m s.n.m). Bosque de *P. hartwegii* y zacatonal de *Muhlenbergia quadridentata* (3,7000 msnm). Bosque de *P. hartwegii* bastante espaciado y zacatonal de *M. quadridentata* y *Fetisca hephaestophila* (3,800 msnm). Bosque abierto de *P. hartwegii* y zacatonal de *Calmagrostis tolucensis* y *F. amplissima* (3,900 m s.n.m) (Vargas, 1997).

En este parque hay diferentes actividades antrópicas, entre ellas destacan las recreativas que incluyen: caminata, equitación, ciclismo de montaña, motociclismo a campo traviesa, batallas con pintura y comederos. Por otra parte, la siembra de cultivos y el pastoreo de vacas y borregos están poco controlados, lo que podría potencialmente estar provocando un cambio en la vegetación natural. Así mismo, la seguridad del parque corre a cargo de vigilancia policiaca correspondiente a la delegación Tlalpan, y ésta se realiza por medio de rondas (Castro-Campillo et al., 2008).

Para este trabajo se tomaron dos sitios de estudio dentro de la Sierra del Ajusco: el primero fue denominado como cota baja (14 Q 0475463, 2126070 UTM, 3000 msnm). El segundo como cota alta y se ubica en las siguientes coordenadas UTM: 14 Q 0474250, 2122382, 3430 msnm (las características específicas de cada cota se detallan en la sección de resultados).



Fig. 1. Área de estudio ★

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

***Neotomodon alstoni* (Ratón de los volcanes),**

Merriam 1898 (Fig. 2).

Morfología: es un ratón de tamaño medio y apariencia robusta. La coloración del dorso es gris oscuro, en los costados presenta un color amarillento y el vientre es blanco con una



Fig. 2. *N. alstoni*. Foto: S. Ortega García

mancha pectoral amarilla. La cola es más corta que el cuerpo y ligeramente bicolor (Chávez, 2005). Posee una alta tasa de captura. Es un roedor de carácter dócil (Olivera et al., 1986).

Distribución: es una especie endémica de México con una distribución restringida a la Faja Volcánica Transmexicana (Chávez, 2005).

Ecología: es de hábitos nocturnos y se asocia a plantas gramíneas, ya que construye sus madrigueras entre las raíces amacolladas de éstas, mostrando preferencia de microhábitat en el zacatonal. En condiciones naturales su dieta está constituida por tallos, brotes y hojas de herbáceas. La esperanza de vida promedio es de 142 días para las hembras y 106 días para los machos. Más del 50% de la población no sobrepasa el año de vida. Coexisten con otras especies de ratones como *Peromyscus boylii*, *P. maniculatus*, *Reithrodontomys megalotis* y *Microtus mexicanus* (Chávez, 2005). Aunque habita principalmente en pastizales de gramíneas amacolladas también se encuentra en bosque de coníferas y encino en altitudes de 2400 a 4960 msnm Es una especie que no presenta problemas de conservación (Chávez, 2005).

Reproducción: presenta actividad reproductiva durante todo el año (Chávez, 2005). Existe una mayor cantidad de partos de abril a septiembre. El periodo de gestación es de 25-35 días y lactancia de 20-30 días. La apertura vaginal ocurre a los 49 días y la duración del ciclo estral es de 4.5 días. Las hembras inician las cópulas con éxito de preñez a los 65 días, con un promedio de camada de 3.1 crías (Olivera et al., 1986). La máxima actividad reproductiva ocurre en las estaciones de primavera-verano y hay un promedio de 70% de adultos inactivos durante el invierno (Chávez, 2005).

***Microtus mexicanus* (Metorito)**, Seassure, 1861 (Fig. 3).

Morfología: es un ratón de tamaño mediano en comparación con otros roedores de zonas templadas. Su pelo es largo y suave, de coloración pardo oscuro, con flancos más claros y vientre grisáceo. La cola ligeramente bicolor. Se reconoce por su hocico chato, cola corta y orejas cortas y redondas casi tapadas por el pelaje (González & Cervantes, 2005).

Distribución: se extiende desde el sureste de Estados Unidos hasta el centro y sur de México (González & Cervantes, 2005). Aunque su distribución es amplia esta restringida a las zonas de las sierras (Álvarez & Polaco, 1982).

Ecología: son diurnos y nocturnos. Utilizan veredas y túneles subterráneos en sus movimientos. Son de hábitos sociales muy desarrollados que viven en grupos familiares constituidos por dos a ocho individuos. Se alimentan de raíces, tallos y hojas de plantas herbáceas. Coexisten con otros ratones como *Peromyscus boylii*, *P. maniculatus*, *P. melanotis*, *Reithrodontomys megalotis* y *Neotomodon alstoni*. Son depredados principalmente por coyotes, lince, búhos y víboras de cascabel. Debido a su gran potencial reproductivo se les considera perjudiciales para la agricultura (González & Cervantes, 2005). Habita principalmente en pastizales, bosque de pino-encino y ambientes perturbados. La altitudes a las que se ha reportado son de 2220 a 4115 msnm Es una especie que no presenta problemas de conservación (González & Cervantes, 2005).

Reproducción: se reproducen todo el año pero principalmente de mayo a agosto. En cada parto nacen de una a cuatro crías (González & Cervantes, 2005).



Fig. 3. *M. mexicanus*. Foto S. Ortega García

***Peromyscus maniculatus* (Ratón)**, Wagner, 1845 (Fig. 4).

Morfología: es una especie de tamaño pequeño entre las de su género. La coloración del dorso varía entre grisáceo al café rojizo; el vientre y patas son blancos. La cola es claramente bicolor, es de menor longitud que la cabeza y el cuerpo y está cubierta con pelo corto y delgado. La longitud de los nasales es menor de 11 mm. El rostro es delgado, corto y cónico (Ramírez-Pulido et al., 2005).

Distribución: se extiende de los límites de Canadá con Alaska hasta la parte suroccidental de México. En México ocupa desde la península de Baja California, la Meseta Central y la Faja Volcánica Transmexicana hasta la porción central de Oaxaca (Ramírez-Pulido et al., 2005).

Ecología: son de hábitos nocturnos. Por lo general viven en madrigueras que construyen en los suelos blandos, también se refugian en huecos de árboles y suelen abandonar sus nidos frecuentemente. Son territoriales. Son altamente oportunistas en su alimentación, que presenta variaciones estacionales y regionales. Se alimenta de semillas, materia vegetal tierna, insectos, moluscos y anélidos. Se les considera una amenaza seria en las zonas de regeneración ya que se alimentan especialmente de semillas de coníferas. La longevidad promedio en condiciones naturales es de dos años. Conviven con otros ratones como *Dipodomys ohrid*, *D. phillipsii*, *D. spectabilis*, *D. merriami*, *Hodomys alleni*, *Liomys irroratus*, *Baiomys taylori*, *Microtus mexicanus*, *Neotoma albiula*, *N. martinensis*, *Onychomys torridus*, *Peromyscus bullatus*, *P. difficilis*, *P. melanotis*, *P. melanophrys*, *P. pectoralis*, *Reithrodontomys fulvescens* y *R. megalotis*. Habita en una gran diversidad de hábitats, como bosques mixtos, bosque de pino, pastizales, matorrales xerófitos, desiertos, zonas áridas y en cercanías de cultivos. Ha sido capturado desde los 60 hasta los 3800 msnm aunque la mayoría de los registros se ubican por debajo de los 2500 msnm (Ramírez-Pulido et al., 2005). Las poblaciones continentales no presentan problemas de conservación. Aunque es evidente que la deforestación y urbanización constantes en su hábitat pueden ocasionar presiones, especialmente en el centro del país (Ramírez-Pulido et al., 2005).

Reproducción: se reproducen durante todo el año pero con mayor frecuencia en junio y agosto. En lugares templados y fríos pueden tener hasta nueve crías por parto. El periodo de gestación es de 22.4 a 25.5 días. El primer estro se presenta a los 48.7 días (Ramírez-Pulido et al., 2005).

***Peromyscus melanotis* (Ratón)**, J.A. Allen y Chapman, 1897 (Fig. 4)

Morfología: ratón de tamaño pequeño entre los miembros de su género. Presenta un mechón de pelo oscuro en la base de la oreja. El pelaje dorsal es pardo ocráceo entremezclado con gris oscuro. Las orejas son oscuras con el borde blanco. El vientre y extremidades son blancas. La cola es claramente bicolor con el dorso oscuro (Castro-Campillo et al., 2005).

Distribución: es una especie endémica de México con una distribución muy amplia, pero discontinua que abarca una franja de la Sierra Madre Occidental (Chihuahua y Durango), la porción media inferior del Altiplano Mexicano, la Sierra Madre Oriental y la Faja Volcánica Transmexicana (Castro-Campillo et al., 2005).

Ecología: habita en zacatonales y troncos huecos. Es de actividad crepuscular. Se alimenta de semillas de plantas herbáceas y pastos. Las hembras son de mayor tamaño que los machos. Esta especie vive asociada con *Sorex milleri*, *Tamias bulleri*, *Neotoma mexicana*, *Microtus mexicanus*, *Neotomodon Alston* y *P. maniculatus*. Se distribuye entre 1097 y 4300 msnm. No presenta problemas de conservación (Castro-Campillo et al., 2005).

Reproducción: Las poblaciones de la Faja Volcánica Transmexicana presentan de dos a cuatro crías por camada (Castro-Campillo et al., 2005).



Fig. 4. *Peromyscus* sp. Foto: S. Ortega García

***Reithrodontomys megalotis* (Ratón)**, Baird, 1858 (Fig. 5)

Morfología: es un ratón pequeño. Dorsalmente, el pelaje tiende a ser café claro, debido al color de los pelos cobertores, grisáceos en la base y color ante en el extremo, combinados con pelos de guardia relativamente poco densos, de color oscuro. La cola es un poco más larga que el cuerpo (Sánchez & Oliva, 2005).

Distribución: es uno de los ratones con una de las distribuciones más amplias en Norteamérica, ya que se le encuentra desde el sur de Canadá hasta el centro de México. En México está

ausente en la parte sur de la Península de Baja California, las planicies costeras del Pacífico y el Golfo, y la Península de Yucatán (Sánchez & Oliva, 2005).

Ecología: son ratones nocturnos y principalmente terrestres. Sus áreas de actividad son muy grandes (3500 m²). Las densidades de su población fluctúan entre 4 a 11 ind/ha, pero en años excepcionalmente buenos pueden aumentar hasta 60 ind/ha después de las lluvias.

En el centro de México se han reportado densidades de entre 0.7 - 15.8 ind/ha, en sitios abiertos y campos de cultivo. Son principalmente granívoros, aunque pueden consumir también hojas y tallos, así como algunos invertebrados. Se encuentran asociados con bosques abiertos de pino-encino y pastizales naturales. Seleccionan sitios cubiertos con gramíneas, otras hierbas y arbustos bajos. Probablemente sea la especie del género *Reithrodontomys* mas tolerante a diferentes altitudes, ya que se le ha encontrado desde el nivel del mar hasta casi 4000 msnm (Sánchez & Oliva, 2005).

Reproducción: los machos suelen ser polígamos y mantener cierta dominancia. Las crías nacen en nidos esféricos, contruidos de pasto y otras materias vegetales. Las camadas suelen ser numerosas pero con un amplio intervalo de variación, de una a nueve crías. El lapso de gestación es de 25 días, las crías son altricias, y tras cerca de 25 días de lactancia, son destetadas. Existen evidencias de que la substitución de individuos en una población puede ser casi completa en el lapso de un año (Sánchez & Oliva, 2005).



Fig. 5. *R. megalotis* Foto: S. Ortega García

Material y Método

Selección de sitios de muestreo

La cota baja se estableció a 100 m de distancia hacia el oeste de la zona de muestreo reportada por Sánchez-Cordero y Canela-Rojo (1991); no fue posible colocarlo exactamente en el mismo sitio debido a que éste ahora se encuentra rodeado de casas. La cota alta se ubica en el km 32 de la carretera Picacho-Ajusco. Este sitio fue elegido por una mayor altitud (3430 msnm) en comparación con la cota baja (3000 msnm), también porque el tipo de vegetación era similar al de la cota baja en 1978-79 (Sánchez-Cordero *com. pers.* 2010) y no se encontraba tan cercano a áreas transformadas.

Características de la vegetación

Se evaluó la vegetación en cada cota altitudinal con base en el método de Gentry (1982) el cual consistió en el muestreo de una parcela en cada cota altitudinal, la cual midió 50 m x 2 m. La vegetación se evalúa en un metro de cada lado a lo largo de un transecto en línea de 50 m, todas las plantas presentes fueron incluidas en la muestra. Para el estrato arbóreo se tomaron datos de diámetro a la altura del pecho y altura, mientras que para el estrato herbáceo se tomaron datos de largo (diámetro mayor), ancho (diámetro menor) y altura. Con estos datos se obtuvo la densidad y abundancia de las especies en los sitios.

Posteriormente se comparó la altura, cobertura y diámetro de la vegetación presente en cada cota altitudinal, para lo cual se utilizó una prueba de t de student (XLSTAT V.2009.3.02).

Condiciones climáticas de las cotas

Para establecer si las condiciones climáticas diferían entre cotas altitudinales, se analizó la temperatura media mensual y lluvia total mensual, estos datos se tomaron del Atlas Climatológico Digital de México V. 2.0. (Fernández-Eguiarte et al., 2012). Se aplicó una prueba de T para establecer si había diferencias significativas entre sitios (XLSTAT V.2009.3.02).

Obtención de datos de la comunidad de roedores

Captura de individuos

El trabajo de campo se llevó a cabo a lo largo de un año a partir de mayo de 2010 a marzo de 2011, cubriendo seis periodos de muestreo: 1) 3-21 mayo, 2) 26 julio al 4 de agosto, 3) 1-12 de septiembre, 4) 11- 22 de noviembre, 5) 10-20 de enero y 6) 21- 31 de marzo.

En la cota baja se colocó un total de 400 trampas tipo Sherman. Mientras que en la cota alta se colocó un total de 200 trampas. Inicialmente se trató de colocar el mismo número de trampas en la cota alta, pero por cuestiones logísticas esto no fue posible. Debido a esta diferencia de esfuerzo de muestreo se hizo un ajuste de datos de acuerdo a Perrow et al. (1996). Para lo anterior se determinó el número de individuos atrapados por salida en cada sitio, y se multiplicó por la unidad de esfuerzo (número de horas y cantidad de trampas Sherman activas) obteniéndose así una medida de abundancia.

Las trampas se colocaron en cada cota altitudinal en 10 filas separadas por 10 m y entre cada par de trampas consecutivas hubo un espacio de 10 m. Cada trampa fue cebada con avena y vainilla. Las trampas se activaron al atardecer y se revisaron a la mañana siguiente. Este procedimiento se repitió durante cinco noches consecutivas (Sánchez-Cordero y Canela-Rojo, 1991).

Los ratones capturados se identificaron en campo siguiendo a Ceballos y Oliva (2005). Se pudo identificar que *Peromyscus melanotis* y *P. maniculatus* estaban presentes en ambos sitios de colecta y debido a que su identificación requiere de la medición del nasal del cráneo se decidió dejar a los individuos de estas especies en la categoría de género y tomarlos dentro de un mismo grupo.

A cada ratón capturado se le tomaron las medidas merísticas tradicionales (Romero-Almaraz et al., 2007) y se marcó con una clave por medio de muescas en la oreja para su posible recaptura.

Las muescas se realizaron de la forma indicada en la fig. 6:

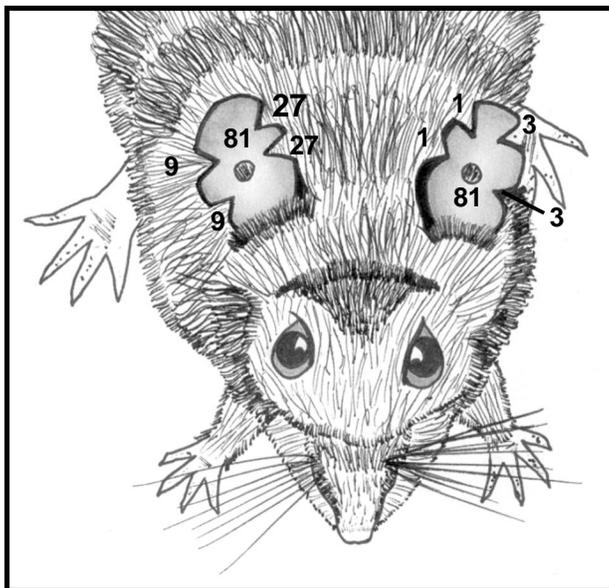


Fig. 6 Patrón de marcas y claves usado para identificar individuos capturados durante el año de muestreo.

Ilustración: Dra. Ariadna Ruiz Loredo

La captura-recaptura de los individuos permitió establecer los siguientes parámetros: Densidad poblacional- se estimó por el método de enumeración directa, para calcular el número mínimo de individuos vivos (NMIV; Krebs, 1966). Periodo reproductivo- la actividad reproductiva en las hembras se evaluó tomando en cuenta los siguientes criterios: 1) se tomó a las hembras como receptivas al observar la perforación vaginal, 2) hembras lactantes tomando al desarrollo mamario conspicuo como evidencia de lactancia y 3) hembras preñadas, cuando se notara un crecimiento anormal en el vientre y los embriones fueran palpables. Asimismo, los machos reproductivos fueron definidos como aquellos individuos con testículos escrotados (Sánchez-Cordero y Canela-Rojo, 1991).

Para estimar si existían diferencias significativas respecto a la abundancia entre cotas altitudinales se aplicó una prueba de ANOVA de medidas repetidas con dos factores (especie y cota altitudinal). Se decidió aplicar esta prueba debido a que no existía independencia de datos entre las colectas (Gondar, 2002). Para hacer esta prueba se utilizó el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences V. 20.0.0).

Análisis de cambio de cobertura vegetal

Para comparar la cobertura vegetal entre los periodos de estudio (1978-79 y 2010-11) se utilizó la carta de vegetación Milpa Alta E-14-A-19 (escala 1:50 000) elaborada con fotos aéreas del año 1976. Esta carta se digitalizó y se georreferenció para incorporarla a un SIG (ArcGIS ESRI® ArcMap™ 9.2). Para el segundo periodo se utilizó una ortofoto correspondiente al año de 2007 escala 1:10 000; ambas fuentes de información son procedentes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Ambos productos se proyectaron al sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) utilizando el Datum WGS84.

El análisis se hizo a dos escalas a) el área general, que abarcó una superficie de 3,096.2199 ha y b) a nivel de sitios de muestreo, la cota baja con 214.70 ha y la cota alta con 175.96 ha.

Procedimiento:

- a) En ambos mapas se dibujaron los polígonos correspondientes a cada tipo de vegetación bajo los siguientes criterios, 1) forestales (todo tipo de árboles), 2) pastizales y 3) zonas transformadas (urbano, agricultura o suelo desnudo).
- b) Se obtuvo la superficie de cada polígono con lo que se determinó la superficie de cada tipo de vegetación (forestal, pastizal o transformado) para cada año de estudio.
- c) Con estos datos se calculó la tasa anual de pérdida de áreas forestales y pastizal, por medio de la siguiente fórmula (Trejo & Dirzo, 2000):

$$r = 1 - (1 - A_1 - A_2/A_1)^{1/t}$$

Donde A_1 = área cubierta por áreas forestales al comenzar el periodo, en este caso, 1976.
 A_2 = es el área de cubierta forestal al final del periodo (2007) y t = es el número de años por periodo de análisis.

- d) Los mapas obtenidos para cada uno de los periodos se sobrepusieron y se obtuvo una matriz de cambio y un mapa en la que se reconocen las áreas que se han transformado. A la capa resultante se le sobrepuso una capa de curvas de nivel a cada 90 m (Jarvis, et al., 2008) para identificar a qué altura ocurrieron los mayores cambios de cobertura vegetal.

Análisis de los datos climáticos entre los años de muestreo

Para determinar la relación entre las variables climáticas de los dos periodos de muestreo (1978-79 vs. 2010-11) se aplicó una prueba de correlación, adicionalmente se añadió al análisis un año anterior a cada muestreo (1977 y 2009 respectivamente), ya que se ha reportado que la respuesta de algunas especies de roedores a las condiciones climáticas es retrasada (Lima et al., 1999). Las variables analizadas fueron la temperatura promedio mensual y la precipitación total mensual. Esta información se obtuvo de la estación climatológica Ecoguardas, la cual está ubicada en la zona del Ajusco, DF (19° 16' 17" N, 99° 12' 14" W, 2200 msnm). Dicha estación se encuentra a 6 km de la cota baja y a 10 km de la cota alta de distancia en línea recta. La información fue facilitada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Análisis de tendencias en las variables climáticas

Para detectar anomalías climáticas en la zona de estudio se utilizó el programa *EViews V.6*, analizándose las siguientes variables meteorológicas:

- ❖ Temperatura promedio
- ❖ Temperatura mínima promedio
- ❖ Temperatura máxima promedio
- ❖ Lluvia total

Las variables fueron analizadas mensualmente. Los datos se obtuvieron de la estación climatológica Amecameca de Juárez (19° 8' 26" N, 98° 46' 20" W, 2 470 msnm) y fue facilitada de nuevo por el SMN. Fue necesario adquirir datos de la estación climatológica de Amecameca de Juárez porque los datos de la estación de Ecoguardas se encontraban incompletos del periodo de 1988 al 2007. Se realizó un análisis de correlación para obtener un soporte estadístico de que las variables registradas en Amecameca eran equiparables a las de Ecoguardas. El análisis de correlación se realizó para todas las variables de las cuales un mínimo de 73% fueron significativas ($P < 0.05$) entre las estaciones climatológicas (anexo 1). No fue posible incluir a los años 2009 al 2011 debido a que los datos correspondientes a estos años difieren fuertemente de las tendencias observadas hasta ese momento, se asume que este cambio drástico en los valores no es natural sino corresponde al cambio de estaciones manuales por automáticas. Al final se obtuvo un total de 40 años de datos meteorológicos

(1969-2009) para los meses de enero a marzo y 38 años para el resto de los meses (1970-2008), esto debido a que la base de datos proporcionada contenía estos huecos de información.

Generalidades para el ajuste de tendencias con el programa EViews

EViews es un programa diseñado para el análisis estadístico y econométrico de todo tipo de datos, especialmente datos de series temporales (Brooks, 2008). Para realizar el ajuste de tendencia en las series de datos, se utiliza un modelo de regresión lineal simple.

Validación del modelo

Para validar el modelo hay que realizar una serie de pruebas estadísticas relacionadas con los residuos (errores) y los parámetros del modelo, por medio de pruebas de especificación. En los residuos no debe existir autocorrelación, deben distribuirse de manera normal y su varianza debe ser constante (homoscedasticidad). En cuanto a los parámetros, éstos deben ser constantes y presentar linealidad (López-Díaz, 2009).

Al realizar el modelo de regresión con la tendencia como regresor, antes de iniciar con las pruebas de especificación es necesario determinar si el coeficiente de la tendencia es significativo o no lo es, para lo cual se utiliza el valor de la probabilidad. En general si la probabilidad es <0.05 (nivel con 95% de confianza) entonces la tendencia sí es significativa (López-Díaz, 2009).

Las pruebas realizadas en el programa EViews para poner a prueba la estabilidad de los parámetros son las siguientes:

- ❖ Cambio Estructural
- ❖ Estimaciones Recursivas (OLS Only)
- ❖ Prueba CUSUM
- ❖ Prueba CUSUM-Q
- ❖ Coeficientes recursivos
- ❖ Prueba de Punto de Quiebre Quandt-Andrews
- ❖ Prueba Ramsey RESET
- ❖ Variables Ficticias (*Dummy*)

Análisis del efecto de las variables abióticas en la comunidad de ratones

Se realizó un análisis de regresión lineal para determinar la relación entre las variables meteorológicas y la densidad de individuos por hectárea de cada especie de roedor de la siguiente manera: se relacionó la media de dos meses con los individuos por hectárea obtenidos en el muestreo correspondiente, es decir, la media climática de diciembre y enero se relacionó a los individuos colectados en enero y así sucesivamente hasta abarcar el año completo. El análisis de regresión se realizó de esta forma debido a que hubo seis periodos de muestreo y a que los roedores responden de forma retardada al cambio en el clima (Lima et al., 1999).

Para realizar este análisis previamente se evaluó la normalidad de los datos por medio de la prueba de Anderson Darling, se consideró que los datos tenían una distribución normal cuando se obtuvo una $p > 0.05$. Para ambos análisis se utilizó el programa estadístico XLSTAT (V.2009.3.02).

Resultados

Descripción de las características de los sitios de muestreo

Vegetación

En los dos sitios de estudio la vegetación dominante corresponde a bosque de pino, dominado por *Pinus hartwegii* en el estrato arbóreo y pastizal de *Muhlenbergia* en estrato herbáceo.

