



**Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias
Departamento de Biología**

DISTRIBUCIÓN DEL HÁBITAT DEL CHIGÜIRE (*Hydrochaeris hydrochaeris* Linne 1766) EN SABANAS INUNDABLES DE LA ESTACIÓN BIOLÓGICA EL FRÍO, VENEZUELA

**Trabajo Especial de Grado para optar al título de
Licenciado en Biología**

**Autor: Alma Rosa Ulloa Quintero
Tutor: MSc. Eulogio J. Chacón-Moreno
Asesor: MSc. Paolo Ramoni Perazzi**

**Trabajo financiado por el CDCHT de la Universidad de Los Andes Proyecto
C-1237-04-01-F**

Mérida-Venezuela, Junio de 2005

DISTRIBUCIÓN DEL HÁBITAT DEL CHIGÜIRE (*Hydrochaeris hydrochaeris* Linne 1766) EN SABANAS INUNDABLES DE LA ESTACIÓN BIOLÓGICA EL FRÍO, VENEZUELA





INFORME DEL JURADO NOMBRADO POR EL CONSEJO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES PARA CONSIDERAR EL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO DE LA BACHILLER

ALMA ROSA ULLOA QUINTERO

En Mérida a los 14 días del mes de junio de 2005, a las 4:00 p.m. se reunieron los profesores: Eulogio Chacón, Dimas Acevedo, Pascual Soriano y Marleny Chacón de la facultad de Ciencias, miembros del jurado nombrado por el Consejo de la Facultad de Ciencias, para revisar el Trabajo Especial de Grado sobre el tema: "Distribución del hábitat del Chigüire (*Hydrochaeris hydrochaeris* Linne 1766) en sabanas inundables de la Estación Biológica El Frío, Venezuela", presentado por la Bachiller ALMA ROSA ULLOA QUINTERO. Titular de la Cédula de Identidad N° V-12.854.455, para optar al título de:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes. Acto seguido se procedió a oír la exposición que sobre el tema arriba mencionado realizó la Bachiller ALMA ROSA ULLOA QUINTERO.

Después del correspondiente interrogatorio, el Jurado procedió a deliberar sobre la calificación del trabajo sometido a su consideración.

Finalmente el Jurado lo declaró aprobado con la Calificación de VEINTE (20) PUNTOS Y RECOMENDADO PARA SU PUBLICACIÓN.

Prof. Eulogio Chacón
Tutor

Prof. Pascual Soriano



Prof. Dimas Acevedo

Profa. Marleny Chacón (Suplente)



DEDICATORIA

A mi padre, por ser el que con su constante esfuerzo ha labrado el mejor camino para todos sus hijos, tratando de iluminarnos con su saber, para así dejar sembrada en nuestro camino una semilla de futuro

A mi Madre, ella es quien ha iluminado mi camino con días y noches de amor y comprensión, con su corazón siempre abierto para cobijarme en mis tristezas y con su alma siempre encendida para celebrar mis alegrías

Esto es para ustedes

No sólo basta ser constante para lograr un triunfo, se necesitan también razones que alimenten en tu alma y tu corazón el deseo de lograrlo



AGRADECIMIENTOS

Es mucho lo que tengo que agradecer y mucho más a quienes les agradezco:

A la Universidad de Los Andes y al Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias.

Al Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, su apoyo en esta etapa ha sido muy importante; todos sus integrantes han estado relacionados con mi trabajo de alguna manera. Mi especial agradecimiento a los Técnicos Jhonny Márquez y Alexander Nieto por su participación en la actividad de campo, a Nancy Gavidia e Idalba Guadua por su paciencia y colaboración en muchos aspectos. A todos gracias!

Al profesor Eulogio Chacón, amigo, jefe y tutor. Sus enseñanzas, apoyo, disposición y consejos tan acertados han permitido la culminación de este logro. Mi más sincero agradecimiento Eulogio!

A Paolo Ramoni Perazzi, amigo y asesor. Sólo tuve que acercarme un poquito para comprender tu intención de apoyarme en esta etapa, mil gracias Paolo.

La realización de este trabajo fue posible gracias al financiamiento parcial por parte del CDCHT de la Universidad de Los Andes a través del Proyecto C-1237-04-01-F

A todo el Personal de la Estación Biológica El Frío: Rafael Antelo (Picu) y Daniel González, gracias a ustedes pude realizar mi tesis en la Estación, me han brindado más que su apoyo y amistad. De verdad que se les quiere muchísimo!!!. No puedo dejar de mencionar a los llaneros y llaneras que trabajan en la Estación y en el Hato que me han recibido siempre con mucho cariño. Y como no agradecer al llano...tantos atardeceres y amaneceres hermosos vividos allí!

Al Universo, por permitirme un camino en ese llano tan hermoso

A mi Padre y a mi Madre, por guiarme y estar siempre presentes en ese camino

A mis hermanos y sus hijos, todos! por ser más de lo que se imaginan en mi camino. Cada uno de ustedes tiene un pedacito de este logro...gracias por tanto!

A mis segundos Padres, Lino y Ana Velo, es mucho lo que han confiado en mi, esto también es para ustedes

A Mariana Muñoz, profesora, amiga y ejemplo clave en mi carrera y en esta etapa. Sin olvidar a Fernando, gracias por tanto!

Al Profesor Jaime Péfaur, ejemplo y mentor de mucho de lo que he logrado

Al Cielo que ahora brilla y me cubre

A Alberto Fernández, tanto a la vez...esto es para ti también!

A mis muy especiales amigos, Isis, María, María Carolina, Claudia, Roxibell, Juan Carlos, Leonardo H., Leonardo R., Miguel, Marlond y Helin, Rodolfo y Tibisay. Me han acompañado en muchos momentos, más de lo que imaginan. Es posible que no los haya nombrado a todos, sin embargo su ausencia en estas líneas no significa la ausencia en mi camino.

A quienes estuvieron y ahora no están...

A todos mil gracias!



RESUMEN

Los Llanos venezolanos representan una importante zona para la conservación y manejo de vida silvestre debido a la alta biodiversidad que albergan. Por otro lado los planes de conservación en esta área deben ser adecuados a los procesos de transformación que están ocurriendo en el país. Uno de los pasos para lograr un adecuado plan de manejo consiste en la elaboración de mapas y/o modelos espaciales de distribución de hábitat usados para los estudios referentes a la conservación de la biodiversidad. En este trabajo se empleó un modelo para determinar la distribución de hábitat del chigüire (*Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris*) como especie representativa de la fauna de vertebrados en las sabanas inundables de la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela. El modelo se construyó usando características ambientales del hábitat de la especie determinadas por revisión bibliográfica, observaciones de campo y revisión de información espacial (imagen satelital, fotos aéreas y mapas cartográficos) del área de estudio. Se formularon ecuaciones matemáticas y lógicas que permitieron desarrollar el modelo, usando un Sistema de Información Geográfica (SIG). A partir de este modelo de distribución se logró determinar que el hábitat del chigüire está definido principalmente por la presencia de cuerpos de agua y de sabanas semiestacionales, debiendo confluir en las cercanías la sabana hiperestacional, estacional y zonas que, no sólo le provean alimento al animal si no también zonas para refugiarse y reposar, como los bosques de galería y los bancos de arena. Además, los elementos antrópicos de mayor influencia para el hábitat de la especie son los caminos de tierra, por ofrecer superficies secas para el descanso y la coprofagia, y la zona de influencia del caño Guaritico por ser ésta una puerta de entrada a la cacería ilegal.



Tabla de Contenido

CAPITULO 1	12
INTRODUCCIÓN	13
HIPÓTESIS DE TRABAJO	16
OBJETIVOS	17
General	17
Específicos	17
CAPITULO 2	19
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1 Sistemas de Información Geográfica	20
2.2 Ecología del paisaje y Modelos	21
2.2.1 Ecología del paisaje	21
2.2.2 Modelos	22
2.3 Hábitat	26
2.4 Modelos de hábitat	27
2.5 El Chigüire <i>Hydrochaeris hydrochaeris</i> Linne, 1766	29
2.5.1 Aspectos taxonómicos	29
2.5.2 Descripción morfológica	29
2.5.3 Aspectos biológicos	31
2.5.4 Aspectos ecológicos	35
2.5.5 Aspectos de conservación y manejo	41
CAPITULO 3	44
CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	45
3.1 Ubicación geográfica	45
3.2 Clima	45
3.3 Geología y Geomorfología	47
3.4 Suelo	48
3.5 Vegetación de sabana	48
3.5.1 Sabanas estacionales	49
3.5.2 Sabanas hiperestacionales	50
3.5.3 Sabanas semiestacionales	51
CAPITULO 4	54
CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE LA ESTACIÓN BIOLÓGICA EL FRÍO	55
4.1 Aspectos metodológicos	55



4.1.1 Características de la imagen de satélite Landsat TM 1988	55
4.1.2 Georreferenciación de la imagen	56
4.1.3 Clasificación de la Imagen	57
4.1.4 Filtrado de la Imagen	58
4.2 Resultados y discusión	60
CAPITULO 5	67
HÁBITAT DEL CHIGÜIRE. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS	68
5.1 Aspectos metodológicos	68
5.1.1 Caracterización del hábitat a través de datos bibliográficos	68
5.1.2 Caracterización del hábitat a través de datos de campo	69
5.2 Resultados y discusión	70
5.2.1 Caracterización del hábitat a través de datos bibliográficos	70
5.2.2 Caracterización del hábitat a través de datos de campo	72
CAPITULO 6	76
MODELO ESPACIAL DEL HÁBITAT DEL CHIGÜIRE	77
6.1 Aspectos metodológicos	77
6.1.1 Formulación del modelo	77
6.1.2 Ubicación espacial del modelo	79
6.1.3 Evaluación del modelo	79
6.2 Resultados y discusión	80
6.2.1 Formulación del modelo	80
6.2.2 Ubicación espacial del modelo	82
6.2.3 Evaluación del modelo	89
CAPITULO 7	94
DISCUSIÓN y CONCLUSIONES GENERALES	95
7.1 Discusión general	95
7.2 Conclusiones	99
Referencias bibliográficas	101



