

**ESTRUCTURA ECOMORFOLÓGICA EN ENSAMBLAJES DE ROEDORES
NEOTROPICALES EN LOS MUNICIPIOS DE NECOCLI Y TURBO, ANTIOQUIA**

Edwin Osorio Restrepo

Asesor:

Sergio Solari, Ph.D.

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
MEDELLÍN-COLOMBIA**

2012

TABLA DE CONTENIDOS

Agradecimientos	6
Resumen	7
1. Introducción	8
2. Formulación del problema	11
3. Objetivos	13
4.1 Objetivo general	13
4.2 Objetivos específicos	14
4. Justificación	14
5. Metodología	17
5.1 Región de Estudio: Bosque secos del Caribe	17
5.2 Ubicación de las áreas de muestreo	18
5.3 Materiales y métodos	20
5.3.1 Muestreo	20
5.3.2 Estructura del hábitat	22
5.3.3 Registro e identificación	25
5.3.4 Preparación de los especímenes	26
5.4 Análisis morfológicos y morfométricos	27
5.5 Análisis Estadístico	28
6. Resultados	30
6.1 Esfuerzo de muestreo en las localidades de estudio	30
6.1.1 Alto de Mulatos, Turbo	31
6.1.2 Vereda las Changas, Necoclí	32

6.2 Composición de especies	33
6.2.1 <i>Heteromys anomalus</i>	34
6.2.2 <i>Transandinomys talamancae</i>	35
6.2.3 <i>Zygodontomys brevicauda</i>	35
6.2.4 <i>Proechimys semispinosus</i>	37
6.3 Variables ecológicas asociadas a las especies	41
6.4 Análisis morfométrico de las especies	44
7. Análisis de Resultados	48
7.1 Análisis de Componentes Principales (ACP)	48
7.2 Análisis estadístico	53
7.3 Análisis morfométrico	54
8. Discusión	57
9. Conclusiones	58
10. Literatura Citada	59

LISTA DE FIGURAS

Figura .1. Golfo de Úraba. Turbo al Noroccidente del departamento de Antioquia a orillas del mar Caribe y Necocli en el extremo norte del departamento	19
Figura 2. Fragmento de bosque en Vereda Las Changas, Necoclí.....	21
Figura 3. Borde en fragmento de bosque en el Alto de Mulatos, Turbo.....	21
Figura 4. Trampa Tomahawk ubicada en fragmento de bosque, Vereda Las Changas, Necocli.....	23
Figura 5. Trampa Sherman ubicada en claro de bosque en Alto de Mulatos, Turbo....	24
Figura 6. Diagrama mostrando las principales medidas craneales y dentales usadas en este estudio. Tomado de Patton y Rogers (1983).....	28
Figuras 7. Vista dorsal, ventral y lateral de: <i>Z. brevicauda</i> ; <i>P. semispinosus</i>	39
Figura 8. Vista dorsal, ventral y lateral de: <i>H. anomalus</i> ; <i>T. talamancae</i>	40
Figura 9. Distribución espacial de las especies con respecto a los Componentes Principales 1 y 2 en el análisis de variabilidad morfométrica.....	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valor promedio de las variables del microhabitat (acrónimos definidos en el texto) en las especies de roedores.....	41
Tabla 2. Datos de presencia y abundancia en las dos localidades y las zonas muestreadas (FB= fragmento de bosque; ZT= zonas transición; T= Turbo; N= Necoclí).....	42
Tabla 3. Éxito de captura expresado en porcentajes para las diferentes especies de roedores (FB= fragmento de bosque; ZT= zonas transición; T= Turbo; N= Necoclí).....	44
Tabla 4. Promedios de medidas corporales y peso en ambos sexos de las especies analizadas.....	45
Tabla 5. Promedios en las medidas craneales (acrónimos definidos en el texto) diferenciado por sexo y separados por especie.....	47
Tabla 6. Porcentajes sobre el aporte de la variación espacial de los componentes principales.....	49
Tabla 7. Porcentaje de varianza total explicada y coeficientes estandarizados de los primeros tres autovectores de 13 caracteres craneales.....	50

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradecerle a mis padres por ser ese apoyo y amor familiar que me impulsaron desde el nacimiento de la idea de estudiar biología y a que cada día me sintiera motivado y no bajara la guardia para poder culminar mis estudios de pregrado.

Al profesor Sergio Solari por su incondicional y vasta paciencia en la asesoría de la elaboración de mi trabajo de grado, además por estar siempre presente en los momentos de dudas y dificultades que se presentaron en la realización de mi trabajo tanto la fase de campo como la de trabajo escrito.

A mis compañeros de salidas gracias a su colaboración y empeño pude realizar mi fase de campo, además de su grata compañía en especial a Daisy Gómez, Laura Vargas, Diego Arias y Blanca Arbeláez, además a Juan Manuel Martínez y Jorge Emiro Restrepo Carvajal por ser esos amigos y compañeros con los que he podido contar desde el comienzo de mi carrera y a mis compañeros del laboratorio de Mastozoología y la Colección Teriologica de la Universidad de Antioquia la cual fue base principal para la realización investigativa de mi trabajo y lugar donde puedo encontrar amistades que ayudan al proceso de aprendizaje como persona y profesional.

Al profesor Juan David Rodas y Andrés Londoño encargados del proyecto "Estudio ecológico de endemicidad por *Rickettsia* en Colombia" del grupo Centauros en la SIU, inmensa gratitud por brindarme la oportunidad de trabajar con ellos en la fase de campo y por la colaboración en la financiación de mi trabajo de grado. También a toda la comunidad del Alto de Mulatos en turbo y Vereda las Changas en Necoclí por su hospitalidad.

RESUMEN

Las variaciones morfológicas y morfométricas de los roedores neotropicales del bosque seco tropical en Necoclí y Turbo, Caribe Colombiano, fueron estudiadas para las especies *Zygodontomys brevicauda*, *Proechimys semispinosus*, *Heteromys anomalus* y *Transandinomys talamancae*, en fragmentos de bosque y cultivos asociados a zonas de transición, utilizando las medidas craneales en un análisis de componentes principales (ACP) para ilustrar la variabilidad morfométrica que puede estar implícita en las diferentes especies de roedores capturados; como parte cualitativa la comparación de medidas morfológicas tomadas en los sitios de capturas previo a la preparación de los especímenes, para examinar las posibles diferencias resaltantes entre las mismas especies de localidades diferentes, adjunto a la investigación los resultados sobre los datos de factores microclimáticos tomados en las zonas de muestreo y captura, realizando una aproximación a la idea de preferencia de hábitat debido a la presencia de roedores.

El análisis de 14 variables craneo dentales mostró que la distribución de los individuos en el Primer componente (CP1) indicaba que el tamaño de las especies *Z.brevicauda* y *T. talamancae* en general, era similar. El CP1 explicó el 77,43% del total de la variación de la muestra, y el CP2 y CP3 explicaron el 14.29% y 2.74% de la varianza, respectivamente. La captura de roedores *P. semispinosus* se apoyó en los datos sobre preferencia de hábitat relacionado a las características microclimáticas del fragmento de bosque, mientras que *Z. brevicauda* fue capturado en hábitat relacionados a zonas de transición y cultivos; los resultados podrían servir como apoyo ayudando a determinar la preferencia de hábitat basados en composición de hábitat y factores microclimáticos de las zonas muestreadas.

Palabras Clave: Análisis Componentes Principales, Roedores Neotropicales, Fragmento de Bosque, Datos Microclimáticos.

1. INTRODUCCION

Una de las metas principales de los estudios ecológicos en los trópicos ha sido evaluar la riqueza de especies, su densidad y biomasa en los bosques tropicales en diferentes áreas geográficas (Eisenberg, 1980; Eisenberg y Thorington, 1973; Emmons, 1984; Glanz, 1982; Janson y Emmons, 1990; Malcolm, 1988, 1990; Robinson y Redford, 1986). Desgraciadamente, con notables excepciones, las alteraciones en los ecosistemas, métodos de campo inadecuados y muestreos sin continuidad en el tiempo han dificultado determinar la real composición de estos ensamblajes (Adler, 1994; Ceballos, 1995), tanto en términos de especies como de los nichos ecológicos que ellos ocupan, para establecer similitudes y diferencias respecto a la organización de ensamblajes con similares condiciones ecológicas en distintas localidades.

Dentro del noroccidente de Sudamérica, incluyendo el Urabá Antioqueño (municipios de Necoclí y Turbo), varias especies de roedores representando distintos linajes evolutivos (familias Heteromyidae, Cricetidae, Echimyidae), y gremios tróficos coexisten en los bosques secos y semiáridos (Adler et al., 1997; Eisenberg, 1989). Se sabe que ecosistemas similares suelen favorecer la evolución de organismos similares (Glanz & Meserve, 1982); por ello, algunos aspectos de los ensamblajes en sitios similares sugieren convergencia en ecología y morfología de las especies presentes, resultando en diferencias que podrían expresarse a varios niveles (ver Patterson, 1999). Por ejemplo, la riqueza de especies podría variar como una expresión de una localidad con mayor oferta de recursos, y esto podría afectar igualmente la abundancia (densidad) de cada especie. Igualmente, la variación morfológica podría ser otro indicador de distintas condiciones ecológicas. Por lo tanto, la

constitución y masa corporal (expresadas en términos de morfología y medidas anatómicas) pueden fluctuar entre poblaciones aisladas y probablemente resultan del seguimiento de los recursos locales que se distribuyen de manera diferencial entre los parches de hábitat favorable (Adler, 1994).

Las grandes modificaciones realizadas sobre el mosaico ambiental en el Urabá Antioqueño (principalmente en las zonas de Necoclí y Turbo), además del diagnóstico definitivo de enfermedades emergentes por Hantavirus, Arenavirus y *Leptospira*, así como *Rickettsia* (Rodas, 2010), brindan el soporte investigativo del presente estudio. Por ejemplo, se desconoce muchos aspectos básicos sobre la distribución de las especies de pequeños mamíferos (marsupiales y roedores) y la incidencia que tienen ellas como potenciales reservorios sobre las poblaciones humanas; además, estas grandes modificaciones sobre las características ambientales pueden afectar de distinta manera la presencia y abundancia de estas especies de roedores (p.e., especies silvestres vs. domésticas exóticas). Finalmente, la simple coexistencia de estas especies en zonas de gran disturbancia plantea la pregunta de cómo especializaciones en recursos alimenticios pueden definir aspectos ecomorfológicos diferenciales a nivel craneal y dental (ver Pizzimenti & De Salle, 1980) entre las especies presentes en esta zona.

Competencia interespecífica ocurre cuando las interacciones entre dos o más poblaciones de distintas especies afectan negativamente el crecimiento, supervivencia, la adecuación o el tamaño poblacional de ellas, bajo un esquema de un recurso común de disponibilidad limitada (Arias, 2008; Gannon & Racz, 2006). La evidencia indirecta para entender el rol de la competencia ha sido usualmente provista por la ecomorfología (Dayan et al., 1989;

Swartz et al., 2003). La ecomorfología asume que las diferencias morfológicas entre especies son útiles para sacar inferencias sobre la partición de recursos, o diferencias significativas en dieta o en el uso espacial y temporal del hábitat (Ross, 1986). Por tanto, algún nivel de partición de recursos debe ser evidenciado en ensamblajes estructurados por interacciones competitivas para asegurar la coexistencia de las especies (Swartz et al., 2003).

Comparados a atributos ecológicos como hábitos alimenticios, selección de hábitat o afinidades de refugios, los caracteres morfológicos son generalmente sencillos de estimar, altamente replicables, son independientes de la estructura del hábitat, y se correlacionan bien con el uso de recursos (Freeman, 1998; Stevens & Willig, 1999). Sin embargo, una cuidadosa selección de características morfológicas es necesaria para hacer inferencias confiables sobre las correspondientes características ecológicas. Hutchinson (1959) sugirió el uso de elementos del aparato alimenticio (como el pico, en aves), considerándolos directamente relacionados a la ecología alimenticia. La relación entre la morfología y la explotación ecológica de ciertos recursos ha sido probada en muchos estudios usando medidas de estructuras tróficas, peso, o tamaño corporal del consumidor como un indicador morfológico del uso de alimentos a distintos niveles (Brown et al., 1979; Dayan et al., 1989; Freeman, 1981; Pizzimenti & De Salle, 1980; Swartz et al., 2003). El significado ecológico de los caracteres craneales y dentales puede ser usado para inferir diferencias respecto al uso de recursos entre pequeños mamíferos, como roedores.

El usual aprovechamiento morfométrico para taxonomía específica e intra-específica de pequeños mamíferos puede ser empleada con éxito para identificar cómo las especies

ocupan el espacio morfométrico determinado por la variación en medidas del cráneo y dentición (Pizzimenti & De Salle, 1980), y asociarlo con la variación en sus preferencias de micro-hábitat, determinado por el análisis de datos asociados a cada estación de trampeo (Patterson en at., 1990), durante el desarrollo de una investigación acerca de infecciones naturales en los municipios de Necoclí y Turbo (Golfo de Urabá).