Cota baja- La media de la altura del zacatón (*Sporobolus indicus*, *Trisetum sp.*, *Bromus sp* y *Muhlenbergia sp.*) fue de 1.27 m, el total de cobertura cubierto por este estrato de vegetación fue de 57.8 m² (N=35). La media de la altura de los árboles (*Pinus hartwegii*) fue de 2.18 m y la media de su diámetro de 5.1 cm (N=7). En la cota baja el bosque era más abierto y los árboles eran individuos jóvenes.

En la cota alta la media de la altura del zacatón (*Sporobolus indicus*, *Trisetum sp.*, *Bromus sp* y *Muhlenbergia sp.*) fue de 0.82 m, la cobertura total abarcada por este tipo de vegetación fue de 13.29 m² (N=14). Así mismo la media de altura de los árboles (*Pinus hartwegii* y *P. montezumae*) fue de 8.12 m y la media de su diámetro de 17.52 cm (N=4). Para la flor de las nieves (*Eryngium sp.*) la media de la altura fue de 0.49 m y su cobertura promedio abarcó 7.67 m² (N=12).

La media de la altura del zacatón fue significativamente mayor en la cota baja ($t=3.97$, $P=0.0001$), mientras que la cobertura fue similar entre las cotas ($t=1.83$, $P=0.072$). En el caso de los árboles la media de la altura fue significativamente mayor en la cota alta ($t=-4.39$, $P=0.002$) pero el diámetro fue similar entre cotas altitudinales ($t=-2.12$, $P=0.06$).

Otras plantas presentes en el sitio de forma muy esporádica y por lo cual no fueron incluidas en el análisis fueron: *Bacharis sp.*, *Phenstemon sp.* y *Castilleja sp.* en la cota baja, y en la cota alta *Gnaphalium sp.*

Clima

Los datos de lluvia no mostraron diferencias significativas entre las cotas altitudinales ($t=-0.610$, $p=0.554$). En contraste, sí hubo diferencias significativas en la temperatura ($t=22.670$, $p=0.00001$) siendo la cota baja la de mayor temperatura (cuadro 1, fig. 7).

Cuadro 1. Condiciones climáticas por cota altitudinal para el año 2010

	Temperatura media anual (°C)	Lluvia total anual (mm)
Cota baja	12.1	1,198.6
Cota alta	9.7	1,210.4

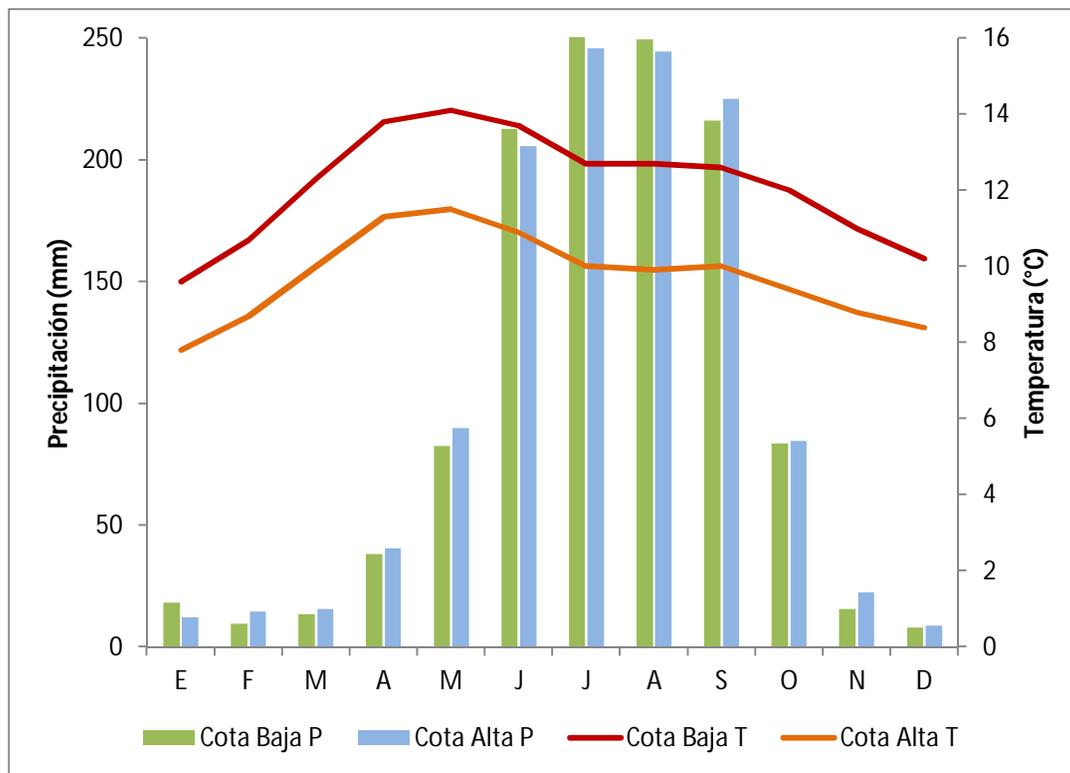


Fig. 7 Fluctuación de la temperatura y precipitación en la cota baja y alta a lo largo del año

Similitud de los datos climáticos entre los años de muestreo

Al comparar los años de muestreo de ambos estudios se pudo observar que la fluctuación en la temperatura es similar ($r=0.78$, $p=0.0001$), excepto que para el periodo 2009-11, la temperatura es más alta (Fig. 8, cuadro 2). En cuanto a la cantidad de lluvia, también se encontraron fluctuaciones similares entre ambos periodos de colecta ($r=0.71$, $p=0.0001$). Se puede observar que la mayor cantidad de lluvia se ha acotado a los meses de julio a septiembre en años recientes, mientras que en los años 70's la cantidad de lluvia comenzaba a incrementarse notablemente a partir del mes de mayo (Fig. 9). Sin embargo, esta tendencia no se aprecia al

comparar todos los años analizados por lo cual no se considera como un hecho que la temporada de lluvias sea más corta aunque si hay una menor cantidad de la misma (cuadro 2).

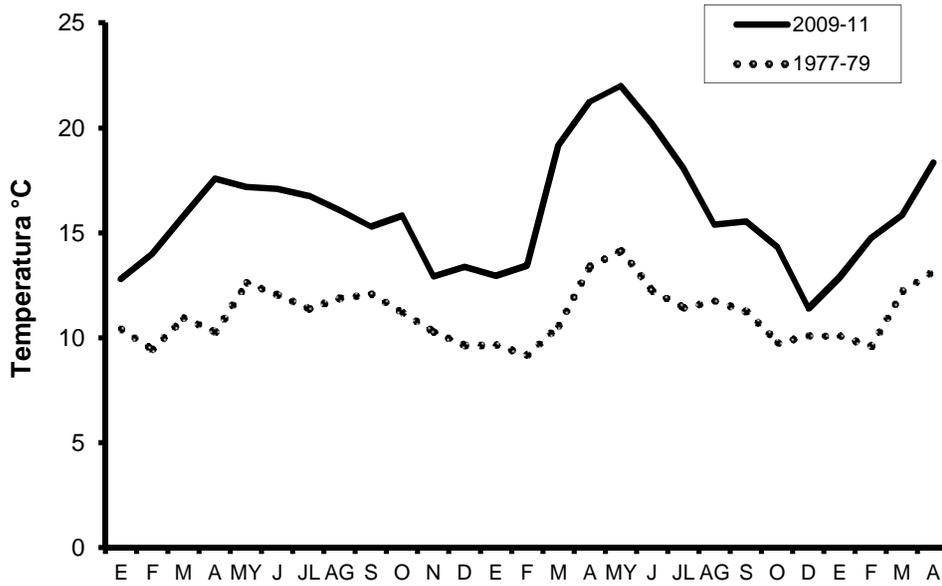


Fig. 8 Fluctuación de la temperatura media mensual en los dos periodos de análisis

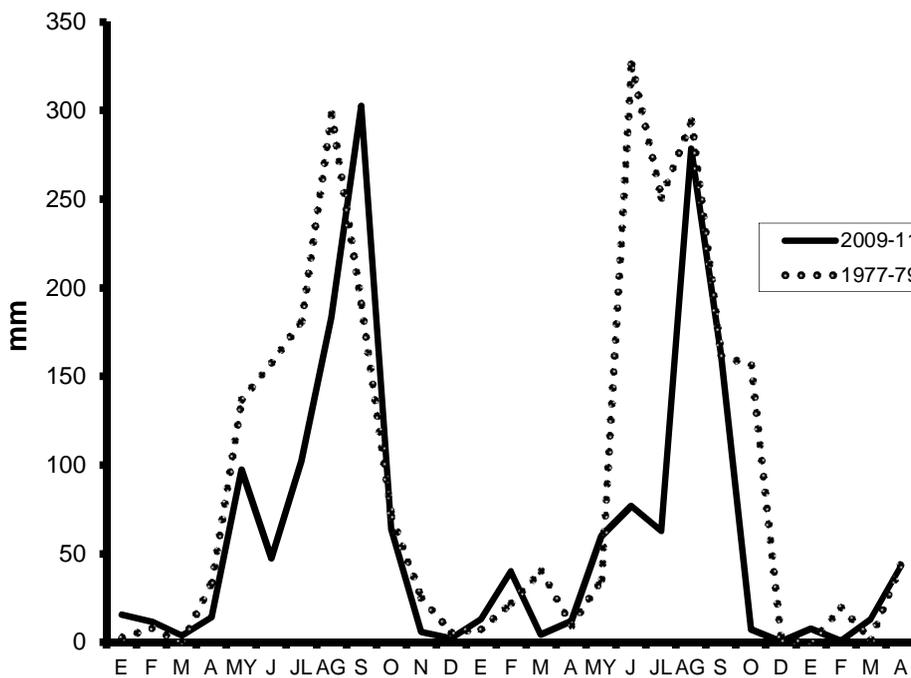


Fig. 9 Fluctuación de la lluvia total mensual en los dos periodos de análisis

Cuadro 2. Temperatura y lluvia promedio en los años de muestreo

	Temperatura media anual (°C)	Lluvia total anual (mm)
1978	11	1 308.7
2010	17	717.95

Estructura de la comunidad de roedores

Con un esfuerzo de muestreo de 10,850 noches/trampa para la cota baja, se obtuvo un total de 413 capturas y 369 recapturas, correspondientes a seis especies de roedores (*Neotomodon alstoni* N=113, *Peromyscus difficilis* N=6, *Peromyscus sp.* N=5, *Reithrodontomys megalotis* N=287, *Microtus mexicanus* N=1 y *Mus musculus* N=1, fig. 10). La única especie no reportada en 1978-79 por Sánchez-Cordero & Canela-Rojo (1991) fue *Mus musculus*.

Por su parte, en la cota alta con un esfuerzo de muestreo de 6000 noches/trampa se obtuvieron un total de 135 capturas y 104 recapturas correspondientes a cinco especies de roedores (*Neotomodon alstoni* N=42, *Peromyscus sp.* N=36, *Microtus mexicanus* N=17, *Reithrodontomys megalotis* N=39 y *R. chrysopsis* N=1, fig. 10).

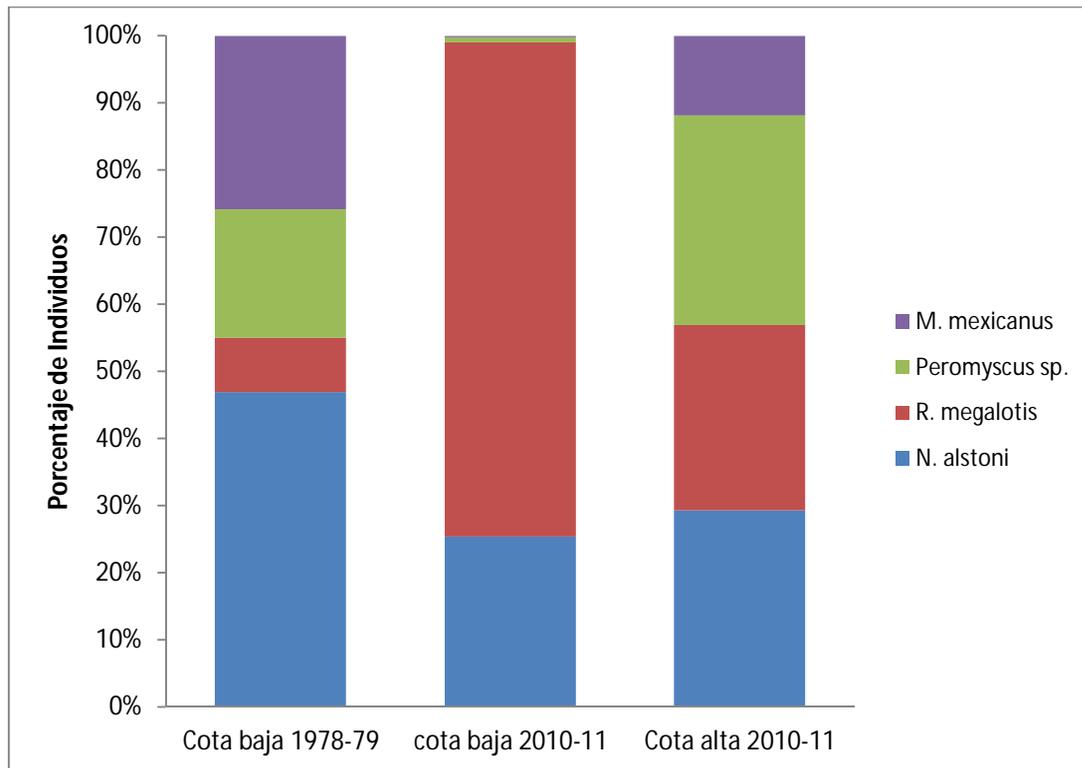


Fig. 10 Porcentaje de cada especie en cada sitio de colecta y entre estudios

De una forma más detallada, cada una de las especies en ambas cotas altitudinales mostraron fluctuaciones de densidad similares a lo largo del año. Los picos poblacionales se observaron al final de la época de lluvias (figs. 11 y 12)

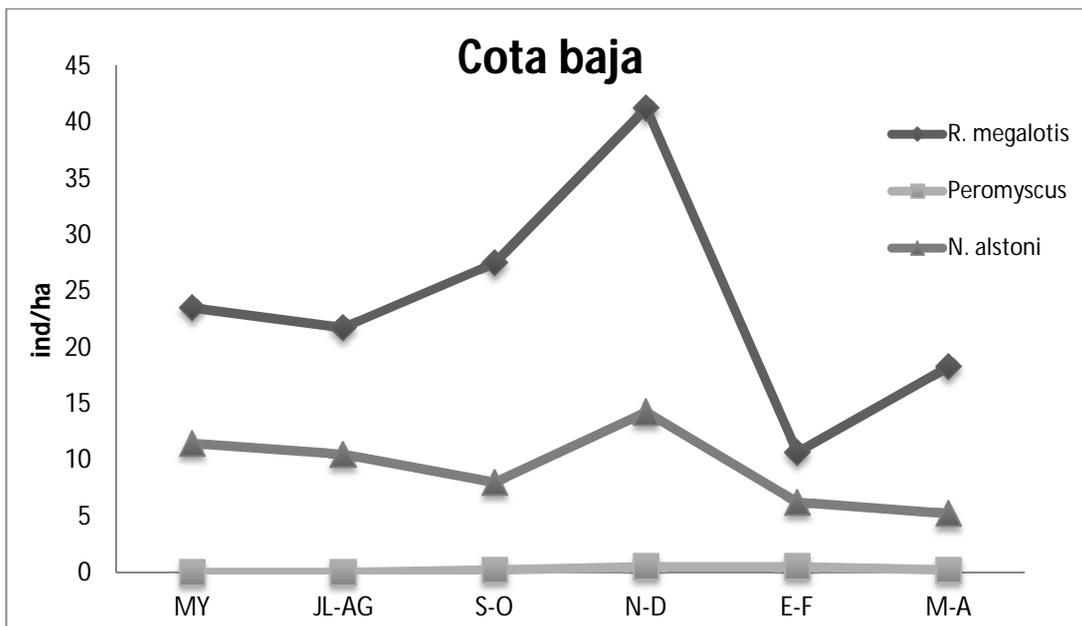


Fig. 11 Fluctuación poblacional de las especies a lo largo del año en la cota baja

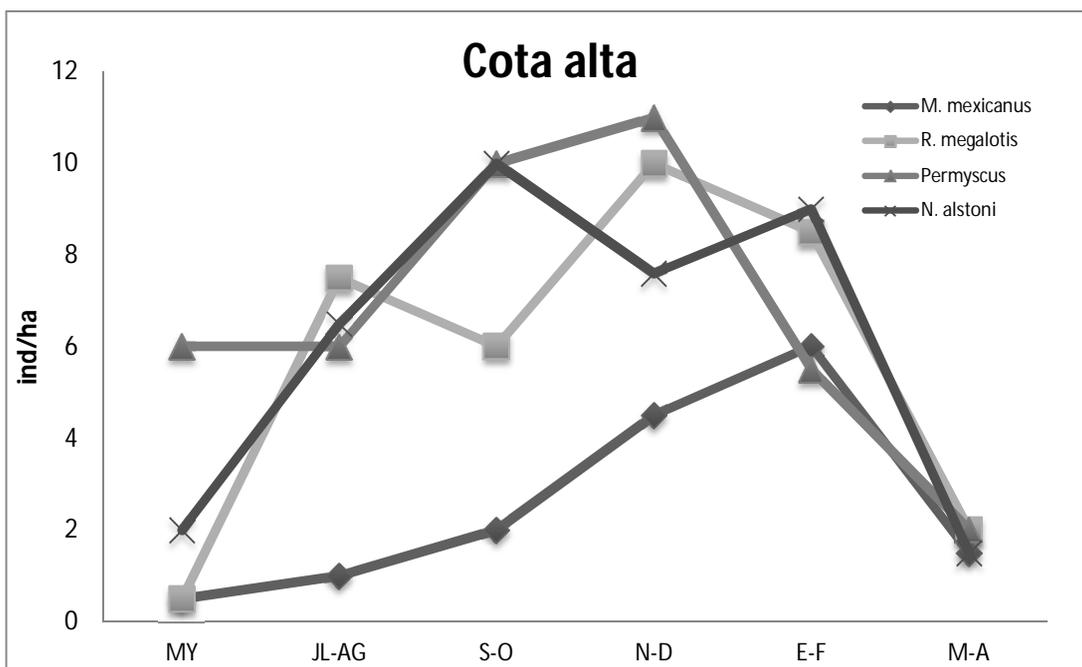


Fig.12 Fluctuación poblacional de las especies a lo largo del año en la cota alta

La prueba de ANOVA mostró diferencias significativas para las cuatro especies de roedores ($F_{1,1}=88.19$, $P=0.0001$) entre cotas altitudinales ($F_{1,1}=10.06$, $P=0.025$), y en la interacción entre especies y cota altitudinal ($F_{1,1}=23.70$, $P=0.005$).

Periodo reproductivo

Machos- Las tres especies de muridos (*N. alstoni*, *Peromyscus sp.* y *R. megalotis*) mostraron picos reproductivos durante los meses de lluvia en ambos sitios de colecta (figs. 13 y 14). Las otras especies de roedores que se capturaron no pudieron ser analizadas debido a su bajo índice de recaptura.

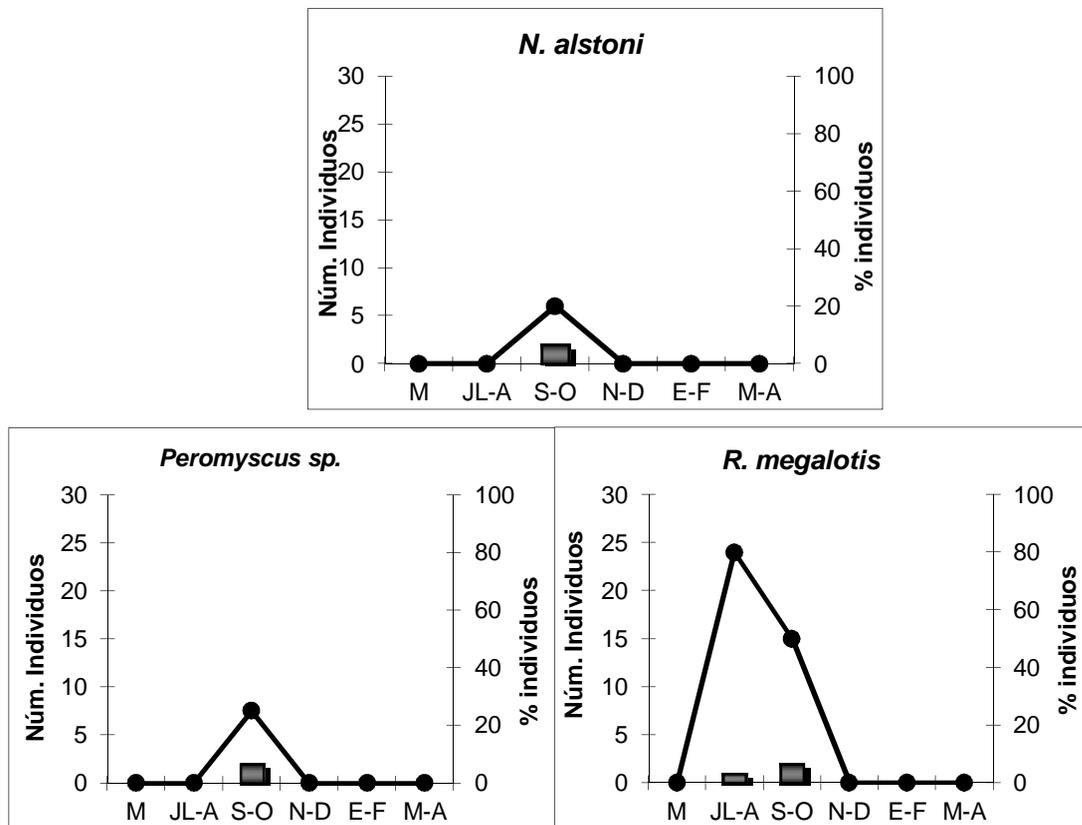


Fig. 13 Intensidad reproductiva de los machos a lo largo del año (mayo 2010-abril 2011) en la cota alta. En barras el número de individuos y en líneas su porcentaje.

Consecuencias de la pérdida de la cobertura vegetal y el cambio climático sobre la comunidad de roedores del Ajusco

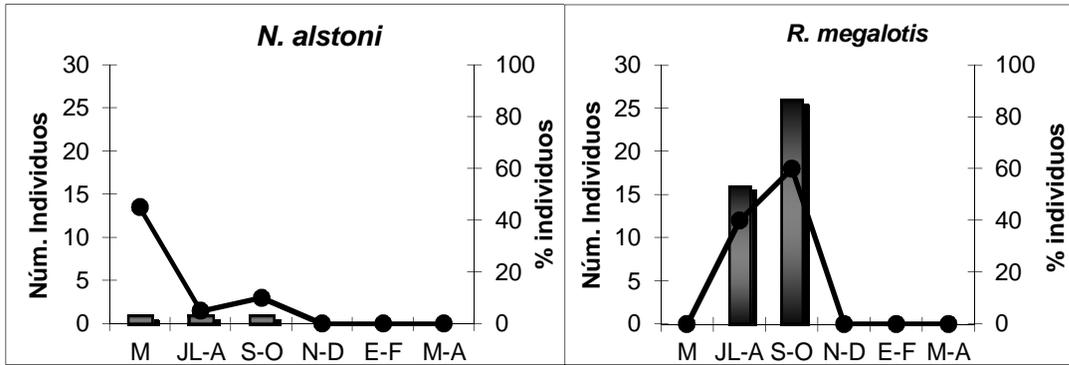


Fig. 14 Intensidad reproductiva de los machos a lo largo del año (mayo 2010-abril 2011) en la cota baja. En barras el número de individuos y en líneas su porcentaje.

Hembras- *N. alstoni* y *R. megalotis* mostraron una época reproductiva no estacional. Los picos de actividad reproductiva se presentaron durante la época de lluvias (figs. 15 y 16). Las otras especies de roedores que se capturaron no pudieron ser analizadas debido a su bajo índice de recaptura.