INDICE DE FIGURAS

2.1 Clasificación de los modelos basada en las propiedades intrínsecas. Modificado de Guisan y Zimmermann (2000)	24
2.2 Esquema de la sucesión de pasos en el proceso de construcción de un modelo. Modificado de Guisan y Zimmermann (2000)	25
2.3 Individuo adulto de <i>Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris</i>	30
2.4 Ejemplar macho de <i>Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris</i> detallando el morrillo	30
2.5 Cópula de chigüires dentro de una laguna en la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela	32
2.6 Grupo de chigüires en descanso sobre una superficie seca cercana a un estero	33
2.7 Distribución actual de <i>Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris</i> en América del Sur Modificado de González-Jiménez (1995)	36
2.8 Distribución del Chigüire (<i>Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris</i>) en Venezuela. Modificado de Eisenberg (1989)	36
3.1 Ubicación del área de estudio (enmarcado negro) y de la Estación Biológica El Frío (enmarcado en amarillo), en relación con el estado Apure y Venezuela	46
3.2 Climadiagrama de San Fernando de Apure (estado Apure, Venezuela)	47
3.3 Sabana estacional típica en la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela	50
3.4 Sabana hiperestacional típica en la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela	51
3.5 Sabana semiestacional típica en la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela	52
3.6 Bosque de galería alrededor de una caño en la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela	52
3.7 Perfil idealizado de la distribución de los ecosistemas en el área de estudio, en relación al gradiente topográfico y las unidades geomorfológicas. Las distancias entre las unidades ecológicas y la altitud relativa son aproximadas. Modificado de Chacón <i>et al.</i> (submitted)	53
4.1 Imagen de satélite LANDSAT TM 1988 del estado Apure, Venezuela	56
4.2 Mapa de unidades ecológicas resultante del proceso de clasificación supervisada, solo para el área de muestreo	60
4.3 Área (Km ²) que ocupa cada unidad ecológica dentro del área de muestreo (274.4 Km ²)	61
4.4 Mapa de lagunas y caños permanentes con su mapa de distancia calculado para el área de estudio	62
4.5 Mapa de bancos de arena con su mapa de distancia calculado para el área de estudio	63



4.6 Mapa de bosques de galería con su mapa de distancia calculado para el área de estudio	63
4.7 Mapa de sabana estacional con su mapa de distancia calculado para el área de estudio	64
4.8 Mapa de sabana hiperestacional con su mapa de distancia calculado para el área de estudio	64
4.9 Mapa de sabana semiestacional con su mapa de distancia calculado para el área de estudio	65
4.10 Mapa de carreteras con su mapa de distancia calculado para el área de estudio	65
5.1 Mapa de puntos (65 presentes, 153 ausentes) de presencia/ausencia generado por el muestreo de calibración realizado durante los meses de mayo y junio de 2004, durante la estación lluviosa en el área de estudio	72
6.1 Esquema de formulación de ecuaciones a partir de los datos bibliográficos	80
6.2 Esquema de formulación de ecuaciones a partir de los datos de campo	81
6.3 Combinación de mapas para obtención de modelo de distribución de hábitat para el chigüire según datos bibliográficos	83
6.4 Mapa natural obtenido a partir de datos bibliográficos. Se señalan las coordenadas del mapa en UTM, zona 19. El área coloreada corresponde al hábitat predicho por el modelo. El área sin color corresponde a lugares que no son hábitat	84
6.5 Mapa con intervención obtenido a partir de datos bibliográficos. Se señalan las coordenadas del mapa en UTM, zona 19. El área coloreada corresponde al hábitat predicho por el modelo. El área sin color corresponde a lugares que no son hábitat	85
6.6 Combinación de mapas para obtención de modelo de distribución de hábitat para el chigüire según datos de campo	86
6.7 Mapa natural obtenido a partir de datos de campo. Se señalan las coordenadas del mapa en UTM, zona 19. El área coloreada corresponde al hábitat predicho por el modelo. El área sin color corresponde a lugares que no son hábitat	87
6.8 Mapa con intervención obtenido a partir de datos de campo. Se señalan las coordenadas del mapa en UTM, zona 19. El área coloreada corresponde al hábitat predicho por el modelo. El área sin color corresponde a lugares que no son hábitat	88
6.9 Mapa de puntos de presencia/ausencia generado por el muestreo de comprobación realizado durante los meses de mayo 2004 y enero 2005. Se registran 109 puntos en total	90



INDICE DE TABLAS

2.1 Plantas consumidas por el Chigüire apureño. Fuente: Ojasti (1973)	34
4.1 Asignación de colores en una composición de falso color. Fuente: Sabins (1987)	58
5.1 Matriz de importancia de uso de cada unidad ecológica y elementos de paisaje para el hábitat del chigüire	70
5.2 Matriz de importancia de distancia de los puntos de presencia con respecto a cada unidad ecológica y elementos del paisaje considerados en el estudio	73
6.1 Descripción de las unidades ecológicas y las distancias usadas para la formulación de los modelos	78
6.2 Significado de cada mapa mostrado en el esquema de formulación del modelo a partir de datos bibliográficos	81
6.3 Significado de cada mapa mostrado en el esquema de formulación del modelo a partir de datos de campo	82
6.4 Ecuaciones empleadas en la formulación de los modelos	82
6.5 Matriz de comprobación para el mapa de hábitat natural obtenido por datos bibliográficos	90
6.6 Matriz de comprobación para el mapa de hábitat intervenido obtenido por datos bibliográficos	91
6.7 Matriz de comprobación para el mapa de hábitat natural obtenido por datos de campo	92
6.8 Matriz de comprobación para el mapa de hábitat intervenido por datos de campo	92



INTRODUCCIÓN

Las sabanas inundables venezolanas se caracterizan por tener gran diversidad de especies animales, principalmente de aves, seguida por los mamíferos y los reptiles. Además presentan una gran diversidad de paisajes que no sólo ofrecen hábitats ideales para su colonización por especies silvestres sino también para el establecimiento de especies que están bajo manejo (sea para aprovechamiento, conservación o control). Históricamente, son tierras manejadas para ganadería extensiva, asimismo la construcción de módulos para el manejo de las aguas ha modificado intensamente el paisaje natural (Mauro, 1999; Tamisier y Dehorter, 1999; Chacón-Moreno, 2001).

A principios de la década de los años 70 se inicia el proyecto Módulos de Mantecal, basado en la construcción de diques para controlar el drenaje superficial de aguas (Chacón-Moreno *et al.* submitted); esto, con el fin de acumular las aguas durante la estación de lluvias para incrementar luego, la producción primaria y por lo tanto la capacidad de carga animal en la región, durante la época seca (López-Hernández y Ojeda, 1996). Esta transformación trajo consigo cambios en la composición y distribución en el ecosistema sabana. Las especies adaptadas al déficit hídrico han sido reemplazadas por especies adaptadas a ambientes hídricamente favorables (López-Hernández y Ojeda, 1996). Tales modificaciones conducen inevitablemente a una redistribución, o incluso, desaparición de hábitats para algunas especies silvestres.

Hoy en día, las investigaciones enfocadas hacia la distribución de especies, han tomado auge. Técnicas como los sensores remotos y los Sistemas de Información Geográfica, están siendo empleadas para el mapeo de hábitats de especies animales e inferencia de su ubicación en áreas determinadas (Atkinson, 1985; Breininger *et al.* 1991; Crosby, 1994; Dettmers y Bart,



1999; Mauro, 1999; Tamisier y Dehorter, 2000). Al conocerse la ubicación y preferencia de hábitats para ciertas especies no sólo se contribuye al conocimiento ecológico de la especie, sino que también pueden diseñarse estrategias para la protección y conservación del hábitat, y con ello se favorece además a otras especies que habitan en ellos (Griffiths *et al.* 1994).

Dentro de la ecología del paisaje, una reciente disciplina que, enfatiza la interacción entre los patrones espaciales y los procesos ecológicos (Turner *et al.* 2001), los modelos son una herramienta importante para entender y analizar la relación entre la heterogeneidad espacial del paisaje y los elementos ecológicos (Turner *et al.* 2001 y Gergel y Turner, 2002).

Se han venido usando dos tipos de modelos. El primero, fundamentado en el análisis directo de los procesos ecológicos en un contexto espacial, sin necesidad que exista un conocimiento profundo de los factores ambientales, a través de técnicas de autocorrelación; en el segundo, los procesos ecológicos son analizados y relacionados con los factores ambientales, asociándolos a su vez, con la heterogeneidad espacial y la distribución de tales factores (Chacón-Moreno *et al.* submitted). En este sentido, los modelos llegan a ser herramientas usadas para el análisis y evaluación de la distribución de especies animales y vegetales en un contexto espacial, y que además, permiten explorar y analizar los procesos ecológicos en ambientes modificados por dinámica natural o por la actividad humana.

La realización de un mapa de distribución de hábitat para el chigüire como integrante de la fauna llanera contribuiría a la conservación de muchos de ellos, afectados por elementos antrópicos (ganadería, construcción de carreteras y diques, entre otros) y por ende a la conservación de las especies que en ellos habitan. Al conocer la distribución de los hábitats es posible adecuar los planes de manejo de especies y usos de la tierra para evitar en lo posible la invasión o destrucción de lugares importantes para la reproducción o alimentación



de las especies silvestres llaneras. Además, se conjugan los fundamentos de la ecología del paisaje con los de los procesos ecológicos propios de la especie, esto permite establecer y comprender el modelo de la interacción animal con el paisaje.

Se emplea al chigüire como caso de estudio, debido principalmente a su condición de especie manejada para producción, aunque actualmente este manejo no se esté llevando a cabo de manera consecuente. Además se trata de un animal con hábitos diurnos y gregarios lo que lo convierte en objeto de fácil ubicación y observación. Por otro lado, las deficiencias en su manejo, ya sea por falta de interés de los propietarios de hatos o por la poca vigilancia de los organismos competentes respecto al cumplimiento de la normativa establecida para ello, han generado una disminución considerable de sus poblaciones.

En este estudio, los modelos ecológicos basados en el contexto espacial, son desarrollados y aplicados para conocer la distribución del hábitat del chigüire en las sabanas inundables de la Estación Biológica El Frío ubicado en Venezuela. Para tal fin se combinaron una serie de herramientas metodológicas que permitieron en una primera fase, determinar las características del hábitat de la especie, tanto por revisión bibliográfica como por muestreos de campo, además de caracterizar la zona de estudio. Posteriormente, en una segunda fase, a través de un Sistema de Información Geográfica, se logran conjugar los factores biológicos de la especie, el ambiente y la actividad antrópica para formular un modelo de distribución de hábitat, que en una tercera fase es ubicado en el espacio produciendo distintos mapas de distribución, que obedecen a las distintas condiciones consideradas en el estudio. Finalmente, se evalúa la exactitud de los modelos a través de la colecta de datos independientes y de la aplicación de un análisis de matriz de error.



HIPÓTESIS DE TRABAJO

1. Conociendo las características de los lugares que el chigüire ocupa para actividades de su historia natural, tales como alimentación, reproducción, descanso y refugio, e incluyendo la presencia de elementos antrópicos (carreteras, diques, entre otros) presentes o cercanos a su hábitat, puede establecerse la relación paisaje-especie, para la construcción de un modelo predictivo de la distribución del hábitat de la especie.

2. Si se considera que el chigüire es un animal que sólo realiza la cópula dentro del agua y que además su alimentación depende casi exclusivamente de plantas características de las sabanas semiestacionales, que permanecen inundadas durante casi todo el año, la distribución de su hábitat estará determinada por éstos dos elementos principalmente. Sin embargo, la presencia de sabanas estacionales, hiperestacionales y de bosques de galería, adyacentes a este complejo cuerpos de agua-sabana semiestacional, se hace determinante para la existencia de un hábitat potencial. Además, la presencia de lugares que le brinden superficies secas y de apoyo, como las sabanas estacionales, le ofrece al animal un espacio en el que pueda depositar sus primeras heces para ser consumidas posteriormente conociendo que la coprofagia es una actividad propia de la especie.