Considerando el diseño de muestreo en dos distintas localidades, nos interesa conocer los patrones de variación morfométrica dentro de y entre poblaciones de roedores de las familias Heteromyidae, Cricetidae y Echimyidae en dichos hábitats. Igualmente, se evaluarán los patrones de variación y su relación al uso de recursos alimenticios y como determinan los posibles espacios del nicho trófico dentro de cada ensamblaje y como puede ser posible relacionar estos espacios con el uso específico de los micro-hábitat disponibles en los municipios de Necoclí y Turbo.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El reemplazo de miles de hectáreas de coberturas vegetales nativas por sistemas de producción ha originado un mosaico donde ya no priman los procesos ecológicos para el mantenimiento de diversidad, sino los procesos culturales. Estos paisajes rurales son una porción de superficie terrestre relativamente homogénea donde la matriz constituye un tipo particular de sistema productivo con características socioeconómicas y biológicas propias (Mendoza et al., 2006). El hecho de alterar el ambiente natural hacia cultivos homogéneos, compromete la ecología y distribución de las especies de roedores allí presentes, por lo que se trata de determinar cómo las especies responden a estos cambios adaptando sus

necesidades (morfología óptima para máximo aprovechamiento de una cierta porción de los recursos presentes) a las nuevas características ecológicas, así como fluctuando sus densidades con respecto a estos cambios.

Factores ecológicos, económicos y sociales, tales como el efecto invernadero, la tala indiscriminada de bosques, los cambios en la explotación de los recursos naturales (bosques), la creación y explotación de monocultivos, la explosión demográfica, y otras formas de acción del hombre sobre el medio ambiente ha incrementado la interacción de las poblaciones humanas con los roedores urbanos y silvestres de la región del Urabá Antioqueño, dando lugar a una alteración en la ecología y distribución de los roedores, generando variaciones morfológicas sobre sus poblaciones (Montgomery & Montgomery, 2009), y potencialmente alterando, a largo plazo, sus características ecomorfológicas (Adler et al., 1997), e incluso el desarrollo de zoonosis (Rodas, 2010). Por ello, se genera la necesidad de implementar métodos para conceptualizar, determinar y diferenciar estas características ecomorfológicas en las especies y como podrían estar fluctuando entre las poblaciones de roedores.

En la zona del Urabá Antioqueño se esperaría la presencia de especies de roedores silvestres tales como la familia Heteromyidae (género *Heteromys*); la familia Cricetidae, incluyendo la subfamilia Sigmodontinae, con las tribus Sigmodontini (*Sigmodon*), Oryzomyini (*Zygodontomys*, *Handleyomys*, *Oryzomys*, *Oligoryzomys*, *Transandinomys*), Neotomyini (*Reithrodontomys*), y la familia Echimyidae (*Proechimys*), los cuales son de amplia distribución en el noroccidente de Colombia (Eisenberg, 1989). Pero, en las poblaciones costeras Antioqueñas, también se encuentran especies exóticas (“domésticas”)

de la familia Muridae, incluyendo a *Mus musculus*, *Rattus rattus*, y posiblemente *R. norvegicus*. El potencial de coexistencia de estas especies estaría dada por el grado de perturbación del hábitat nativo (bosque seco tropical), pero sobre todo por la capacidad de respuesta de las especies a estos cambios, posiblemente asociada a sus hábitos alimenticios (ver Eisenberg, 1989) y sus patrones ecomorfológicos asociados (ver Arias, 2008).

Estas alteraciones ambientales (incluyendo la deforestación para siembra de cultivos) pueden generar una variación de la distribución, ecología y densidades entre los distintos grupos de roedores presentes en el bosque seco tropical del norte de Antioquia (Urabá), pero también respecto a sus patrones ecomorfológicos y morfométricos entre y dentro de fragmentos de bosque y zonas de cultivo. Por tanto, mediante estudios de variación morfométrica a nivel craneal y dental se espera evidenciar este patrón de variación morfológica en relación a la distribución por hábitats, entre las diferentes poblaciones de roedores.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar la existencia y grado de variación morfométrica entre poblaciones de roedores en zonas de cultivos y fragmentos de bosque en los Municipios de Turbo y Necoclí, como evidencia de alteraciones de patrones naturales debido a la degradación de sus hábitats naturales.

3.2 Objetivos Específicos

Determinar la presencia y abundancia de roedores de las familias Heteromyidae, Cricetidae, y Echimyidae con respecto al uso de recursos alimenticios y nicho trófico dentro de cada ensamblaje entre diferentes tipos de hábitats (cultivos y fragmentos de bosques).

Analizar los posibles efectos que produce el cambio ambiental (fragmentos de bosque, cultivos, potreros, áreas perturbadas) sobre la morfología y morfometría de roedores de las familias Heteromyidae, Cricetidae, y Echimyidae entre zonas de cultivos y fragmentos de bosque.

4. JUSTIFICACIÓN

Actualmente el cambio inducido por las actividades humanas en los ecosistemas, como la agricultura, ocurre a una velocidad muy alta, principalmente en países como Colombia, donde el cultivo de productos sustenta a gran parte de sus habitantes. Sin embargo, no se tiene en cuenta que dicho cambio resulta en la simplificación de los hábitats, lo que a su vez, disminuye o transforma los servicios ambientales que estos ecosistemas prestaban en su estado natural (Gascon & Lovejoy, 1998; Guhl, 2004). Puesto que las características de la matriz del paisaje pueden controlar la capacidad de los organismos del bosque para moverse entre los fragmentos (Guhl, 2004; Renjifo, 2001), la agricultura tiene efectos significativos sobre la sobrevivencia y dinámica de su biota. A medida que estos hábitats se fragmentan, aumenta la importancia de entender los efectos que se producen sobre la fauna

asociada y cuál es su papel en la prestación de servicios ecológicos para los pobladores de estas zonas (Numa, 2002).

Las poblaciones de roedores se ven sometidas continuamente a presiones ejercidas por la fragmentación del hábitat, llevando a las especies que habitan dicho territorio a alterar sus patrones y conductas de actividad espacial, para poder sobrevivir y acomodar sus necesidades ecológicas a las impuestas por la alteración sobre el ecosistema (Adler & Beatty, 1997). Para estudiar las diversas interacciones de los organismos con su ambiente y sus dinámicas es necesario conocer los procesos poblacionales, abundancias, nacimientos, muertes y movimientos de los individuos (Montgomery & Montgomery, 1990; Ricklefs, 1990), y caracterizar los procesos locales que los afectan.

La determinación de la variación intra-poblacional se puede llevar a cabo por medio del análisis de caracteres morfológicos (ver Voss, 1991), los cuales ayudan a estandarizar parámetros que permitan elaborar modelos ecológicos para analizar su distribución y complejidad dentro de un ambiente determinado y como son las fluctuaciones de esta población con respecto a cambios del hábitat inducidos por actividad humana. Igualmente, por medio del uso de variables morfométricas (ver Pizzimenti & De Salle, 1980) sería posible establecer si la presión ambiental ejercida sobre las poblaciones ha llevado a que se presenten cambios tan significantes como para poder definir que son poblaciones diferentes y aisladas por barreras ambientales.

5. METODOLOGÍA

5.1 Región de Estudio: Bosques Secos del Caribe

De manera genérica, el bosque seco tropical es una formación vegetal compuesta por árboles, arbustos, plantas trepadoras, epífitas y hierbas, que se desarrolla en regiones tropicales de piso cálido, donde anualmente las lluvias se concentran en uno o dos períodos cortos —mayo a junio y octubre a noviembre—, mientras que durante el resto del año prevalecen condiciones de sequía. La característica más sobresaliente de estos bosques es que la mayor parte de su vegetación arbórea pierde el follaje durante una parte del año, a raíz de lo cual cambia radicalmente la apariencia del paisaje. Es precisamente a ese rasgo, la pérdida estacional del follaje, al que hace alusión el nombre mediante el cual los científicos identifican este tipo de formación vegetal: bosque tropical caducifolio o bosque tropical de hojas caducas. Otros autores prefieren utilizar un anglicismo y lo denominan bosque tropical deciduo —o caducifolio— o estacionalmente deciduo, y la UNESCO lo clasifica dentro del sistema de vegetación mundial como bosque deciduo por la sequía de baja altitud.

A diferencia de lo que ocurre en las latitudes extra-tropicales, el clima en estas zonas bajas del trópico se caracteriza por la ausencia de estaciones térmicas y por una temperatura que nunca llega a niveles extremos —45 °C a -5 °C— para la supervivencia de la vegetación. En cambio, la distribución de las lluvias a lo largo del año puede ser muy irregular, por lo que la falta de agua es un factor crítico en épocas de precipitaciones muy escasas. Por ello, una manera más precisa para designar los bosques secos tropicales es mediante los atributos climáticos de la región donde se desarrollan. Los distintos macroclimas del mundo se han

clasificado en nueve tipos o zonas climáticas —zonobiotomas— y el conocido como zonobioma tropical alternohéctrico o tropical con lluvias de verano, lo que alude a la marcada estacionalidad de las lluvias, corresponde a los bosques secos tropicales; este macroclima tiende a distribuirse en los continentes en dos bandas irregulares horizontales a lado y lado de la franja ecuatorial.

Otros sistemas de nomenclatura que se basan en las condiciones climáticas, se refieren a este tipo de bosques como bosques higrotropofíticos isomegatérmicos, o bosques que se desarrollan en zonas de temperatura elevada y constante, sujetos a cambios drásticos por disponibilidad de agua, o también como selva tropical tropófila, vegetación sujeta a cambios bruscos de tipo estacional. Hay sistemas que combinan los atributos del ambiente con la apariencia del bosque y lo denominan bosque tropical deciduo mesofítico, con disponibilidad intermedia de agua y alta proporción de especies siempreverdes.

A pesar de que el término bosque seco tropical puede resultar en cierto modo vago, como tal fue definido por el ecólogo norteamericano L. R. Holdridge (1967) en su sistema global de clasificación de «zonas de vida». Dicho sistema se fundamenta en los valores promedios anuales del calor —biotemperatura—, la precipitación total anual y la humedad, esta última expresada en términos de la evapotranspiración potencial, que es la cantidad teórica de agua cedida a la atmósfera por la cobertura vegetal de un determinado lugar y que se determina al multiplicar la temperatura promedio anual de un lugar, por una constante cuyo valor es de 58,93; al dividir la cifra que resulta de esta operación por el valor de la precipitación promedio anual se obtiene la evapotranspiración. La relación que existe entre la temperatura, la precipitación y la humedad, se traduce, independientemente de los factores

del suelo, en una serie de respuestas fisiológicas y anatómicas similares de las plantas que viven en un mismo lugar, las cuales le imprimen su carácter fisionómico o apariencia general a la «zona de vida» que corresponde a las condiciones de temperatura, lluvia y humedad características de ese lugar.

De esta manera, en el diagrama de las zonas de vida (Holdridge, 1967) el bosque seco tropical ocupa un ámbito enmarcado por promedios de temperatura superiores a 24 °C, precipitación total anual entre 800 y 2.000 mm y relaciones de evapotranspiración potencial entre 0,8 y 2,0. En los trópicos, las temperaturas promedio superiores a 24 °C se presentan en el piso térmico cálido, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1.000 m de altitud, que es la zona donde se distribuyen los verdaderos bosques secos tropicales.

5.2 Ubicación de las áreas de muestreo

Los municipios de Necoclí y Turbo se encuentran ubicados en el noroccidente del departamento de Antioquia, a orillas del mar Caribe, en la margen oriental del Golfo de Urabá, al extremo de la Serranía del Abibe (Ver Mapa1.) Mientras Necoclí está localizado en el extremo norte del departamento, constituyendo parte de la costa Caribe, Turbo bordea la mayor parte del Golfo de Urabá.