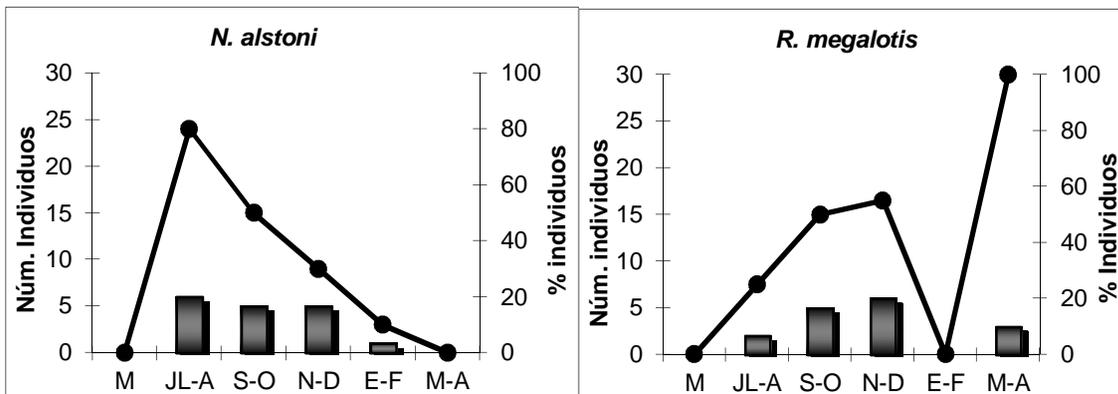


Fig. 15 Intensidad reproductiva de las hembras a lo largo del año (mayo 2010-abril 2011) en la cota alta. En barras el número de individuos y en líneas su porcentaje.

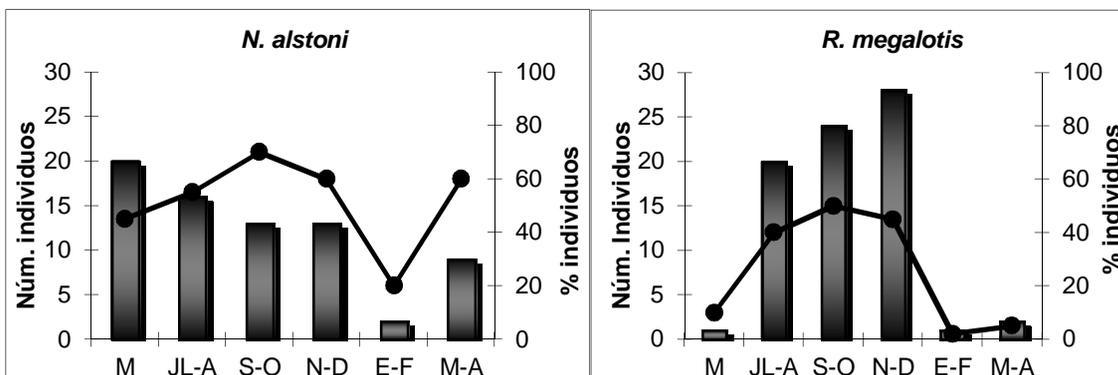


Fig. 16 Intensidad reproductiva de las hembras a lo largo del año (mayo 2010-abril 2011) en la cota baja. En barras el número de individuos y en líneas su porcentaje.

Cambio en la cobertura vegetal

Las tendencias del cambio en la cobertura vegetal son similares para la cobertura de bosque y pastizal tanto a nivel local como del área completa analizada. En los tres casos (zona completa, cota baja y cota alta) la cobertura dominante es el bosque, en ambos periodos, sin embargo ésta ha disminuido en comparación con el porcentaje presente en los 70's. De igual manera en los tres casos, el pastizal ha aumentado en más del doble su porcentaje en comparación con los 70's. En contraste, las áreas transformadas de la cota baja han tenido una tendencia diferente, ya que éstas tuvieron una ligera disminución (1.1%), mientras que la zona completa y la cota alta han aumentado en por lo menos un 9%. (cuadro 3).

La tasa de pérdida anual de bosque fue de 1.37 % y de bosque junto con pastizal de 0.36 % (estimado con datos de la zona completa).

Cuadro 3. Porcentaje de cobertura para cada tipo de vegetación en los dos tiempos del análisis

Vegetación:	Zona completa (%)		Cota baja (%)		Cota alta (%)	
	1976	2007	1976	2007	1976	2007
Bosque	85.30	56.77	66.35	49.69	86.11	57.80
Pastizal	13.41	32.32	13.57	31.33	12.31	30.60
Transformado	1.28	10.90	20.06	18.96	1.57	11.59

Respecto a la transición de la cobertura vegetal a través del periodo 1976-2007, los mayores cambios negativos, se observan en la zona más alta del Ajusco, a partir de los 3,500 msnm, donde hubo un cambio de zonas boscosas a zonas de pastizal; actualmente esta es la zona continua más grande de pastizal dentro del área analizada con un total de 409 ha (Fig. 17, No. 1). A esta zona le sigue el polígono donde se identificó la zona que cambió de un área de pastizales y árboles de Pirul a una zona que es ahora de agricultura, es decir, el mayor polígono transformado, que va de los 3300 a los 3400 msnm (Fig. 17, No. 2).

Aunque hubo claras pérdidas de la cobertura que se encontraba durante 1976 en los puntos antes mencionados, muchas de las zonas analizadas permanecieron en condiciones similares a través del período de análisis. Hubo poca recuperación de zonas forestales, las cuales ocurrieron en polígonos de tamaño pequeño y fueron zonas que se encontraban a las orillas de

grandes áreas forestales. Los cambios y permanencias dentro de las clases analizadas se encuentran resumidos en el cuadro 4:

Cuadro 4. Matriz de cambios de la cobertura vegetal del área total analizada

	2007		
	Bosque	Pastizal	Transformado
1976			
Bosque	1,762 ha	726 ha	250 ha
Pastizal	343 ha	359 ha	309 ha
Transformado	48 ha	39 ha	327 ha

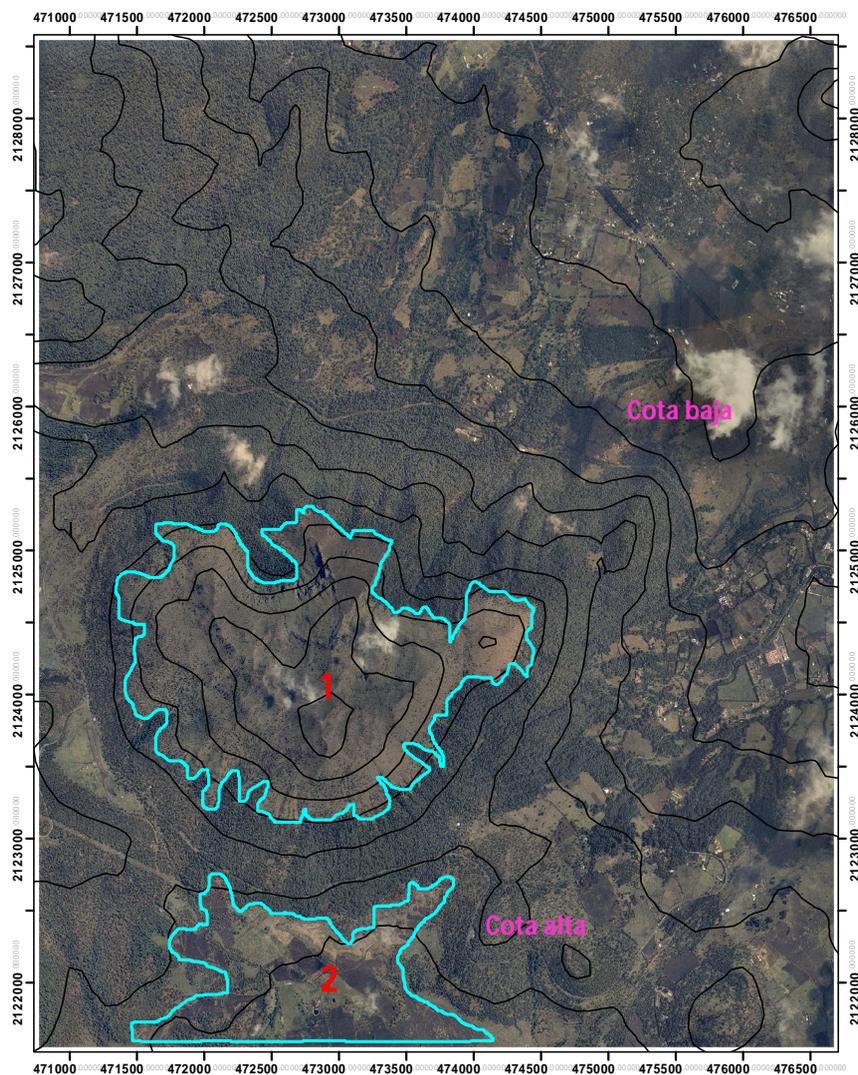


Fig. 17 Mapa del área total analizada. En color verde los polígonos con los mayores cambios negativos, también se indica la ubicación de las zonas de muestreo

Tendencias en las Variables Climáticas

Temperatura mínima

El análisis temporal de los datos, mostró que hay una tendencia al aumento para todos los meses del año (anexo 2), la mayoría de los meses tuvieron tendencias significativas (cuadro 5). El mes de enero no fue significativo en la prueba del *Correlograma de residuales al cuadrado*, por lo tanto puede presentar problemas de autocorrelación en la varianza. Asimismo, el mes de agosto no fue significativo en la prueba de *Ramsey RESET* por lo tanto puede que no haya linealidad en el modelo, por lo tanto los datos correspondientes a estos dos meses deben ser tomados con cautela.

Cuadro 5. Índices mensuales significativos para la zona de estudio y sus tendencias

Mes	Coficiente de tendencia	Probabilidad	Cambio estructural	Outlier
Enero	0.1542	0.0001	1975	-
Mayo	0.0953	0.0001	1974	-
Junio	0.0499	0.001	-	-
Agosto	0.0589	0.0001	-	-
Septiembre	0.0671	0.0001	-	-
Octubre	0.0679	0.0004	-	1974
Diciembre	0.0905	0.0001	-	-

Temperatura promedio

Similar a la temperatura mínima, la mayoría de los meses presentan una tendencia hacia el aumento en la temperatura promedio (anexo 2; cuadro 6). El mes de marzo no fue significativo en la prueba de White, por lo tanto hay problemas de heterocedasticidad en el modelo. El mes de noviembre no fue significativo para la prueba Ramsey RESET por lo cual no hay linealidad en el modelo. Asimismo, el mes de diciembre no fue significativo para la prueba de *Correlación Serial LM*, por lo tanto hay correlación en los errores y estos resultados deben tomarse con precaución.

Cuadro 6. Índices mensuales significativos para la zona de estudio y sus tendencias

Mes	Coficiente de tendencia	Probabilidad	Cambio estructural	Outlier
Enero	0.0783	0.0001	1975	-
Marzo	0.0681	0.0001	1975	-
Julio	0.0779	0.0001	2001	-
Agosto	0.0741	0.0001	2003	-
Septiembre	0.0360	0.0029	-	-
Octubre	0.0295	0.0055	-	1987
Noviembre	0.0655	0.0002	1974	-
Diciembre	0.0791	0.0001	2003	-

Temperatura máxima

La temperatura máxima también presentó tendencias al aumento pero en este caso hubo un menor número de meses con tendencias significativas (cuadro 7) y otros meses no mostraron ningún tipo de tendencia (ver anexo 2).

Cuadro 7. Índices mensuales significativos para la zona de estudio y sus tendencias

Mes	Coficiente de tendencia	Probabilidad	Cambio estructural	Outlier
Julio	0.1048	0.0000	2001	-
Agosto	0.0469	0.0009	-	-
Diciembre	0.0344	0.0334	2003	-

Lluvia

La tendencia en la cantidad de lluvia fue negativa en la mayoría de los meses, excepto para la época fría (noviembre, diciembre y enero), ya que estos meses no mostraron ningún tipo de tendencia (ver anexo 2). Sin embargo, sólo dos meses tuvieron resultados significativos (cuadro 8):

Cuadro 8. Índices mensuales significativos para la zona de estudio y sus tendencias

Mes	Coficiente de tendencia	Probabilidad	Cambio estructural	Outlier
Julio	-2.2599	0.0018	-	-
Septiembre	-2.9685	0.0003	-	-

Efecto de las variables abióticas en la comunidad de ratones

La prueba de Anderson Darling indicó una distribución normal de la abundancia de las especies ($P > 0.05$).

Lluvia total: el análisis de regresión lineal entre cantidad de lluvia y los individuos por hectárea (ha) no fue significativo para ninguna de las especies ni para ninguno de los sitios de colecta.

Temperatura: la relación con la temperatura fue inversamente proporcional a la densidad de individuos de *Peromyscus* sp. en la cota baja ($R^2 = 0.92$, $P = 0.002$, fig. 18).

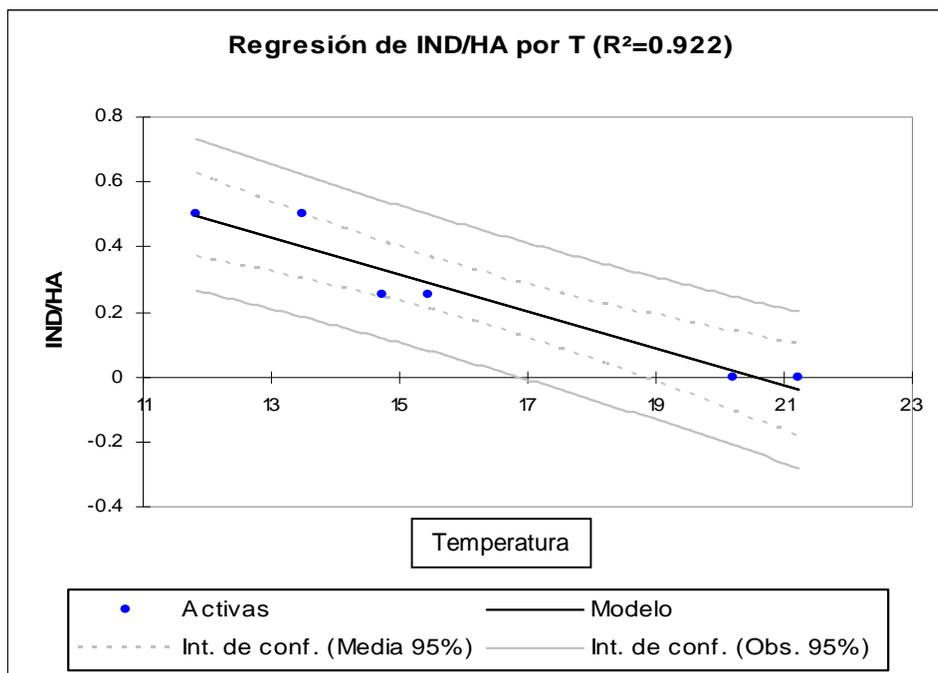


Fig. 18 Regresión lineal para *Peromyscus* sp.

Y en la cota alta para *M. mexicanus* ($R^2=0.73$, $P=0.03$, fig. 19).

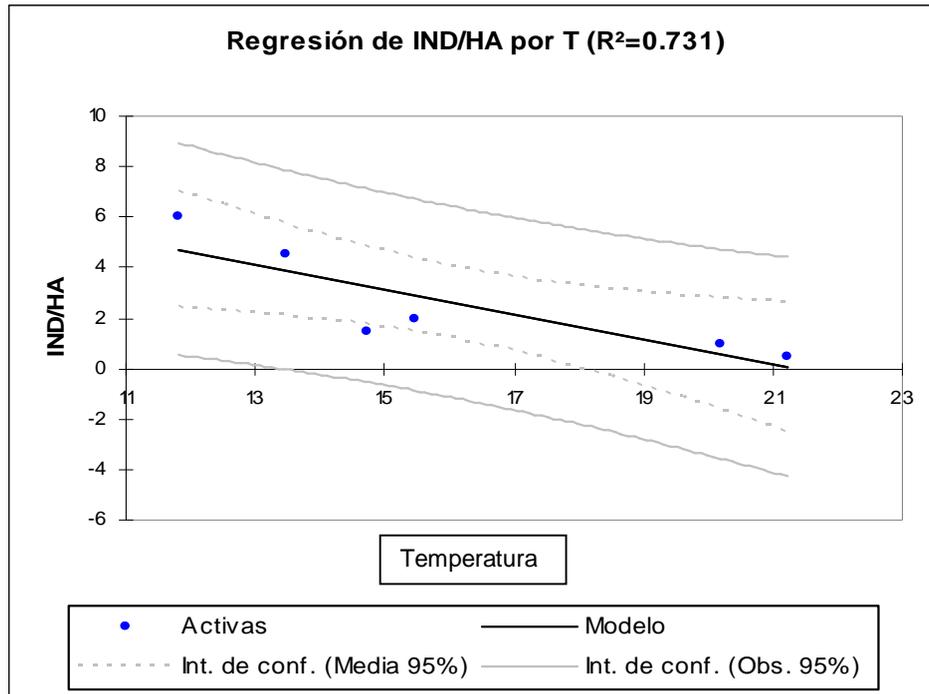


Fig. 19 Regresión lineal para *M. mexicanus*

R. megalotis y *N. alstoni* mostraron las mismas tendencias aunque no significativas.

Discusión

Desde el trabajo de Elton en 1924, las fluctuaciones numéricas de poblaciones de pequeños mamíferos han revelado qué factores dirigen la dinámica poblacional, permitiéndonos descifrar el papel de algunos factores exógenos. En particular para el estudio de los efectos de cambio en algunas variables abióticas, los roedores representan un excelente modelo de estudio debido a la facilidad de obtener información poblacional (demográfica y reproductiva) de manera precisa y detallada (Sánchez-Cordero & Canela-Rojo, 1991). Como se describe a continuación, los análisis realizados en este trabajo muestran la importancia de los efectos del clima y la cobertura vegetal sobre la dinámica de esta comunidad de roedores.

Sitios de muestreo

Similitud en la estructura de la vegetación de ambas cotas altitudinales

En las dos cotas altitudinales donde se realizó la colecta se compartieron las mismas especies vegetales, excepto por la rosa de las nieves (*Eryngium* sp.), la cual sólo estuvo presente en la cota alta. Los análisis realizados mostraron que aunque hay diferencias en la altura de las plantas presentes en los sitios de muestreo, ambas cotas son muy similares en cuanto a la cobertura vegetal, la cual es una característica que influye fuertemente la presencia de los roedores. Se ha reportado que los roedores del género *Microtus* (Getz, 1985) tienen preferencia por una cobertura de vegetación densa, igualmente, Holbrook (1979), determinó que *Peromyscus maniculatus* no habita en zonas abiertas. La cobertura que aportan los pastizales proporciona protección contra depredadores, además de moderar el microclima (humedad y temperatura) del sitio (Getz, 1985).

Clima de cada cota altitudinal

Se encontraron diferencias significativas entre ambos sitios de muestreo en temperatura, siendo la cota baja la de mayor temperatura. De acuerdo a los supuestos planteados, se esperaba que las condiciones climáticas de la cota alta fueran similares a los de la cota baja en los años 70's. Los análisis mostraron que la cota baja sí se encuentra en temperaturas mayores en comparación con sus condiciones pasadas, tal como se había predicho. Por otro lado, al hacer una comparación de la temperatura y precipitación entre cotas altitudinales y entre años

de muestreo, se aprecia que la cantidad de lluvia total actual en la cota alta es muy similar a la reportada para los 70's. En cuanto a la temperatura, la magnitud del cambio es mayor entre años de muestreo (la diferencia de las medias es de 6 °C) que entre cotas altitudinales (diferencia de medias de 2.4 °C). Estos últimos datos deben tomarse con cautela ya que como se mencionó anteriormente, en años recientes hubo un cambio de estaciones manuales a automáticas.

Estructura de la comunidad de roedores

Cota baja

Las tendencias demográficas observadas 32 años atrás por Sánchez-Cordero y Canela-Rojo (1991) reportan picos poblacionales de *N. alstoni*, *M. mexicanus*, *R. megalotis* y *P. maniculatus* al final de la época de secas (marzo-mayo de 1978). Estos resultados difieren de las tendencias encontradas para las mismas especies en la misma zona en este trabajo. Se ha determinado que las gramíneas y plantas rastreras que conforman el sotobosque de este hábitat presentan picos de floración y producción de semillas en la época de lluvias (Prieto, 1988; Gómez, 1989), por lo cual es de esperarse que los picos poblacionales se presenten al finalizar esta temporada, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en este trabajo y en otros trabajos realizados para poblaciones de éstas especies en la Sierra del Ajusco y en zonas aledañas (Hammer 2006; Castro-Campillo et al., 2008).

Por otro lado, hay una disminución en la densidad poblacional de las cuatro especies en el presente estudio a partir de enero de 2011, pero es posible que este decremento este asociado a incendios ocurridos en la zona. Durante el mes de enero hubo un incendio en la cota baja que afectó un cuarto del área total de la zona de trampeo y durante marzo en la cota alta el incendio afectó el área total de trampeo. Los incendios forestales en la Sierra del Ajusco son reportados comúnmente para el sitio y se han relacionado con una disminución en la abundancia de mamíferos pequeños (Castro-Campillo et al., 2008).

Cota alta

Es probable que la estructura de la comunidad actual en la cota alta sea similar a la de los 70's. Prieto (1988) colectó *N. alstoni*, *P. maniculatus* y *R. megalotis* con el fin de identificar sus hábitos alimenticios, el trabajo de campo se realizó durante 1986-87 mensualmente, en la

localidad de Parres (ladera sur del volcán Cerro Pelado). Parres pertenece a la Faja Volcánica Transmexicana y se encuentra cercano a la zona de estudio del Ajusco. El punto más alto del Ajusco y el punto más alto de El Cerro Pelado se encuentran a 7.60 km de distancia en línea recta. El sitio de colecta de Prieto (1988) se encuentra a los 3,200 m aproximadamente (Sánchez-Cordero, *com. pers.*). De acuerdo a este estudio la especie más

abundante fue *N. alstoni*, seguida de *P. maniculatus* y por último *R. megalotis*; estos patrones de abundancia son los mismos encontrados en el presente estudio, sin embargo, Prieto (1988) no reporta o hace mención de *M. mexicanus*, por lo cual se ignora si el organismo no se encontraba en el sitio, era escasa su captura, o bien no fue una de las especies objetivo del trabajo.

Patrones reproductivos de los roedores

El periodo reproductivo en machos de las especies *N. alstoni*, *P. maniculatus* y *R. megalotis* ocurre en la época de lluvias en este estudio y hace 32 años, sin embargo, la intensidad reproductiva de los roedores es mucho menor actualmente. Para *R. megalotis* hay un máximo de 60% de individuos con testículos escrotados y para *N. alstoni* 45%, mientras que Sánchez-Cordero y Canela-Rojo (1991) reportan de un 70 a un 100% de machos reproductivos en estas especies. Esta baja en la intensidad reproductiva podría estar influyendo la densidad poblacional presente en el sitio, ya que Sánchez-Cordero y Canela-Rojo (1991) reportan valores máximos de 98 ind/ha y el valor mínimo de 22 ind/ha considerando a *N. alstoni*, *M. mexicanus*, *P. maniculatus* y *R. megalotis*. En este trabajo se obtuvieron 18.6 ind/ha como máximo y 5.8 ind/ha como el valor mínimo tomando en cuenta a las especies *N. alstoni*, *P. maniculatus* y *R. megalotis*, esto en la cota baja. En la cota alta también se encontró intensidad reproductiva menor en comparación con la reportada en la cota baja hace 32 años, *N. alstoni* 21 %, *Peromyscus sp.* 26 % y *R. megalotis* 83 %.

Los estudios que analizan los efectos del cambio climático en los periodos reproductivos de los roedores y otros mamíferos pequeños han encontrado que el periodo reproductivo es más largo, ya que éste comienza días antes del promedio normal (Millar & Herdman, 2004; Kneip et al., 2011). Pero estos estudios se han llevado a cabo en zonas templadas donde la productividad primaria esta fuertemente ligada a la cantidad de nieve y hielo que se haya

acumulado en la época de invierno, y donde a consecuencia de un aumento general de la temperatura el deshielo se ha hecho prematuro, lo que trae como consecuencia una productividad primaria más temprana.

Se ha observado que un aumento en la temperatura afecta negativamente los periodos reproductivos en ratones. Bronson y Pryor (1983) encontraron que *P. maniculatus* presenta infertilidad en ambos sexos bajo temperaturas extremas (-6 °C y 34 °C). En el caso de los machos, el calor induce la depresión de los testículos y el peso del vesículo seminal, lo que incrementa la proporción de machos sin espermatozoides y en el caso de las hembras también aumenta la frecuencia de la ausencia del estrus.

De acuerdo a las tendencias de reducción en la cantidad lluvia, se esperaría que ésta afectara de forma negativa la cantidad de eventos reproductivos, sin embargo estos se siguen presentando a lo largo de todo el año y principalmente en los periodos de lluvias, como se reporta para estas especies (Ceballos & Oliva, 2005). Domínguez (2007) reporta una disminución en la precipitación de 2.5 mm para el mes de junio en la Faja Volcánica Transmexicana, sin embargo, la precipitación media anual de la Sierra del Ajusco es de 1,350 mm, por lo cual esta disminución podría ser tolerable para los roedores del sitio. En la zona de estudio sería importante realizar estudios orientados hacia estos aspectos para identificar si la baja en la intensidad reproductiva está relacionada a la tendencia a la disminución de la cantidad de lluvia.