3. La distribución del hábitat del chigüire es afectada por la presencia de elementos antrópicos propios de la actividad ganadera realizada en las sabanas inundables. Entre los elementos antrópicos derivados de esta actividad pueden mencionarse las carreteras, los diques para manejo de aguas y el tránsito continuo de personal que maneja a los rebaños de ganado vacuno.

4. La ocupación de lugares que presenten las condiciones óptimas para el establecimiento de poblaciones de chigüire dependerá en primer lugar de la presión de cacería existente en el



lugar, y de la protección que otras actividades propias de la ganadería extensiva puedan brindarle.

OBJETIVOS

General

Determinar, a través de un análisis espacial, la distribución del hábitat para el chigüire como un representante importante de la fauna de las sabanas inundables del Hato El Frío, estado Apure, Venezuela.

Específicos

1. Determinar las características del hábitat natural ocupado por el chigüire, mediante el conocimiento de su historia biológica, a través de revisión bibliográfica y estudios de campo.
2. Determinar los factores de origen antrópico que influyen en la distribución de la especie considerada en este estudio, a través de revisión bibliográfica e información espacial.
3. Formular un modelo de distribución de hábitat para el chigüire, estableciendo ecuaciones matemáticas y/o lógicas que permitan correlacionar estos parámetros.
4. Ubicar espacialmente el modelo de hábitat utilizando la información derivada de los diferentes parámetros considerados mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG).
5. Evaluar la sensibilidad y el poder de predicción del modelo de distribución de hábitat, con datos de campo obtenidos a través de muestreos independientes.
6. Establecer la relación entre la distribución del hábitat de la especie seleccionada y el efecto de los factores antrópicos de la zona estudiada.



Este trabajo está desarrollado en siete capítulos. En el primero, se presenta la introducción; hablándose de las actividades desarrolladas en las sabanas inundables que han modificado el equilibrio de este ecosistema y por ende afectado la distribución de plantas y animales. Se muestra un breve planteamiento del uso de modelos predictivos como herramienta en estudios sobre impacto humano en ecosistemas y se resalta la importancia de la conjugación de elementos espaciales con los procesos ecológicos en el desarrollo de éstos. Finalmente se plantean las hipótesis a considerar y los objetivos diseñados para satisfacerlas. En el segundo capítulo se consideran los aspectos teóricos más importantes para el desarrollo del trabajo y la comprensión de cada una de las fases de construcción de un modelo predictivo; además se hace una descripción detallada de la historia natural del chigüire, especie seleccionada para el desarrollo de este estudio. El tercer capítulo, muestra en detalle la caracterización del área de estudio en lo que respecta a su ubicación geográfica, vegetación, clima, suelos, geología y geomorfología. En el cuarto capítulo, se hace una caracterización espacial del área de estudio, describiendo el procedimiento detallado del procesamiento de la información espacial (imagen LANDSAT TM y mapas cartográficos) para la producción del mapa de unidades ecológicas y de elementos de paisaje sobre los que se desarrolla el modelo. En el quinto capítulo, se presenta la caracterización y el análisis del hábitat del chigüire, lograda a través de revisión bibliográfica y muestreos de campo; la conjugación de estos resultados con los del capítulo anterior conforma la fase de calibración del modelo. Las fases posteriores, formulación, ubicación espacial y evaluación del modelo, son tratadas en el sexto capítulo, mostrando el procedimiento metodológico, los resultados de cada una y su discusión. Finalmente, el séptimo capítulo presenta las discusiones y conclusiones generales derivadas de los resultados obtenidos con respecto a los mapas de distribución del hábitat del chigüire, y del efecto que tienen los elementos antrópicos considerados sobre ésta.



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se detallan los fundamentos teóricos y conceptos pertinentes a la investigación. Iniciando con los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones y ventajas, relacionándolos con la ecología del paisaje y sus herramientas, así como la aplicación del conjunto en lo que respecta a investigaciones dirigidas a la conservación de especies y hábitats. Finalmente, se describe la historia natural del Chigüire (*Hydrochaeris hydrochaeris*).

2.1 Sistemas de Información Geográfica

Según Aronoff (1993) y Meijerink *et al.* (1994), un Sistema de Información Geográfica, (SIG), es un grupo de datos obtenidos a partir de información geográficamente referenciada. Detallando cada uno de los términos que lo conforman, Meijerink *et al.* (1994) definen lo siguiente:

Sistema, como la integración entre usuario y computador para producir información que soporta operaciones, manejo, análisis y toma de decisiones en una organización. Este sistema incluye procesamiento de imágenes digitales obtenidas de sensores remotos, software geoestadísticos y uso de bases de datos.

Información, le refieren como datos que proporcionan conocimiento, excluyendo sistemas de almacenaje, recuperación y producción de datos.

Geográfica, considerando datos o grupos de datos referenciados en el espacio resultando en mapas al ser procesados.

Los SIG tienen la capacidad de operar datos iniciando con la entrada, siguiendo con el manejo (almacenamiento y recuperación), manipulación y análisis, produciendo finalmente un resultado, que generalmente es un mapa.



Haines-Young *et al.* (1994), describen a los SIG como sistemas computarizados diseñados principalmente para procesar información espacial derivada de sensores remotos (imágenes de satélite, imágenes de radar, fotos aéreas, entre otros). Esta información espacial puede manejarse manualmente para la construcción de mapas, en los que cada capa, representa diferentes aspectos de la geografía del área; la importancia de los SIG, radica entonces, en la posibilidad de hacer combinaciones de capas que permitan posteriormente resolver problemas particulares, incluso procesar de diferentes maneras cada capa o sus combinaciones de manera flexible, conjugando con información de tipo no espacial asociada a las características geográficas del mapa.

Actualmente, los SIG, se han convertido en una herramienta poderosa para procesar información espacial. Los datos pueden ser mantenidos en formato digital, lo que permite almacenar y recuperar, a velocidades convenientes, grandes cantidades de datos a bajo costo para generar información, que manualmente, se obtendría con mayor esfuerzo. Son amplias las aplicaciones de estos sistemas en áreas como conservación de la biodiversidad, agricultura, manejo de bosques, geología, arqueología, manejo de tierras entre otras (Aronoff, 1993).

2.2 Ecología del paisaje y Modelos

2.2.1 Ecología del paisaje

Desde hace pocas décadas, la ecología del paisaje se ha convertido en una disciplina de vanguardia en ecología y manejo de tierras, y todavía sigue en expansión (Haines-Young *et al.* 1994; Klopatek y Gardner, 1999; Turner *et al.* 2001). Haines-Young *et al.* (1994), refieren que el paisaje es la esfera en la que una serie de procesos se encuentran activos, por lo que entonces, la ecología del paisaje provee el entendimiento de cómo interactúan estos procesos (naturales y humanos). Además señalan las primeras definiciones que se le dieron a esta



disciplina: primero, es el estudio de las relaciones entre los fenómenos y procesos del paisaje o geosfera incluyendo las comunidades de plantas, animales y el hombre; en segundo lugar, es el estudio de la estructura, función y dinámica en áreas compuestas por paisajes heterogéneos que interactúan en el ecosistema.

Risser (1999), define la ecología del paisaje como el estudio de los efectos recíprocos de los patrones espaciales sobre los procesos ecológicos. Según Turner *et al.* (2001) y Gergel y Turner (2002), en los últimos años, la ecología del paisaje enfatiza la interacción entre los patrones espaciales y los procesos ecológicos, es decir, las causas y consecuencias de la heterogeneidad espacial en un intervalo de una escala determinada. Se distinguen dos aspectos importantes que diferencian esta disciplina de otras muy relacionadas dentro de la ecología. En primer lugar, considera explícitamente la importancia de la configuración espacial de los procesos ecológicos y en segundo lugar que las escalas espaciales son mucho más grandes que las usadas tradicionalmente (Turner *et al.* 2001).

2.2.2 Modelos

Una de las herramientas más importantes en la ecología del paisaje son los modelos. Turner *et al.* (2001), definen un modelo como una representación abstracta de un proceso o sistema que permite explorar un amplio intervalo de condiciones que pueden manipularse matemática y experimentalmente, además de entender y desarrollar teorías sobre la interacción entre los patrones espaciales y los procesos ecológicos (Turner *et al.* 2001 y Gelger y Turner 2002). Según Guisan y Zimmermann (2000), los modelos geográficos predictivos han ganado importancia en los estudios del impacto de la actividad humana sobre la distribución de las especies, para pruebas de hipótesis biogeográficas, mejorar mapas florísticos y faunísticos, así como para establecer prioridades sobre la conservación de especies. Se usan también una serie de modelos estadísticos para simular la distribución de: plantas y animales (terrestres y



acuáticos), comunidades vegetales y animales, tipos de vegetación, tipos funcionales de plantas, unidades de biomasa y vegetación de complejidad similar y, diversidad animal y vegetal. Otro tipo de modelos son los estáticos o comparativos, opuestos a los modelos mecanísticos de los procesos de los ecosistemas.

Levins (1966), señala que la naturaleza es demasiado compleja y heterogénea para que se puedan hacer predicciones exactas en tiempo y espacio mediante un modelo; por ello formula tres propiedades deseables para un modelo, a saber: Generalidad, Realidad y Precisión, estableciendo que sólo dos de estas tres suelen cumplirse mientras la tercera debe sacrificarse. Para Guisan y Zimmermann (2000), el primer grupo de modelos está enfocado en la generalidad y precisión, tales modelos son los llamados analíticos o matemáticos; son diseñados para predecir con exactitud respuestas dentro de una realidad limitada y simplificada. Ejemplos de este tipo de modelo son la ecuación de Lotka-Volterra y sus variantes, la ecuación general de crecimiento logístico o la Ley de crecimiento de Blackman. Mencionan un segundo grupo de modelos que son diseñados para ser realísticos y generales; son los llamados mecanísticos, fisiológicos o causales; predicen relaciones reales de causa-efecto. Finalmente refieren un tercer grupo, en los que se sacrifica la generalidad por la precisión y la realidad, que son los llamados modelos empíricos, estadísticos o fenomenológicos. En este caso, no se hacen formulaciones matemáticas para describir las relaciones causa-efecto dentro de los parámetros del modelo y predicción de respuestas; en su lugar, se produce información de los mecanismos y funciones ecológicas que permiten condensar los factores empíricos. La figura 2.1 resume la clasificación de los modelos basada en sus tres propiedades intrínsecas.