Las áreas de muestreo del estudio se encuentran en la zona rural de los corregimientos Las Chingas, Necoclí, y Alto Mulatos, Turbo, e incluyen fragmentos de bosque seco tropical (primario y secundario), zonas de cultivo (principalmente arroz, pero también algunas hortalizas), y potreros que se generan irregularmente según las necesidades de incrementar

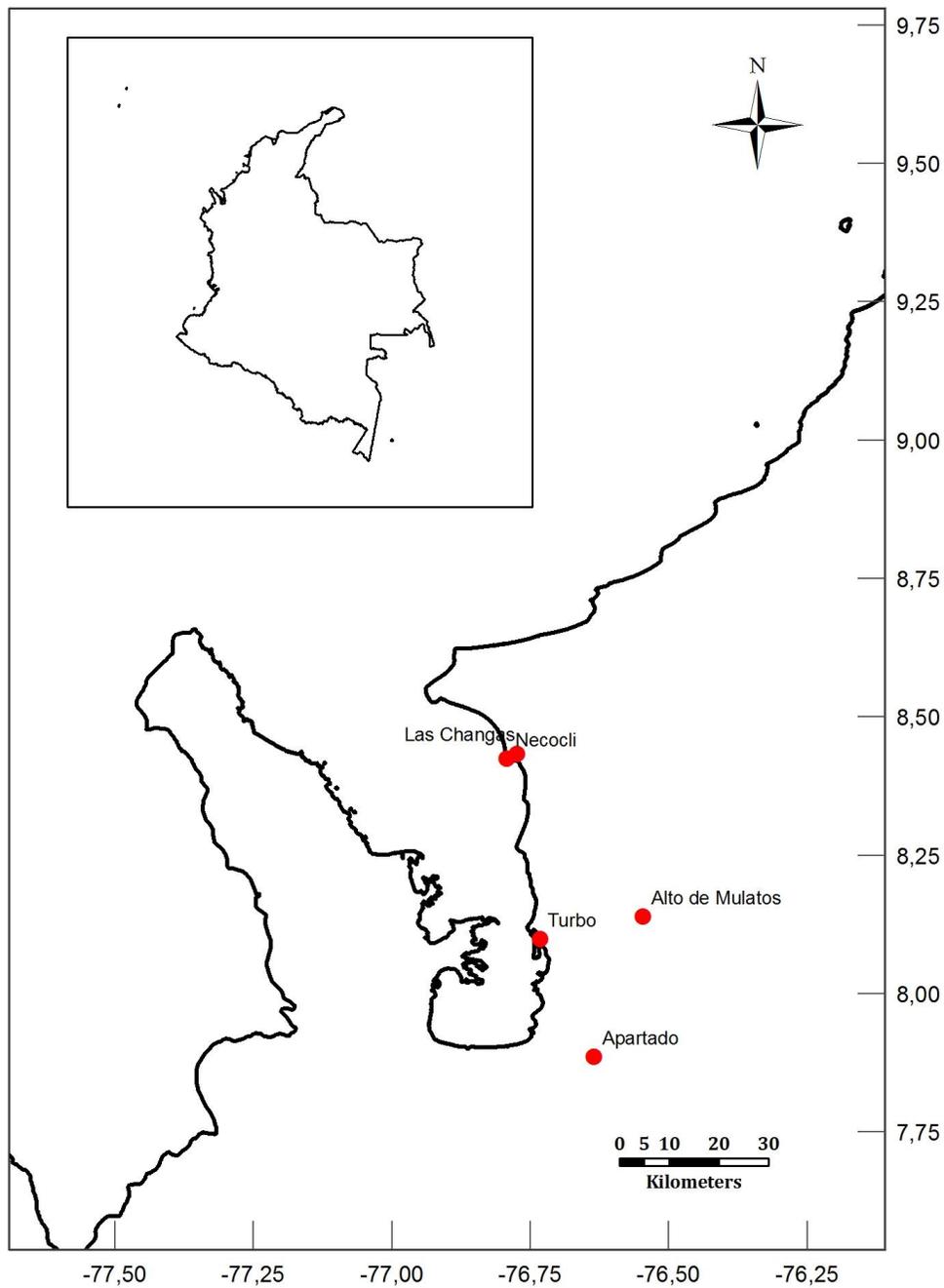


Figura .1. Golfo de Úraba. Turbo al Noroccidente del departamento de Antioquia a orillas del mar Caribe y Necocli en el extremo norte del departamento.

áreas de cultivo o construcción de viviendas. En general, la apariencia es de un mosaico semi-árido, con pequeños parches de bosque dispersos entre las zonas abiertas, y alto impacto por actividad humana.

5.3 Materiales y métodos

5.3.1 Muestreo

Con el apoyo del grupo de investigación Centauro, vinculado al Sistema de Investigación Universitaria (SIU), se determinó el muestreo de roedores silvestres y de aquellos cercanos a zonas domesticas en la zonas rurales de los corregimientos Las Changas, Necoclí, y Alto Mulatos, Turbo, e incluyendo fragmentos de bosque seco tropical (primario y secundario) y zonas de cultivo. El material colectado fue procesado bajo las metodologías propuestas y avaladas por el Comité de Ética de la U. de Antioquia (experimentación con animales) otorgado al grupo de investigación Centauro para desarrollar el proyecto “Estudio ecológico de endemicidad por *Rickettsia* en Colombia” (J.D. Rodas & A.F. Londoño), el cual permite el desarrollo de este anteproyecto como una de las bases mastozoológicas de dicha investigación, para poder aprovechar la información biológica que se genera a partir de los especímenes colectados para dicho estudio.

El muestreo de roedores se llevó a cabo en zonas de alteración humana como son los cultivos homogéneos y parches de bosque primario y secundario (Fig. 2,3) por cinco días consecutivos por mes, durante doce meses consecutivos (julio a diciembre del 2010 y enero a julio del 2011). En la fase de campo, durante el día se realizó la búsqueda de cultivos donde se presentara perturbación a causa de roedores y parches de bosque óptimos para la presencia de roedores silvestres (ver Barnett y Dutton 1995). En los cultivos homogéneos

las trampas se distribuyeron en intervalos de 5 metros de distancia en un tramo establecido, mientras que en los parches de bosque se ubicaron las trampas de manera aleatoria y teniendo en cuenta las condiciones micro-ambientales optimas para la captura de roedores.



Figura 2. Fragmento de bosque en Vereda Las Changas, Necocli.

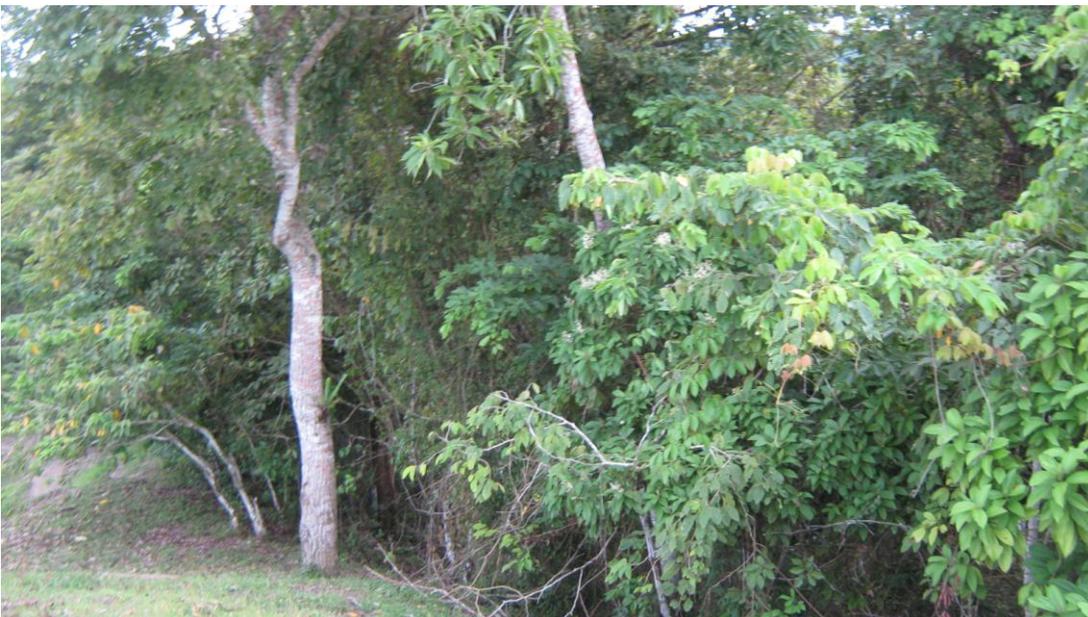


Figura 3. Borde en fragmento de bosque en el Alto de Mulatos, Turbo.

Se emplearon trampas de captura viva (Sherman y Tomahawk) para pequeños mamíferos (Fig. 3,4); la principal diferencia entre estas trampas es el tamaño, y por ello, usadas en combinación permiten la captura de mamíferos pequeños y medianos. Las trampas fueron ubicadas por tramos en los diferentes cultivos o parches de bosque primario y secundario, siendo revisadas y re-cebadas en horas de la mañana cada día y reemplazadas inmediatamente si se presenta alguna captura. Todos los roedores capturados fueron procesados inmediatamente para la posterior colecta de datos, sangre, tejidos y cráneos por parte de los investigadores.

5.3.2 Estructura del hábitat

Las diferencias estructurales entre bosques tienen una implicación importante para los pequeños mamíferos y la organización de las comunidades de mamíferos pueden reflejar la estructura de los bosques en el cual las comunidades existen (August, 1983; Malcom, 1995). Para la selección de los sitios de muestreo se tuvo en cuenta los datos microclimáticos del lugar en cual era puesta la trampa, teniendo en cuenta en los fragmentos de bosque la cobertura y altura del dosel, cobertura del suelo, de plantas no leñosas y el estrato arbustivo; en los cultivos se tomaron los mismos datos solo que por ser una zona más homogénea solo se obtuvieron datos con valores significativos aquellos que corresponden a la cobertura de plantas no leñosas.

Las variables de microhábitat consideradas para este estudio fueron: cobertura del dosel (%) (CD), altura máxima del dosel (m)(AMD), altura del árbol más alto (m)(AAA), número de árboles $d_{ap} > 0-20\text{cm}$ (circunferencia 90cm)(NADAP), cobertura del estrato arbustivo

(%)(CEA), grado de conectividad de hojas y ramas(GCHR), número de troncos caídos $dap > 0-20\text{cm}$ (NTC), profundidad hojarasca (cm)(PH), cobertura del suelo (%)(CS), cobertura por agua (%)(CA), cobertura por rocas (%)(CR), cobertura por no leñosas (%)(CNL), cobertura por arbustos (%)(CAR), número de tocones $< 1\text{m}$ (NT); todas estas se calcularon en un radio de 1 m alrededor de la estación (trampa). Todos los valores fueron estandarizados a rangos de 20 unidades como determinantes de las variables y poder hacer una aproximación porcentual sobre cuáles características presentes en las zonas donde se capturaron roedores.



Figura 4. Trampa Tomahawk ubicada en fragmento de bosque, Vereda Las Changas, Necocli.



Figura 5. Trampa Sherman ubicada en claro de bosque en Alto de Mulatos, Turbo.

Los bosques secos tropicales que presentan estaciones seca y húmeda, tienen una estatura más pequeña y menor área basal que los bosques húmedos tropicales (Murphy y Lugo, 1986). Los procesos ecológicos son fuertemente estacionales y la productividad primaria neta es menor que en las selvas tropicales ya que el crecimiento sólo se produce durante la estación lluviosa. Hay una acumulación de hojarasca durante el la estación seca, por lo que la luz solar penetra en el suelo del bosque y la descomposición cesa por la baja humedad relativa. La floración y la fenología de fructificación son fuertemente estacionales, por lo que muchas especies florísticas están sincronizadas con la transición entre las estaciones secas y húmedas. Los bosques secos tropicales estacionales se producen en suelos fértiles con un moderado a alto pH y estado de los nutrientes y bajos niveles de aluminio. Estos suelos son favorables para la agricultura (Ratero et al., 1978), que ha dado como resultado

una enorme destrucción de estos bosques en muchas áreas (por ejemplo, menos del 2% de los bosques secos de la costa del Pacífico de Mesoamérica están aun intactos, Janzen, 1988), un problema exacerbado por las grandes poblaciones humanas que viven en zonas de bosques secos neotropicales (Murphy y Lugo, 1995).

5.3.3 Registro e identificación

Los roedores capturados probablemente viven en un rango geográfico extenso, que depende del hábitat óptimo tanto como de las barreras limitándolos; sin embargo, los límites de las poblaciones de estudio serán definidas de modo arbitrario. Por conveniencia, las poblaciones para los análisis estuvieron delimitadas por el tipo de ecosistema (parque de bosque vs. matriz de cultivos) donde fueron capturadas. Por medio de fichas de micro-hábitat (Anexo 1) se llevó a cabo la toma de datos de los diferentes sitios en los cuales se ubicaron las trampas, para poder correlacionar estos datos con el éxito de captura y determinar de una manera analítica como las condiciones ambientales pueden estar ligadas (por preferencia) a la presencia de roedores (ver Patterson et al., 1990).

Para la determinación taxonómica de los individuos se tomaron datos básicos en campo, como el peso (en miligramos) y medidas morfométricas básicas (en milímetros) como *Largo Total* (LT), *Largo de la cola* (LC), *Largo de la pata* (LP), *Largo de la oreja* (LO), (Emmons y Feer, 1999). Además, se consideraron proporciones corporales, patrón de coloración (en campo), forma y medidas del cráneo, patrones de cúspides dentales, etc. (en laboratorio).

5.3.4 Preparación de los especímenes

Todos los roedores capturados fueron procesados inmediatamente (anestesiados y sacrificados) en campo. El material colectado se procesó bajo los procedimientos avalados por el Comité de Ética de la U. de Antioquia (experimentación con animales) otorgado al grupo de investigación Centauro para desarrollar el proyecto “Estudio ecológico de endemividad por *Rickettsia* en Colombia”.

Para la colecta de muestras de sangre y tejidos, así como la toma de datos sobre medidas morfológicas externas y craneales, se tuvo en consideración a todos los individuos capturados de los diferentes sitios de muestreo. Todos los especímenes obtenidos durante este estudio particular (2009-2011) fueron depositados en la Colección Teriológica de la Universidad de Antioquia; sin embargo, debe anotarse que algunos especímenes particulares, como aquellos de la subfamilia Murinae (*Mus*, *Rattus*) y unos pocos Cricetidae colectados a inicios del 2009 fueron eliminados (incinerados) por constituir material de alto riesgo biológico. Para la preservación de los especímenes, sea como piel seca y esqueleto o ejemplar completo en alcohol, se usaron los reactivos y técnicas comúnmente empleados en colecciones biológicas (Simmons & Muñoz-Saba, 2005).