Cambio de cobertura vegetal

Los resultados de este análisis mostraron que hay un aumento en la cobertura de los pastizales y de las áreas transformadas y una disminución de las zonas forestales.

El mayor cambio en la cobertura vegetal ocurrió en las zonas altas del Ajusco, a partir de los 3 500 msnm, donde hay una clara pérdida de áreas forestales y por lo tanto un aumento en área con pastizal. Esta pérdida de áreas forestales está asociada principalmente a la tala ilegal (Lomas, 2009), pero también a otras fuentes de perturbación como incendios (Ortiz- Álvarez et al., 2003).

La evaluación del cambio de cobertura a nivel local, en cada cota altitudinal, mostró los mismos patrones, una disminución de áreas forestales y un aumento en pastizales. Excepto que en la cota baja, donde hay una pequeña disminución de las zonas transformadas (1.1 %).

De acuerdo a Lomas (2009), quien analizó la cubierta vegetal para la Sierra Ajusco-Chichinautzin, las zonas forestales abarcan un 51.42 %, los pastizales naturales de alta montaña un 0.26 % y las cubiertas antropogénicas el 48.17 %. La cobertura de zonas forestales calculada en este trabajo es altamente parecida (56.77 %) pero la zona de pastizales y transformada es distinta (32.32 y 10.9% respectivamente). Es muy posible que esto se deba a la diferencia de criterios para agrupar a los tipos de vegetación, como es el caso de separar pastizales inducidos de pastizales naturales. En el presente trabajo se decidió agrupar en una misma categoría a los dos tipos de pastizales porque ambos representan una fuente de alimento y refugio para los roedores.

Asimismo, Lomas (2009), al analizar la cobertura vegetal de los años 1973 a 2000, encontró que la cubierta existente en el año de 1973 continuó de la misma forma a través del tiempo hasta el año 2000. De igual manera, de las áreas que perdieron cubierta vegetal entre 1973 y 1985, el 3.58 % se mantuvo sin cambio hasta el año 2000. Estos resultados coinciden con lo encontrado en este trabajo donde las zonas que ya se encontraban bajo algún tipo de influencia antrópica continuaron así sin tener aumentos o disminuciones evidentes.

Evidencia del cambio en el clima observado

Las variables meteorológicas de temperatura máxima, mínima y promedio y la cantidad de lluvia total en el periodo analizado proporcionaron una perspectiva de la variación climática que existe en la Sierra del Ajusco. Los datos demuestran que hay una tendencia hacia un incremento en la temperatura máxima, mínima y promedio, teniendo la temperatura mínima y promedio la mayor cantidad de meses con tendencias significativas. Asimismo, se pudo observar que los meses con mayores cambios son julio, agosto, septiembre y diciembre que presentan mayor cantidad de variables analizadas con cambios significativos (cuadro 9). Aunque esto debe tomarse con cautela, ya que algunos de los supuestos de los análisis no se cumplieron. No obstante, tendencias similares se han observado a nivel global donde los aumentos más importantes en temperatura se han producido en las regiones continentales y principalmente en las temperaturas mínimas (Magaña, 2004). Ruiz et al. (2008) reportan para la zona montañosa de Colombia en un periodo de 18 años, que la temperatura máxima y

mínima de los días fríos ha incrementado. De igual forma encontraron una tasa de incremento en la temperatura diurna máxima, mínima y promedio. Mientras que la humedad relativa máxima, mínima y promedio mostró reducciones. De igual forma, los resultados de las tendencias en las variables meteorológicas coinciden con lo reportado por Domínguez (2007), quien realizó un análisis de temperatura máxima, mínima y precipitación para la Faja Volcánica Transmexicana dentro de un periodo de 50 años, encontrando que la temperatura máxima y mínima aumentaron y hubo una disminución en la precipitación del mes más cálido. Ambos estudios antes mencionados utilizan datos de estaciones climatológicas como fuente de información.

Cuadro 9. Meses con tendencias significativas con todas las variables climatológicas analizadas
 T máx= temperatura máxima, T.p.= Temperatura promedio y T. mín= Temperatura mínima

Mes	T. máx.	T. p.	T. mín.	Lluvia
Enero		★	★	
Febrero				
Marzo		★		
Abril				
Mayo			★	
Junio			★	
Julio	★	★		★
Agosto	★	★	★	
Septiembre		★	★	★
Octubre		★	★	
Noviembre		★		
Diciembre	★	★	★	

Algunas investigaciones han demostrado que el calentamiento global está afectando y afectará fuertemente las zonas montañosas, tanto en México (Domínguez, 2007; Villers-Ruiz & Trejo, 2005) como en el mundo (Díaz, 1997; Herzog, et al., 2011; Ruiz, et al., 2008). Cambios aparentemente menores en la temperatura (e.g. unos cuantos grados) podrían tener efectos negativos mayores en las especies presentes en estas zonas, ya que los sistemas montañosos se caracterizan por ser ecosistemas sensibles y mostrar una tendencia similar al calentamiento observado globalmente (Beniston & Haeberli 2001; Peterson, 2003).

Un ejemplo de esto se reportó para la región montañosa de Monteverde en Costa Rica, donde el calentamiento global propició la extinción de la rana arlequín (*Atelopus* sp.) y el sapo dorado

(*Bufo periglenes*) y la disminución poblacional de otras especies de anfibios (Pounds et al., 2006). Asimismo, para México con la ayuda de modelos predictivos, se estimó que 17 especies de mamíferos con afinidades hacia bosques de coníferas serán de las especies más afectadas, reduciendo su distribución de un 80 a un 100% para el año 2050 como consecuencia del cambio climático (Trejo et al., 2011).

Evidencia de los efectos del cambio en el clima observado y de la cobertura vegetal sobre la comunidad de roedores

Patrones de las poblaciones de roedores y cambios en la precipitación

Hasta el momento hay muy pocos trabajos que han encontrado una relación estadística entre la precipitación y la dinámica de roedores (Lima et al., 1999; Previtali et al., 2009). Los trabajos que lo han documentado se han llevado a cabo en ecosistemas áridos donde la cantidad de lluvia es un factor limitante que influencia fuertemente a los individuos.

Los análisis de este trabajo son consistentes con estudios previos, en los cuales hay una alta complejidad y relaciones no lineales entre la cantidad de lluvia y la dinámica de roedores, ya que hay una combinación de efectos intra e interespecíficos que determinan la fluctuación poblacional de estos pequeños roedores (Lima et al., 2008). La manera exacta en cómo la cantidad de lluvia afecta la dinámica poblacional no es clara.

Especialistas vs generalistas

Con el presente trabajo se demostró una modificación en la estructura de la comunidad encontrada hace 32 años. Como se predijo, *N. alstoni*, la especie menos generalista de las cuatro especies de estudio, tuvo una reducción en su densidad poblacional, sin embargo, el resto de las especies tuvo respuestas que no coincidieron con lo esperado, excepto por *R. megalotis* que se suponía sería una especie más abundante que *N. alstoni* en la cota baja. *N. alstoni* tampoco mostró ningún tipo de relación significativa con la temperatura o lluvia, por lo tanto las variables climáticas parecen no ser predominantes en la dinámica poblacional de este roedor, al menos de manera directa. Algunos trabajos realizados en la zona demuestran que la abundancia de *N. alstoni* tampoco está determinada por relaciones agonísticas con el resto de las especies presentes en el sitio (Fa et al., 1996). Se considera que este roedor puede ser

monógamo y por lo tanto presentar cuidado parental y eventos reproductivos en menor cantidad en comparación con el resto de las especies del sitio de colecta, pero en cambio puede tener una mayor posibilidad de sobrevivencia (Chávez, 2005). Esta estrategia reproductiva podría explicar la gran abundancia de este roedor en la Sierra del Ajusco y en la Faja Volcánica Transmexicana en general. Además de esta característica tan específica, *N. alstoni* también está altamente especializado en este tipo de hábitat, su abundancia históricamente siempre ha sido alta a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana. En el presente estudio se demuestra que la cobertura vegetal de los sitios de colecta, si bien ha disminuido en áreas forestales, los pastizales han aumentado o se han mantenido en sus proporciones anteriores, por lo cual esta especie ha podido subsistir en el sitio.

Patrones presentados por el resto de las especies de estudio

Peromyscus sp.- Reed et al. (2007), proyectaron por medio de modelos estocásticos la población de *P. maniculatus* para un período de 50 años; los resultados mostraron que las poblaciones no podrían persistir con una reducción de $\geq 11\%$ en la media de la precipitación anual y con el incremento de la frecuencia de años secos. Por otra parte, Luis et al. (2010) encontraron pruebas que sugieren correlaciones cualitativas y cuantitativas entre factores ambientales y la dinámica poblacional de *Peromyscus*. Una alta proporción de la variación observada en la dinámica poblacional de *Peromyscus maniculatus* fue explicada por la estacionalidad, precipitación y temperatura, donde la temperatura y precipitación de los meses previos y de ese momento, predijeron razonablemente la dinámica poblacional de meses subsecuentes. Estas pruebas coinciden con este estudio que describe una relación con los cambios ambientales y cambios en la dinámica poblacional de esta especie, dichos cambios son negativos cuando existe una disminución en la precipitación en consecuencia de una mayor temperatura.

M. mexicanus- Debido a su origen en el norte, el género *Microtus* tiende a estar bien adaptado fisiológicamente, morfológicamente y en comportamiento para afrontar frío extremo y largos inviernos, pero es incapaz de sobrevivir en el calor y condiciones áridas (Rose & Birney, 1985). *Microtus* está pobremente adaptado para conservar agua o termoregular a temperaturas altas (Wunder, 1989). Su cola y orejas pequeñas y pelaje denso sirven para conservar el calor pero no para disiparlo. MacMillen & Garland (1989) describen que entre los roedores con masas de

menos de 40 gr, los Microtininos son el único grupo que no es capaz de usar estrategias como el torpor para poder afrontar periodos ecológicamente estresantes. Klemola et al. (2000), encontraron que el tamaño poblacional de *Microtus agrestis* responde a factores ambientales de forma inmediata y predominante en comparación con otras variables tales como interacciones planta-animal o las densidades poblacionales previas. Esto coincide también con el trabajo de Ergon et al. (2001), quienes transplantaron individuos de la especie *M. agrestis* a otros sitios sin retener las características de su población fuente, demostrando que el entorno inmediato conforma las características de historia de vida de estos pequeños mamíferos. Estas características biológicas del género podrían explicar porqué esta especie mostró una drástica disminución de tamaño poblacional en el sitio de estudio donde se colectó hace 32 años, encontrándose sólo un individuo en la cota baja, mientras que en la cota alta fue la especie menos abundante de las presentes en el sitio, además de mostrar una relación negativa e inversamente proporcional con el aumento de la temperatura. De modo que es posible que esta especie sea la más afectada por las tendencias climáticas de la zona. Si bien, los cambios en la estructura de una comunidad también están determinados por relaciones bióticas, tales como la competencia. Un cambio en la estructura de la comunidad de ratones debido a interacciones agonísticas entre estas especies nos conduciría hacia un aumento en la población de *M. mexicanus* ya que es la especie más agresiva en comparación con las otras especies de estudio (Fa et al., 1996); sin embargo, esta hipótesis pierde veracidad al observar que *R. megalotis*, la especie menos agresiva y de menor tamaño es actualmente la de mayor densidad poblacional.

Los antecedentes mencionados demuestran que tanto *Peromyscus sp.* como *M. mexicanus* responden negativamente a condiciones de mayor temperatura, mientras que *N. alstoni* y *R. megalotis* no muestran una relación clara con esta tendencia. Es posible que esto se deba a que en estas dos especies las variables como temperatura y precipitación tienen una influencia menor en la dinámica poblacional de estas especies, en comparación con otras variables. También puede deberse a que tanto *N. alstoni* como *R. megalotis* posean un umbral más alto de sensibilidad al cambio de variables climáticas.

Asimismo el trabajo de Prieto (1988) muestra que *N. alstoni*, *Peromyscus sp* y *R. megalotis* comparten las mismas fuentes alimenticias (polen, animales, hongos y materia vegetal). Sin

embargo, *R. megalotis* es una especie mucho más granívora, al ser desplazadas en el sitio *Peromyscus* sp. y *M. mexicanus*, y al aumentar la cobertura de los pastizales, es posible que *R. megalotis* dispusiera de una mayor cantidad de recursos, la cual explota de manera más efectiva que *N. alstoni*, lo que le ha permitido aumentar su población.

Los resultados de las pruebas realizadas nos indican que un ratón especialista fue desplazado por una especie generalista y el resto de las especies se encuentran en una menor densidad poblacional que la reportada hace 32 años, lo que nos lleva hacia un cambio en la riqueza de las especies presentes en la cota baja. El cambio en la estructura de esta comunidad se asemeja a la comunidad de ratones que se encontró en lo años 70's con la comunidad actual pero de un sitio de mayor altitud (fig. 9), lo cual obedece a las predicciones realizadas como la respuesta más común de las especies ante el cambio climático actual.

Conclusiones

Se detectó un cambio en la cobertura vegetal del sitio, que a diferencia de lo que se esperaba, sucedió en su mayoría en la zona más alta del Ajusco y no en las cercanías de los poblados. Este cambio mostró una gran pérdida de bosque, se deduce que dicha pérdida todavía no está afectando de manera primordial a las especies de estudio. Sin embargo, dentro de los muestreos se pudo constatar la presencia de *R. chrysopsis*, un roedor de afinidades arborícolas. Como este roedor, muchas otras especies que sí dependen de árboles como una fuente de recurso, muy probablemente están siendo afectadas por esta pérdida y por lo tanto es importante tomar decisiones de conservación dirigidas a esta cobertura vegetal y a su fauna asociada.

Se comprobó que hay una relación significativa entre el aumento de la temperatura y la densidad poblacional de los individuos, lo cual está afectando negativamente a las poblaciones del sitio.

Se hizo una primera aproximación acerca de cómo están cambiando las tendencias en los patrones reproductivos en roedores de zonas subtropicales bajo las tendencias climáticas observadas.

Los resultados obtenidos de un aumento en la temperatura y una disminución en la precipitación son complementarios a otros trabajos acerca de las tendencias climáticas mundiales y para México. Es necesario analizar si las tendencias climáticas documentadas en este trabajo se están presentando en el resto del país con el fin de tomar las mejores decisiones a futuro para la conservación de las especies. Un aspecto muy importante que nos permitirá hacerlo es conocer los umbrales que puede tolerar cada especie ante los cambios que están ahora sucediendo a nivel global. Si bien los modelos de escenarios a futuro de cambio climático nos han permitido visualizar qué podría pasar con las especies, también es necesario realizar más investigación con datos de trabajo de campo, ya que las características biológicas a veces tan específicas de cada especie y los cambios en el hábitat como el uso de suelo hacen imposible realizar modelos totalmente certeros.

Literatura citada

- Álvarez T. & O. J. Polaco. 1982. Restos pleistocénicos de dos especies de *Microtus* (Rodentia: Muridae), del norte de San Luis Potosí, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México. 26: 47-53 pp.
- Arriaga, L. & L. Gómez. 2004. Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México. En: J. Martínez, y A. Fernández (eds), *Cambio climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D. F., 255-265 pp.
- Arvizu F. J. L. 2007. Registro histórico de los principales países emisores. Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Web:
www.ine.gov.mx/publicaciones/libros/437/arvizu.html
- Beniston M. & W. Haeberli. 2001. Sensitivity of mountain regions to climate change. En: Lozan J.L., H. Grassi y P. Hupfer (eds.). *Clima del Siglo XXI: Cambios y Riesgos*. GEO Publicaciones, Hamburgo: 237-244 pp.
- Berryman A. A. & M. Lima. 2006. Deciphering the effects of climate on animal populations: diagnostic analysis provides new interpretation of Soay sheep dynamics. *American Naturalist* 168: 784-795 pp.
- Bowman J., G. L. Holloway, J. R. Malcom, K. R. Middel, P. J. Wilson. 2005. Northern range boundary dynamics of southern flying squirrels: evidence of an energetic bottleneck. *Canadian Journal of Zoology* 83: 1486-1494 pp.
- Bronson F. H. & S. Pryor. 1983. Ambient temperature and reproductive success in rodents living at different latitudes. *Biology of Reproduction* 29: 72-80 pp.
- Brooks C. 2008. *Introductory Econometrics for Finance*. Segunda Edición. Cambridge University Press. Nueva York, EU. 648 pp.
- Castro-Campillo A., M. Martínez-Coronel, U. Aguilera & J. Ramírez-Pulido. 2005. *Peromyscus melanotis*. En: Ceballos G. & G. Oliva (Eds.). *Los mamíferos silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica. 983 pp.
- Castro-Campillo A., A. Salame-Méndez, J. Vergara-Huerta, A. Castillo & J. Ramírez-Pulido 2008. Fluctuaciones de micromamíferos terrestres en bosques templados aledaños a al Ciudad de México. Distrito Federal. En: *Avances en el estudio de los Mamíferos de México*. Lorenzo C., E.

- Espinoza & J. Ortega (eds.). Publicaciones Especiales. Vol. II, Asociación Mexicana de Mastozoología A.C., México D.F. 391-407 pp.
- Ceballos G. & G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. 983 pp.
- Challenger A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, and Sierra Madre. México D.F. 847 pp.
- Chávez T. C. B. 2005. *Neotomodon alstoni*. En: Ceballos G. & G. Oliva (Eds.). Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. 983 pp.
- Cifuentes J. M. 2010. ABC del cambio climático en Mesoamérica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Programa Cambio Climático. Turrialba, Costa Rica. 86 pp.
- CONAFOR. 2004. Baja el índice de deforestación en México. Presidencia de la República. Web: Las buenas noticias también son noticia <http://fox.presidencia.gob.mx>.
- Crump M. L. 1996. "Keys to a succesful project: associated data and planning" En: Medición y monitoreo de diversidad biológica, métodos estándar para mamíferos. 1996. Wilson D. E., C. F. Russell, J. D. Nichols, R. Rudran & M. S. Foster (Eds.). 405 pp.
- Díaz H. F. & R. S. Bradley. 1997. Temperature variations Turing the last Century at high elevation sites. *Cambio Climático* 36: 253-297 pp.
- Domínguez P. A. 2007. Efecto del Cambio climático en la distribución del conejo endémico de México *Romerolagus diazi* (Lagomorpha:Leporidae). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 65 pp.
- Donnelly M. A. 1998. Potential effects of climate change on two neotropical amphibian assemblages. *Cambio Climático* 39: 541-561 pp.
- D'Silva E. & S. Appanah. 1993. Forestry management for sustainable development (An EDI Policy seminar report (32). Wshington D.C. The World Bank.
- Elton C. 1924. Fluctuations in the numbers of animals. *British Journal of Experimental Biology* 2: 119-163 pp.
- Ergon T., X. Lambin & N. C. Stenseth. 2001. Life-history traits of voles in a fluctuating population respond to the immediate environment. *Nature* 411: 1043-45 pp.
- Fa J. E., V. Sánchez-Cordero & A. Mendez. 1996. Interspecific agonistic behaviour in small mammals in a Mexican high-elevational grassland. *Journal of Zoology* 239(2): 396-401 pp.
- FAO. 2004. Global forest resources assessment update 2005- Term and definitions. Roma, Italia. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Fernández-Eguiarte A., J. Zavala-Hidalgo, R. Romero-Centeno 2012. Atlas Climático Digital de México (versión 2.0). Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua. Web: <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/>.
- Gentry A. H. 1982. Patterns of Neotropical Plant species diversity. *Evolutionary Biology* (15): 1-81.
- Getz, L.L. 1985. Habitats. En: *Biología del Nuevo Mundo Microtus*. Tamarin R. H. (Ed.). No. 8 Publicación especial. The American Society of Mammalogists. 884 pp.
- Gondar N. J. E. 2002. Técnicas estadísticas con SPSS. U. Análisis de varianza (ANOVA). Data Mining Institute. 450 pp.
- González C., O. Wang, S. E. Strutz, C. González-Salazar, V. Sánchez-Cordero, S. Sarkar. 2010. Climate change and risk of Leishmaniasis in North America. Predicciones de modelos de nicho ecológico para vectores y especies reservorio. *Neglected Tropical Diseases*. 4 (1): 1-16 pp.
- González R. M. & F. A. Cervantes. 2005. *Microtus mexicanus*. En: Ceballos G. & G. Oliva (Eds.). Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. 983 pp.
- Hall E. R. 1981. The mammals of North America. Segunda Edición. Wiley Interscience Publication. 1177 pp.
- Hammer J. S. 2006. Investigating the genetic mating system of the volcano mouse *Peromyscus alstoni*. Tesis de licenciatura. Trinity University, San Antonio, Texas. 44 pp.
- Herzog S. K., R. Martínez, P. M. Jørgensen & H. Tiessen. 2011. Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). 348 pp.
- Holbrook, S. J. 1979. Habitat utilization, competitive interactions, and coexistence of three species of Cricetine rodents in East-Central Arizona. *Ecology* 60 (4): 758-769 pp.
- Hugues L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already. *TREE* 15(2): 56-61 pp.
- INE-SEMARNAP (Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1997. Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México.
- Issac J. L. 2009. Effects of climate change on life history: implications for extinction risk in mammals. *Endangered Species Research*. 7: 115-123 pp.
- IPCC 2007a. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S, D. Qin, M. Manning, Z. Enhen, M. Marquis, K.K. Averyt,

- M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC 2007b. Resumen para responsables de Políticas. En, Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del grupo de trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, EDS. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Jarvis, A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4, disponible de: CGIAR-CSI SRTM 90m Database. Web [www.http://srtm.csi.cgiar.org](http://srtm.csi.cgiar.org)
- Kalcounis-Rueppell M., J. S. Millar & E. J. Herdman. 2002. Beating the odds: effects of weather on a short-season population of deer mice. *Canadian Journal of Zoology*. 80: 1594-1601 pp.
- Klemola T., K. Norrdahl & E. Korpimäki. 2000. Do delayed effects of overgrazing explain population cycles in voles?. *OIKOS* 90: 509-516 pp.
- Kneip E., D. H. Van Vuren, J. A. Hostetler & M. K. Oli. 2011. Influence of population density and climate on the demography of subalpine Golden-mantled ground squirrels. *Journal of Mammalogy* 92 (2): 367-377 pp.
- Krebs C. J. 1966. Demographic changes in fluctuating populations of *Microtus californicus*. *Ecol. Monogr.* 36:239-273 pp.
- Langvatn R., A. Mysterud, N. C. Stenseth, N. G. Yoccoz. 2004. Timing and synchrony of ovulation in red deer constrained by short northern summers. *American Naturalist* 163: 763-772 pp.
- Lima M., J.E. Keymer & F. M. Jaksic. 1999. ENSO-driven rainfall variability and delayed density dependence cause rodent outbreaks in western South America: linking demography and population dynamics. *American Naturalist* 153: 476-491 pp.
- Lima M., P. A. Marquet & F. M. Jaksic. 1999. El niño events, precipitation patterns, and rodent outbreaks are statistically associated in semiarid Chile. *Ecography* 22(2): 213-218 pp.
- Lima M. & A. A. Berryman. 2006. Predicting nonlinear and non-additive effects of climate: the alpine ibex revisited. *Climate Research* 32: 129-135 pp.
- Lima M., S.K. Morgan, J.H. Brown, A. Belgrano & N. C. Stenseth. 2008. Chihuahuan desert kangaroo rats: nonlinear effects of population dynamics, competition, and rainfall. *Ecology* 89 (9): 2594-2603 pp.
- Luis D. A., R. J. Douglass, J. N. Mills & O. N. Bjørnstad. 2010. The effect of seasonality, density and climate on the population dynamics of Montana deer mice, important reservoir hosts for Sin Nombre hantavirus. *Journal of Animal Ecology* 79: 462-470 pp.