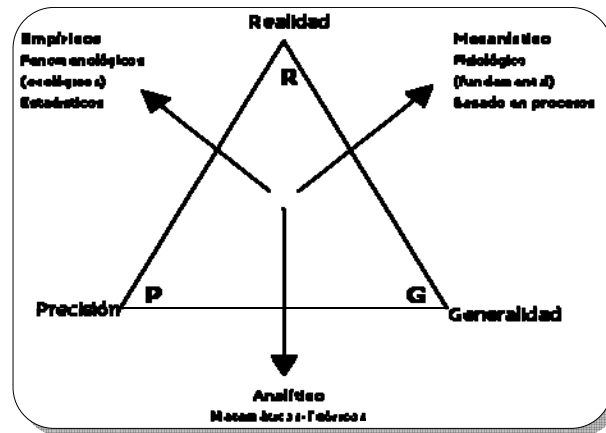


Figura 2.1 Clasificación de los modelos basada en las propiedades intrínsecas. Modificado de Guisan y Zimmermann (2000)

En algunos casos, la clasificación de los modelos a través de las propiedades intrínsecas no se aplica en la práctica. Los modelos predictivos de distribución pueden ser considerados como empíricos; sin embargo, algunos autores arguyen que los modelos de distribución de vegetación, por ejemplo, se basan rigurosamente en datos y principios fisiológicos independientes, por lo que habría que clasificarlos como mecanísticos (Guisan y Zimmermann, 2000). En este orden de ideas, el mismo autor hace mención a que los modelos o procesos empíricos tienen mayor o menor grado de generalidad, dependiendo de la naturaleza del objeto en estudio y que un modelo mecanístico por naturaleza no necesariamente será impreciso. Finalmente concluyen que la precisión, generalidad y realidad no siempre son mutuamente excluyentes.

Los criterios para la clasificación de los modelos varían de un autor a otro o incluso, del área en la que sean aplicados. Withers y Meentemeyer (1999) consideran, dentro del marco de la información espacial, otro tipo de modelos como lo son los espacialmente explícitos. Éstos no son más que un mapa actual o la simulación de un fenómeno, generalmente enfocado hacia la dinámica de población de una especie o superposición de comunidades en un paisaje. Con frecuencia, los objetivos clave de este tipo de modelo son predecir el patrón espacial de las



especies, poblaciones y tipos de vegetación, identificar hábitats críticos de especies amenazadas o simular los efectos que podría sufrir el paisaje por actividades que lo modifiquen.

De acuerdo con Turner *et al.* (2001) y Guisan-Zimmermann (2000), la construcción de un modelo predictivo básicamente conlleva los siguientes pasos:

1. Formulación del modelo conceptual.
2. Diseño del muestreo, estudios de campo, escalas espaciales y contexto geográfico del modelo.
3. Formulación estadística del modelo.
4. Calibración del modelo.
5. Predicción del modelo.
6. Evaluación del modelo.

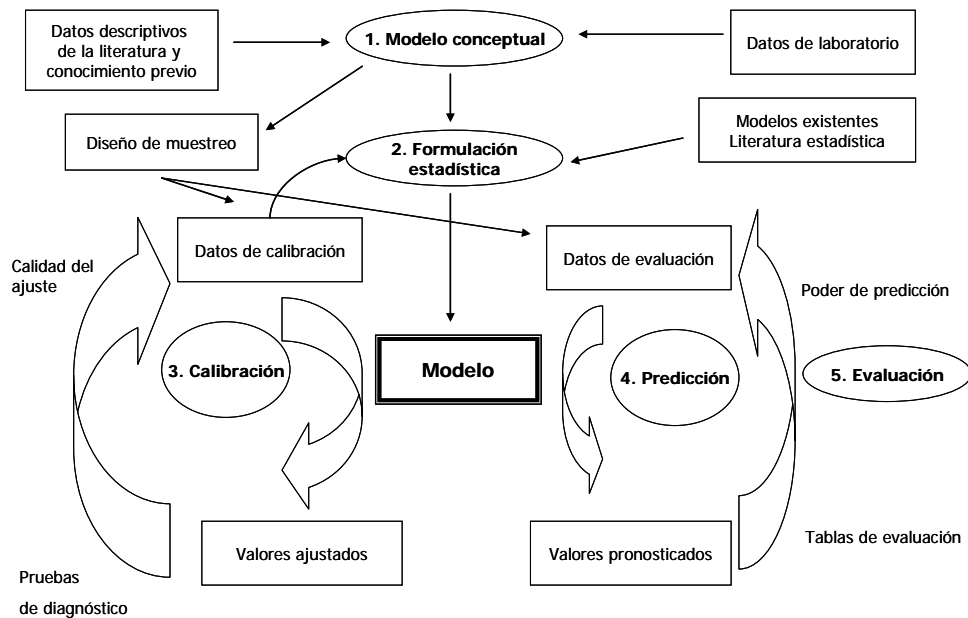


Figura 2.2 Esquema de la sucesión de pasos en el proceso de construcción de un modelo. Modificado de Guisan y Zimmermann (2000)



Tal como lo indica el esquema mostrado en la figura 2.2, el paso 1, se refiere al concepto ecológico fundamental (patrones generales en la distribución geográfica de las especies, predictores directos e indirectos, nicho real, nicho fundamental, especies, comunidades), que una vez identificado y definido permite establecer una apropiada escala espacial para la consecución del estudio y por lo tanto, la selección de los fundamentos conceptuales que explican las variables a estudiar. Además, una vez hecho esto se facilita la escogencia de la estrategia de muestreo para la identificación de los gradientes que pueden estar definiendo al modelo. Sigue entonces la formulación estadística, llamada también verificación, que frecuentemente es presentada como análisis estadístico; aquí se consideran los algoritmos y estadísticos adecuados para predecir un tipo particular de respuesta de la variable y la estimación de los coeficientes del modelo contextual (paso 2). La fase siguiente (paso 3), es la de calibración, que según Rykiel (1996), es la estimación y ajuste de los parámetros y constantes del modelo para optimizar la relación entre los datos de origen y el modelo resultante. Esta fase es de suma importancia, ya que la selección adecuada de las variables que definen el modelo aumentarán su poder predictivo y por lo tanto su exactitud (Guisan y Zimmermann, 2000). Una vez determinadas las respuestas de las variables durante los pasos anteriores, es posible predecir su distribución potencial, mediante representaciones cartográficas, por ejemplo, usando probabilidad de ocurrencia y abundancia, empleando métodos paramétricos y no paramétricos (paso 4). Finalmente, la fase de evaluación implica la aplicación de pruebas que determinen la veracidad y relación de las predicciones con respecto a la realidad (Levins, 1966; Loehle, 1983; Oreskes *et al.* 1994 y Rikiel, 1996).

2.3 Hábitat

Probablemente uno de los conceptos más importantes en ecología es el de hábitat, el lugar donde se desenvuelve un organismo. Sin embargo, a pesar de la relevancia de este



concepto, existe gran ambigüedad en su uso (Hall *et al.* 1997) y prácticamente cada autor utiliza una definición distinta. La tendencia es utilizar el concepto en un sentido más restrictivo y considerar el hábitat como el área que reúne las características físicas y biológicas necesarias para la supervivencia y reproducción de una especie (Harris y Kangas, 1988; Hall *et al.* 1997). Esta definición es biológicamente más relevante que la primera ya que incorpora una relación de dependencia. En otras palabras, la especie requiere del hábitat para perpetuarse, y tanto desde el punto de vista ecológico como de manejo, ésta tiene más utilidad. Pero, ¿quiere decir lo anterior que las áreas donde una especie está ausente no constituyen un hábitat? No necesariamente. Un hecho de gran importancia en ecología es que la distribución y la abundancia de los organismos están determinadas por factores ecológicos tales como temperatura, vegetación, competidores, entre otros. Esto último implica que, existe la posibilidad de que un área donde no está presente una especie animal, potencialmente pueda constituir hábitat para ella, pero simplemente por factores históricos este lugar no ha sido asequible para esta especie. El concepto de hábitat potencial es aplicable no sólo a especies que artificialmente colonizan nuevas áreas, sino que existen muchos casos en que especies extienden sus áreas de distribución naturalmente. Migraciones y fluctuaciones poblacionales naturales hacen que áreas que constituyen hábitats para una especie puedan hallarse "desocupadas" temporalmente. De igual forma, la caza desmedida ha provocado la desaparición de muchas especies animales de sus hábitats originales. Por estas razones, la ausencia de una especie en un área no define necesariamente, este ambiente como no apto para la ella.

2.4 Modelos de hábitat

Tradicionalmente, los modelos de hábitats se han fundamentado en la asociación entre la presencia de especies y la composición y estructura de la vegetación en el espacio que



ocupan. Sin embargo, se ha reconocido que la distribución de los animales responde a los patrones del paisaje que les rodea (Lawler y Edwards, 2002).

El análisis de la relación especie-ambiente siempre ha sido un tema de importancia en ecología. Generalmente se ha tomado al clima como el factor más importante que influye sobre la distribución de la fauna y vegetación en el mundo. Para explicar los patrones de distribución de fauna y vegetación se han usado el clima en combinación con otros factores ambientales. La cuantificación de tales relaciones especie-ambiente representa la esencia de los modelos geográficos predictivos en ecología (Guisan y Zimmermann, 2000).

Durante las últimas dos décadas, en los estudios realizados sobre biodiversidad y conservación, se han usado como herramientas y marcos conceptuales los SIG, ecología del paisaje, entre otros (Atkinson, 1985; Jensen *et al.* 1992; Velásquez, 1993; Crosby, 1994; van Apeldoorn *et al.* 1994; Dettmers y Bart, 1999; Oindo *et al.* 2000; Os, 2000; Coops y Catling, 2002; Cumming y Vernier, 2002; Cushman y McGarigal, 2002; Fabricius *et al.* 2002; Lawler y Edwards, 2002; Ludwig *et al.* 2002; Luoto *et al.* 2002; Opdam *et al.* 2002; Cousins *et al.* 2003; Hooten *et al.* 2003; Silbernagel, 2003; Walker *et al.* 2003; Westphal *et al.* 2003; Wilson y Lowe, 2003). Estas herramientas permiten establecer relaciones biofísicas entre las especies y el espacio que les rodea.

Los patrones espaciales de los procesos ecológicos tienen gran importancia en la investigación dirigida hacia la conservación de la biodiversidad (Hooten *et al.* 2003). Los procesos antrópicos afectan profundamente el ambiente, lo que ha motivado la realización de estudios de determinación de impacto antrópico, seguimiento, modelización y ubicación espacial de aquellos eventos que puedan influir negativamente sobre la biodiversidad y la dinámica ecológica de los ecosistemas (Atkinson, 1985; Coops y Catling, 2002; Lawler y Edwards, 2002).



2.5 El Chigüire *Hydrochaeris hydrochaeris* Linne, 1766

2.5.1 Aspectos taxonómicos

Eisenberg (1989), lo ubica en el orden Rodentia, familia Hydrochaeridae, y refiere que el nombre específico es *Hydrochaeris hydrochaeris* (Linne, 1766).

2.5.1.1 Nombres comunes

De acuerdo con González-Jiménez (1995), en Venezuela se le han dado numerosos nombres comunes a este roedor. Es conocido actualmente como Chigüire, llamado así por los indígenas Cumanagotos y Palenques, pero anteriormente recibía los nombres de Capigua por los Caribes, Capiba por los Tamanacos, Kiato por los Manipures, Chindó por los Yaruros y Chindoco por los Guahibos. También se le reconoce con los siguientes nombres en distintas localidades de América Central y del Sur, Capibara, Capybara, Capibaro, Chigüiro, Ronsoco, Capihuara (quechua), Yovuni (cofan), Unkum (shuar), Kapiur (achuar), Cueso (secoya), Tota (waorani).