Los especímenes capturados se preservaron como pieles, cráneos y carcasas, o ejemplares completos en líquido (fijado en formol al 10% por 10 días y luego preservado en alcohol al 70%), y fueron identificados con un número de colector. Se registraron los datos del lugar de muestreo, tipo de hábitat, la estación y tipo de trampa. Adicionalmente, se tomaron las medidas estándar (longitud total, de la cola, del pie y oreja), el peso y condición reproductiva de cada espécimen colectado. Se preservaron los ejemplares de roedores

silvestres de cada especie analizada y por sitio de colecta para documentar la diversidad, hábitats de colecta y tomando fotografías de las zonas muestreadas. Los especímenes se encuentran depositados en la Colección Teriologica de la Universidad de Antioquia de Medellín, para cualquier referencia o estudio posterior.

5.4 Análisis morfológicos y morfométricos

Las características anatómicas y de nomenclatura del cráneo y dental siguen a Hershkovitz (1948, 1960), Patton (1987), Voss (1991), da Silva (1998), Percequillo (2003), y Weksler (2006), entre otros. Para los caracteres morfológicos discretos las frecuencias de estas variaciones serán indicadas para cada carácter a ser evaluado. Debido a la baja riqueza de especies en estos ambientes (ver Voss, 1991; Weksler, 2006), la identificación de los géneros resultó un procedimiento relativamente sencillo, pero la verificación de las especies requirió el uso de comparaciones con las características morfológicas presentadas en los trabajos antes mencionados. El énfasis, sin embargo, era caracterizar morfométricamente a los individuos presentes en cada hábitat y esto se logró a través de los métodos que se describen a continuación.

Las mediciones craneales fueron tomadas con un calibrador electrónico con aproximación de 0,01 mm y según el caso se utilizó lupa o un microscopio estereoscópico. Siguiendo las especificaciones de Martin (1970), Patton y Rogers (1983), y Patton et al. (2000), se tomaron 19 medidas craneales homólogas para todos los especímenes, incluyendo: máxima longitud del cráneo (MLC/GSL), amplitud cigomática (AC/ZB), longitud palatal A (LOPA/PLA), longitud palatal B (LOPB/PLB), anchura mastoidea (AM/MB), anchura rostral (AR/RB), longitud basal (LB/BaL), profundidad craneal (PC/CD), profundidad

rostral (PR/RD), longitud de la hilera dental maxilar (LHDM/MTRL), longitud nasal (LN/NL), mínima constricción interorbital (MCI/IOC), longitud rostral (LR/RL), anchura maxilar (AM/MaxB), longitud del diastema (LD/D), longitud del foramen incisivo (LFI/IFL), longitud de la bula (LB/BuL), longitud craneal post-palatal (LCPP/PPL), y ancho de la fosa mesopterigoide (AFM/MFW). Estas medidas y la manera de tomarlas en los especímenes se muestra en la Figura 5 (de Patton y Rogers, 1983).

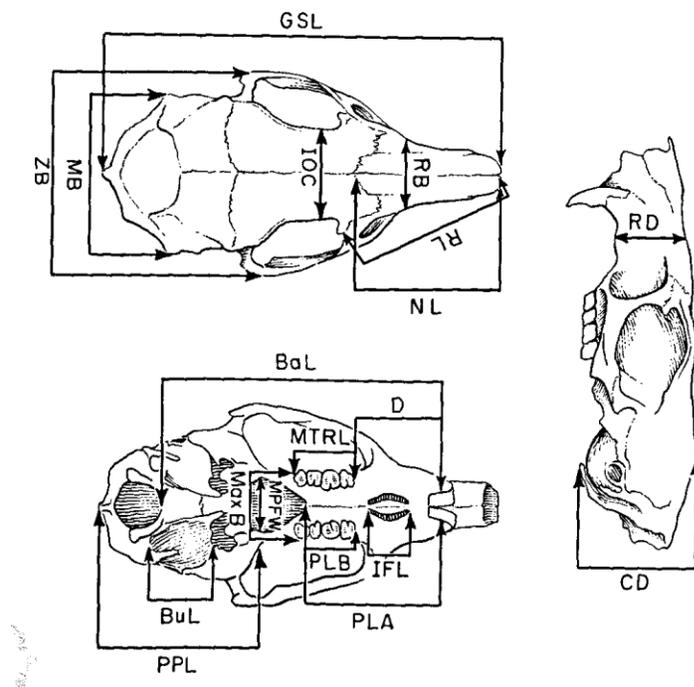


Figura 6. Diagrama mostrando las principales medidas craneales y dentales usadas en este estudio, así como los puntos de referencia para las mismas. Las abreviaturas, en inglés, se indican junto a las abreviaturas en español en el texto. Tomado de Patton y Rogers (1983).

5.5 Análisis estadísticos

Debido a la naturaleza de los datos y de la pregunta de investigación, buscando evaluar respuestas individuales y patrones generales pero no pertenencia a grupos predeterminados

(Quinn y Keough, 2003), se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con el fin de obtener el menor número de combinaciones lineales de estas variables craneo-dentales que podrían explicar el mayor porcentaje de la variabilidad entre los datos, para evaluar la posible separación morfométrica de los individuos en grupos dentro de cada población (distinción entre hembras y machos; ver Patton y Rogers, 1983) o en grupos geográficos. Con este análisis es posible revelar patrones individuales y generales en los datos, especialmente entre especies, que podrían no ser hallados individualmente.

Estadísticos básicos fueron obtenidos para cada variable en cada especie y cada “población” (Necoclí y Turbo, o bosque natural y alterado). Una evaluación preliminar de las variables y los datos fue necesaria para determinar si los datos deben ser transformados (\log_{10}) para reducir sesgos inherentes. Este primer análisis también permitió determinar el tipo de matriz a usar, de correlación o covarianza. Posterior a ello, se obtuvo los coeficientes de los autovalores (eigenvalues) que mejor explican la variación dentro de los datos y que se usaron en la presentación gráfica de los datos. Los resultados de los análisis son expresados en tablas e índices de variación, así como en gráficas XY (‘scatterplot’) para facilitar su comprensión. En adición, las cargas correspondientes a cada variable (correlaciones) respecto a estos componentes permiten determinar cuáles especies responden de manera particular a los componentes y variables asociadas. Todos los análisis se hicieron usando el programa PAST (PAleontological STatistics versión 2.04; Hammer et al., 2001).

6. RESULTADOS

6.1. Esfuerzos de muestreo en las localidades de estudio

El diseño de muestreo se planteo en base a la distribución de transectos en fragmentos de bosque y sobre los bordes de los cultivos, cada transecto con un total de 20 trampas (en bosques se utilizaron Tomahawk y Sherman; mientras en cultivos solo Sherman). Los transectos se diseñaron intercalando ambos tipos de trampas a una distancia aproximada de 5m entre estaciones, por 5 días seguidos en cada zona, para un total de 100 trampas por muestreo mensual. Se colectaron en 2 zonas geográficas diferentes (Alto de Mulatos, en Turbo, y Vereda Las Changas, en Necocli), intercalando la zona de muestreo cada mes hasta lograr seis meses muestreados en cada una. El muestreo en el año 2010-2011 culminó con un total de 60 días de muestreo y un total de 1200 trampas utilizadas en el proyecto. (100 trampas X mes, ósea, 100 trampas X 12 meses).

El transecto era determinado según el tipo de suelo en el que se iba a muestrear, en muchos casos no se pudo mantener una línea sobre este debido a las irregularidades del suelo, pero se trato de mantener la idea de ubicar las trampas sobre lugares donde se pudiera esperar la presencia de roedores debido a la particularidad del suelo y las preferencias de estos. Además que estos lugares cumplieran con algunas características encontradas en la literatura sobre la preferencia de hábitat de los roedores neotropicales.

Las trampas fueron cebadas con una mezcla de avena, mantequilla de maní, vainilla. Las trampas fueron armadas en la mañana del primer día de llegada a las zonas, revisadas en las

primeras horas de la mañana y cebadas nuevamente en la tarde. Debido a la gran extensión del área de estudio y para obtener una mejor representatividad, los transectos fueron establecidos en diferentes tipos de hábitats, moviéndose éstos frecuentemente, favoreciéndose una aproximación extensiva en lugar de una intensiva. Se establecieron en total 20 transectos para la captura de roedores silvestres en cultivos y fragmentos de bosque.

6.1.1. Alto de Mulato, Turbo

Se utilizaron cerca de 600 trampas durante 6 meses en la zona, concentrando los muestreos en 6 zonas diferentes, realizando transectos de 20 trampas por día en cada una de las zonas, con características ambientales particulares obteniendo datos microclimáticos sobre la preferencia de hábitat de las diferentes especies analizadas en el proyecto, encontrado roedores silvestres de la familia Heteromyidae (género *Heteromys*); la familia Cricetidae, incluyendo la subfamilia Sigmodontinae, con las tribus Oryzomyini (*Zygodontomys*, *Transandinomys*), y la familia Echimyidae incluyendo el género *Proechimys*.

En esta zona se tuvo en cuenta fragmentos de bosque cercanos a los asentamientos humanos el cual poseía un dosel de aproximadamente 10 m de altura con suelo húmedo y hojarasca, con fuente de agua lotico temporal, el cual permitía que esta fuese una zona más húmeda que las demás muestreadas, contando con gran cantidad de arbustos y no leñosas lo cual permitió que fuese una zona ideal para muestrear. Los cultivos muestreados fueron aquellos próximos a fragmentos sin mayor alteración humana, donde se podría obtener capturas de roedores que estaban próximos a cultivos; teniendo en cuenta aquellos que estuvieran próximos a cosechar o que presentaban maduración de frutos, para que la

presencia de roedores y el éxito de captura fueran mayores. La mayoría de capturas en esta región se presentaron en los fragmentos de bosque y cultivos aledaños a fragmentos de bosque, por la poca perturbación que presentaban, además, de una mayor cantidad de recursos y posibles nichos para los roedores.

6.1.2. Vereda Las Changas, Necoclí

Se utilizaron cerca de 500 trampas durante 6 meses en esta zona, concentrando los muestreos en 5 zonas diferentes, realizando transectos de 20 trampas por día en cada una de las zonas, con características ambientales particulares y que fuesen potenciales hábitat de roedores silvestres y obteniendo de estas zonas datos microclimáticos óptimos sobre la preferencia de hábitat de las diferentes especies analizadas en el proyecto, encontrando allí roedores silvestres de la familia Heteromyidae (género *Heteromys*); la familia Cricetidae, incluyendo la subfamilia Sigmodontinae, con las tribus Oryzomyini (*Zygodontomys*, *Transandinomys*), y la familia Echimyidae incluyendo el género *Proechimys*.

Las zonas que presentaron mayor cantidad de capturas fueron aquellas que tenían una amplia zona disponible para muestrear, además de no presentar mayor perturbación y lejanas a los asentamientos humanos en comparación con el resto de la zona (cultivos y zonas boscosas transitadas). Los cultivos donde se hicieron los muestreos fueron en gran cantidad cosechas jóvenes y cultivos cosechados y procesados, donde no hubo muchas capturas, mientras que en los bordes entre cultivos y fragmentos de bosque se presentaron las capturas de diferentes especies de roedores en los periodos muestreados. Los cultivos que sustituían fragmentos de bosque limitaban la posibilidad de muestrear dentro del bosque. En general, las zonas se determinaron según sus cualidades ecológicas con una

humedad relativa, cobertura del dosel y estrato arbustivo óptimos y que proporcionaran un hábitat estable, mostrando datos microclimáticos semejantes a los descritos en la literatura sobre la zona geográfica involucrada en el estudio.

6.2. Composición de Especies

Cuatro especies de roedores silvestres fueron registradas para las dos localidades de estudio (Alto de Mulatos, Turbo; Vereda Las Changas, Necocli). Turbo y Necoclí se encuentran en el noroccidente del departamento de Antioquia, cerca del Golfo de Urabá. Necoclí está localizado en el extremo norte del departamento, constituyendo parte de la costa Caribe, Mientras Turbo bordea la mayor parte del Golfo de Urabá. Las especies pertenecen a tres familias y cuatro géneros:

Familia Heteromyidae: *Heteromys anomalus*,

Familia Cricetidae, subfamilia Sigmodontinae: *Zygodontomys brevicauda* y *Transandinomys talamancae*, y

Familia Echimyidae: *Proechimys semispinosus*.

En la siguiente sección se provee una descripción básica de la morfología y ecología de estas especies, como una introducción a las diferencias detectadas durante el estudio morfométrico detallado en una sección posterior.

6.2.1. *Heteromys anomalus*

Nombre común: Mochilero, Rata mochilera.

Suborden Sciuromorpha, Familia Heteromyidae

Descripción: El pelaje del dorso es espinoso y su color gris parduzco oscuro es extremadamente pálido, y contrastante con el pelaje del vientre, el cual es suave y de color blanco. Detrás de las orejas y en los flancos laterales el pelaje es especialmente delgado. Las orejas son marrón pálido y grandes en relación con el tamaño del cuerpo. La cabeza es ligeramente robusta y se inicia en un hocico un tanto pronunciado, adornado con vibrisas de longitud variada. Los carrillos disponen de típicos abazones y los pabellones de las orejas son oscuros, poco amplios, de tamaño moderado, con ambas caras provistas de pelos muy cortos. El cuello no se aprecia externamente por su continuidad con el resto de un tronco ligeramente robusto. Las manos y los pies terminan en dedos delicados, provistos de uñas moderadas y facultados para la locomoción terrestre. La cola es más larga que combinación de la cabeza y el cuerpo, apreciándose escamosa, a veces de coloración uniforme, cubierta de pelos sedosos y cortos (Fig. 6).