- Lomas B. C. T. 2009. Dinámica de la frontera forestal en la Sierra Ajusco Chichinautzin. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Campus Montecillo. Texcoco. Edo. de México. 88 pp.
- López-Díaz F. 2009. Metodología para el análisis de eventos extremos de temperatura. Un estudio de caso en Apizaco, Tlaxcala. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México. No numeración, Apéndice A.
- MacMillen R. E. & T. Garland Jr. 1989. Adaptative Physiology. 143-168 pp. En : Kirkland G. L. & J. N. Layne. 1989. Avances en el estudio de *Peromyscus* (Rodentia). Texas Tech University Press.
- Magaña R. V. 2004. El cambio climático global: comprender el problema. 17-26 pp. En: Martínez J. y A. Fernández (comp.) Cambio Climático: Una Visión desde México. SEMARNAT-INE. México.
- Mas J.F., A. Velázquez, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, G. Bocco., R. Castro, T. Fernández & Pérez-Vega A. 2004. Assesing land/use cover changes: a nationwide multideate spatial database for Mexico. International Journal of Applied Earth Observation Geoinformatics 5: 249-261 pp.
- Millar S. J. & E. J. Herdman. 2004. Climate change and the initiation of spring breeding by deer mice in the Kananaskis Valley, 1985-2003. Canadian Journal of Zoology 82:1444-1450 pp.
- Myers P., B. L. Lundrigan, S. M. G. Hoffman, A. P. Haraminac & S. H. Seto. 2009. Climate-induced changes in the small mammal communities of the Northern Great Lakes Region. Global Change Biology 15: 1434-1454 pp.
- Olivera J., J. Ramírez-Pulido & S. L. Williams 1986. Reproducción de *Peromyscus (Neotomodon) alstoni* (Mammalia: Muridae) en condiciones de laboratorio. Acta Zoológica Mexicana (ns) 16: 1-27 pp.
- Ortiz Álvarez M. I. R., R. Vidal S., G. Gómez R. y R. Álvarez B. 2003. Evaluación de las plumas de humo de los incendios forestales de 1998 en México y la utilidad de las imágenes NOAA-AVHRR. Anales de Geografía de Universidad Complutense. 23: 103-114 pp.
- Parmesan C. & G. Yohe. 2003. A globally coherent finger-print of climate change impacts across natural systems. Nature 421: 37-42.
- Parra-Olea G., E. Martínez-Meyer & G. Pérez-Ponce de León. 2005. Forecasting climate change effects on salamander distribution in the highlands of central Mexico. Biotropica 37(2):202-208 pp.
- Pearson R. G., T. P. Dawson & C. Liu. 2004. Modelling species distributions in Britain: a hierarchical integration of climate and land-cover data. Ecography 27: 285-298 pp.

- Perrow M. R., A.J. D. Jowitt y & L. Zambrano G. 1996. Sampling fish communities in shallow lowland lakes: point-sample electric fishing vs electric fishing within stop-nets. *Fisheries Management and Ecology* (3): 303-313 pp.
- Peterson A.T., M. Ortega-Huerta, J. Bartley, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón. R. H. Buddemeier & D. R. B. Stockwell. 2002. Future Projections for Mexican Faunas under global climate change scenarios. *Nature*. 416: 626-629 pp.
- Peterson A.T. 2003. Projected climate change effects on Rocky Mountain and Great Plain birds: generalities of biodiversity consequences. *Global Change Biology* 9: 647-655 pp.
- Pounds J. A., M. R. Bustamante, L. A. Coloma, J.A. Consuegra, M.P.L. Fogden, P.N. Foster, E. La Marca, K.L. Masters, A. Merino-Viteri, R. Puschendorf, S.R. Ron, G.A. Sánchez-Azofeifa, C.J. Still y B.E. Young. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 161-167 pp.
- Previtali M. A., P. L. Meserve, D. A. Kelt, W. B. Milstead & J. R. Gutierrez. 2009. Effects of more frequent and prolonged El niño events on life-history parameters of the Degu, a long-lived and slow-reproducing rodent. *Conservation Biology* 24 (1): 18-28 pp.
- Prieto B. M. I. 1988. Hábitos alimenticios y reproductivos de tres especies de roedores cricetidos: *Neotomodon alstoni*, *Peromyscus maniculatus* y *Reithrodontomys megalotis*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 67 pp.
- Pulido Sn. R. A. & G. J. Pérez. 2008: Modelos Econométricos: Guía para la Elaboración de Modelos Econométricos con EViews. Ediciones Piramide, 218 pp.
- Ramírez-Pulido J., A. Sánchez, U. Aguilera & A. Castro-Campillo. 2005. *Peromyscus maniculatus*. En: Ceballos G. & G. Oliva (Eds.). Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. 983 pp.
- Reed A. W., G. A. Kaufman & B. K. Sandercock. 2007. Demographic response of grassland rodent to environmental variability. *Journal of Mammalogy* 88(4):982-988 pp.
- Reid D.G. & C. J. Krebs. 1996. Limitation to collared lemming population growth in winter. *Canadian Journal of Zoology* 74: 1284-1291 pp.
- Rose R. K. & E. C. Birney. 1985. Community Ecology. En: *Biology of New World Microtus*. Tamarin R. H. (Ed.). Special publication No. 8 The American Society of Mammalogists. 884 pp.
- Royama T. 1992. Analytical population dynamics. Chapman and Hall, London UK. 371 pp.

- Ruiz D., H. Alonso M., M. E. Gutierréz & P. A. Zapata. 2008. Changing climate and endangered high mountain ecosystems in Colombia. *Science of the total environment* 398:122-132 pp.
- Rutilio C. M. 2010. Elaboración de un modelo especial de riesgo de deforestación en bosques. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 85 pp.
- Sánchez A. & G. Oliva 2005. *Reithrodontomys megalotis*. En: Ceballos G. & G. Oliva (Eds.). Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. 983 pp.
- Sánchez-Cordero V. & R. M. Canela. 1991. Estudio poblacional de roedores en un bosque de pino del eje volcánico transversal mexicano. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 62(2): 319-340 pp.
- Sánchez-Cordero V., P. Illoldi-Rangel, M. Linaje, S. Sarkar & T. Peterson. 2005. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126: 465-473 pp.
- Speakman J. R. 2000. The cost of living: field metabolic rates of small mammals. *Advances in Ecological Research*. 30: 177-297 pp.
- SPSS Inc, 233 S. Wacker Drive, 11th Floor, Chicago, IL. 60606-6307, USA. Web: www.spss.com
- Thomas C. D., J. J. Lennon. 1999. Birds extend their ranges northwards. *Nature* 399: 213 pp.
- Trejo I. & R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133-142 pp.
- Trejo I., E. Martínez-Meyer, E. Calixto-Pérez, S. Sánchez-Colón, R. Vázquez de la Torre y L. Villers-Ruiz. 2011. Analysis of effects of climate change on plant communities and mammals in Mexico. *Atmósfera* 24(1): 1-14 pp.
- Vargas Márquez F. 1997. Parques Nacionales de México. INE SEMARNAP. Vol I. 286 pp.
- Velázquez A., J. F. Mas, J. R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ecurra & J.L. Palacios. 2001. Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México. *Gaceta ecológica nueva época* 62. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F., México.
- Velázquez A., J.F. Mas, R. Mayorga-Saucedo, J.R. Díaz, C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, J.L. Palacio, G. Bocco, G. Gómez-Rodríguez, L. Luna Gonzalez, I. Trejo, J. López García, M. Palma, A. Peralta, J. Prado-Molina & F. González-Medrano. 2002. Estado Actual de la dinámica de los Recursos Forestales de México. *CONABIO. Biodiversitas* 41: 8-15 pp.

Villers R. L. & I. Trejo. 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. En: Martínez J. y A. Fernández (comp.) Cambio Climático: Una Visión desde México. SEMARNAT-INE. México. 239-254 pp.

Anexo 1. Valores de P de la matriz de correlaciones de temperatura máxima entre las estaciones climatológicas de Ecoguardas (AJU) y Amecameca de Juárez (AME) parte I (1970-1978)

Variables	AJU 1970	AME 1970	AJU 1971	AME 1971	AJU 1972	AME 1972	AJU 1973	AME 1973	AJU 1974	AME 1974	AJU 1975	AME 1975	AJU 1976	AME 1976	AJU 1977	AME 1977	AJU 1978	AME 1978
AJU 1970	0	0.001	0.016	0.018	< 0.0001	0.027	0.017	0.002	0.051	0.001	< 0.0001	0.000	0.004	0.002	0.280	0.008	0.006	0.005
AME 1970	0.001	0	0.006	0.044	< 0.0001	< 0.0001	0.232	0.008	0.091	0.009	0.003	0.002	0.040	0.073	0.325	0.009	0.016	0.003
AJU 1971	0.016	0.006	0	0.000	0.007	0.003	0.019	0.003	0.051	0.010	0.053	0.012	0.006	0.032	0.085	0.001	0.028	0.023
AME 1971	0.018	0.044	0.000	0	0.029	0.057	0.000	0.006	0.005	0.000	0.014	0.002	0.011	0.011	0.270	0.000	0.035	0.015
AJU 1972	< 0.0001	< 0.0001	0.007	0.029	0	0.003	0.092	0.003	0.084	0.005	0.000	0.001	0.046	0.063	0.392	0.025	0.005	0.001
AME 1972	0.027	< 0.0001	0.003	0.057	0.003	0	0.412	0.007	0.334	0.061	0.035	0.008	0.120	0.286	0.269	0.015	0.075	0.016
AJU 1973	0.017	0.232	0.019	0.000	0.092	0.412	0	0.008	0.007	0.002	0.012	0.008	0.002	0.000	0.142	0.003	0.067	0.083
AME 1973	0.002	0.008	0.003	0.006	0.003	0.007	0.008	0	0.120	0.016	0.004	0.001	0.012	0.026	0.239	0.006	0.126	0.041
AJU 1974	0.051	0.091	0.051	0.005	0.084	0.334	0.007	0.120	0	0.009	0.013	0.021	0.024	0.023	0.394	0.023	0.024	0.061
AME 1974	0.001	0.009	0.010	0.000	0.005	0.061	0.002	0.016	0.009	0	0.003	0.000	0.025	0.005	0.230	0.000	0.004	0.001
AJU 1975	< 0.0001	0.003	0.053	0.014	0.000	0.035	0.012	0.004	0.013	0.003	0	< 0.0001	0.016	0.009	0.497	0.016	0.013	0.006
AME 1975	0.000	0.002	0.012	0.002	0.001	0.008	0.008	0.001	0.021	0.000	< 0.0001	0	0.023	0.013	0.522	0.003	0.028	0.004
AJU 1976	0.004	0.040	0.006	0.011	0.046	0.120	0.002	0.012	0.024	0.025	0.016	0.023	0	< 0.0001	0.021	0.001	0.030	0.144
AME 1976	0.002	0.073	0.032	0.011	0.063	0.286	0.000	0.026	0.023	0.005	0.009	0.013	< 0.0001	0	0.059	0.001	0.035	0.125
AJU 1977	0.280	0.325	0.085	0.270	0.392	0.269	0.142	0.239	0.394	0.230	0.497	0.522	0.021	0.059	0	0.022	0.038	0.264
AME 1977	0.008	0.009	0.001	0.000	0.025	0.015	0.003	0.006	0.023	0.000	0.016	0.003	0.001	0.001	0.022	0	0.016	0.015
AJU 1978	0.006	0.016	0.028	0.035	0.005	0.075	0.067	0.126	0.024	0.004	0.013	0.028	0.030	0.035	0.038	0.016	0	0.000
AME 1978	0.005	0.003	0.023	0.015	0.001	0.016	0.083	0.041	0.061	0.001	0.006	0.004	0.144	0.125	0.264	0.015	0.000	0
AJU 1979	0.006	0.017	0.002	0.000	0.013	0.039	0.017	0.012	0.041	0.001	0.018	0.004	0.057	0.050	0.375	0.010	0.017	0.005
AME 1979	0.000	0.003	0.007	0.016	0.004	0.034	0.047	0.002	0.126	0.018	0.007	0.019	0.020	0.032	0.369	0.017	0.053	0.029
AJU 1980	0.006	0.148	0.039	0.018	0.071	0.335	0.001	0.018	0.036	0.035	0.012	0.045	< 0.0001	0.000	0.023	0.006	0.022	0.100
AME 1980	0.000	0.011	0.003	0.009	0.005	0.047	0.007	0.002	0.047	0.021	0.002	0.012	< 0.0001	0.001	0.050	0.003	0.010	0.039
AJU 1981	0.005	0.000	0.007	0.013	0.002	0.001	0.048	0.005	0.018	0.016	0.002	0.002	0.011	0.031	0.113	0.001	0.018	0.012
AME 1981	0.001	< 0.0001	0.003	0.018	0.000	0.000	0.088	0.004	0.028	0.012	0.002	0.001	0.009	0.033	0.147	0.003	0.006	0.004
AJU 1982	< 0.0001	0.020	0.068	0.112	0.001	0.128	0.034	0.012	0.156	0.014	0.001	0.014	0.014	0.010	0.105	0.054	0.002	0.008
AME 1982	< 0.0001	0.022	0.045	0.021	0.001	0.141	0.003	0.003	0.040	0.001	0.000	0.001	0.013	0.003	0.237	0.021	0.006	0.005
AJU 1983	0.000	0.005	0.008	0.048	0.001	0.049	0.047	0.020	0.046	0.019	0.006	0.033	0.002	0.010	0.028	0.017	0.000	0.008
AME 1983	0.001	0.002	0.006	0.086	0.002	0.013	0.122	0.021	0.115	0.043	0.008	0.039	0.003	0.019	0.018	0.019	0.001	0.014
AJU 1984	< 0.0001	0.005	0.035	0.023	0.001	0.073	0.024	0.002	0.097	0.005	0.000	0.003	0.026	0.015	0.522	0.026	0.040	0.021
AME 1984	< 0.0001	0.001	0.005	0.002	< 0.0001	0.010	0.014	0.001	0.052	0.000	< 0.0001	0.000	0.020	0.013	0.333	0.002	0.008	0.001
AJU 1985	0.014	0.024	0.013	0.041	0.045	0.013	0.035	0.003	0.148	0.069	0.016	0.019	0.001	0.010	0.006	0.002	0.032	0.066
AME 1985	0.007	0.002	0.002	0.010	0.002	0.006	0.035	0.009	0.030	0.015	0.012	0.006	0.001	0.008	0.039	< 0.0001	0.004	0.008
AJU 1986	0.001	0.001	0.028	0.064	0.000	0.006	0.085	0.010	0.065	0.020	0.000	0.002	0.005	0.013	0.126	0.009	0.005	0.008
AME 1986	0.001	0.007	0.060	0.066	0.001	0.029	0.041	0.005	0.067	0.023	0.000	0.002	0.011	0.018	0.139	0.018	0.005	0.005
AJU 1987	0.019	0.032	0.026	0.010	0.075	0.088	0.011	0.084	0.008	0.003	0.022	0.006	0.001	0.000	0.056	0.001	0.009	0.033
AME 1987	0.007	0.001	0.009	0.054	0.002	0.004	0.118	0.037	0.036	0.007	0.017	0.009	0.016	0.036	0.025	0.005	0.000	0.002

Anexo 1. Valores de P de la matriz de correlaciones de temperatura máxima entre las estaciones climatológicas de Ecoguardas (AJU) y Amecameca de Juárez (AME) parte II (1979-1987)

AJU 1979	AME 1979	AJU 1980	AME 1980	AJU 1981	AME 1981	AJU 1982	AME 1982	AJU 1983	AME 1983	AJU 1984	AME 1984	AJU 1985	AME 1985	AJU 1986	AME 1986	AJU 1987	AME 1987
0.006	0.000	0.006	0.000	0.005	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.014	0.007	0.001	0.001	0.019	0.007
0.017	0.003	0.148	0.011	0.000	< 0.0001	0.020	0.022	0.005	0.002	0.005	0.001	0.024	0.002	0.001	0.007	0.032	0.001
0.002	0.007	0.039	0.003	0.007	0.003	0.068	0.045	0.008	0.006	0.035	0.005	0.013	0.002	0.028	0.060	0.026	0.009
0.000	0.016	0.018	0.009	0.013	0.018	0.112	0.021	0.048	0.086	0.023	0.002	0.041	0.010	0.064	0.066	0.010	0.054
0.013	0.004	0.071	0.005	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	< 0.0001	0.045	0.002	0.000	0.001	0.075	0.002
0.039	0.034	0.335	0.047	0.001	0.000	0.128	0.141	0.049	0.013	0.073	0.010	0.013	0.006	0.006	0.029	0.088	0.004
0.017	0.047	0.001	0.007	0.048	0.088	0.034	0.003	0.047	0.122	0.024	0.014	0.035	0.035	0.085	0.041	0.011	0.118
0.012	0.002	0.018	0.002	0.005	0.004	0.012	0.003	0.020	0.021	0.002	0.001	0.003	0.009	0.010	0.005	0.084	0.037
0.041	0.126	0.036	0.047	0.018	0.028	0.156	0.040	0.046	0.115	0.097	0.052	0.148	0.030	0.065	0.067	0.008	0.036
0.001	0.018	0.035	0.021	0.016	0.012	0.014	0.001	0.019	0.043	0.005	0.000	0.069	0.015	0.020	0.023	0.003	0.007
0.018	0.007	0.012	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000	0.006	0.008	0.000	< 0.0001	0.016	0.012	0.000	0.000	0.022	0.017
0.004	0.019	0.045	0.012	0.002	0.001	0.014	0.001	0.033	0.039	0.003	0.000	0.019	0.006	0.002	0.002	0.006	0.009
0.057	0.020	< 0.0001	< 0.0001	0.011	0.009	0.014	0.013	0.002	0.003	0.026	0.020	0.001	0.001	0.005	0.011	0.001	0.016
0.050	0.032	0.000	0.001	0.031	0.033	0.010	0.003	0.010	0.019	0.015	0.013	0.010	0.008	0.013	0.018	0.000	0.036
0.375	0.369	0.023	0.050	0.113	0.147	0.105	0.237	0.028	0.018	0.522	0.333	0.006	0.039	0.126	0.139	0.056	0.025
0.010	0.017	0.006	0.003	0.001	0.003	0.054	0.021	0.017	0.019	0.026	0.002	0.002	< 0.0001	0.009	0.018	0.001	0.005
0.017	0.053	0.022	0.010	0.018	0.006	0.002	0.006	0.000	0.001	0.040	0.008	0.032	0.004	0.005	0.005	0.009	0.000
0.005	0.029	0.100	0.039	0.012	0.004	0.008	0.005	0.008	0.014	0.021	0.001	0.066	0.008	0.008	0.005	0.033	0.002
0	0.002	0.075	0.013	0.100	0.050	0.040	0.011	0.017	0.027	0.004	0.001	0.069	0.079	0.124	0.126	0.049	0.036
0.002	0	0.011	0.000	0.040	0.019	0.013	0.013	0.003	0.007	< 0.0001	0.000	0.026	0.033	0.044	0.038	0.148	0.076
0.075	0.011	0	< 0.0001	0.029	0.035	0.005	0.006	0.002	0.010	0.013	0.015	0.002	0.008	0.014	0.004	0.016	0.069
0.013	0.000	< 0.0001	0	0.006	0.003	0.002	0.003	< 0.0001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.018	0.017
0.100	0.040	0.029	0.006	0	< 0.0001	0.032	0.029	0.011	0.005	0.030	0.002	0.002	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.012	0.002
0.050	0.019	0.035	0.003	< 0.0001	0	0.014	0.015	0.002	0.001	0.016	0.001	0.004	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.009	0.000
0.040	0.013	0.005	0.002	0.032	0.014	0	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.001	0.003	0.022	0.024	0.002	0.000	0.064	0.008
0.011	0.013	0.006	0.003	0.029	0.015	< 0.0001	0	0.002	0.009	0.000	0.001	0.034	0.029	0.005	0.001	0.026	0.012
0.017	0.003	0.002	< 0.0001	0.011	0.002	< 0.0001	0.002	0	< 0.0001	0.003	0.003	0.006	0.002	0.002	0.002	0.031	0.001
0.027	0.007	0.010	0.000	0.005	0.001	0.001	0.009	< 0.0001	0	0.013	0.009	0.002	0.002	0.001	0.003	0.024	0.000
0.004	< 0.0001	0.013	0.001	0.030	0.016	0.001	0.000	0.003	0.013	0	< 0.0001	0.049	0.046	0.016	0.008	0.139	0.074
0.001	0.000	0.015	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.003	0.009	< 0.0001	0	0.021	0.004	0.003	0.002	0.034	0.015
0.069	0.026	0.002	0.001	0.002	0.004	0.022	0.034	0.006	0.002	0.049	0.021	0	0.000	0.003	0.003	0.010	0.007
0.079	0.033	0.008	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.024	0.029	0.002	0.002	0.046	0.004	0.000	0	0.000	0.001	0.003	0.001
0.124	0.044	0.014	0.002	< 0.0001	< 0.0001	0.002	0.005	0.002	0.001	0.016	0.003	0.003	0.000	0	< 0.0001	0.006	0.001
0.126	0.038	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.008	0.002	0.003	0.001	< 0.0001	0	0.024	0.004
0.049	0.148	0.016	0.018	0.012	0.009	0.064	0.026	0.031	0.024	0.139	0.034	0.010	0.003	0.006	0.024	0	0.002
0.036	0.076	0.069	0.017	0.002	0.000	0.008	0.012	0.001	0.000	0.074	0.015	0.007	0.001	0.001	0.004	0.002	0

Anexo 1. Valores de P de la matriz de correlaciones de temperatura mínima entre las estaciones climatológicas de Ecoguardas (AJU) y Amecameca de Juárez (AME) parte I (1970-1978)

Variables	AJU 1970	AME 1970	AJU 1971	AME 1971	AJU 1972	AME 1972	AJU 1973	AME 1973	AJU 1974	AME 1974	AJU 1975	AME 1975	AJU 1976	AME 1976	AJU 1977	AME 1977	AJU 1978	AME 1978
AJU 1970	0	< 0.0001	0.001	0.000	0.001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0.000	0.003	0.011	0.000	< 0.0001	0.003
AME 1970	< 0.0001	0	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.002	0.002	< 0.0001	< 0.0001	0.000
AJU 1971	0.001	< 0.0001	0	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.000	0.007	0.020	0.002	0.002	0.003	0.015
AME 1971	0.000	< 0.0001	0.000	0	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0.000	0.004	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1972	0.001	0.001	0.004	0.000	0	< 0.0001	0.003	0.000	0.001	0.001	0.004	0.000	0.000	< 0.0001	0.001	0.000	< 0.0001	0.001
AME 1972	0.001	0.000	0.002	< 0.0001	< 0.0001	0	0.001	0.000	0.001	0.000	0.004	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1973	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.000	0.003	0.001	0	< 0.0001	0.000	0.001	< 0.0001	0.000	0.001	0.008	0.009	0.001	0.002	0.004
AME 1973	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0.000	< 0.0001	0	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.002	0.003	< 0.0001	0.000	0.002
AJU 1974	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.001	0.001	0.000	< 0.0001	0	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.004	0.013	0.002	0.000	0.000	0.002
AME 1974	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	< 0.0001	0	0.001	< 0.0001	0.005	0.003	0.001	< 0.0001	0.000	0.000
AJU 1975	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.004	0.004	0.004	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.001	0	0.001	0.005	0.049	0.037	0.008	0.002	0.061
AME 1975	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0	0.002	0.001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1976	0.000	0.000	0.007	< 0.0001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.004	0.005	0.005	0.002	0	< 0.0001	0.004	0.000	< 0.0001	0.001
AME 1976	0.003	0.002	0.020	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.008	0.002	0.013	0.003	0.049	0.001	< 0.0001	0	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1977	0.011	0.002	0.002	< 0.0001	0.001	0.000	0.009	0.003	0.002	0.001	0.037	0.000	0.004	0.000	0	< 0.0001	0.001	0.000
AME 1977	0.000	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.008	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1978	< 0.0001	< 0.0001	0.003	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0	0.000
AME 1978	0.003	0.000	0.015	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.004	0.002	0.002	0.000	0.061	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0
AJU 1979	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.005	0.012	0.009	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.019	0.049	0.021	0.004	0.003	0.047
AME 1979	0.001	0.000	0.004	0.000	0.005	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.004	0.003	0.002	< 0.0001	0.000	0.000
AJU 1980	0.023	0.033	0.087	0.001	0.001	0.001	0.019	0.014	0.061	0.076	0.100	0.018	0.000	0.000	0.005	0.004	0.003	0.004
AME 1980	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.005	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1981	0.034	0.081	0.166	0.011	0.075	0.060	0.030	0.022	0.074	0.167	0.110	0.059	0.026	0.021	0.041	0.019	0.060	0.047
AME 1981	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.004	< 0.0001	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1982	0.000	0.000	< 0.0001	0.002	0.000	0.002	0.001	0.000	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.000	0.003	0.024	0.014	0.006	0.000	0.033
AME 1982	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.001	0.001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.001
AJU 1983	0.001	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.004	0.000	< 0.0001	0.000	0.002	< 0.0001	0.001	0.001	0.000	0.000	< 0.0001	0.002
AME 1983	0.005	0.001	0.006	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.010	0.001	0.004	0.000	0.038	< 0.0001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001
AJU 1984	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.001	0.000	0.000	< 0.0001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.003
AME 1984	0.001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.003	0.000	0.000	< 0.0001	0.018	< 0.0001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1985	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.001	0.001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000
AME 1985	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.000	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1986	0.001	0.002	0.056	0.001	0.000	0.000	0.008	0.003	0.004	0.005	0.035	0.001	0.000	0.000	0.010	0.001	< 0.0001	0.000
AME 1986	0.001	0.000	0.010	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.014	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1987	0.002	0.001	0.005	0.002	0.007	0.005	0.010	0.002	0.001	0.001	0.017	0.002	0.005	0.006	0.004	0.001	0.000	0.007
AME 1987	0.000	< 0.0001	0.002	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.001	0.001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.001