2.5.2 Descripción morfológica

Según Ojasti (1972 y 1973), el chigüire es un roedor corpulento y de aspecto torpe, de cuerpo ancho y macizo, cabeza grande, hocico obtuso con el labio superior hendido, orejas pequeñas móviles, cuello corto, con extremidades cortas, especialmente las anteriores, pelaje áspero y grueso de color marrón oscuro a rojizo hasta pardo claro y gris amarillento pálido. Los orificios nasales, los ojos y las orejas están ubicados proporcionalmente muy arriba, lo que le permite esconderse en el agua dejando fuera solamente el extremo superior de la cabeza (Ojasti, 1973 y González-Jiménez, 1995). Los ojos son laterales de tamaño mediano. Las orejas son cortas, redondeadas, poco rígidas y provistas de un pliegue que les cierra el



conducto auditivo al sumergirse el animal. En la figura 2.3, se muestra un ejemplar adulto de la especie en el que se pueden apreciar sus características.



Figura 2.3 Individuo adulto de *Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris*

Es digitígrado pero la extremidad posterior funciona a veces como plantígrada y su parte inferior está cubierta parcialmente por una placa córnea y alargada hasta el talón. Posee cuatro dedos en las manos y tres en los pies, unidos en su parte basal por una membrana gruesa, mejor desarrollada en los pies, y provistos en su parte terminal por una cobertura córnea más parecida a una pezuña que a una uña (González-Jiménez, 1995). Los dedos laterales son menores que los centrales. La cola se encuentra reducida a una leve protuberancia córnea de unos 14 mm de diámetro. La hembra posee seis pares de pezones equidistanciados ventrolaterales y poco salientes. Los genitales se encuentran encerrados en un pliegue de forma ovalada en la región inguinal (Ojasti, 1972 y 1973). El macho se distingue por presentar una protuberancia glandular en la parte superior del hocico llamada morrillo que segrega sustancias útiles en la demarcación del territorio, tal como se observa en la siguiente figura 2.4 (Herrera, 1999).



Figura 2.4 Ejemplar macho de *Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris* detallando el morrillo

2.5.2.1 Morfometría

Según Eisenberg (1989), las medidas morfométricas del Chigüire son: Longitud total del cuerpo (CC)= 1.065-1.340; Longitud de la cola (LC)= 8-20; Longitud de la pata posterior (LP)= 218-252; Longitud de la oreja (LO)=58-65. Peso=35-65 K.

2.5.3 Aspectos biológicos

2.5.3.1 Desarrollo

Según Ojasti (1993), los jóvenes crecen a una velocidad de 60-100 g/día, dependiendo de la dieta y edad. Los neonatos pesan un promedio de 1,5 K. En el primer año de vida ganan 22-25 K. y a los dos años de edad pesan de 35-40 K. La madurez sexual generalmente ocurre a los 18 meses, sin embargo bajo condiciones excepcionales las hembras pueden engendrar a la edad de un año. En cautividad, la longevidad puede alcanzar los 12 años (Ojasti, 1993).

2.5.3.2 Reproducción

El chigüire se reproduce durante todo el año, existiendo una baja incidencia de hembras preñadas entre los meses de sequía y una máxima actividad a la llegada de las lluvias entre abril-julio en los llanos venezolanos (Ojasti, 1972 y 1973). El periodo de gestación es de cinco meses, el pico de nacimientos se cae al final de la estación lluviosa. El tamaño de camada



varía de una a ocho con un promedio de cuatro crías en los llanos, en general la hembra tiene sólo un parto por año, aunque bajo ciertas condiciones (en cautiverio y hábitats favorables) puede tener dos (Ojasti, 1972 y 1993; Herrera, 1999). La cópula suele ocurrir en el agua (ver figura 2.5), luego de que el macho sigue a la hembra desde muy cerca hasta que ésta lo acepta. La duración de la cópula es de unos cinco segundos y se compone de seis a diez empujones rápidos y un movimiento final durante el cual el macho se desplaza más arriba sobre la hembra (Ojasti, 1973).



Figura 2.5 Cópula de chigüires dentro de una laguna en la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela

2.5.3.3 Comportamiento

Generalmente son de hábitos diurnos, pero en aquellas áreas en las que son sometidos a fuerte presión de cacería modifican su actividad diaria hacia las horas nocturnas buscando protección dentro de los bordes de bosques de galería (Ojasti, 1973). Reposa largas horas acostado sobre su vientre. Su locomoción terrestre es de andar lento, pero al huir puede correr alcanzando distancias de hasta 100 a 200 m en muy corto tiempo (Ojasti, 1972). Cuando se alarma escapa rápidamente hacia el agua quedándose sumergido por varios minutos o se esconde en pastizales inundados y densos (González-Jiménez, 1995). Gusta de la sombra y del resguardo de los árboles, sobre todo de arbustos para esconderse con todo el grupo familiar. Por lo general permanece cerca de los cuerpos de agua y no se aleja más allá de 500 m. Debido a que su distribución en la sabana está limitada por la presencia de



cuerpos de agua, se le considera un animal semi-acuático (Ojasti, 1973). Descansan en suelos secos o pastizales menos húmedos. Según Gil *et al.* (1976), la manada ocupa un área de actividad que fluctúa entre 10 y 15 ha, dependiendo de la calidad del hábitat, estas superficies pueden reducirse durante la época reproductiva ya que se forman grupos familiares discretos y los machos establecen territorios de menos de una hectárea.

Son animales gregarios y sedentarios que viven en grupos familiares de dos a 10 individuos, donde el tamaño del grupo varía según la estación, condiciones de hábitat y densidad poblacional (Ojasti, 1993). Los grupos están compuestos por animales de ambos sexos con predominancia de las hembras en proporción cercana a un macho por cada dos hembras (Herrera y MacDonald, 1987). En el grupo es admitido sólo un macho funcional, que lidera, marca el territorio y ejerce la supremacía (Ojasti, 1968 y González-Jiménez, 1995). La estabilidad del grupo social varía estacionalmente, en el período seco la cohesión del grupo familiar es muy baja; los grupos tienden a concentrarse en los lugares donde todavía existen cuerpos de agua disponibles, formando grandes manadas. En el periodo de lluvias ocurre inicialmente una subdivisión de los grandes grupos y luego la reagrupación en los viejos grupos familiares (Ojasti, 1973). La figura 2.6 muestra la composición de una manada de chigüires en descanso cerca de un estero.



Figura 2.6 Grupo de chigüires en descanso sobre una superficie seca cercana a un estero



Según Herrera y Macdonald (1994), una de las posibles formas de comunicación entre los chigüires ocurre a través de señales químicas producidas en dos glándulas especializadas; el morrillo, que está desarrollada sólo en los machos y consiste en una protuberancia ovalada sobre el hocico y, una glándula anal, presente en ambos sexos, que consiste de un par de sacos ubicados a ambos lados del ano. Aunque la función de estas glándulas aún no está claramente dilucidada, es muy probable que el morrillo indique status social ya que el macho dominante marca con mayor frecuencia y su glándula es más voluminosa, mientras la glándula anal pudiera indicar pertenencia al grupo (Herrera y MacDonald, 1994; Herrera, 1999).

2.5.3.4 Alimentación

El chigüire es un herbívoro selectivo. Se alimenta casi exclusivamente de gramíneas de bajo y mediano porte, preferiblemente en las áreas húmedas e inundables (Ojasti, 1993) donde crecen todo el año por la disponibilidad constante de agua. El mismo autor señala que destacan en la dieta las especies *Hymenachne amplexicaulis*, *Leersia hexandra* y *Panicum laxum* durante la estación lluviosa; *Reimarochloa acuta*, *Paratheria prostrata*, *Sporobolus indicus* y *Axonopus* spp., además de *Paspalum fasciculatum* (gamelote o paja chigüirera) en la estación seca (González-Jiménez, 1995). El chigüire prefiere las plantas de estero con mayor frecuencia en el periodo de lluvias (*Hymenachne amplexicaulis*, *Leersia hexandra* y algunas Ciperáceas). A medida que disminuyen las aguas aumenta el consumo de forrajes de bajío y por último vegetación de banco (Escobar y González-Jiménez, 1976).

Ojasti (1973) propone una lista de plantas consumidas por el chigüire apureño (tabla 2.1), aunque considera que ésta es incompleta y además, carece de indicaciones cuantitativas.



Tabla 2.1 Plantas consumidas por el Chigüire apureño. Fuente: Ojasti (1973)

Tipo	Especie	Observación
Gramíneas	<i>Axonopus purpusii</i>	Importante en verano
	<i>Brachiaria plantaginea</i>	
	<i>Cynodon dactylon</i>	Accidental
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	
	<i>D. decumbens</i>	En cautiverio
	<i>Eragrostis pectinacea</i>	
	<i>E. glomerata</i>	En cautiverio
	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	Importante
	<i>Leersia hexandra</i>	Importante
	<i>Luziola pittieri</i>	Importante en invierno
	<i>Oplismenus burmannii</i>	Importante en sitios boscosas
	<i>Panicum laxum</i>	Importante
	<i>Paratheria prostrata</i>	Forraje de verano
	<i>Paspalum orbiculatum</i>	
<i>P. fasciculatum</i>	Importante en el Bajo Apure	
<i>P. repens</i>		
<i>P. chaffanjonii</i>	Poco palatable	
<i>Reimarochloa acuta</i>	Importante en verano	
Hierbas acuáticas	<i>Thalia geniculata</i>	
	<i>Eichornia azurea</i>	Alimento de emergencia
	<i>E. crassipes</i>	Alimento de emergencia
	<i>E. diversifolia</i>	
	<i>Heranthera limosa</i>	En invierno
Plantas leñosas	<i>Cordia tetandra</i>	Corteza y hojas en verano
	<i>Machaerium aculeatum</i>	Corteza en verano
	<i>Mimosa esperata</i>	Puntas de tallos y hojas en verano
	<i>Acacia glomerosa</i>	Corteza en verano

2.5.4 Aspectos ecológicos

2.5.4.1 Distribución de la especie

Es autóctona del continente americano. Su distribución es amplia y se extiende desde Panamá, manteniéndose al este de Los Andes, norte de Colombia y Venezuela, hasta Uruguay y noreste de Argentina, geográficamente corresponde a las cuencas hidrográficas de los principales ríos sudamericanos, Orinoco, Amazonas, Paraná y Río de la Plata (Eisenberg, 1989). No obstante, Linares (1998), refiere que las poblaciones existentes al Norte de la Cordillera de Los Andes hasta Panamá corresponden a la subespecie *Hydrochaeris hydrochaeris isthmus* y las poblaciones que ocupan el sur de la Cordillera de Los Andes corresponden a la subespecie *Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris*. En la figura 2.7 se observa la distribución actual del chigüire (*Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris*) en el continente Suramericano.