Distribución y Ecología: Esta especie es granívora-terrestre este tipo de forrajeo asume que los individuos seleccionan los alimentos que producen el mayor retorno neto en energía invertida, dictado por los características morfológicas y fisiológicas de la forrajeo (Reichman, 1977). Los heterómidos evolucionaron probablemente en zonas desérticas donde las semillas persisten durante largos períodos de tiempo en el cual no se producen más semillas (Tevis, 1958). Otros recursos, como los insectos y la vegetación verde, son más efímeros. Además, porque las semillas tienen desarrolladas estrategias anatómicas y fisiológicas que le permiten mantenerse viables en el suelo por períodos más prolongados,

presumiblemente para sobrevivir hasta que las condiciones son apropiadas para la germinación, por esto son ideales de alta energía y de almacenamiento para la época seca. Se encuentran estrechamente asociados a ambientes boscosos y una vegetación relativamente húmeda. Su presencia se aproxima mucho a la dependencia de cultivos recién cosechados y fragmentos boscosos con mínima alteración, lo cual le permitía encontrar los recursos necesarios y el sustento para que la especie pudiese estar presente.

Distribución General: Su alcance geográfico abarca Panamá, territorios norteños y occidentales de Colombia, sectores del Noroeste del Ecuador, buena parte de la zona continental norteña de Venezuela, así como las islas caribeñas Margarita, Trinidad y Tobago.

6.2.2. *Transandinomys talamancae*

Nombre común: Rata arrocera común, Talamanca Rice Rat.

Suborden Myomorpha, Familia Cricetidae.

Descripción: Rata de talla modesta, posee pelaje más largo y suelto con una coloración parda menos oscura, está provista de una cabeza voluminosa, orejas prominentes y cola aproximadamente de la misma longitud o algo más larga que la cabeza y el cuerpo. El pelaje es un tanto largo y denso. En las partes superiores el color varía del pardo rojizo al pardo ocroso finamente mezclado pero más uniforme hacia el final del dorso. El rostro, los lados del cuerpo y los hombros tienen una tonalidad más pálida y algunos individuos pueden tener algo más oscura el área que rodea los ojos. Desde la barbilla hasta la final del vientre, así como la parte interna basal de los miembros, muestran un color de fondo grisáceo mezclado con blanco. Las vibrisas son de tamaño moderado, casi todas ellas pardas pero blancuzcas en la punta. Las orejas son pardas, anchas y con vello

reducida. Las manos y los pies tienen una coloración cremosa. La cola es ligeramente escamosa y esta moderadamente poblada de pelos muy cortos, sobre todo en la porción anterior.

Distribución y Ecología: Esta rata es tolerante a la perturbación del hábitat. Esta especie es nocturna, terrestre y solitaria. Se alimenta de semillas, frutos e insectos. Es mayormente activa sobre el suelo o en troncos caídos; si estuviera asustado, puede rebotar con una serie de saltos de altura. Después de la actividad inicial de la noche, puede subirse a una rama de 1 a 2 m y descansar casi inmóvil, la cabeza apoyada contra una rama. Vive tanto en los bosques prístinos exuberantes como en los montes alterados, por lo que no falta en algunas áreas cultivadas, encontrándose en zonas muy húmedas y moderadamente húmeda.

Distribución general: Su dispersión total cubre desde el oriente de Costa Rica hacia el noroccidente de Sudamérica, Colombia, Venezuela, Ecuador, y el extremo norte de Perú.

6.2.3. *Zygodontomys brevicauda*

Nombre común: Rata cañera; ratón gris.

Suborden Myomorpha, Familia Cricetidae.

Descripción: El pelaje es moderadamente áspero y muestra en las partes un color castaño amarillento salpicado de negro, por lo general con la tendencia a ser más oscuro hacia la parte central del dorso, tornándose de un tono castaño grisáceo matizado en los lados y los flancos. Las partes inferiores tienen una tonalidad grisácea cremosa. El hocico es poco prominente y está adornado con numerosas vibrisas algo abreviadas y de color castaño. Las orejas lucen cortas y ligeramente redondeadas, tapizadas en ambas caras con velloso castaño amarillento. Los miembros son de proporciones moderadas y muestran un tono castaño amarillento mezclado con gris en las partes superiores externas y de un grisáceo

pálido blancuzco en las internas. La cola es poco escamosa y pelosa, más cortas que la longitud conjunta de la cabeza y el cuerpo; su coloración es castaña oscura por encima y grisácea cremosa por debajo.

Distribución y Ecología: Esta especie es abundante en los prados, claros, zonas pantanosas, crecimiento secundario y áreas agrícolas (Martino y Aguilera, 1993). Esta especie es nocturna y terrestre. Su dieta incluye semillas, frutas y material vegetal de color verde. Esta especie hace madrigueras en los bancos o debajo de las raíces de los árboles (Reid, 1997).

Distribución general : Esta diseminada desde la parte suroccidental de Costa Rica hasta un buen sector de Suramérica que principalmente incluye parte de Colombia, Venezuela, Surinam, Ecuador, Perú y Brasil, así como Trinidad y Tobago en las Antillas menores.

6.2.4. *Proechimys semispinosus*

Nombre común: Rata espinosa, Mocangué, Paisangué, Spiny rat.

Suborden Caviomorpha, Familia Echimyidae

Descripción: Rata robusta y de tamaño moderado, con muchos pelos dorsales algo rígidos pero sin ser tan fuertes y espinosos que *Hoplomys gymnurus*. Posee el hocico un poco pronunciado, provisto de abundantes vibrisas, los ojos grandes, orejas medianas, erectas, casi desnudas y de puntas redondeadas. Las manos tienen cuatro dedos; no obstante, el más interno es reducido. Los pies son un tanto alargados y disponen de cinco dedos, la piel es delgada y delicada, tiene el pelaje áspero, particularmente en la región dorsal, donde los pelos son aplastados y lanceolados, así como un poco rígidos, por lo que pueden mostrarse semi erizados. Su color general es chocolate castaño, más notable en la cabeza, las partes dorsales, los flancos y la región exterior de los muslos. Hacia la parte inferior de los lados la coloración toma una tonalidad leonada.

Distribución y Ecología: Vive en la foresta lluviosa tanto primaria como secundaria, así como en campos cultivados donde existen quebradas y otras fuentes de agua, dentro de un rango altitudinal inferior a los 700msnm. En su mayoría son herbívoros, se alimenta principalmente de frutos caídos, pero a veces sobre los hongos. Esta rata grande se encuentra en el crecimiento de las tierras bajas de bosque primario y secundario. También ocurre en los bosques caducifolios, donde se favorece a los corredores ribereños y las zonas bajas. Esta especie es tolerante a un cierto grado de destrucción del hábitat (por ejemplo, la deforestación, parcial y fragmentación del hábitat). Nocturna, principalmente terrestres y solitarios. Viaja a lo largo de los registros de caídas o de las antiguas murallas, pero no suben a los árboles. Por la noche se ve a menudo sentado en silencio cerca de reforzar las raíces o troncos. Camina lentamente y, a veces se congela en un centro de atención. Esta rata puede utilizar madrigueras durante el día, pero a menudo ocupa depresiones poco profundas en refugios y troncos huecos, o en la vegetación densa. La dieta consiste principalmente de frutos y semillas, con menores cantidades de material vegetal, insectos y hongos. Nueces de palma y otras semillas grandes son llevadas a un lugar protegido para ser comidos.

Distribución general: Desde la región suroriental de honduras y el resto del Istmo Centroamericano, extendiéndose en Suramérica hasta las tierras bajas del pacifico en Colombia, Ecuador y Venezuela.



Figuras 7. Vista dorsal, ventral y lateral de: **Izquierda,** *Z. brevicauda* (DAG 014). **Derecha,** *P. semispinosus* (DAG 020).

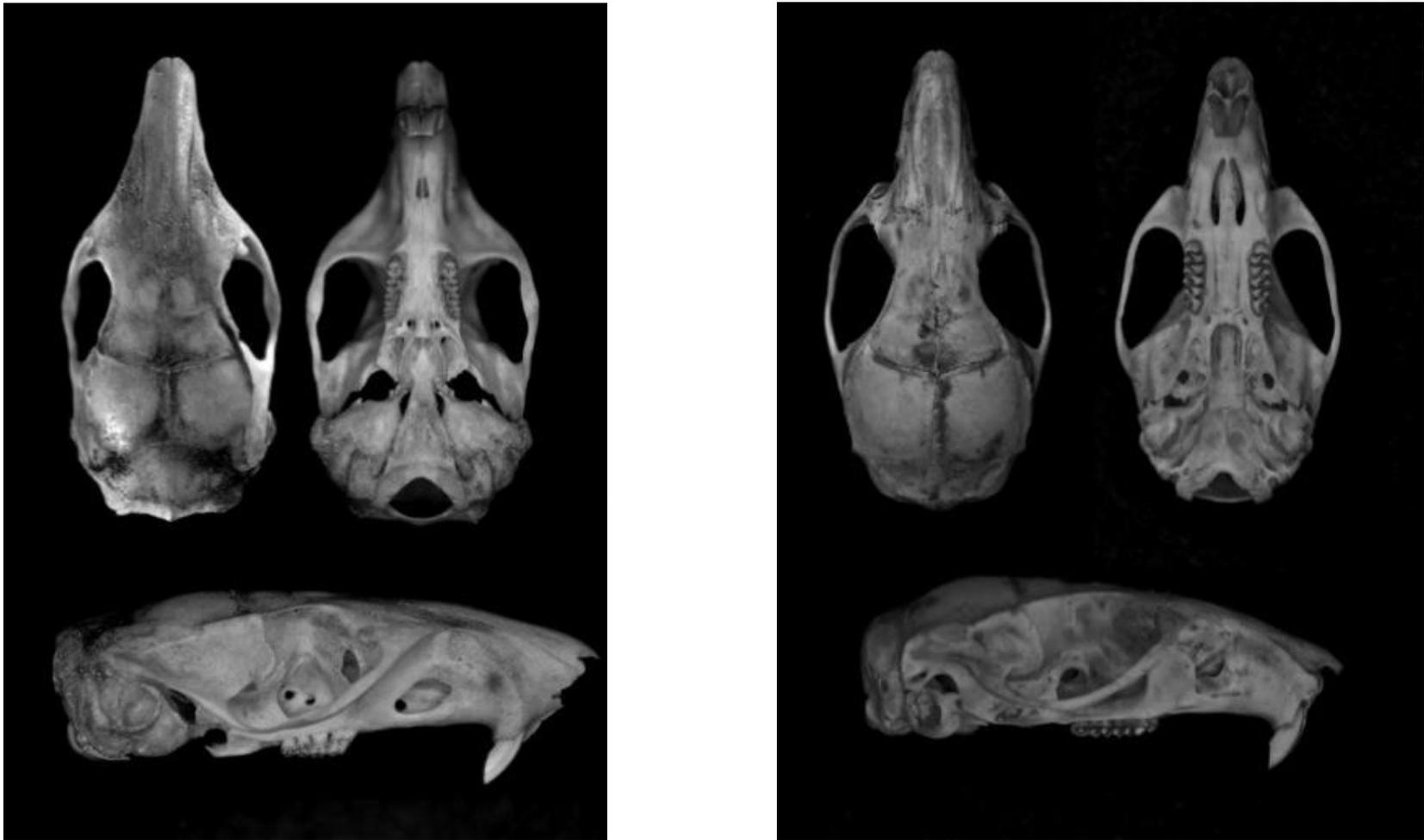


Figura 8. Vista dorsal, ventral y lateral de: **Izquierda,** *H. anomalus* (DAG 045). **Derecha** *T. talamancae* (EOR 002).

6.3. Variables ecológicas asociadas a las especies

Los datos de microhábitat se tuvieron en cuenta como un valor cualitativo en un rango porcentual con el cual se trataba de aproximar a un valor numérico el estado y composición del hábitat en el que se realizaban las capturas y generar la idea de apoyo sobre lo relacionado con presencia de roedores y preferencia de hábitat, las diferencias fueron remarcadas, demostrando que la presencia de roedores era positiva en hábitat con condiciones más parecidas a bosque secundario y zonas con presencia de árboles y arbustos, siendo *P. semispinosus* y *T. talamancae* aquellas especies presentes en microhábitat con alta densidad de árboles, y humedad relativamente alta, mientras que *Z. brevicauda* y *H. anomalus* se capturaron en zonas donde predominaban arbustos y no leñosas y de áreas abiertas cercanas a cultivos (Tabla 1).

Tabla 1. Valor promedio de las variables del microhábitat (acrónimos definidos en el texto) en las especies de roedores.