Anexo 1. Valores de P de la matriz de correlaciones de temperatura mínima entre las estaciones climatológicas de Ecoguardas (AJU) y Amecameca de Juárez (AME) parte II (1979-1987)

AJU 1979	AME 1979	AJU 1980	AME 1980	AJU 1981	AME 1981	AJU 1982	AME 1982	AJU 1983	AME 1983	AJU 1984	AME 1984	AJU 1985	AME 1985	AJU 1986	AME 1986	AJU 1987	AME 1987
0.000	0.001	0.023	< 0.0001	0.034	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.001	0.005	< 0.0001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.001	0.002	0.000
< 0.0001	0.000	0.033	< 0.0001	0.081	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.002	0.000	0.001	< 0.0001
< 0.0001	0.004	0.087	0.001	0.166	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.006	0.000	0.001	< 0.0001	0.000	0.056	0.010	0.005	0.002
0.005	0.000	0.001	< 0.0001	0.011	< 0.0001	0.002	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.002	0.000
0.012	0.005	0.001	0.000	0.075	0.001	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	< 0.0001	0.007	0.002
0.009	0.001	0.001	< 0.0001	0.060	< 0.0001	0.002	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.005	0.000
0.000	0.003	0.019	0.001	0.030	0.000	0.001	0.000	0.004	0.010	0.000	0.003	< 0.0001	< 0.0001	0.008	0.003	0.010	0.001
0.000	0.000	0.014	< 0.0001	0.022	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.003	0.001	0.002	0.000
< 0.0001	0.000	0.061	0.000	0.074	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.004	0.001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.004	0.001	0.001	0.000
< 0.0001	0.000	0.076	< 0.0001	0.167	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.000	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.005	0.001	0.001	0.000
< 0.0001	0.011	0.100	0.005	0.110	0.004	< 0.0001	0.001	0.002	0.038	0.001	0.018	0.000	0.002	0.035	0.014	0.017	0.005
0.000	0.000	0.018	< 0.0001	0.059	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.002	0.000
0.019	0.004	0.000	0.000	0.026	0.000	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001
0.049	0.003	0.000	< 0.0001	0.021	0.000	0.024	0.001	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.001	0.000	0.000	< 0.0001	0.006	0.001
0.021	0.002	0.005	< 0.0001	0.041	< 0.0001	0.014	0.000	0.000	< 0.0001	0.006	< 0.0001	0.000	0.000	0.010	0.000	0.004	0.001
0.004	< 0.0001	0.004	< 0.0001	0.019	< 0.0001	0.006	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.001	< 0.0001
0.003	0.000	0.003	< 0.0001	0.060	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001
0.047	0.000	0.004	< 0.0001	0.047	< 0.0001	0.033	0.001	0.002	< 0.0001	0.003	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.007	0.001
0	0.002	0.232	0.003	0.255	0.001	0.000	0.000	0.002	0.023	0.001	0.006	< 0.0001	0.001	0.062	0.019	0.001	0.001
0.002	0	0.062	< 0.0001	0.160	0.000	0.010	0.000	0.001	0.001	0.003	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.004	0.001	< 0.0001	< 0.0001
0.232	0.062	0	0.003	0.003	0.011	0.056	0.012	0.008	0.002	0.013	0.010	0.015	0.015	0.002	0.001	0.102	0.043
0.003	< 0.0001	0.003	0	0.013	< 0.0001	0.002	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.001	< 0.0001
0.255	0.160	0.003	0.013	0	0.035	0.190	0.024	0.126	0.051	0.027	0.060	0.048	0.058	0.035	0.033	0.284	0.155
0.001	0.000	0.011	< 0.0001	0.035	0	0.002	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.000	0.001	< 0.0001
0.000	0.010	0.056	0.002	0.190	0.002	0	0.000	< 0.0001	0.014	0.001	0.006	0.000	0.002	0.012	0.003	0.006	0.002
0.000	0.000	0.012	< 0.0001	0.024	< 0.0001	0.000	0	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.004	0.000	0.001	0.000
0.002	0.001	0.008	< 0.0001	0.126	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0	0.000	0.002	0.000	< 0.0001	0.000	0.002	< 0.0001	0.001	0.000
0.023	0.001	0.002	< 0.0001	0.051	< 0.0001	0.014	0.000	0.000	0	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.003	0.001
0.001	0.003	0.013	< 0.0001	0.027	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.002	0.001	0	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.004	0.001
0.006	< 0.0001	0.010	< 0.0001	0.060	< 0.0001	0.006	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001
< 0.0001	0.000	0.015	< 0.0001	0.048	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.000	< 0.0001	0	< 0.0001	0.002	0.000	0.001	< 0.0001
0.001	< 0.0001	0.015	< 0.0001	0.058	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0	0.001	< 0.0001	0.001	< 0.0001
0.062	0.004	0.002	0.001	0.035	0.001	0.012	0.004	0.002	0.001	0.004	0.001	0.002	0.001	0	< 0.0001	0.015	0.004
0.019	0.001	0.001	< 0.0001	0.033	0.000	0.003	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0	0.004	0.001
0.001	< 0.0001	0.102	0.001	0.284	0.001	0.006	0.001	0.001	0.003	0.004	0.000	0.001	0.001	0.015	0.004	0	< 0.0001
0.001	< 0.0001	0.043	< 0.0001	0.155	< 0.0001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.004	0.001	< 0.0001	0

Anexo 1. Valores de P de la matriz de correlaciones de temperatura promedio entre las estaciones climatológicas de Ecoguardas (AJU) y Amecameca de Juárez (AME) parte I (1970-1978)

Variables	AJU 1970	AME 1970	AJU 1971	AME 1971	AJU 1972	AME 1972	AJU 1973	AME 1973	AJU 1974	AME 1974	AJU 1975	AME 1975	AJU 1976	AME 1976	AJU 1977	AME 1977	AJU 1978	AME 1978
AJU 1970	0	< 0.0001	0.008	0.001	0.000	0.008	0.002	0.000	0.012	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.002	0.113	0.009	0.001	0.004
AME 1970	< 0.0001	0	0.003	< 0.0001	0.000	0.000	0.007	< 0.0001	0.014	< 0.0001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.015	< 0.0001	0.001	< 0.0001
AJU 1971	0.008	0.003	0	< 0.0001	0.009	0.017	0.001	0.002	0.010	0.001	0.015	0.002	0.000	0.014	0.015	0.013	0.007	0.045
AME 1971	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0	0.002	0.000	0.003	< 0.0001	0.014	0.000	0.007	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.003	0.001
AJU 1972	0.000	0.000	0.009	0.002	0	0.000	0.047	0.001	0.052	0.003	0.003	0.000	0.006	0.004	0.076	0.012	0.000	0.000
AME 1972	0.008	0.000	0.017	0.000	0.000	0	0.105	0.000	0.196	0.016	0.033	0.000	0.005	< 0.0001	0.005	0.000	0.007	< 0.0001
AJU 1973	0.002	0.007	0.001	0.003	0.047	0.105	0	0.001	0.002	0.002	0.000	0.002	0.002	0.051	0.119	0.042	0.045	0.176
AME 1973	0.000	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.001	0.000	0.001	0	0.019	0.001	0.001	< 0.0001	0.000	0.000	0.015	0.000	0.008	0.000
AJU 1974	0.012	0.014	0.010	0.014	0.052	0.196	0.002	0.019	0	0.004	0.003	0.005	0.012	0.115	0.114	0.059	0.006	0.104
AME 1974	0.000	< 0.0001	0.001	0.000	0.003	0.016	0.002	0.001	0.004	0	0.002	< 0.0001	0.002	0.003	0.014	0.002	0.001	0.005
AJU 1975	< 0.0001	0.001	0.015	0.007	0.003	0.033	0.000	0.001	0.003	0.002	0	0.001	0.002	0.027	0.305	0.067	0.003	0.063
AME 1975	< 0.0001	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.000	0.000	0.002	< 0.0001	0.005	< 0.0001	0.001	0	0.000	0.000	0.006	< 0.0001	0.001	< 0.0001
AJU 1976	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.006	0.005	0.002	0.000	0.012	0.002	0.002	0.000	0	0.000	0.018	0.002	0.005	0.005
AME 1976	0.002	< 0.0001	0.014	< 0.0001	0.004	< 0.0001	0.051	0.000	0.115	0.003	0.027	0.000	0.000	0	0.002	< 0.0001	0.010	< 0.0001
AJU 1977	0.113	0.015	0.015	0.001	0.076	0.005	0.119	0.015	0.114	0.014	0.305	0.006	0.018	0.002	0	0.000	0.028	0.011
AME 1977	0.009	< 0.0001	0.013	< 0.0001	0.012	0.000	0.042	0.000	0.059	0.002	0.067	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.000	0	0.016	0.000
AJU 1978	0.001	0.001	0.007	0.003	0.000	0.007	0.045	0.008	0.006	0.001	0.003	0.001	0.005	0.010	0.028	0.016	0	0.002
AME 1978	0.004	< 0.0001	0.045	0.001	0.000	< 0.0001	0.176	0.000	0.104	0.005	0.063	< 0.0001	0.005	< 0.0001	0.011	0.000	0.002	0
AJU 1979	0.003	0.015	0.001	0.014	0.016	0.130	0.001	0.020	0.007	0.002	0.001	0.011	0.008	0.132	0.219	0.178	0.003	0.193
1979	0.001	< 0.0001	0.035	0.001	0.007	0.006	0.035	0.001	0.026	0.001	0.024	< 0.0001	0.001	0.000	0.026	0.000	0.004	< 0.0001
AJU 1980	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.004	0.003	< 0.0001	0.009	0.001	0.001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.011	0.001	0.005	0.007
AME 1980	0.001	< 0.0001	0.004	< 0.0001	0.002	0.000	0.014	< 0.0001	0.027	0.000	0.011	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.003	< 0.0001
AJU 1981	0.010	0.004	0.032	0.004	0.013	0.007	0.034	0.002	0.029	0.054	0.015	0.006	0.009	0.012	0.117	0.014	0.052	0.035
AME 1981	0.001	< 0.0001	0.007	< 0.0001	0.003	0.000	0.028	0.000	0.030	0.001	0.026	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.005	< 0.0001
AJU 1982	< 0.0001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.009	0.003	0.001	0.007	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.002	0.009	0.051	0.019	< 0.0001	0.006
AME 1982	0.097	0.153	0.945	0.436	0.388	0.297	0.294	0.119	0.971	0.225	0.311	0.179	0.306	0.103	0.603	0.186	0.756	0.324
AJU 1983	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.017	0.002	0.004	0.000	0.004	< 0.0001	0.001	0.002	0.007	0.003	< 0.0001	0.001
AME 1983	0.010	0.000	0.012	0.000	0.001	< 0.0001	0.117	0.002	0.104	0.004	0.062	0.000	0.003	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.002	< 0.0001
AJU 1984	< 0.0001	0.000	0.014	0.008	0.002	0.024	0.003	0.001	0.060	0.002	< 0.0001	0.001	0.002	0.015	0.305	0.049	0.014	0.038
AME 1984	0.000	< 0.0001	0.005	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.017	< 0.0001	0.040	< 0.0001	0.005	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.005	< 0.0001	0.001	< 0.0001
AJU 1985	0.001	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.004	0.001	0.001	< 0.0001	0.010	0.001	0.004	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.001	< 0.0001	0.003	0.001
AME 1985	0.001	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.002	0.000	0.002	< 0.0001	0.014	0.000	0.007	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.002	< 0.0001
AJU 1986	0.000	< 0.0001	0.031	0.001	< 0.0001	0.000	0.055	0.000	0.033	0.007	0.006	< 0.0001	0.002	0.000	0.065	0.002	0.002	< 0.0001
AME 1986	0.003	< 0.0001	0.024	0.000	0.000	< 0.0001	0.062	0.000	0.039	0.004	0.024	< 0.0001	0.004	< 0.0001	0.008	< 0.0001	0.002	< 0.0001
AJU 1987	0.011	0.007	0.025	0.005	0.057	0.070	0.029	0.014	0.005	0.006	0.027	0.007	0.002	0.007	0.022	0.010	0.002	0.019
AME 1987	0.003	0.000	0.031	0.001	0.005	0.003	0.051	0.002	0.019	0.002	0.027	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000

Anexo 1. Valores de P de la matriz de correlaciones de temperatura promedio entre las estaciones climatológicas de Ecoguardas (AJU) y Amecameca de Juárez (AME) parte II (1979-1987)

AJU 1979	1979	AJU 1980	AME 1980	AJU 1981	AME 1981	AJU 1982	AME 1982	AJU 1983	AME 1983	AJU 1984	AME 1984	AJU 1985	AME 1985	AJU 1986	AME 1986	AJU 1987	AME 1987
0.003	0.001	0.000	0.001	0.010	0.001	< 0.0001	0.097	0.001	0.010	< 0.0001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.003	0.011	0.003
0.015	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.004	< 0.0001	0.000	0.153	0.000	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.007	0.000
0.001	0.035	0.000	0.004	0.032	0.007	0.002	0.945	0.001	0.012	0.014	0.005	0.001	0.002	0.031	0.024	0.025	0.031
0.014	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.004	< 0.0001	0.002	0.436	0.000	0.000	0.008	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.000	0.005	0.001
0.016	0.007	0.004	0.002	0.013	0.003	0.000	0.388	0.000	0.001	0.002	0.000	0.004	0.002	< 0.0001	0.000	0.057	0.005
0.130	0.006	0.003	0.000	0.007	0.000	0.009	0.297	0.002	< 0.0001	0.024	< 0.0001	0.001	0.000	0.000	< 0.0001	0.070	0.003
0.001	0.035	0.000	0.014	0.034	0.028	0.003	0.294	0.017	0.117	0.003	0.017	0.001	0.002	0.055	0.062	0.029	0.051
0.020	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.002	0.000	0.001	0.119	0.002	0.002	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.000	0.014	0.002
0.007	0.026	0.009	0.027	0.029	0.030	0.007	0.971	0.004	0.104	0.060	0.040	0.010	0.014	0.033	0.039	0.005	0.019
0.002	0.001	0.001	0.000	0.054	0.001	< 0.0001	0.225	0.000	0.004	0.002	< 0.0001	0.001	0.000	0.007	0.004	0.006	0.002
0.001	0.024	0.001	0.011	0.015	0.026	0.000	0.311	0.004	0.062	< 0.0001	0.005	0.004	0.007	0.006	0.024	0.027	0.027
0.011	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.006	< 0.0001	< 0.0001	0.179	< 0.0001	0.000	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.007	0.000
0.008	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.009	0.000	0.002	0.306	0.001	0.003	0.002	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.002	0.004	0.002	0.002
0.132	0.000	0.001	< 0.0001	0.012	< 0.0001	0.009	0.103	0.002	< 0.0001	0.015	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.007	0.000
0.219	0.026	0.011	0.001	0.117	0.001	0.051	0.603	0.007	0.000	0.305	0.005	0.001	0.002	0.065	0.008	0.022	0.003
0.178	0.000	0.001	< 0.0001	0.014	< 0.0001	0.019	0.186	0.003	< 0.0001	0.049	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.010	0.000
0.003	0.004	0.005	0.003	0.052	0.005	< 0.0001	0.756	< 0.0001	0.002	0.014	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
0.193	< 0.0001	0.007	< 0.0001	0.035	< 0.0001	0.006	0.324	0.001	< 0.0001	0.038	< 0.0001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.019	0.000
0	0.089	0.002	0.048	0.145	0.100	0.000	0.970	0.002	0.118	0.002	0.036	0.011	0.036	0.090	0.124	0.051	0.103
0.089	0	0.002	< 0.0001	0.097	< 0.0001	0.004	0.212	0.001	0.001	0.019	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.001	0.000	0.003	< 0.0001
0.002	0.002	0	< 0.0001	0.011	0.001	0.001	0.404	0.000	0.003	0.001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.005	0.003	0.010	0.005
0.048	< 0.0001	< 0.0001	0	0.016	< 0.0001	0.002	0.140	0.000	< 0.0001	0.008	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.004	< 0.0001
0.145	0.097	0.011	0.016	0	0.010	0.067	0.712	0.051	0.040	0.029	0.014	0.007	0.009	0.003	0.015	0.080	0.057
0.100	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.010	0	0.005	0.152	0.001	< 0.0001	0.015	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.004	< 0.0001
0.000	0.004	0.001	0.002	0.067	0.005	0	0.249	< 0.0001	0.005	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.004	0.011	0.003
0.970	0.212	0.404	0.140	0.712	0.152	0.249	0	0.646	0.309	0.135	0.111	0.341	0.237	0.197	0.210	0.469	0.173
0.002	0.001	0.000	0.000	0.051	0.001	< 0.0001	0.646	0	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.005	0.001
0.118	0.001	0.003	< 0.0001	0.040	< 0.0001	0.005	0.309	0.000	0	0.052	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.016	0.000
0.002	0.019	0.001	0.008	0.029	0.015	0.000	0.135	0.007	0.052	0	0.002	0.008	0.010	0.006	0.023	0.112	0.062
0.036	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.014	< 0.0001	0.000	0.111	0.000	< 0.0001	0.002	0	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.006	< 0.0001
0.011	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.007	< 0.0001	0.001	0.341	0.000	0.000	0.008	< 0.0001	0	< 0.0001	0.003	0.001	0.005	0.001
0.036	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.009	< 0.0001	0.002	0.237	0.000	< 0.0001	0.010	< 0.0001	< 0.0001	0	0.000	< 0.0001	0.003	< 0.0001
0.090	0.001	0.005	0.000	0.003	0.000	0.002	0.197	0.001	0.001	0.006	< 0.0001	0.003	0.000	0	< 0.0001	0.016	0.001
0.124	0.000	0.003	< 0.0001	0.015	< 0.0001	0.004	0.210	0.001	< 0.0001	0.023	< 0.0001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0	0.018	0.000
0.051	0.003	0.010	0.004	0.080	0.004	0.011	0.469	0.005	0.016	0.112	0.006	0.005	0.003	0.016	0.018	0	< 0.0001
0.103	< 0.0001	0.005	< 0.0001	0.057	< 0.0001	0.003	0.173	0.001	0.000	0.062	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.001	0.000	< 0.0001	0

Anexo 1. Valores de P de la matriz de correlaciones de lluvia entre las estaciones climatológicas de Ecoguardas (AJU) y Amecameca de Juárez (AME) parte I (1970-1978)

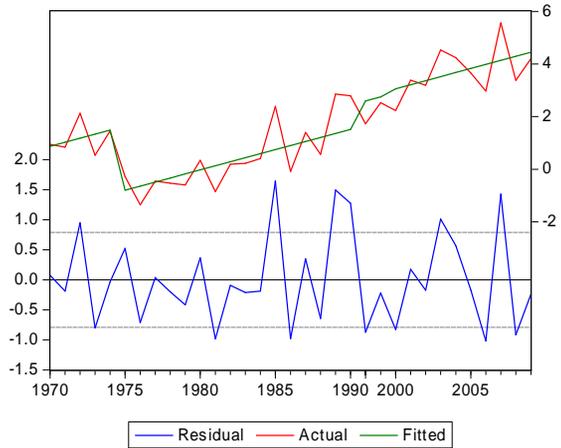
Variables	AJU 1969	AME 1969	AJU 1970	AME 1970	AJU 1971	AME 1971	AJU 1972	AME 1972	AJU 1973	AME 1973	AJU 1974	AME 1974	AJU 1975	AME 1975	AJU 1976	AME 1976	AJU 1977	AME 1977	AJU 1978	AME 1978
AJU 1969	0	< 0.0001	0.000	0.000	0.007	< 0.0001	0.028	0.021	0.000	0.014	0.008	0.010	0.001	0.016	< 0.0001	0.003	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000
AME 1969	< 0.0001	0	0.012	0.051	0.066	0.001	0.165	0.129	0.006	0.039	0.147	0.031	0.040	0.138	< 0.0001	0.022	0.001	0.002	0.024	0.023
AJU 1970	0.000	0.012	0	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.001	< 0.0001	0.002	0.003	0.003	0.000	0.000	0.003	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.000	0.000
AME 1970	0.000	0.051	0.000	0	0.001	0.000	0.000	0.000	< 0.0001	0.005	< 0.0001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.013	0.003	0.001	0.000	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1971	0.007	0.066	< 0.0001	0.001	0	< 0.0001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.008	0.006	0.002	0.014	< 0.0001	0.004	0.009	0.001	0.001
AME 1971	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0	0.002	0.001	< 0.0001	0.000	0.002	0.000	0.004	0.005	0.000	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001
AJU 1972	0.028	0.165	0.001	0.000	0.001	0.002	0	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.000	0.000	0.002	< 0.0001	0.060	0.001	0.001	0.000	0.013	0.001
AME 1972	0.021	0.129	0.001	0.000	0.002	0.001	< 0.0001	0	< 0.0001	0.001	0.000	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.040	0.001	0.001	0.000	0.008	0.000
AJU 1973	0.000	0.006	< 0.0001	< 0.0001	0.002	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0	0.001	0.001	0.000	< 0.0001	0.000	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.001	< 0.0001
AME 1973	0.014	0.039	0.002	0.005	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0	0.015	0.003	0.028	0.002	0.005	< 0.0001	0.001	0.001	0.024	0.004
AJU 1974	0.008	0.147	0.003	< 0.0001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.001	0.015	0	0.000	0.002	0.001	0.062	0.007	0.010	0.003	0.001	< 0.0001
AME 1974	0.010	0.031	0.003	0.000	0.008	0.000	0.000	< 0.0001	0.000	0.003	0.000	0	0.013	0.004	0.024	0.003	0.003	< 0.0001	0.016	< 0.0001
AJU 1975	0.001	0.040	0.000	< 0.0001	0.006	0.004	0.002	0.002	< 0.0001	0.028	0.002	0.013	0	< 0.0001	0.015	0.017	0.000	0.001	0.000	0.001
AME 1975	0.016	0.138	0.000	< 0.0001	0.002	0.005	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.002	0.001	0.004	< 0.0001	0	0.039	0.005	0.001	0.001	0.003	0.001
AJU 1976	< 0.0001	< 0.0001	0.003	0.013	0.014	0.000	0.060	0.040	0.001	0.005	0.062	0.024	0.015	0.039	0	0.005	< 0.0001	0.001	0.002	0.005
AME 1976	0.003	0.022	< 0.0001	0.003	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.001	0.001	< 0.0001	0.007	0.003	0.017	0.005	0.005	0	0.001	0.002	0.005	0.001
AJU 1977	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.001	0.004	< 0.0001	0.001	0.001	< 0.0001	0.001	0.010	0.003	0.000	0.001	< 0.0001	0.001	0	< 0.0001	0.001	0.001
AME 1977	0.000	0.002	0.000	0.000	0.009	< 0.0001	0.000	0.000	< 0.0001	0.001	0.003	< 0.0001	0.001	0.001	0.001	0.002	< 0.0001	0	0.004	0.000
AJU 1978	< 0.0001	0.024	0.000	< 0.0001	0.001	0.001	0.013	0.008	0.001	0.024	0.001	0.016	0.000	0.003	0.002	0.005	0.001	0.004	0	0.000
AME 1978	0.000	0.023	0.000	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.001	0.000	< 0.0001	0.004	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001	0.000	0.000	0
AJU 1979	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.001	0.005	< 0.0001	0.002	0.001	< 0.0001	0.007	0.004	0.000	0.001	0.003	0.001	0.002	< 0.0001	< 0.0001	0.002	0.000
AME 1979	0.000	0.008	0.000	0.001	0.004	< 0.0001	0.001	0.001	< 0.0001	0.004	0.004	0.000	0.004	0.004	0.003	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.007	0.000
AJU 1980	0.003	0.006	0.005	0.001	0.033	0.003	0.003	0.003	< 0.0001	0.006	0.009	0.002	0.001	0.001	0.004	0.024	0.000	< 0.0001	0.010	0.003
AME 1980	0.001	0.000	0.001	0.014	0.005	0.001	0.023	0.030	0.003	0.008	0.058	0.028	0.004	0.009	0.002	0.005	0.001	0.003	0.008	0.013
AJU 1981	0.000	0.034	0.001	< 0.0001	0.003	0.000	0.001	0.000	< 0.0001	0.014	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.001	0.016	0.006	0.001	0.000	0.000	< 0.0001
AME 1981	0.003	0.052	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.007	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.000	0.026	0.001	0.002	0.000	0.000	< 0.0001
AJU 1982	0.002	0.065	< 0.0001	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	< 0.0001	0.006	0.004	0.010	< 0.0001	< 0.0001	0.010	0.004	< 0.0001	0.001	0.001	0.002
AME 1982	0.014	0.131	< 0.0001	0.001	0.001	0.003	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.003	0.005	0.006	0.000	< 0.0001	0.034	0.002	0.000	0.001	0.006	0.004
AJU 1983	0.001	0.036	0.000	0.027	0.003	0.001	0.003	0.005	0.004	0.010	0.055	0.005	0.024	0.010	0.028	0.001	0.002	0.002	0.049	0.013
AME 1983	< 0.0001	0.013	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.002	0.001	0.000	0.013	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.001	0.005	0.001	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001
AJU 1984	0.004	0.015	0.000	0.001	0.001	< 0.0001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	< 0.0001	0.012	0.002	0.009	< 0.0001	0.001	< 0.0001	0.013	< 0.0001
AME 1984	0.001	0.035	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.001	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.001	0.000	< 0.0001
AJU 1985	< 0.0001	0.042	0.000	< 0.0001	0.001	0.000	0.001	0.000	< 0.0001	0.010	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0.000	0.005	0.003	0.000	0.000	< 0.0001	< 0.0001
AME 1985	0.012	0.148	0.002	< 0.0001	0.001	0.002	0.000	< 0.0001	0.001	0.014	< 0.0001	0.001	0.002	0.001	0.066	0.004	0.010	0.006	0.001	0.000
AJU 1986	0.000	0.214	0.010	< 0.0001	0.030	0.023	0.007	0.005	0.001	0.056	0.000	0.027	0.000	0.001	0.035	0.067	0.004	0.008	0.000	0.003
AME 1986	0.001	0.089	0.004	0.000	0.022	0.007	0.002	0.001	< 0.0001	0.014	0.002	0.013	< 0.0001	0.000	0.007	0.027	0.000	0.001	0.001	0.002
AJU 1987	0.002	0.080	< 0.0001	< 0.0001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.042	0.000	0.003	0.000	0.001	0.030	0.003	0.001	0.002	0.000	0.001
AME 1987	< 0.0001	0.045	0.001	0.000	0.017	0.004	0.013	0.007	0.000	0.093	0.003	0.021	< 0.0001	0.004	0.007	0.029	0.000	0.002	< 0.0001	0.002
AJU 1988	0.327	< 0.0001	0.548	0.480	0.543	0.420	0.425	0.308	0.645	0.570	0.347	0.063	0.950	0.572	0.630	0.521	0.541	0.581	0.029	0.064
AME 1988	0.000	0.012	0.001	< 0.0001	0.005	< 0.0001	0.003	0.001	0.000	0.019	0.000	< 0.0001	0.003	0.008	0.005	0.004	0.001	< 0.0001	0.001	< 0.0001