Figura 2.7 Distribución actual de *Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris* en América del Sur
Modificado de González-Jiménez (1995)

2.5.4.2 Distribución en Venezuela

En Venezuela, la distribución del chigüire abarca toda la cuenca del río Orinoco (Llanos, Guayana y Delta) encontrándose las mayores densidades en los Llanos bajos de Apure y al sur de Barinas. Ocupa también la Cordillera Central (sector este y sudeste) y Los Andes (Cuenca baja del río Caparo) entre 0 y 850 msnm (Linares, 1998 y Eisenberg, 1989). La figura 2.8, muestra la distribución *Hydrochaeris hydrochaeris* en Venezuela.

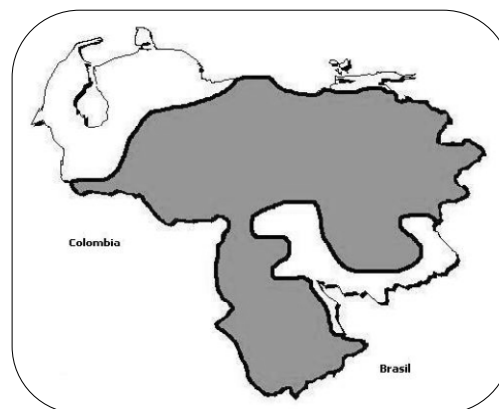


Figura 2.8 Distribución del Chigüire (*Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris*) en Venezuela. Modificado de Eisenberg (1989)



2.5.4.3 Hábitat

El chigüire alcanza su mayor abundancia en las llanuras de tierra caliente y vive siempre en la proximidad del agua (Ojasti, 1972). Las sabanas inundables son las típicas sabanas de chigüires (González-Jiménez, 1995). Según Ojasti (1973), los elementos más importantes para el hábitat del chigüire son: la presencia de un cuerpo de agua, disponibilidad de forraje adecuado y presencia de abrigo natural. El mismo autor señala 10 tipos de ambientes naturales del chigüire en el estado Apure:

1. Hábitat de selva de galería. El ancho de la selva boscosa a lo largo de los ríos y caños varía desde unos pocos metros hasta más de un kilómetro. Para el chigüire éste es un hábitat de abrigo, generalmente visitado en la estación seca cuando en la sabana hay escasez de agua. Cuando ocupan este ambiente suelen reposar bajo la sombra de la vegetación leñosa y salen a pastar en las sabanas adyacentes, pueden hasta beber agua y bañarse en las orillas del río. Al iniciarse la estación lluviosa los animales emigran hacia las sabanas más próximas. Este tipo de ambiente constituye un hábitat muy difundido en el estado Apure. En él se conjugan las ventajas de disponibilidad permanente de aguas y abrigo natural. Sin embargo, carece de alimento y debido a que se trata de cuerpos de agua navegables la población de animales es baja ya que aumenta la presión de cacería.

2. Hábitat de laguna rodeada de vegetación boscosa. Se trata de lagunas permanentes presentes en medio de bosques y con abundante vegetación acuática formada principalmente por *Paspalum repens*. Este tipo de ambiente no sostiene grandes poblaciones de chigüires debido a que sólo ofrece como alimento vegetación acuática.

3. Hábitat de caño con vegetación acuática. En los caños provistos de tapas permanentes se desarrolla generalmente una vegetación acuática formada por *Eichhornia crassipes*, *E. azurea* o *Pistia* sp, *Salvinia* sp, etc. que localmente reciben el nombre de Bora. Es un hábitat



bastante difundido en el Bajo Apure. La mayor parte de la vegetación sirve solamente de alimento de emergencia pero constituye un buen refugio para el chigüire, ya que cuando se ve amenazado suele sumergirse para esconderse.

4. Platanical. El platanico (*Thalia geniculata*) es característico de zonas cenagosas del Bajo Apure. Un platanical bien desarrollado puede alcanzar alturas mayores a 2 m y tiende a formar agrupaciones muy densas que a menudo tienen agua durante todo el año y cuando está anegado es impenetrable para el hombre y otros animales. Los chigüires forman colchones semiflotantes al tumbar hojas y tallos, que les sirven de asiento. Aunque no se alimentan de él suelen aprovechar las gramíneas hidrófilas que crecen en el lugar.

5. Gamelotal. Las sabanas de *Paspalum fasciculatum* o gamelotales constituyen una forma peculiar de la sabana inundable, que cubre grandes extensiones constituidas en su mayoría por *P. fasciculatum*; los chigüires lo utilizan como abrigo natural y recurso para alimentarse. Este tipo de ambiente se seca durante la estación seca, por lo tanto, para ser apto para el chigüire debe tener caños o lagunas con agua.

6. Caños en los bajíos. Este hábitat mantiene a la mayoría de los chigüires del Alto Apure y es característico de las sabanas de bancos y bajíos. La mayor parte de los caños pierde su cauce de agua durante la estación de sequía, pero en las partes más profundas y cerca de las tapas queda cierto depósito de agua, y en las adyacencias pueden mantenerse pequeños focos de vegetación aprovechable por el chigüire. En las partes más elevadas pueden encontrarse pajales conformados por *Elyonurus tripsacoides* e *Imperata contracta* en las partes más elevadas, interrumpidos por rastrojos de *Hyptis* sp, *Vernonia* sp y *Eupatorium* sp que le sirven al chigüire de abrigo natural.

7. Tierras bajas entre los médanos. Este ambiente es también conocido como sabanas de *Trachypogon*, aquí los chigüires solamente prosperan en los bajíos y lagunas, entre los



médanos o en las áreas bajas cercanas a los ríos, pues la carencia de abrigo natural los expone a los depredadores y no hay disponibilidad de alimentos en las zonas más descubiertas.

8. Estero rodeado de sabanas. Son estos los sitios más bajos de las sabanas y permanecen inundados casi todo el año. La cubierta de gramíneas de los esteros es baja. Abundan la lamedora (*Leersia hexandra*), la paja carretera (*Paratheria prostrata*) y *Reimarochloa* sp., además son frecuentes las colonias de platanico (*Thalia geniculata*) y de celedonia (*Ipomoea crassicaulis*). En la estación lluviosa aparece un grupo de gramíneas propias de este hábitat y se propagan las llamadas pajas de agua (*Panicum dichotomiflorum*, *P. elephantipes*, *Paspalum repens*, *Hymenachne amplexicaulis*), los arrocillos (*Oryza* sp.), los boros (*Eichornia* sp.) y el boro dormilón (*Neptunia* sp). En las sabanas pueden encontrarse esteros y lagunas cuyos alrededores constituyen un hábitat frecuentado por los chigüires. Este tipo de ambiente no ofrece abrigo natural, no obstante, se encuentran grupos dispersos de vegetación boscosa o rastrojos en los bancos sobrepastoreados adyacentes que pueden ser usados como refugio por el chigüire.

9. Campanillal. La campanilla (*Ipomoea crassicaulis*) es una invasora de los gamelotales y lamedorales sobrepastoreados. Este ambiente ofrece un buen abrigo natural para los chigüires en los sitios cercanos al agua, pero carece de forrajes excepto la poca vegetación acuática y remanentes dispersos de la vegetación gramineiforme.

10. Matorrales espinosos al borde de los caños. A lo largo de los caños o alrededor de las lagunas se desarrolla vegetación espinosa (*Mimosa esperata*, *Casia aculeata*, *Rochefortia spinosa* y *Randia armata*). El chigüire encuentra un refugio excelente en esta vegetación. Puede alimentarse durante la sequía de *Mimosa esperata* y de *Machaerium aculeata* pero



obtiene su sustento principal de las sabanas y de las gramíneas del medio del espinal, poco frecuentado por el ganado.

2.5.4.4 Dinámica poblacional

Según Ojasti (1972 y 1973), las poblaciones de chigüires presentan fluctuaciones estacionales. El aumento de las poblaciones ocurre en los últimos meses de la estación lluviosa, muchas veces debido al aumento en la natalidad y la inmigración desde áreas adyacentes al avanzar la sequía. Las disminuciones que ocurren en las poblaciones son más altas entre los meses de enero y abril, al finalizar la estación seca; generalmente producidas por cosechas irracionales a través de la cacería furtiva, depredación por perros semisilvestres y baja natalidad.

2.5.4.5 Competencia

González-Jiménez (1995), llevó a cabo estudios sobre la productividad de la sabana en el banco, el bajío y el estero, dadas las fluctuaciones de los forrajes en la sabana inundable, para así comprobar la hipótesis de que existe una superposición de los cuatro mayores herbívoros del llano, chigüire (*Hydrochaeris hydrochaeris hydrochaeris*), caballo (*Equus caballus*), vacuno (*Bos indicus*) y venado (*Odocoileus virginianus*). El estudio se llevó a cabo midiendo el consumo de los diferentes pastos en tres periodos clave de la sabana inundable (al final del periodo de lluvias, al final de la sequía y durante las lluvias). Los resultados de este estudio indican que los chigüires cubren el 82% de su dieta consumiendo plantas del bajío y el estero, mientras que los caballos y las vacas sólo consumen un 64%. Se atribuye esta diferencia al consumo de Ciperáceas (16% en total) que efectúa el chigüire, incluyendo a *Eichornia* (2%). El ganado vacuno presentó baja frecuencia en el consumo de *Paratheria prostrata*, aun siendo muy abundante en el bajío mientras que el chigüire y el caballo si compiten por esta gramínea.



La competencia interespecífica en el bajo es casi inexistente, ya que esta unidad es la más extensa de la sabana inundable. La abundancia de forrajes y la disponibilidad de agua en el estero propicia que exista mayor competencia entre los herbívoros, sobretodo en verano; mientras en el banco, la vegetación está constituida por gramíneas anuales de crecimiento efímero y de lignificación muy rápida, que son apetecibles para el ganado vacuno y los equinos, más no así para el chigüire (González-Jiménez, 1995). Se concluyó del estudio que existe superposición de dietas entre el chigüire y el ganado hasta el final de las lluvias y en el periodo de inundación, pero al final del periodo seco se da una muy marcada competencia entre chigüires y venados, y entre chigüires y especies introducidas (ganado vacuno y equino).

2.5.4.6 Enemigos naturales

Ojasti (1973), lista una serie de depredadores para el chigüire, dentro de las que se encuentran los caricares (*Caracara plancus*), los zamuros (*Coragyps atratus*) y las babas (*Caiman crocodilus*). Estas especies causan mortalidad elevada sobre todo en los individuos jóvenes. También pueden incluirse especies como la anaconda (*Eunectes murinus*), el caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*), el tigre (*Felis onca*) González-Jiménez (1995).

2.5.5 Aspectos de conservación y manejo

2.5.5.1 Estatus poblacional

Según las últimas investigaciones realizadas, el estado actual de las poblaciones de chigüires en la región de los llanos es poco satisfactorio, sobre todo en aquellos lugares que no se están efectuando planes de manejo. Según Herrera (com. pers), en los hatos más importantes de la zona, Hato El Cedral y Hato El Frío, el número de individuos contados este año al final de la época seca por Profauna fue de 5000 y 7000 respectivamente. Mientras que



en años anteriores, en el Hato El Cedral la población era de unos 18000 a 20000, y para el Hato El Frío era de 6000.