Especie/Variable (%)	<i>Proechimys</i>	<i>Zygodontomys</i>	<i>Transandinomys</i>	<i>Heteromys</i>
CD	21-60	0-20	41-60	0
AMD	21-40	0-20	21-40	0
AAA	0-20	0-20	0-20	0
NADAP	1	0	1	0
CEA	41-60	0-20	21-40	0-20
GCHR	2	0	1	0
NTC	1	0	1	0
PH	1	1	1	1
CS	0-20	0-20	0-20	61-80
CA	0	0	0	0

CR	0	0	0	61-80
CNL	21-40	0-20	21-40	0
CAR	20-40	20-40	0-20	0

Teniendo en cuenta material colectado en el año 2008-2009 en una fase anterior del proyecto y el material colectado en el año 2010-2011 con respecto a los datos de abundancia y presencia de los roedores capturados, se hizo un conteo de los individuos en las diferentes zonas (zona transición como cultivos, fragmento de bosque), de las dos localidades, datando un total de 142 individuos de las cuatro especies (Tabla 2).

Tabla 2. Datos de presencia y abundancia en las dos localidades y las zonas muestreadas (FB= fragmento de bosque; ZT= zonas transición; T= Turbo; N= Necocli).

Zona	Localidad	<i>Proechimys</i>	<i>Zygodontomys</i>	<i>Transandinomys</i>	<i>Heteromys</i>
FB	T	1	0	0	0
	N	27	0	1	0
ZT	T	0	1	2	5
	N	2	102	0	1
Total		30	103	3	6

En Las Changas, *Z. brevicauda* fue más abundante en los cultivo y bordes entre bosque y zona alterada (104 individuos) durante los meses de verano (marzo, mayo, junio y septiembre), mientras que *P. semispinosus* limitó su presencia a los fragmentos de bosque (27 individuos) y con un número limitado en cultivo (2 individuos). En esta localidad solo se pudo tener un registro de *T. talamancae* (en fragmento de bosque) y uno de *H. anomalus* (en cultivo). Todos los individuos fueron capturados en época de verano, ya que

la cosecha de los cultivos y la presencia del punto mayor de recursos se da en esta temporada lo cual, posiblemente, le permite a las especies poder dispersarse y forrajear.

En el Alto de Mulatos, la presencia y abundancia de roedores estuvo más restringida y limitada a un número pequeño de individuos de las diferentes especies; sin embargo *H. anomalus* fue la especie más abundante encontrada en cultivos y zonas aledañas a estos (5 individuos) en la época de verano coincidiendo con las fechas de cosecha de los cultivos; *P. semispinosus* también limitó su presencia a fragmentos de bosque (3 individuos). De otro lado, dos individuos de *T. talamancae* fueron encontrados en cultivos, y un *Z. brevicauda* en cultivos. Todos estos individuos fueron registrados en temporada seca, donde los cultivos presentaban sus picos de maduración y los fragmentos de bosque poco perturbados mantenían condiciones óptimas para la cobertura de vegetación y humedad relativa considerable, influenciando tanto como esos nichos tróficos como la fuente de recursos (ver Tabla 1 y 2).

El éxito de captura de roedores silvestres, expresado a menudo por el número de individuos capturados por 100 noches-trampa, se utiliza ampliamente para el seguimiento de abundancia (Emmons, 1984; Ojasti, 1986; Ochoa, 1997; Peterson et al., 1981). Para lograr resultados comparables se debe estandarizar la técnica de captura en cuanto al tipo de trampa (Shermann y Tomahawk) y cebo, la ubicación de las trampas (en líneas o cuadrículas, distancia entre trampas, estrato vegetal) y el número de noches consecutivas con la misma ubicación de trampas. Con estos valores se determina la abundancia relativa de una especie en relación al esfuerzo de captura empleado. En este proyecto se obtuvo un total de 1200 trampas noche.

Tabla 3. Éxito de captura expresado en porcentajes para las diferentes especies de roedores (FB= fragmento de bosque; ZT= zonas transición; T= Turbo; N= Necocli).

Zona	Localidad	<i>Proechimys</i>	<i>Zygodontomys</i>	<i>Transandinomys</i>	<i>Heteromys</i>
FB	T	0,16%	0	0	0
	N	4,5%	0	0,16%	0
ZT	T	0	0,16%	0,3 %	0,83 %
	N	0.3%	17 %	0	0.3%
Total		4,96%	17,16%	0,46%	1,13%

Las especies más comunes fueron *Z. brevicauda* y *P. semispinosus* ya que fueron las especies que más capturas presentaron en ambas zonas de las dos regiones (4,96%) y (17,16%), respectivamente. Mientras que *Z. brevicauda* (17%) y *H. anomalus* (0,83%) fueron las especies de roedores que tuvieron más capturas en cultivo lo que puede deberse a las preferencias de hábitat, *P. semispinosus* mostró preferencia por los fragmentos de bosque (4,5%) en relación con las demás especies. En general, los valores más altos se reportaron para la región de Vereda Las Changas, Necoclí, lo cual se ve reflejado en el número de capturas por zonas.

6.4. Análisis Morfométricos de las especies

Las medidas corporales externas (cola, cuerpo, pata, oreja) fueron tomadas en campo para 142 individuos (Necocli: 1 *H. anomalus*; 29 *P. semispinosus*; 1 *T. talamancae*; 102 *Z. brevicauda*; Turbo: 5 *H. anomalus*; 1 *P. semispinosus*; 2 *T. talamancae*; 1 *Z. brevicauda*). Se tuvo en cuenta las medidas de los individuos capturados en un proyecto anterior, realizado en las mismas zonas donde se colectó el material del proyecto, usadas para determinar y observar que tan diferentes fueron los sexos de las especies en relación a sus

características morfológicas y de peso corporal. Solo se tuvo en cuenta para la desviación estándar aquellas especies que poseían una cantidad considerable de individuos.

Tabla 4. Promedios de medidas corporales y peso en ambos sexos de las especies analizadas.

Especie	Sexo (# Ind.)	Cuerpo (mm)	Cola (mm)	Pata (mm)	Oreja (mm)	Peso (g)
<i>P. semispinosus</i>	M (11)	195,45±41,65	144±62,04	49,09±4,52	24,07±3,48	276,18±98,89
	H (18)	189,63±38,42	121,52±59,33	45,17±5,04	22,09±1,89	225,31±115,33
<i>T. talamancae</i>	M (1)	150	125	34,33	16,74	82
<i>Z. brevicauda</i>	M (69)	117,54±15,66	91,42±15,14	25,16±3,13	16,59±1,27	62,25±17,44
	H (33)	110,05±16,56	83,26±18,11	24,56±1,99	16,05±1,09	47,82±15,56
<i>H. anomalus</i>	H (1)	140	175	35	18	86
TURBO						
<i>P. semispinosus</i>	M (1)	0	0	0	0	232
<i>T. talamancae</i>	M (2)	135±7,07	117,5±10,61	25,64±0,91	19,23±0,33	50±14,14
<i>Z. brevicauda</i>	M (1)	111	90	21,7	15,17	50
<i>H. anomalus</i>	M (2)	101,5±2,12	104,5±0,71	21,52±6,65	20,62±8,94	37±2,83
	H (3)	139,33±10,06	150,33±10,26	35,56±0,69	17,9±1,98	86±14,42

Se pudo comparar las medidas de ambos sexos entre las especies de las dos zonas mostrando que los machos de *Z. brevicauda* y *T. talamancae* eran de mayor tamaño, lo cual podría relacionarse a la disponibilidad de recursos y estado del hábitat. Es posible que la fragmentación del hábitat sea una posible causa sobre la diferencia de tamaño intraespecífica debido a las competencias por ocupar estos espacios.

Las inferencias craneales arrojaron resultados más precisos con respecto a ambos sexos y entre especies, donde *H. anomalus* mostró ser de mayor tamaño craneal y demás características craneales medidas en hembras con respecto a los machos, datos que fueron corroborados con las medidas corporales mostrando el mismo resultado basados en esta información; mientras que en las demás especies los machos fueron aquellos que poseían mayor longitudes craneales y valores más altos en comparación a las hembras. De igual forma esta información fue apoyada y sustentada por las medidas corporales de las especies analizadas; sin embargo, en la especie *T. talamancae* no fue posible hacer la comparación debido a que solo se capturaron individuos machos, por lo que solo se tomaron los promedios para adicionarlos y tener una idea acerca de las medidas y longitudes de la especie en las zonas muestreadas (ver Tabla 5).

Al comparar la misma especie pero en diferente localidad se noto que la especie *T. talamancae* en Necoclí, posee un cuerpo de mayor tamaño, en comparación con los capturados en turbo, mientras que las demás especies se diferencian pero dentro de un rango considerable para la variación que se pudo presentar debido a la medición de individuos juveniles.

Tabla 5. Promedios en las medidas craneales (acrónimos definidos en el texto) diferenciado por sexo y separados por especie.

Especie	Sexo (#ind.)	MLC	AC	LPA	LB	LN	MCI	LD	LFI	AFM	ACC	LHD M1-4	AMMS
H. anomalus	H (4)	37,12 (±1,16)	17,47 (±0,81)	15,99 (±0,43)	27,21 (±1,12)	14,4 (±0,96)	8,51 (±0,15)	9,73 (±0,59)	2,01 (±0,37)	3,23 (±0,49)	15,25 (±1,25)	4,27 (±0,29)	5,83 (±0,22)
	M (4)	30,12 (±10,69)	16,93 (±1,49)	14,53 (±1,52)	25,71 (±2,72)	13,39 (±2,36)	8,57 (±0,57)	9,00 (±1,04)	2,25 (±0,15)	3,13 (±0,65)	13,14 (±1,14)	3,85 (±0,55)	5,07 (±0,34)
P. semispinosus	H (8)	50,51 (±6,88)	24,25 (±2,61)	17,20 (±3,79)	35,92 (±4,73)	18,41 (±3,21)	12,05 (±1,27)	11,54 (±1,41)	4,35 (±0,47)	5,01 (±0,61)	19,72 (±1,25)	5,96 (±0,96)	8,25 (±0,93)
	M (7)	53,52 (±4,21)	25,55 (±1,45)	18,36 (±2,99)	37,68 (±2,65)	19,76 (±2,14)	12,31 (±1,11)	11,74 (±1,08)	5,17 (±1,08)	5,64 (±0,20)	20,17 (±0,76)	6,49 (±0,32)	8,51 (±0,46)
Z. brevicauda	H (5)	23,85 (±3,06)	12,22 (±1,61)	11,16 (±1,46)	17,51 (±4,76)	8,27 (±2,04)	4,50 (±0,18)	6,17 (±0,83)	5,02 (±0,80)	2,69 (±0,41)	11,01 (±0,69)	3,74 (±0,64)	4,92 (±0,55)
	M (11)	29,1 (±2,47)	15,38 (±1,08)	13,30 (±1,03)	23,78 (±1,94)	10,94 (±1,60)	4,85 (±0,45)	8,13 (±0,79)	6,03 (±0,67)	2,77 (±0,27)	12,03 (±0,44)	4,09 (±0,22)	5,82 (±0,29)
T. talamancae	M (3)	29,25 (±3,08)	14,2 (±1,09)	13,46 (±1,66)	23,2 (±2,67)	10,51 (±1,58)	5,24 (±0,29)	8,08 (±1,45)	4,48 (±0,09)	2,64 (±0,29)	11,61 (±0,28)	4,30 (±0,19)	5,58 (±0,30)

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. Análisis Componentes Principales (ACP)

La evaluación preliminar de las variables en un análisis Multivariado de componentes principales (ACP) sugirió que estas fueran transformadas a logaritmo base 10. Se realizó el análisis con un fin exploratorio para identificar las principales tendencias de variación en las especies. Se retuvieron los tres primeros componentes y las cargas de cada variable, en estos tres componentes, se evaluaron como una medida de importancia para observar variaciones (Velazco y Solari, 2003).

Se usaron los datos estandarizados generando una matriz de varianza–covarianza, al hacerlo así se obtuvo que el primer componente (PC1) explica casi toda la variabilidad del modelo. Esto es usual en estos modelos, los primeros componentes sintetizan la mayor cantidad de criterios de clasificación a partir de las variables originales, organizándolas decrecientemente por su varianza permitiendo explicar el fenómeno de estudio con los primeros componentes. Los dos primeros componentes expresan más del 90% de la variación total y son elegidos para la representación gráfica (ver Fig. 9). Esta representación expresa un 77,43% en el primer componente (PC1) y un 14,29% en el segundo componente (PC2) o sea un total de 91,72% de la variación explicada en este gráfico. Las cuatro especies se dispusieron en el espacio bidimensional con arreglo a los valores de sus coordenadas en relación con estos dos primeros componentes.

El aporte de cada uno de los caracteres a los tres primeros componentes principales representa el aporte de dicha variable al componente, y es directamente proporcional (cuanto más alta es la contribución, mayor el aporte al componente; Tabla 6).

Tabla 6. Porcentajes sobre el aporte de la variación espacial de los componentes principales.