Anexo 1. Valores de P de la matriz de correlaciones de lluvia entre las estaciones climatológicas de Ecoguardas (AJU) y Amecameca de Juárez (AME) parte II (1979-1987)

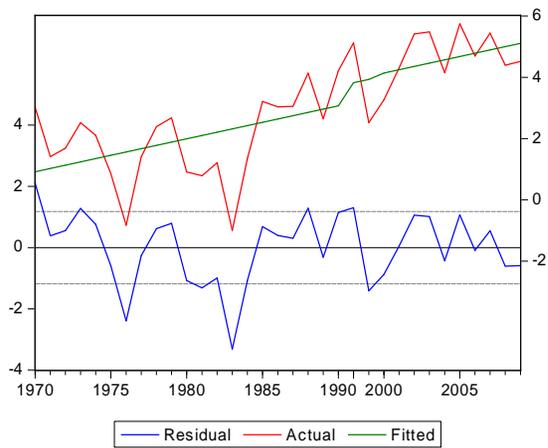
AJU 1979	AME 1979	AJU 1980	AME 1980	AJU 1981	AME 1981	AJU 1982	AME 1982	AJU 1983	AME 1983	AJU 1984	AME 1984	AJU 1985	AME 1985	AJU 1986	AME 1986	AJU 1987	AME 1987	AJU 1988	AME 1988
< 0.0001	0.000	0.003	0.001	0.000	0.003	0.002	0.014	0.001	< 0.0001	0.004	0.001	< 0.0001	0.012	0.000	0.001	0.002	< 0.0001	0.327	0.000
0.001	0.008	0.006	0.000	0.034	0.052	0.065	0.131	0.036	0.013	0.015	0.035	0.042	0.148	0.214	0.089	0.080	0.045	< 0.0001	0.012
< 0.0001	0.000	0.005	0.001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0.002	0.010	0.004	< 0.0001	0.001	0.548	0.001
0.001	0.001	0.001	0.014	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.001	0.027	< 0.0001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0.480	< 0.0001
0.005	0.004	0.033	0.005	0.003	0.000	0.002	0.001	0.003	0.000	0.001	< 0.0001	0.001	0.001	0.030	0.022	0.001	0.017	0.543	0.005
< 0.0001	< 0.0001	0.003	0.001	0.000	0.000	0.002	0.003	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.002	0.023	0.007	0.001	0.004	0.420	< 0.0001
0.002	0.001	0.003	0.023	0.001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.001	0.000	0.007	0.002	0.001	0.013	0.425	0.003
0.001	0.001	0.003	0.030	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.005	0.001	0.000	0.000	0.000	< 0.0001	0.005	0.001	0.000	0.007	0.308	0.001
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.003	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	< 0.0001	0.001	0.001	< 0.0001	0.000	0.000	0.645	0.000
0.007	0.004	0.006	0.008	0.014	0.007	0.006	0.003	0.010	0.013	0.000	0.005	0.010	0.014	0.056	0.014	0.042	0.093	0.570	0.019
0.004	0.004	0.009	0.058	< 0.0001	< 0.0001	0.004	0.005	0.055	< 0.0001	0.001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.002	0.000	0.003	0.347	0.000
0.000	0.000	0.002	0.028	0.001	< 0.0001	0.010	0.006	0.005	0.001	< 0.0001	0.001	0.002	0.001	0.027	0.013	0.003	0.021	0.063	< 0.0001
0.001	0.004	0.001	0.004	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0.024	< 0.0001	0.012	0.000	< 0.0001	0.002	0.000	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.950	0.003
0.003	0.004	0.001	0.009	0.001	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0.010	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.004	0.572	0.008
0.001	0.003	0.004	0.002	0.016	0.026	0.010	0.034	0.028	0.005	0.009	0.015	0.005	0.066	0.035	0.007	0.030	0.007	0.630	0.005
0.002	0.001	0.024	0.005	0.006	0.001	0.004	0.002	0.001	0.001	< 0.0001	0.000	0.003	0.004	0.067	0.027	0.003	0.029	0.521	0.004
< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.001	0.001	0.002	< 0.0001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.001	0.000	0.541	0.001
< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	< 0.0001	0.001	0.000	0.006	0.008	0.001	0.002	0.002	0.581	< 0.0001
0.002	0.007	0.010	0.008	0.000	0.000	0.001	0.006	0.049	< 0.0001	0.013	0.000	< 0.0001	0.001	0.000	0.001	0.000	< 0.0001	0.029	0.001
0.000	0.000	0.003	0.013	< 0.0001	< 0.0001	0.002	0.004	0.013	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.003	0.002	0.001	0.002	0.064	< 0.0001
0	< 0.0001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	< 0.0001	0.000	0.000	0.000	0.006	0.014	0.002	0.000	0.000	0.759	< 0.0001
< 0.0001	0	0.002	0.005	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	< 0.0001	0.000	0.001	0.007	0.035	0.007	0.001	0.004	0.884	< 0.0001
0.000	0.002	0	0.000	0.002	0.003	0.003	0.008	0.021	0.003	0.002	0.004	0.002	0.018	0.006	0.001	0.011	0.005	0.978	0.003
0.002	0.005	0.000	0	0.019	0.010	0.007	0.016	0.004	0.002	0.005	0.002	0.010	0.064	0.073	0.027	0.014	0.015	0.710	0.015
0.001	0.001	0.002	0.019	0	< 0.0001	0.001	0.003	0.036	< 0.0001	0.001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.973	< 0.0001
0.000	0.000	0.003	0.010	< 0.0001	0	0.001	0.001	0.005	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.003	0.003	< 0.0001	0.002	0.945	< 0.0001
0.001	0.001	0.003	0.007	0.001	0.001	0	< 0.0001	0.004	0.000	0.006	< 0.0001	0.000	0.003	0.001	< 0.0001	0.000	0.000	0.509	0.004
0.001	0.001	0.008	0.016	0.003	0.001	< 0.0001	0	0.001	0.002	0.003	< 0.0001	0.001	0.003	0.009	0.002	0.000	0.003	0.581	0.009
0.000	0.000	0.021	0.004	0.036	0.005	0.004	0.001	0	0.005	0.001	0.000	0.028	0.053	0.244	0.090	0.003	0.033	0.417	0.009
< 0.0001	0.000	0.003	0.002	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.002	0.005	0	0.001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.001	0.002	< 0.0001	< 0.0001	0.930	< 0.0001
0.000	< 0.0001	0.002	0.005	0.001	< 0.0001	0.006	0.003	0.001	0.001	0	0.000	0.003	0.004	0.055	0.022	0.006	0.037	0.406	0.000
0.000	0.000	0.004	0.002	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.000	< 0.0001	0.000	0	< 0.0001	0.000	0.007	0.005	< 0.0001	0.001	0.540	0.000
0.000	0.001	0.002	0.010	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.001	0.028	< 0.0001	0.003	< 0.0001	0	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.822	0.000
0.006	0.007	0.018	0.064	< 0.0001	< 0.0001	0.003	0.003	0.053	0.000	0.004	0.000	< 0.0001	0	0.001	0.002	0.000	0.003	0.304	0.001
0.014	0.035	0.006	0.073	0.000	0.003	0.001	0.009	0.244	0.001	0.055	0.007	< 0.0001	0.001	0	< 0.0001	0.002	0.000	0.511	0.008
0.002	0.007	0.001	0.027	0.000	0.003	< 0.0001	0.002	0.090	0.002	0.022	0.005	< 0.0001	0.002	< 0.0001	0	0.002	< 0.0001	0.571	0.004
0.000	0.001	0.011	0.014	0.000	< 0.0001	0.000	0.000	0.003	< 0.0001	0.006	< 0.0001	< 0.0001	0.000	0.002	0.002	0	< 0.0001	0.467	0.000
0.000	0.004	0.005	0.015	0.001	0.002	0.000	0.003	0.033	< 0.0001	0.037	0.001	< 0.0001	0.003	0.000	< 0.0001	< 0.0001	0	0.537	0.001
0.759	0.884	0.978	0.710	0.973	0.945	0.509	0.581	0.417	0.930	0.406	0.540	0.822	0.304	0.511	0.571	0.467	0.537	0	0.010
< 0.0001	< 0.0001	0.003	0.015	< 0.0001	< 0.0001	0.004	0.009	0.009	< 0.0001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.008	0.004	0.000	0.001	0.010	0

Anexo. 2 Gráficas mensuales de tendencia en temperatura mínima, primeros seis meses del año

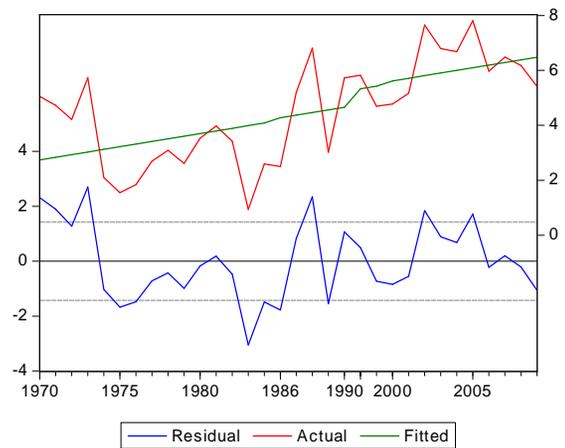
ENERO



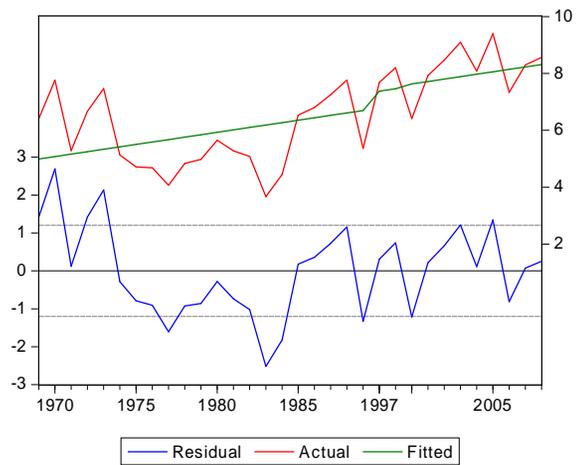
FEBRERO



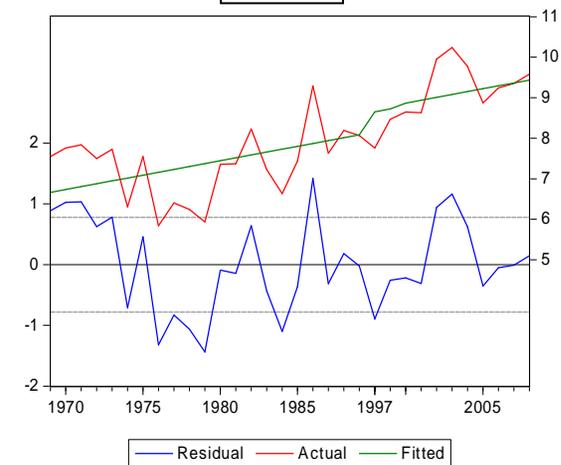
MARZO



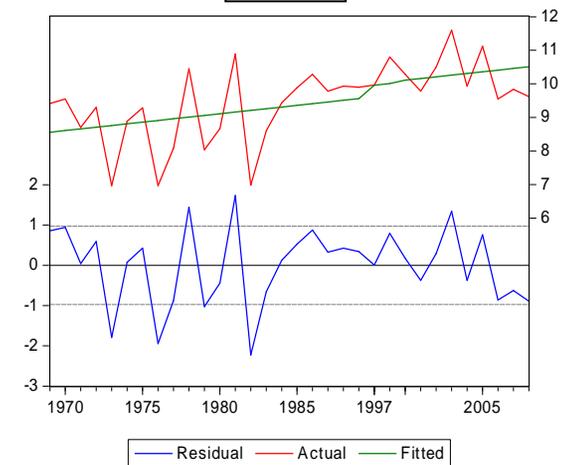
ABRIL



MAYO

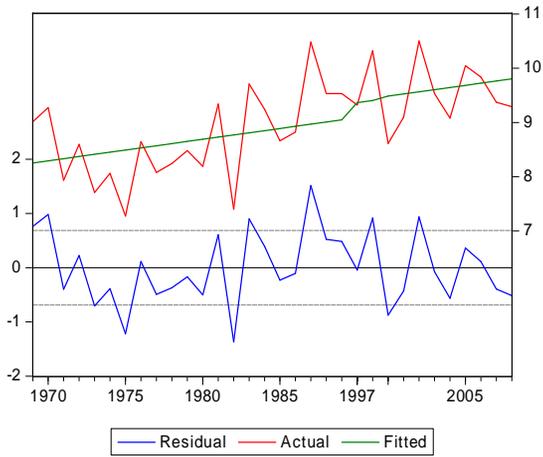


JUNIO

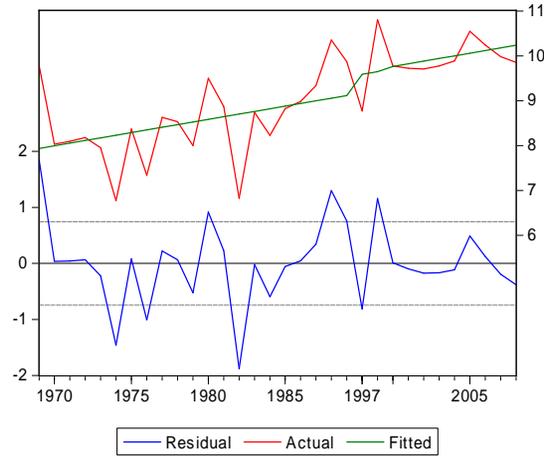


Anexo. 2 Gráficas mensuales de tendencia en temperatura mínima, últimos seis meses del año

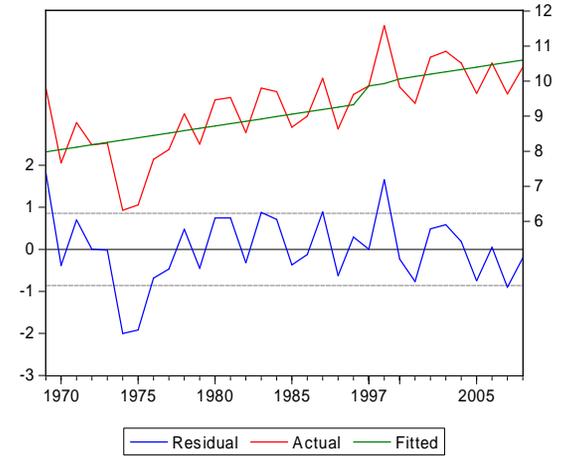
JULIO



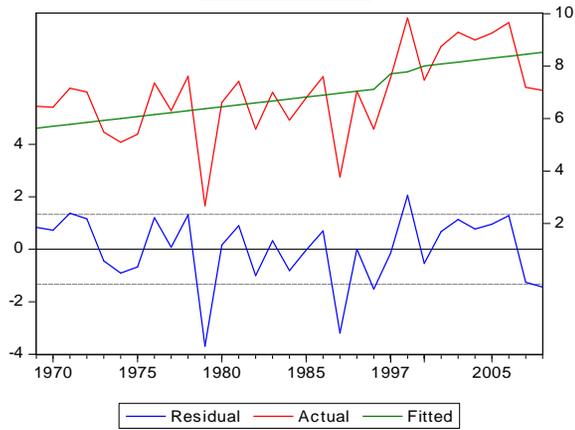
AGOSTO



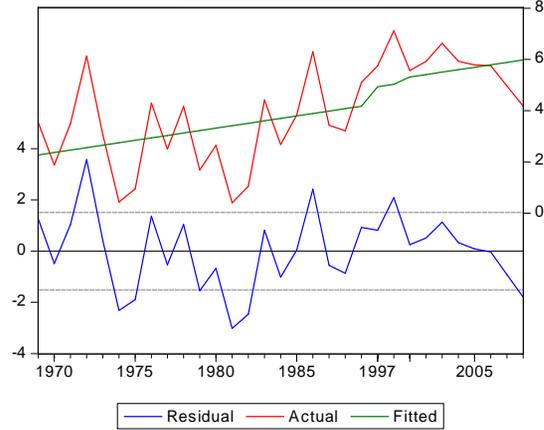
SEPTIEMBRE



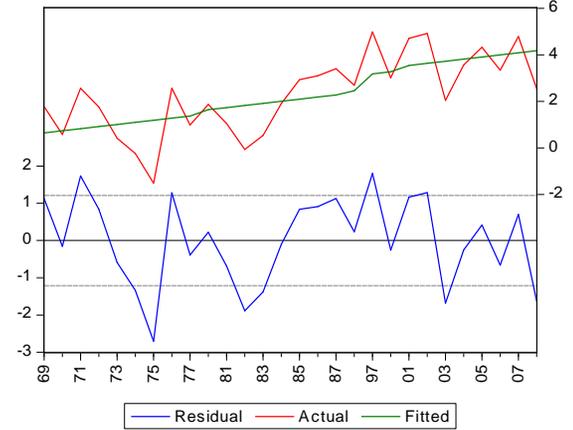
OCTUBRE



NOVIEMBRE

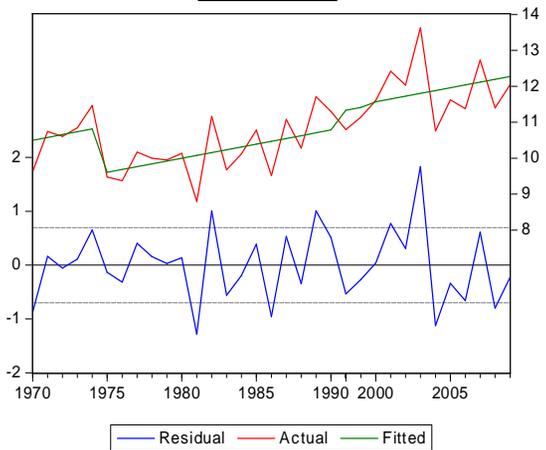


DICIEMBRE

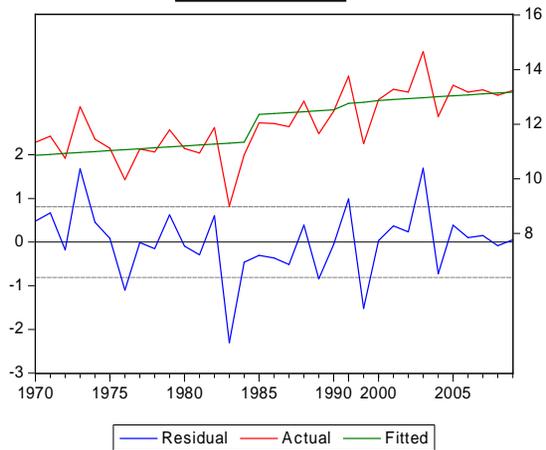


Anexo. 2 Gráficas mensuales de tendencia en temperatura media, primeros seis meses del año

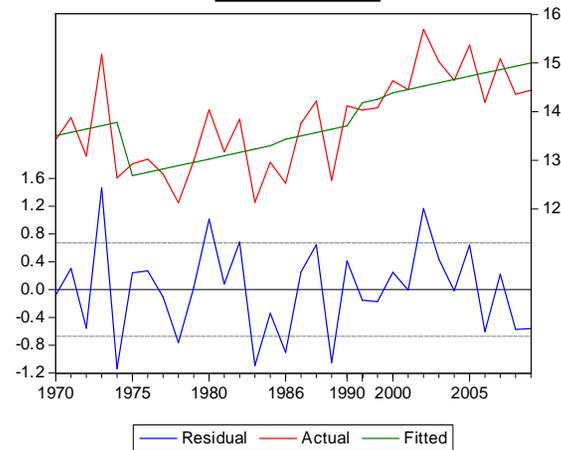
ENERO



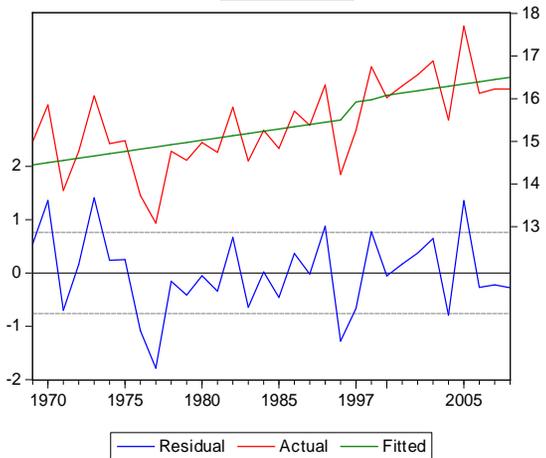
FEBRERO



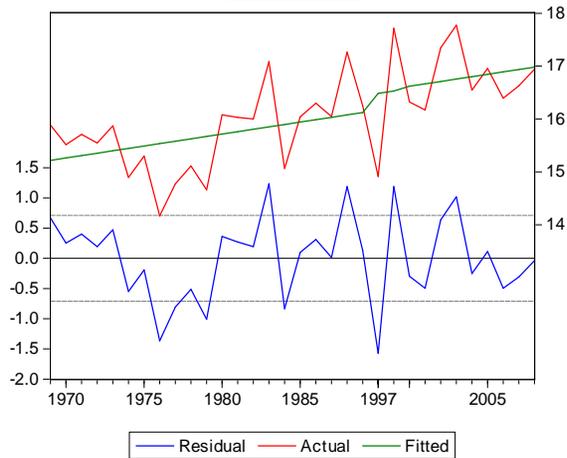
MARZO



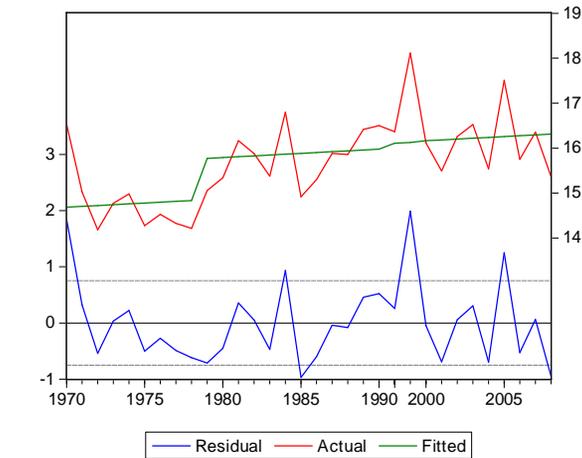
ABRIL



MAYO

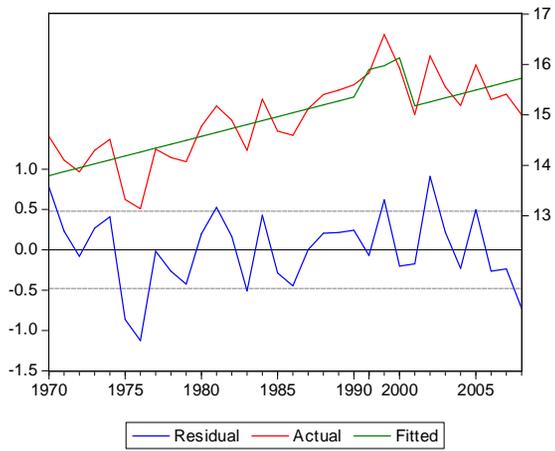


JUNIO

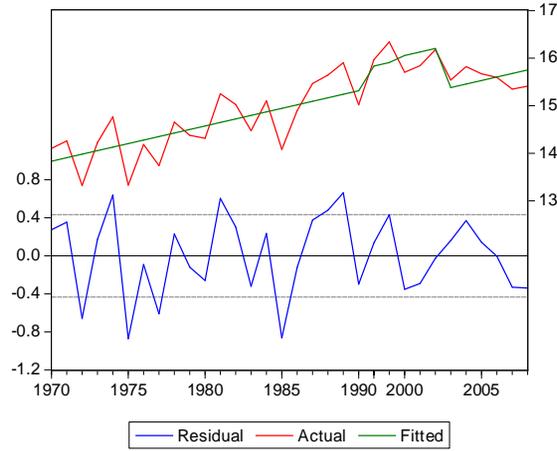


Anexo. 2 Gráficas mensuales de tendencia en temperatura media, últimos seis meses del año