2.5.5.2 Programas y planes de manejo

En Venezuela, una de las especies que se ha venido aprovechando comercialmente desde hace más de 30 años ha sido el chigüire. El aprovechamiento de esta especie en el país se remonta a las primeras décadas del siglo pasado (González-Fernández, 1993). El chigüire ha sido cazado tan extensivamente que ha sido exterminado en grandes áreas. La carne es muy apreciada especialmente durante la Semana Santa. La caza se efectúa al final de la estación seca, entre febrero y abril. La situación provocada por el aprovechamiento irracional sobre la especie promovió una serie de normativas legales para la regulación de las actividades de cacería (Ojasti, 1973; Herrera, 1999 y González-Jiménez, 1995).

Según González-Fernández (1993), históricamente, el primer intento de regulación fue a través de una Resolución emanada por el Ejecutivo Nacional en 1953, en la cual se establece el requisito de poseer una licencia concedida por el Ministerio de Agricultura y Cría. Sin embargo, para el año 1962, la situación de la especie era tan crítica debida a la sobreexplotación de sus poblaciones por la expedición no controlada de licencias que el Ministerio de Agricultura y Cría (MAC) promulga una veda ininterrumpida por cinco años. Durante este lapso, las poblaciones de chigüires tuvieron oportunidad de recuperarse y además se realizó un extensivo trabajo de campo para preparar un programa lógico con miras a explotar de forma racional a la especie. Para 1968, las poblaciones de chigüires en algunas regiones de los llanos venezolanos alcanzaron niveles capaces de soportar una extracción selectiva sustentada en los estudios realizados. En 1975, el MAC emana las nuevas normas que controlan el programa, restringiendo el ámbito geográfico del aprovechamiento en hatos o fundos de propiedad privada en los Estados Apure y Barinas. En 1980, el



Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, amplía el ámbito geográfico del programa, incorporando a los estados Anzoátegui, Bolívar, Cojedes, Guárico, Monagas, Portuguesa y Zulia. En el año 1982, se estipula que sólo se otorgarán licencias a hatos o fundos que tengan una población mínima de 400 individuos. Actualmente el programa de aprovechamiento se rige por una Resolución MARNR 42 del 13 de marzo de 1990 en la que se establece la obligatoriedad de ejecutar Planes de Manejo cuya implementación es de estricto cumplimiento y cuyos objetivos se dirijan hacia la mejora del sistema de producción y la capacidad de carga, realizando previamente un censo poblacional para determinar el estado de la población, llevado a cabo por el Servicio Autónomo de Fauna (PROFAUNA). El resultado del censo se compara con el plantel de cría establecido que corresponde al 70% de la población censada por primera vez desde 1985, y si la población se encuentra por encima de éste, se concede la licencia de caza con fines comerciales con máximo de cosecha del 20% de la población total.

Los estudios de comportamiento y ecología realizados sobre esta especie tienen importancia para el manejo de las poblaciones (González-Jiménez, 1995). Según Herrera (1999), existen tres aspectos del comportamiento de un animal que deben considerarse para los planes de manejo y para programas de conservación, así como para la evaluación del estado de una población; primero, las pautas que conducen a los patrones de uso de hábitat y la obtención del alimento; segundo, el comportamiento reproductivo y por último, la defensa contra depredadores.



CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

En este capítulo se detalla en su totalidad la zona donde se realizó el estudio, a través de mapas y fotografías se ubica geográficamente y se hace una descripción biológica y ecológica de su vegetación, clima, suelo, geología y geomorfología.

3.1 Ubicación geográfica

La Estación Biológica El Frío (EBEF), ($7^{\circ}49'N$ y $68^{\circ}54'W$), está situada en los Llanos del Orinoco (Venezuela, estado Apure), tiene una superficie aproximada de 700 Km^2 y colinda por el extremo Norte con el río Apure (Fig.3.1). El paisaje dominante es de sabanas inundables.

El área de muestreo se seleccionó usando como referencia una imagen satelital (Landsat TM) de 1988 y conocimiento previo del área de estudio. De los 700 Km^2 de superficie de la EBEF, se tomaron aproximadamente 270 Km^2 (figura 3.1). Esta selección abarca una zona bastante representativa de las sabanas inundables. Está enmarcada entre los $7^{\circ}50'N$, $68^{\circ}55'W$ y $7^{\circ}53'N$, $68^{\circ}52'W$ en su límite Norte, y al Sur entre los $7^{\circ}41'N$, $68^{\circ}55'W$ y $7^{\circ}45'N$, $68^{\circ}26'W$.

3.2 Clima

Los llanos inundables tienen un clima típico Aw (según Koppen), caracterizado por dos periodos climáticos bien distintos, uno seco, llamado localmente Verano, que comprende los meses de noviembre a abril, y uno húmedo o de lluvias, llamado Invierno, que corresponde a los meses de mayo a octubre. En el periodo lluvioso ocurren aproximadamente un 90% de las precipitaciones anuales, cercanas a los 1500 mm (Chacón-Moreno, 2004).

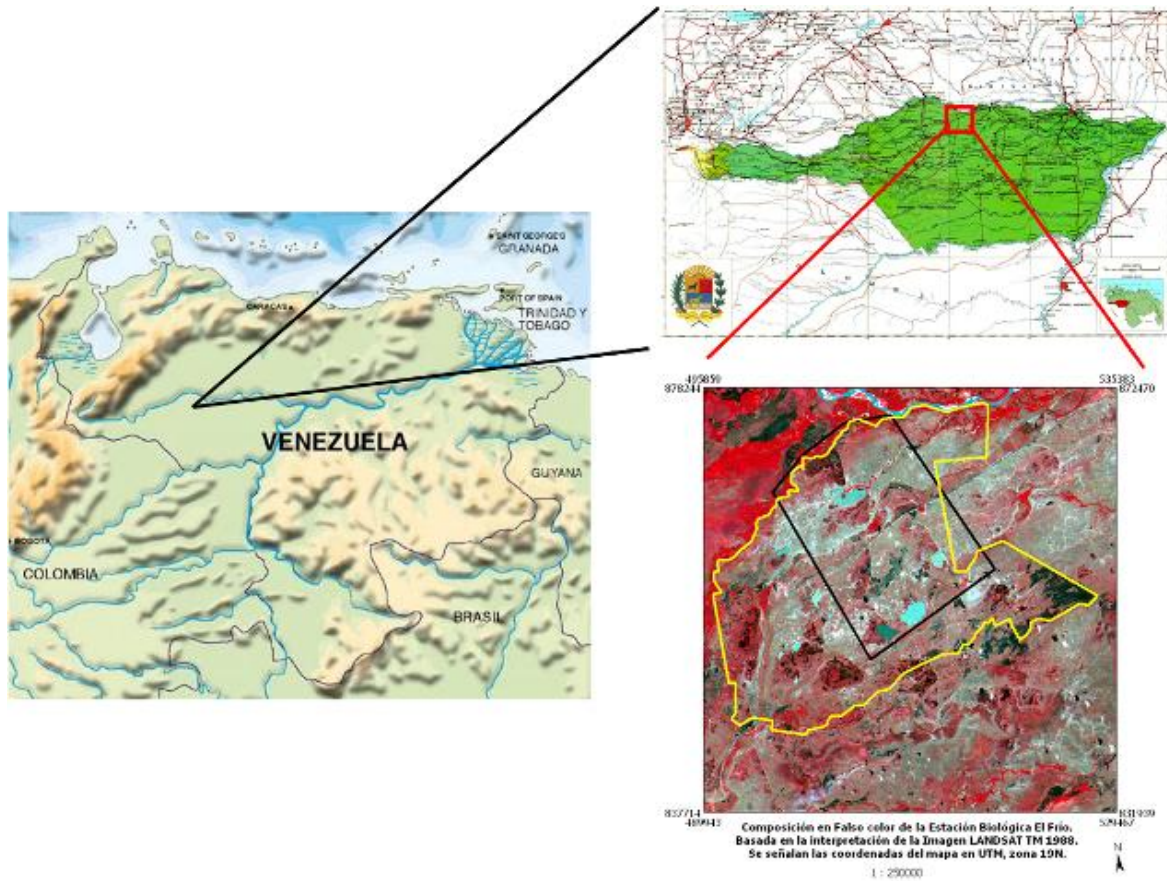


Figura 3. 1 Ubicación del área de estudio (enmarcado negro) y de la Estación Biológica El Frío (enmarcado en amarillo), en relación con el estado Apure y Venezuela

La temperatura promedio anual es de $27^{\circ} C$, y la variación diaria está comprendida entre $\pm 9,5^{\circ} C$. El mes más caluroso es abril con una temperatura promedio de $29^{\circ} C$ (Mauro, 1999). Durante el periodo seco, la zona se mantiene con un nivel de agua muy bajo, mientras que en el periodo lluvioso puede permanecer inundada (Chacón-Moreno, 2001).

La figura 3.2, muestra el climadiagrama para la región, específicamente de San Fernando de Apure.

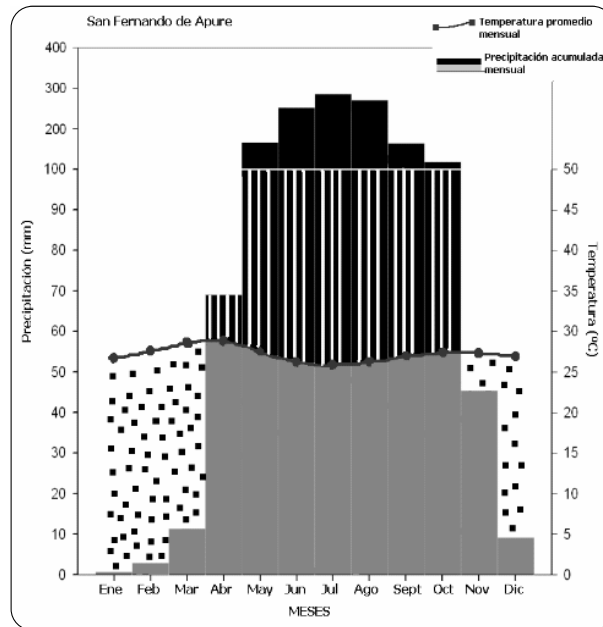


Figura 3.2 Climadiagrama de San Fernando de Apure (estado Apure, Venezuela)

3.3 Geología y Geomorfología

Sarmiento (1983) clasifica la región de sabanas del Orinoco en varias subregiones, según la edad del material parental, geomorfología y suelos, siguiendo el criterio de la estacionalidad hídrica detallado anteriormente; estas subregiones son: sabanas de piedemonte, sabanas sobre mesas, llanuras aluviales de desborde y llanuras eólicas. En este caso la subregión de interés es la llanura aluvial de desborde que ocupa una vasta depresión en la parte central de los llanos del Orinoco entre Colombia y Venezuela, y se ubican entre las sabanas de piedemonte y las sabanas sobre mesas. Específicamente en Venezuela esta llanura aluvial se extiende sobre el Sur del estado Barinas y la parte Norte y Occidental del estado Apure, ocupando también la zona Sur del estado Guárico.