PC	Eigenvalue	%covarianza
1	0,183013	77,432
2	0,0337842	14,294
3	0,00648555	2,744
4	0,00362246	1,5326
5	0,0032494	1,3748
6	0,00190696	0,80682
7	0,00134033	0,56709
8	0,00112617	0,47648
9	0,00061763	0,26132
10	0,0004667	0,19746
11	0,00035837	0,15163
12	0,00023343	0,098762
13	0,00014975	0,06336

De otro lado, los vectores representan la magnitud de cambio que puede presentar cada variable y como esta influye en la separación de especies en el modelo y mostrando como carácter biológico es expresado en razones de tamaño y definido por una posición espacial sobre la distancia morfológica que presento cada grupo. Esta contribución se muestra como un conjunto de vectores en la parte media de la Figura 9, y se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7. Porcentaje de varianza total explicada y coeficientes estandarizados de los primeros tres autovectores de 13 caracteres craneales (acrónimos definidos en el texto) del análisis de componentes principales.

componente	CP 1	CP2	CP3
% explicado	77,43%	14,29%	2,74%
MLC	-0,3111	0,03648	-0,1307
AC	-0,27	0,01528	0,03905
LPA	-0,1803	-0,003261	-0,401
LB	-0,2768	0,02763	-0,2475
LN	-0,3265	-0,03551	-0,3619
MCI	-0,4113	-0,2836	0,3167
LD	-0,2253	-0,01989	-0,2647
LFI	0,01835	0,9234	0,06534
AFM	-0,3064	0,04734	0,5709
ACC	-0,2436	-0,02872	0,2206
LHD	-0,2129	0,1237	0,2135
AMM	-0,2076	0,09868	0,06182
LCPP	-0,3907	0,1864	-0,1723

El análisis de componentes principales originados resumió en tres dimensiones la mayor parte de la variabilidad permitiendo comprender la estructura de variación existente entre las variables, reduciendo la distancia del grupo de datos y produciendo un número menor de variables abstractas para maximizar la varianza de combinación lineal. Con fines prácticos y comparativos, se utilizó los primeros dos componentes (1 y 2) para graficar la disposición relativa de las especies en el espacio morfométrico (Fig. 9).

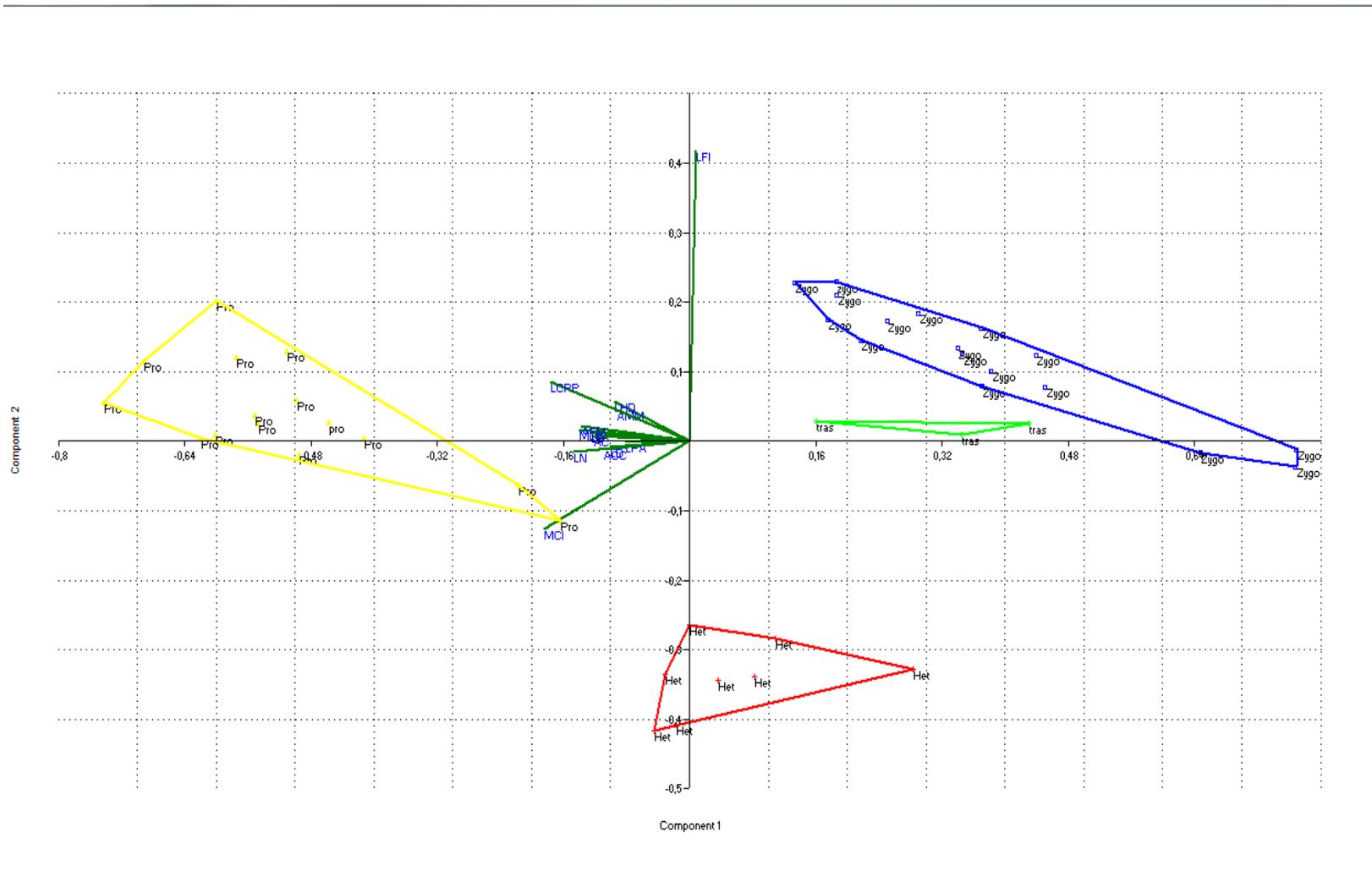


Figura 9. Distribución espacial de las especies *Zygodontomys brevicauda* (azul), *Transandinomys talamancae* (verde), *Heteromys anomalus* (rojo), y *Proechimys semispinosus* (amarillo) con respecto a los Componentes Principales 1 y 2 en el análisis de variabilidad morfométrica.

La distribución de los individuos en el CP1 indicó que el tamaño de las especies *Z.brevicauda* y *T. talamancae* es, en general, similar (Fig. 9). El CP1 explica el 77,43% del total de la variación de la muestra, el CP2 y CP3 explican el 14,29% y 2,74% de la varianza, respectivamente (Tabla 4 y 5). La posición de *Z.brevicauda* sugiere una tendencia hacia las cargas positivas del CP1 y CP2, indicando que presenta una variación de tamaño con respecto a la longitud del foramen incisivo como lo indican los vectores en el centro de la grafica (Fig. 9). El alto porcentaje de variación explicado por el CP1 (77,43%) sugiere que existe una diferenciación morfométrica significativa. Por otro lado, se pudo observar cómo *P. semispinosus* y *H. anomalus* se distribuyeron distintamente a lo largo de los componentes, con tendencia hacia los extremos de los componentes 1 y 2. Algunos especímenes tendían a distanciarse a los de la mayoría de sus grupos, una de las causas que se le atribuyo a este resultado fue el uso de individuos juveniles en el análisis, ya que al no poseer sus características morfológicas completamente desarrolladas, podían diferenciarse, aunque no lo suficiente como para generar ruido sobre la muestra o considerarlos erróneamente dentro de otro grupo.

Considerando el resultado obtenido en el análisis morfológico y el resultado del ACP, se procedió a reorganizar las especies taxonómicamente, dando mayor peso al análisis cualitativo, para proceder con el análisis de diferenciación interespecifica. La distribución de individuos a lo largo del CP1 sugiere el reconocimiento de dos especies con las medidas mayores sobre el carácter más relevante (Fig. 9), indicando que los individuos agrupados hacia el extremo positivo del CP1 poseían una longitud de foramen incisivo de mayor tamaño.

7.2. Análisis estadístico

Con respecto a los patrones morfométricos entre especies se notan diferencias importantes debido a que muchos caracteres morfológicos se distinguen en razón del tamaño; p.e., la especie *P. semispinosus* es un roedor de gran tamaño en comparación con las otras especies y con la mayoría de valores en las medidas seleccionadas fueron muy altos en el análisis. De otro lado, pocas características craneales pudieron ser comparables entre algunas de las especies como lo fue la longitud del foramen incisivo, o la longitud del diastema (similares en tamaño entre *T. talamancae* y *Z. brevicauda*) (ver Tabla 2).

Las diferencias ecomorfológicas se vieron remarcadas entre las especies, debido a que las características cráneo-dentales se mantienen entre estas y al haberlas comparado con las conocidas en la literatura mostraron similitudes para cada especie determinando que la reducción en el espacio para nicho trófico y el reemplazo de áreas naturales para cultivo, reduce los recursos y nutrientes en la zona obligando a las especies a compartir dicho hábitat.

La variación morfológica evidenció un patrón de modificación estructural o morfológica en los caracteres que poseían relación con la distribución por hábitats entre las poblaciones de roedores, donde se encontró que especies diferentes incidían en los sitios de muestreo y la preferencia de algunos por zonas alteradas fuese más marcada que en las demás poblaciones de roedores.

Se probó la hipótesis de diferenciación entre 42 individuos de las diferentes especies, realizando un análisis enfocado en como la magnitud de cambio de las variables remarcaba sobre la dirección evolutiva de estas y mirando detalladamente como algunas aportaban mas al análisis (longitud craneal post palatal, longitud del foramen incisivo, longitud hilera dental, mínima constricción interorbital) debido al tamaño corporal, sexo y edad, los cuales son factores que influenciaron de manera significativa en los resultados del modelo con la variación craneal y morfométrica de las especies analizadas.

Las características ecológicas específicas permitieron la captura e identificación de roedores en los espacios disponibles como lo fueron fragmentos de bosques y la cercanía de los cultivos; junto a esto también ayudo las etapas de cosecha a la captura de roedores; como la disponibilidad de nichos era escasa llevo a que las especies se encontraran en condiciones ecológicas similares pero conservando los caracteres morfológicos evolutivos que han permanecido entre ellas.

7.3. Análisis morfométrico

Al realizar el análisis cualitativo se observaron diferencias de morfología externa y craneal. La distribución de individuos a lo largo del CP1 sugiere el reconocimiento de cuatro especies (Fig. 9), indicando que los individuos agrupados hacia el extremo positivo del CP1 poseen una longitud de foramen incisivo mayor.

Al evaluar la variación morfométrica entre especies, el ACP sugirió la aproximación de *Z. brevicauda* y *T. talamaca*, posiblemente con respecto al tamaño del foramen incisivo; por el contrario el análisis separó a *P. semispinosus* del resto de especies, ya que es un roedor

de mayor tamaño corporal en relación con las otras especies analizadas, y por ello posee características y valores más altos. *H. anomalus* se distanció de *Z. brevicauda* y *T. talamaca* porque las variables que más aportaron a la variabilidad del modelo eran de valores menores en relación a los de las otras especies (Fig. 9). El componente principal 1 (CP1) explica el 77,43% de la variación, mientras que el CP2 y CP3 explicaron el 14,29% y 2,74% de la variación del análisis, respectivamente (Tabla 6). Se analizó el segundo aspecto del análisis de componentes principales, referido a los caracteres, es importante observar cuáles de ellos son eficaces en la discriminación entre las especies. Con este fin, se seleccionaron de la Tabla 6, los 3 caracteres que tienen el más alto valor de contribución, independiente del signo que posean. El signo denota el tipo de correlación existente entre los caracteres.

MCI: mínima constricción interorbital. (PC1, negativo)

LFI: longitud del foramen incisivo. (PC2, positivo)

LCPP: longitud craneal post palatal. (PC1, negativo)

Las relaciones entre las especies se establecen por su proximidad en el espacio delimitado por los componentes, definiendo que cuanto más próximos se encontraban, más relacionados estaban. El análisis de la Fig. 9 muestra una estrecha relación entre *Z. brevicauda* y *T. talamancae*, las otras especies están ligeramente aisladas con excepción de *H. anomalus* que se encuentra significativamente alejada de las demás.

8. DISCUSION

En Colombia varios estudios fueron realizados en fragmentos de bosque (Acosta-Ortiz, 2004; Marulanda et al., 2003; Vargas y Bolaños, 1999; Velasco-Linares, 2004), pero no evalúan el efecto de la fragmentación (pero, ver Adler et al., 1997), puesto que no existe una comparación con áreas continuas. A pesar de que estos estudios aportan información importante sobre como las especies viven en áreas fragmentadas, no existen estudios comparativos que permitan dilucidar como las especies se ajustan a la reducción del hábitat, y consecuentemente cuales son los efectos de esto en los procesos ecológicos y en la biodiversidad en general.

El diseño de muestreo empleado sirvió para detectar diferencias geográficas en la abundancia de roedores, de manera similar a lo hallado previamente en la Amazonia (Emmons 1984), permitiendo así constatar el impacto de la alteración del hábitat sobre la abundancia de roedores silvestres. Por ejemplo, las capturas de *P. semispinosus* fueron mayormente en fragmentos de bosque, mientras que *Z. brevicauda* se capturó en cultivos y áreas perturbadas en similar proporción. Nuevamente, para las otras especies el número de captura fue muy bajo para el análisis comparativo.