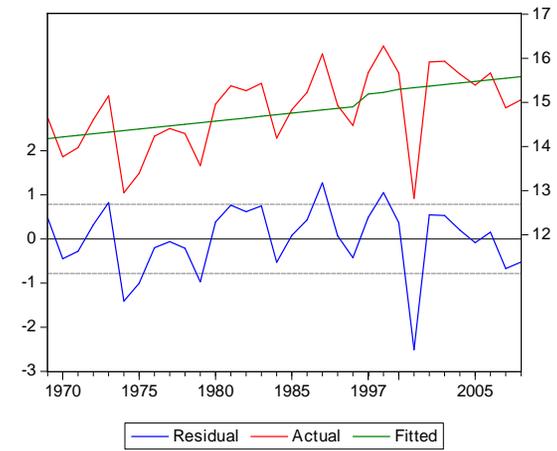
JULIO



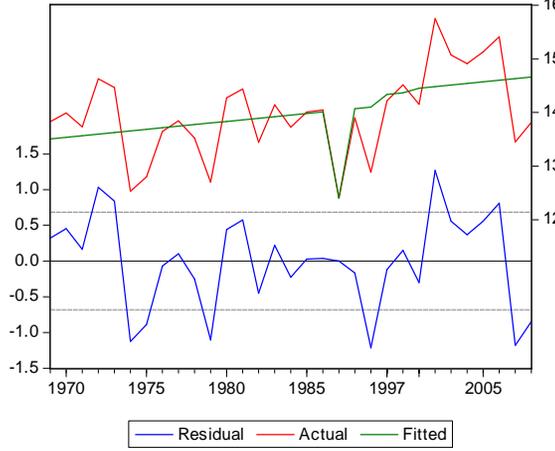
AGOSTO



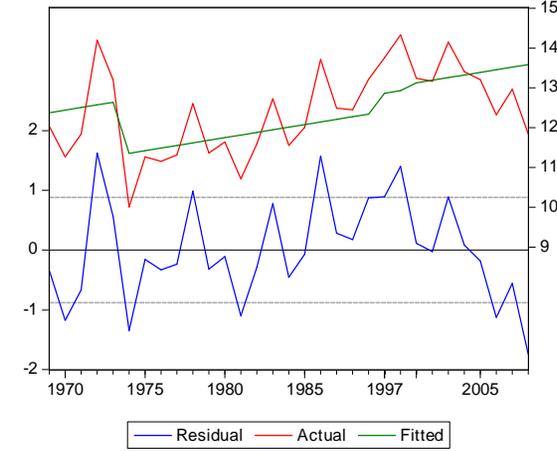
SEPTIEMBRE



OCTUBRE



NOVIEMBRE

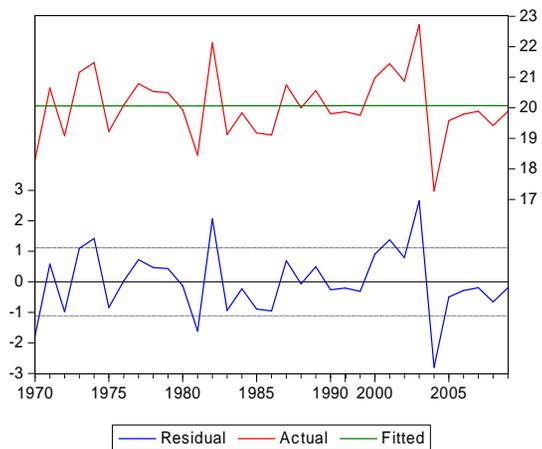


DICIEMBRE

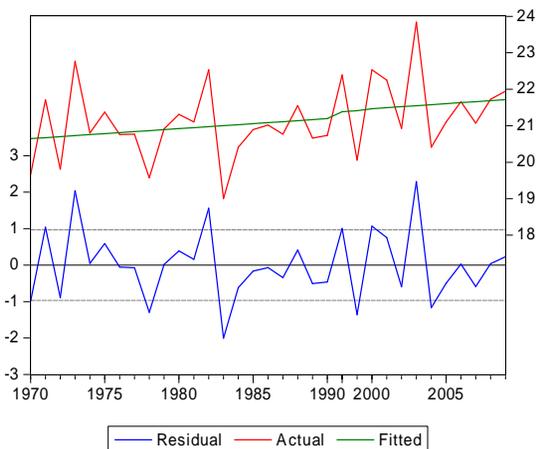


Anexo. 2 Gráficas mensuales de tendencia en temperatura máxima, primeros seis meses del año

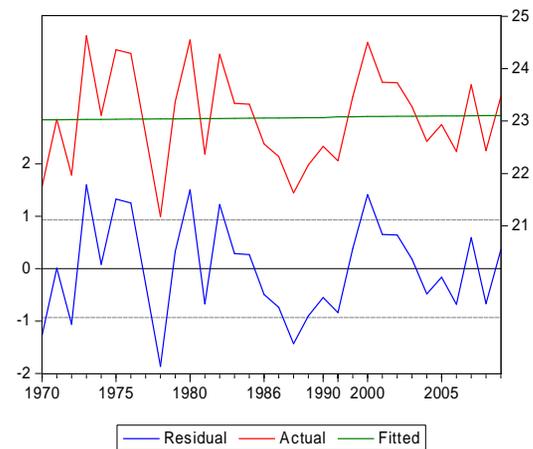
ENERO



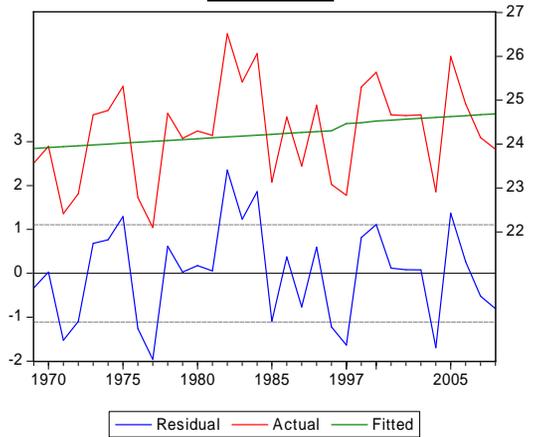
FEBRERO



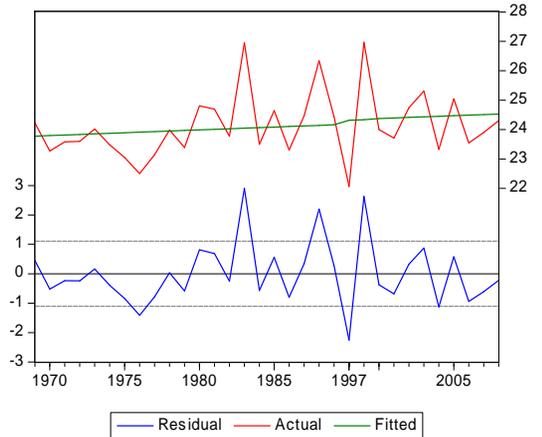
MARZO



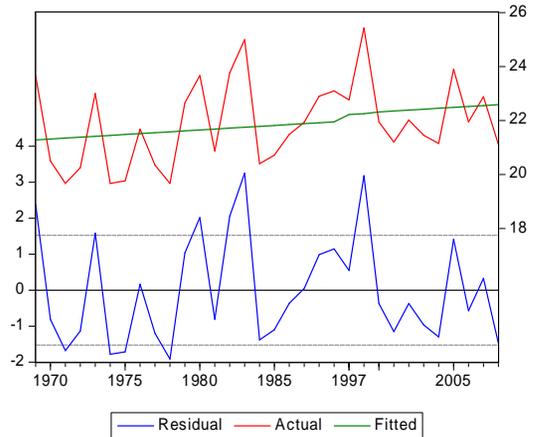
ABRIL



MAYO

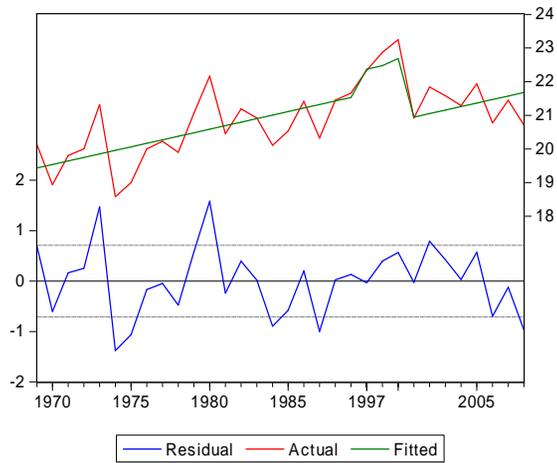


JUNIO

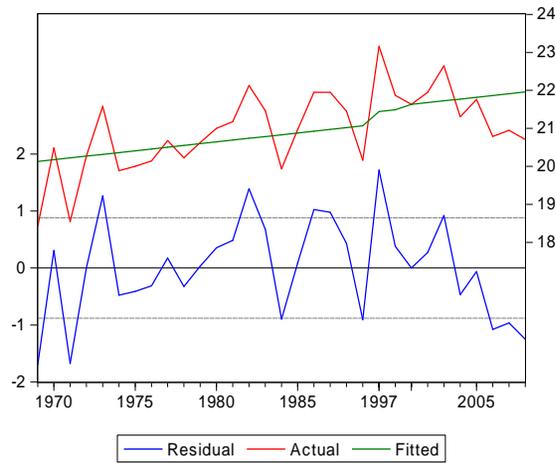


Anexo. 2 Gráficas mensuales de tendencia en temperatura máxima, últimos seis meses del año

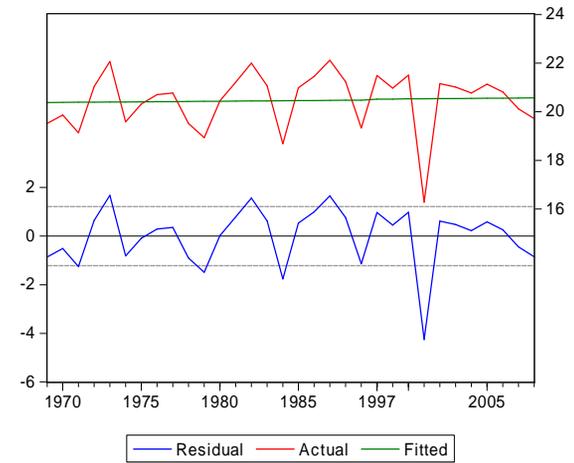
JULIO



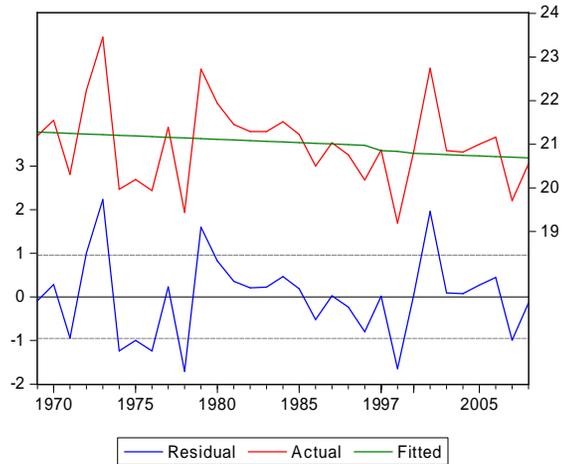
AGOSTO



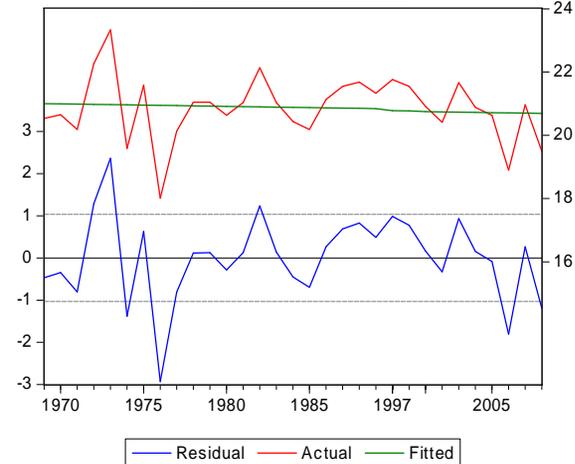
SEPTIEMBRE



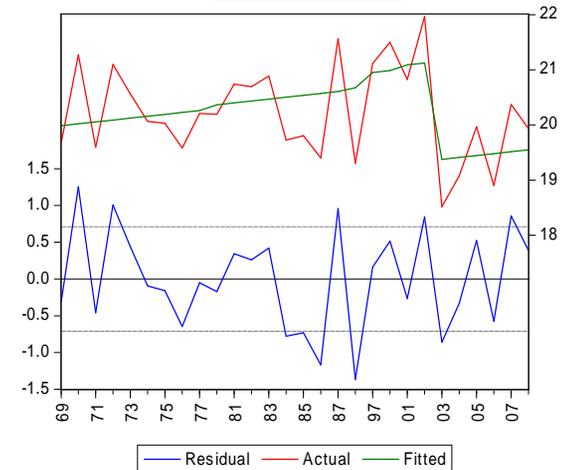
OCTUBRE



NOVIEMBRE

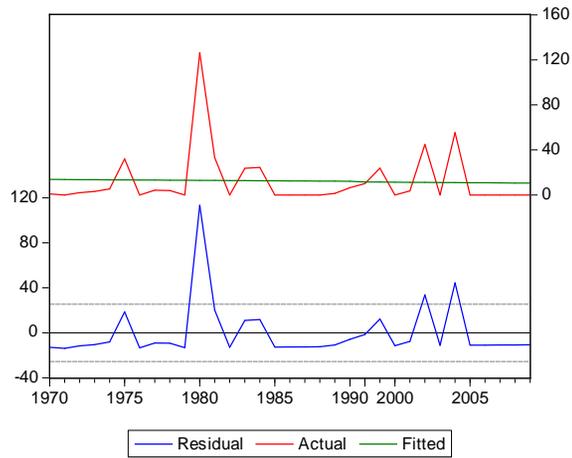


DICIEMBRE

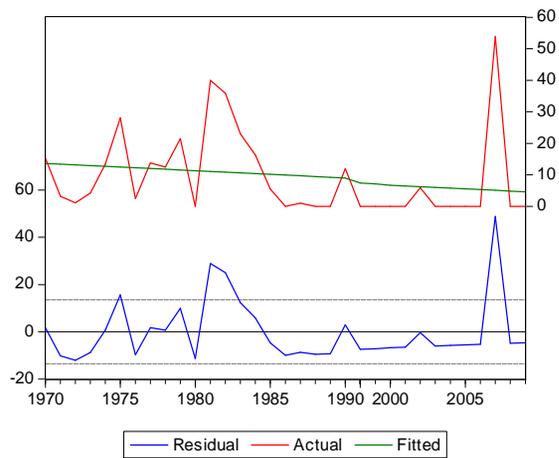


Anexo. 2 Gráficas mensuales de tendencia en cantidad total de lluvia, primeros seis meses del año

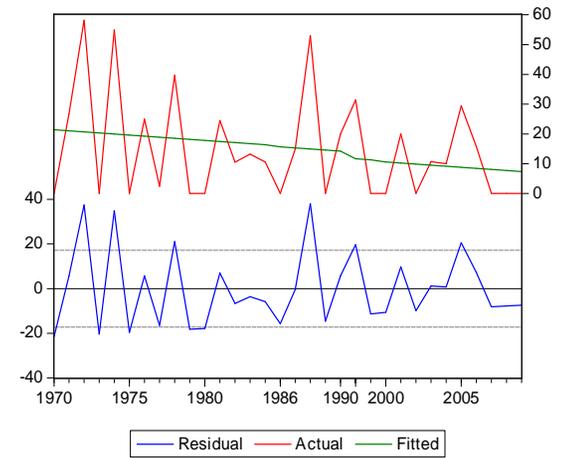
ENERO



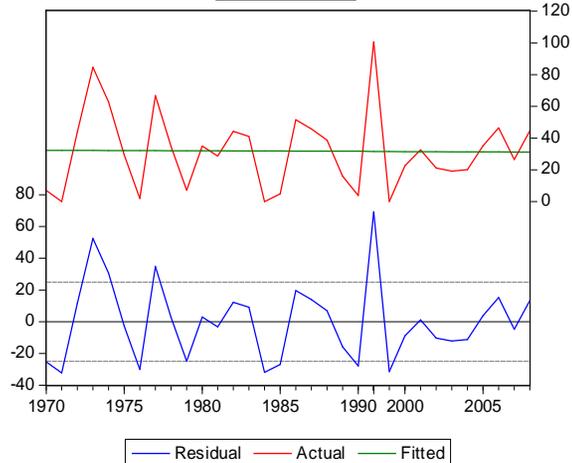
FEBRERO



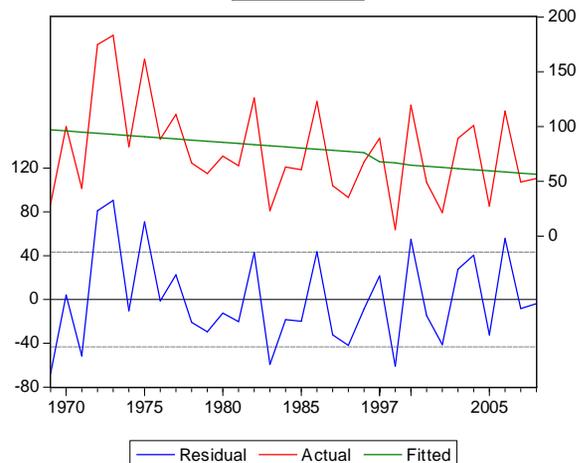
MARZO



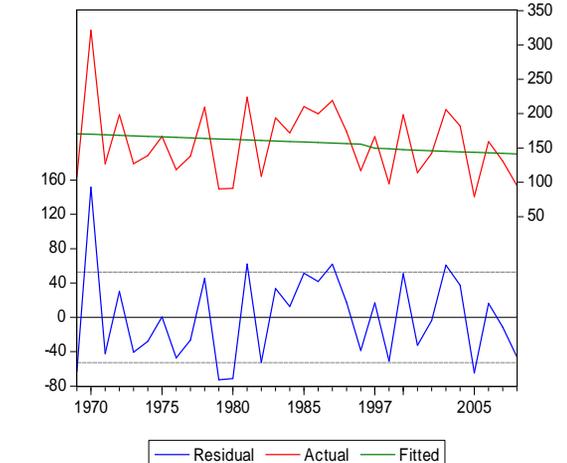
ABRIL



MAYO

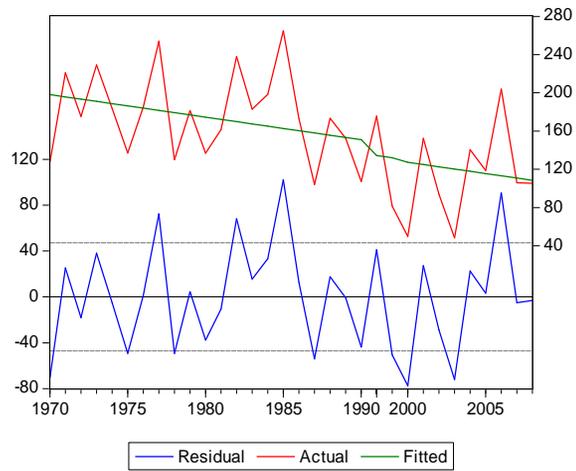


JUNIO

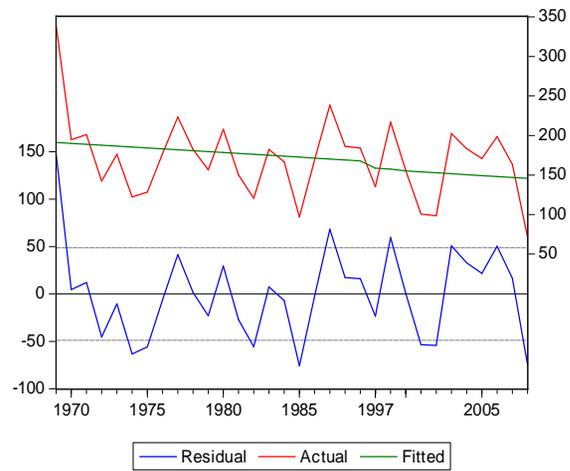


Anexo. 2 Gráficas mensuales de tendencia en cantidad total de lluvia, últimos seis meses del año

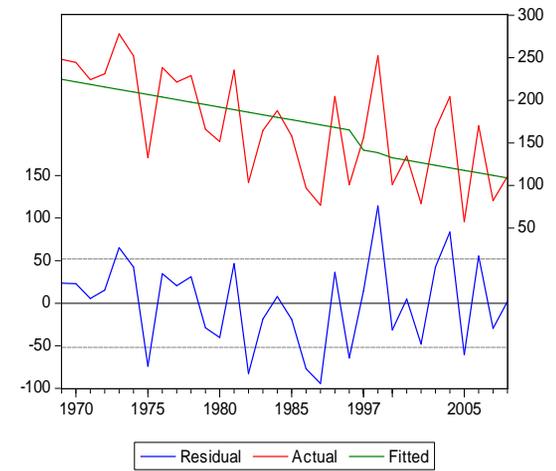
JULIO



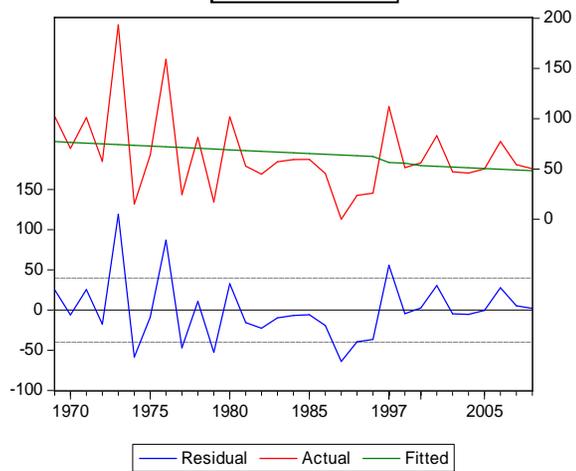
AGOSTO



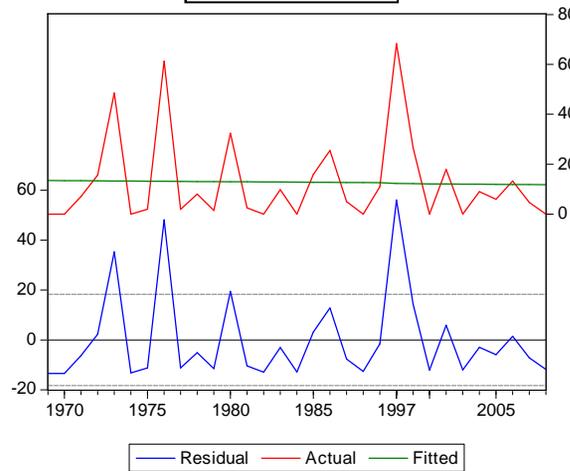
SEPTIEMBRE



OCTUBRE



NOVIEMBRE



DICIEMBRE