La variación morfométrica mostró un ligero dimorfismo sexual en medidas corporales y craneales para algunas de las especies muestreadas. Sin embargo, el análisis morfométrico no reflejó dichas diferencias, posiblemente por el bajo número de roedores capturados por especie. Es posible que con mayor tamaño de muestra estas diferencias se hagan más evidentes, tanto a nivel específico (machos vs. hembras) como a nivel del ensamblaje.

La variación morfológica basada en características craneales, se reflejó en la variabilidad que presentaron algunas de ellas, permitiendo que se diferenciaron entre sí y ayudaran a aproximarse a la estructura de la variabilidad albergada en el ensamblaje por medio del análisis de componentes principales (espacio morfométrico). Sin embargo, este análisis permitió identificar algunas cuestiones cualitativas distintivas entre especies y cuales podrían ser las que más aportan a la variabilidad total.

Al ser especies que poseen características ecomorfológicas diferentes y por cuestiones de alteración de hábitat se vieron obligados a compartir su hábitat y recursos, dan como resultado la incidencia de especies diferentes compartiendo el mismo espacio, aunque posean características morfológicas y ecológicas (nicho) distintas, lo cual denotaría el grado de alteración del hábitat y la poca presencia de zonas ideales para la distribución de las especies con sus características particulares.

9. CONCLUSIONES

La destrucción y cambios en la cobertura vegetal han acelerado el deterioro de fragmentos de bosques constituyéndose así en una de las causas principales de pérdida de biodiversidad (Márquez. 2001). Actualmente, los ecosistemas naturales ocupan el 65,9 % del territorio colombiano y están localizados principalmente en las regiones pacífica, amazónica, y orinoquense. Los ecosistemas transformados representan el 34,1% del territorio colombiano y están concentrados en las regiones andinas y Caribe, donde existe una alta densidad poblacional (Ideam 2004). Tanto la deforestación como las obras de infraestructura (por ejemplo vías de comunicación, embalses, hidroeléctricas, cultivos y asentamientos humanos, entre otras) fragmentan el hábitat en pequeños parches, reduciendo así el hábitat original disponible para las especies de fauna y flora (Gascon y Lovejoy, 1998).

Las especies de roedores a lo largo de su historia evolutiva han mantenido y desarrollado características que le permitieron su adaptación a diferentes ambientes y constatando sus necesidades de nicho trófico y diferenciando las especies afirmado por sus características ecológicas, aunque en muchos casos las modificaciones al mosaico natural en el que se encuentran son tan fuertes y continuos en el tiempo que las especies deben acoplarse a tales perturbaciones, encontrándose en un espacio reducido y con una capacidad limitada de recursos al estar conviviendo con especies diferentes, a pesar de esto mantienen sus caracteres morfológicos particulares permitiendo su caracterización.

10. LITERATURA CITADA

Adler, G.H. 1994. Tropical forest fragmentation and isolation promote asynchrony among populations of a frugivorous rodent. *Journal of Animal Ecology*, 63: 903-911.

Adler, G.H., & R.P. Beatty. 1997. Changing reproductive rates in a Neotropical forest rodent, *Proechimys semispinosus*. *Journal of Animal Ecology*, 66: 472-480.

Adler, G. H., J. J. Arboledo, & B. L. Travi. 1997. Diversity and abundance of small mammals in degraded tropical dry forest of northern Colombia. *Mammalia*, 61: 361-370.

Anderson, R.P., Aguilera, M., Gómez-Laverde, M., Samudio, R. & Pino, J. 2008. *Transandinomys talamancae*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species.

Arias, L. 2008. Echomorphological structure of an Amazonian phyllostomid bat assemblage. Master of Sciences Thesis, Department of Biological Sciences, Texas Tech University. 115 pp.

August, P.V. 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology*, 64: 1495-1507.

Banco de Occidente. 2006. Bosque seco tropical, Colombia. Colección Ecológica del Banco de Occidente, Bogotá.

Barnett, A., & J. Dutton. 1995. Expedition field techniques: small mammals (excluding bats). Royal Geographical Society with IBG. London, UK.

Brown, J.H., D. W. Davidson, & O. J. Reichman. 1979. An experimental study of competition between seed-eating desert rodents and ants. *American Zoologist* 19:1129-1143.

Ceballos, G. 1995. Vertebrate diversity, ecology, and conservation in Neotropical dry forests. Pp. 195-220, en: *Seasonally Dry tropical forests* (Bullock, S., E. Medina, & H. Moonet, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Da Silva M.N. F. 1998. Four new species of spiny rats of the genus *Proechimys* (Rodentia: Echimyidae) from the Western Amazon of Brazil. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 111: 436-471.

Dayan, T., D. Simberloff, E. Tchernov, & Y. Yom-Tov. 1989. Inter- and intraspecific character displacement in mustelids. *Ecology* 70:1526-1539.

Delgado, C. 2012. Comunidad de roedores en el municipio de san marcos, sucre, Colombia. *Rev. Colombiana Ciencias . Anim.* 4(1):89-101.

Eisenberg, J.F. 1980. The density and biomass of tropical mammals. Pp. 35-55, en: *Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective* (ME Soulé & BA Wilcox, eds.). Sinauer, Sunderland.

Eisenberg, J.F. 1989. Mammals of the Neotropics, the northern Neotropics. Vol 1. Panamá, Colombia, Venezuela, Guyana, Suriname, French Guiana. The University of Chicago Press. Chicago y Londres.

Eisenberg, J.F., & R.W. Thorington, Jr. 1973. A preliminary analysis of a Neotropical mammal fauna. *Biotropica*, 5: 150-161.

Emmons, L. H. 1984. Geographic variation in densities and diversities of non-flying mammals in Amazonia. *Biotropica*, 16: 210-222.

Emmons LH, & F. Feer. 1999. *Neotropical rainforest mammals. A field guide.* Second edition. The University of Chicago Press. Chicago, U. S. A.

Freeman, P. W. 1981. A multivariate study of the family Molossidae (Mammalia, Chiroptera): Morphology, ecology, evolution. *Fieldiana, Zoology* 7:1-173.

Freeman, P. W. 1998. Form, function, and evolution in skulls and teeth of bats. Pp. 140-156 in *Bat biology and conservation* (T. H. Kunz & P. A. Racey, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

Gannon, W. L., and G. R. Rácz. 2006. Character displacement and ecomorphological analysis of two long-eared *Myotis* (*M. auriculus* and *M. evotis*). *Journal of Mammalogy* 87:171-179.

Gascon, C. & T.E. Lovejoy. 1998. Ecological impacts of forest fragmentation in central Amazonia. *Zoology Jena*, 101: 273-280.

Gómez-Laverde, M., Aguilera, M., Boada, C. & Timm, R. 2008. *Proechimys semispinosus*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species.

Glanz, W.E. 1982. The terrestrial mammal fauna of Barro Colorado island: censuses and long-term changes. Pp. 455-468, en: *The Ecology of a Tropical Forest: Seasonal Rhythms and Long-Term Changes* (Ed. por E.G. Leigh, A.S. Rand & D.M. Windsor). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

Guhl A. 2004. Café y cambio de paisaje en la zona cafetera colombiana entre 1970 y 1997. *Cenicafé*, 55: 29-44.

Holdridge, L. R. 1967. Life zone ecology. Life zone ecology. 206 p

Hammer, et al. 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*.

Hershkovitz, P. 1948. Mammals of northern Colombia, Preliminary report No. 2: Spiny rats (Echimyidae), with supplementary notes on related forms. *Proceedings of the United States National Museum*, 97: 125-140.

Hershkovitz, P. 1960. Mammals of northern Colombia, Preliminary report No. 8: arboreal rice rats, a systematic revision of the subgenus *Oecomys*, genus *Oryzomys*. Proceedings of the United States National Museum, 110: 535-568.

Hutchinson, G. E. 1959. Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? American Naturalist 870:145–159.

Janson, C. H. & Emmons, L. H. 1990. Ecological structure of the nonflying mammal community at Cocha Cashu biological station, Manu National Park, Peru. Pp. 314-338, en: Gentry, A. H. (ed.) Four Neotropical Rainforests. Yale University Press, New Haven.

Malcolm, J.R. 1988. Small mammal abundances in isolated and non-isolated near Manaus, Brazil. Acta Amazonia, 18: 67-83.

Malcolm, J.R. 1990. Estimation of mammalian densities in continuous forest North of Manaus. Pp. 339–357, en: Gentry, A. H. (ed.) Four Neotropical Rainforests. Yale University Press, New Haven.

Martin, R.E. 1970. Cranial and bacular variation in populations of spiny rats of the genus *Proechimys* (Rodentia: Echimyidae) from South America. Smithsonian Contributions to Zoology, 35: 1-19.

Mendez, E. 1993. Los Roedores de Panamá.: 103,139,203,291.

Mendoza, J.E., G. Kattan, & F.H. Lozano-Zambrano. 2006. Composición y estructura de la biodiversidad en paisajes transformados en Colombia (1998-2005). Pp. 67-84, en: Informe Nacional sobre el avance del conocimiento y la información de la biodiversidad 1998 - 2004. Instituto Alexander von Humboldt. Colombia.

Numa C. 2002. Patrones espaciales de la estructura de la comunidad de quirópteros en agroecosistemas cafeteros del Departamento del Quindío. Tesis de Maestría. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.

Patterson, B. D. 1999. Contingency and determinism in mammalian biogeography the role of history. *Journal of Mammalogy*, 80: 345-360.

Patterson, B.D., P.L. Meserve, & B.K. Lang. 1990. Quantitative habitat associations of small mammals along an elevational transect in Temperate Rainforests of Chile. *Journal of Mammalogy*, 71: 620-633.

Patton, J.L. 1987. Species groups of Spiny rats, genus *Proechimys* (Rodentia: Echimyidae). *Fieldiana, Zoology*, 39: 305-346.

Patton, J.L. & M.A. Rogers. 1983. Systematic implications of non-geographic variation in the spiny rat genus *Proechimys* (Echimyidae). *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 48: 363-370.

Patton, J.L., M. N.F. da Silva, & J. R. Malcolm. 2000. Mammals of the Rio Juruá and the evolutionary and ecological diversification of Amazonia. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 244: 1-306.

Percequillo, A. 2003. Sistemática de *Oryzomys* Baird, 1858: definição dos grupos de espécies e revisão taxonômica do grupo *albigularis* (Rodentia, Sigmodontinae). Doctoral thesis. Universidade de São Paulo.

Pizzimenti, J. J., & R. De Salle. 1980. Dietary and morphometric variation in some Peruvian rodent communities: the effect of feeding strategy on evolution. *Biological journal of the Linnean Society*, 13: 163-185.

Quinn, G. P., & M. J. Keough. 2003. *Experimental design and data analysis for Biologists*. Cambridge University Press, New York. 537 pp.

Renjifo, L.M. 2001. Effect of natural and anthropogenic landscape matrices on the abundance of subandean bird species. *Ecological Applications*, 11:14–31.

Ricklefs, R. E., & J. Travis. 1980. A morphological approach to the study of avian community organization. *Auk*, 97: 321-338.

Robinson, J.G. & K.H. Redford. 1986. Body size, diet, and population density of Neotropical forest mammals. *The American Naturalist* 128: 665-680.

Rodas, J.D. 2010. Contextualización de las zoonosis bacterianas y virales transmitidas por roedores. *Revista MVZ Córdoba*, 15: 2010-2012.

Ross, S. T. 1986. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. *Copeia* 2:352-388.

Santamaria M. 2006. Informe nacional sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004. Tomo I. Cap. 2. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. Colombia.

Simmons, J. E., & Y. Muñoz-Saba. 2005. Cuidado, manejo y conservación de las Colecciones biológicas. Conservation International, Serie Manuales de Campo, 2: 1-288.

Stevens, R. D., & M. R. Willig. 1999. Size assortment in New World bat communities. *Journal of Mammalogy* 80:644-658

Swartz, S., P. Freeman, & E. Stockwell. 2003. Ecomorphology of bats: comparative and experimental approaches relating structural design to ecology. Pp. 257-300 in *Bat ecology*. (T. H. Kunz & M. B. Fenton, eds.). University of Chicago Press, Chicago, Illinois.

Vieira, M. et al. 2003. Fruit and seed exploitation by small rodents of the Brazilian Atlantic forest. *MAMMALIA*, t. 67, n° 4.

Voss, R. S. 1991. An introduction to the Neotropical muroid rodent genus *Zygodontomys*. Bulletin of the American Museum of Natural History, 210: 1-113.

Weksler, M. 2006. Phylogenetic relationships of Oryzomyine rodents (Muroidea: Sigmodontinae): separate and combined analyses of morphological and molecular data. Bulletin of the American Museum of Natural History, 296: 1-149.

Willig, M. R. 1986. Bat community structure in South America: a tenacious chimera. Revista Chilena de Historia Natural 59:151-168.

Wolf, M., M. Friggens, & J. Salazar-Bravo. 2009. Does weather shape rodents? Climate related changes in morphology of two heteromyid species. Naturwissenschaften, 96: 93-101.

Zurc D. y Velazco P. M. 2010. Análisis morfológico y morfométrico de *Carollia colombiana* Cuartas et al. 2001 y *C. monohernandezii* Muñoz et al. 2004 (Phyllostomidae: Carollinae) en Colombia. Chiroptera Neotropical 16(1).