El mismo autor señala que la llanura aluvial se origina por la acumulación de depósitos aluviales durante las últimas fases del Cuaternario donde los cursos y corrientes que



descendieron de Los Andes, al cambiar de pendiente corrían por toda la llanura depositando un manto continuo de finos sedimentos. Debido a estos procesos se ha formado un relieve de cadena topográfica de zonas altas y bajas alternadas, cuya diferencia de altura oscila entre uno y dos metros. Las zonas más altas son antiguos cauces de ríos que por sedimentación fueron levantando su lecho y disminuyendo su cauce hasta desbordarse y tomar un nuevo cauce. Las partes más bajas están formadas por cubetas de decantación de drenaje lento donde se desarrollan suelos de tipo vertisoles.

3.4 Suelo

Según Chacón-Moreno (1991), los suelos de las sabanas americanas se caracterizan por ser extremadamente pobres en nutrientes, pudiéndose explicar este oligotrofismo por varios procesos como la lixiviación y la ferralitización, las quemadas recurrentes características de la naturaleza y del manejo de esta región, además del drenaje y la capacidad de retención de agua.

Las sabanas inundables presentan tres tipos de suelo: limoso, característico de las sabanas hiperestacionales; arenoso, propio de las sabanas estacionales y arcilloso, característicos de las sabanas semiestacionales.

3.5 Vegetación de sabana

Las sabanas en Venezuela cubren alrededor de la tercera parte del país, específicamente las llanuras que rodean al río Orinoco (Chacón-Moreno 1991). Sarmiento (1983, 1990, 1992) clasifica funcionalmente el ecosistema Sabana en tres tipos, basado en las diferentes variaciones estacionales de la disponibilidad de agua en el suelo: estacional, hiperestacional y semiestacional. Además, ocurren los bosques de galería como una unidad asociada a los cursos de agua permanentes.



Según Sarmiento (1990 y 1992) y Chacón-Moreno (2001), este ecosistema ha sido manejado desde hace muchos años para la ganadería extensiva. En el estado Apure, esta actividad ha generado grandes cambios en el ecosistema natural a través de la construcción de diques. La función de los diques es almacenar las aguas durante la época de lluvias, de modo que en la época seca cuando el déficit hídrico desmejora la calidad y cantidad del forraje, se garantice el suministro de aguas en las zonas más afectadas por la sequía favoreciendo la producción primaria. El cambio más importante producido por tal actividad ha sido el reemplazo de la sabana hiperestacional por la sabana semiestacional; antes de la construcción de los diques la sabana hiperestacional ocupaba un 45% y ahora ocupa un 21% del área (Chacón-Moreno, 2001).

3.5.1 Sabanas estacionales

Son las áreas conformadas por un continuo fisonómico que va desde pastizales sin árboles hasta bosques abiertos. A nivel de cobertura y productividad predominan las gramíneas perennes en macolla de metabolismo fotosintético C4 y de asimilación y crecimiento continuo durante todo el año con una fase de reposo en el periodo seco y, árboles bajos perennifolios o semicaducifolios con hojas escleromorfas y de renovación de hojas en el periodo seco. Las especies más comunes en el estrato herbáceo son *Axonopus purpusii*, *Paspalum plicatulum*, *Imperata contracta* y *Sporobolus indicus* y en el estrato leñoso son *Curatella americana*, *Bowditchia virgilioides*, *Byrsonima crassifolia* y palmas del género *Attalea* (Chacón-Moreno, 1991 y 2001). Este paisaje puede apreciarse en la figura 3.3.

Las sabanas estacionales presentan dos estaciones hidrológicas: una seca, con duración entre tres y siete meses, y otra, favorable o húmeda que se caracteriza por la disponibilidad del agua en el suelo.



Figura 3.3 Sabana estacional típica en la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela

3.5.2 Sabanas hiperestacionales

Estas áreas presentan una fisonomía de pastizal predominante con pocas especies leñosas arbustivas. Con frecuencia se observan termiteros y hormigueros en abundancia. La vegetación característica de estas áreas es rica en gramíneas de metabolismo C3 y ciperáceas. La principal formación vegetal son las sabanas de *Andropogon bicornis* sobre suelos húmedos con la presencia de algunas palmas *Copernicia tectorum*. También dominan especies como *Imperata contracta*, *Leersia hexandra*, *Panicum laxum*, *Paspalum fasciculatum* y *Sporobolus cubensis* (Chacón-Moreno, 1991 y 2001). La figura 3.4 muestra este tipo de paisaje.

Las sabanas hiperestacionales son ecosistemas con un ciclo anual alternado de periodos de deficiencia, disponibilidad y exceso de agua; un primer período seco de aproximadamente dos o tres meses; un segundo período con disponibilidad del agua en el suelo que dura uno o dos meses; un tercer período con exceso de agua en el suelo, con una duración de aproximadamente seis a siete meses, y un cuarto período ecológicamente favorable que tiene una duración de un mes.



Figura 3.4 Sabana hiperestacional típica en la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela

3.5.3 Sabanas semiestacionales

Estas áreas se caracterizan por ser un ecosistema herbáceo dominado por gramíneas y ciperáceas de metabolismo C3, la presencia de leñosas es muy baja. En las zonas más inundadas las especies dominantes son *Leersia hexandra*, *Paspalum fasciculatum* y *Hymenachne amplexicaulis*, aunque también se observan otras de los géneros *Eleocharis*, *Scleria*, *Juncus*, *Eichornia*, *Thalia*, *Maranta*, *Cyperus* y *Heliconia* (Chacón-Moreno, 1991 y 2001). En la figura 3.5 se puede apreciar este tipo de paisaje.

En las sabanas semiestacionales ocurren dos períodos: uno favorable con una duración de dos a tres meses, y un período largo de aproximadamente nueve meses con exceso de agua en el suelo; no existe un periodo de deficiencia de agua y el suelo puede quedar saturado por muchos meses (Chacón-Moreno 1991 y 2001).



Figura 3.5 Sabana semiestacional típica en la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela

Chacón-Moreno (1991) refiere que además de estas unidades existe otra unidad importante que es el Bosque de galería de los ríos, este tipo de paisaje presenta disponibilidad de agua durante todo el año por lo que se hace posible la existencia de una masa boscosa. En este ecosistema predominan especies semicaducifolias y caducifolias, aunque también se encuentran especies perennifolias. En la figura 3.6, se muestra un pequeño bosque de galería que bordea un caño.



Figura 3.6 Bosque de galería alrededor de una caño en la Estación Biológica El Frío, estado Apure, Venezuela

Este autor también señala tres unidades geomorfológicas que se originan debido a la dinámica de desbordamiento de los ríos, a saber, Banco, Bajío y Estero. Los bancos son elevaciones naturales a lo largo de las orillas de caños y ríos en los que predomina la sabana



estacional y generalmente presentan suelos de tipo arenoso. Los bajos son áreas extensas de mediana altitud en las que los suelos son de tipo limoso y predominan las sabanas hiperestacionales. Por último, el estero, siendo la unidad topográficamente más baja con predominancia de suelos arcillosos; en este caso son las sabanas semiestacionales las que mayor dominancia tienen y por lo tanto, la influencia de la distribución de las aguas y de la humedad del suelo a lo largo del año son los factores que determinan la distribución espacial de las especies vegetales y los ecosistemas asociados con ella (Castroviejo y López, 1985; Pinillos (1999); Sarmiento et al. 2004; Chacón-Moreno *et al.*(submitted). La figura 3.7 muestra un esquema de la ubicación de los ecosistemas de las sabanas inundables.

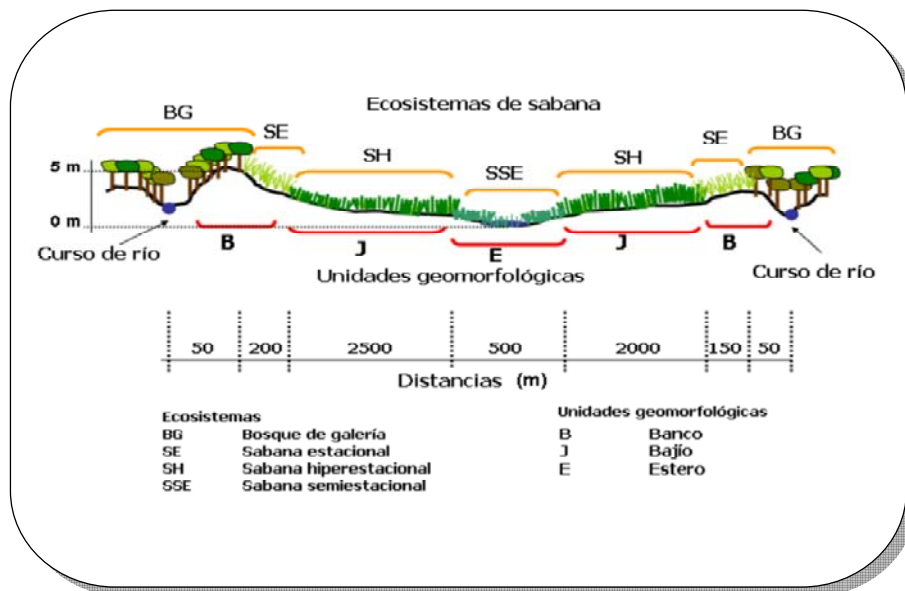


Figura 3.7 Perfil idealizado de la distribución de los ecosistemas en el área de estudio, en relación al gradiente topográfico y las unidades geomorfológicas. Las distancias entre las unidades ecológicas y la altitud relativa son aproximadas. Modificado de Chacón *et al.* (submitted)



CARACTERIZACIÓN ESPACIAL DE LA ESTACIÓN BIOLÓGICA EL FRÍO

La posibilidad de clasificar áreas extensas rápidamente, a través de SIG e imágenes de satélite, facilita, la obtención de información geográfica y ecológica sobre un área, ofreciendo además una sustanciosa base para el desarrollo de modelos ecológicos, estadísticos o espaciales, relacionando las características del paisaje con la ecología y biología de una especie (Griffiths *et al.* 1994).

En este capítulo se habla, inicialmente de las características de una imagen LANDSAT TM. Se detallan los aspectos metodológicos del procesamiento de información espacial, describiendo los pasos empleados para ello. Se realiza el proceso de georreferenciación, clasificación y filtrado de la imagen de satélite del área de estudio para la obtención de un mapa de unidades ecológicas y de paisaje a ser usados en las fases siguientes para la construcción de un modelo de hábitat para la especie en estudio.

4.1 Aspectos metodológicos

4.1.1 Características de la imagen de satélite Landsat TM 1988

La imagen sobre la que se desarrollan los mapas en este trabajo es una imagen LANDSAT TM que abarca una extensión de 31450 Km², esto es, 185 Km de ancho (dirección este-oeste) y 170 Km de largo (dirección norte-sur). La resolución espacial de esta imagen es de 30x30 m para las celdas del espectro visible e Infrarrojo, y de 120x120 m para el Infrarrojo térmico. Contiene siete bandas espectrales, la banda 1 (0,45-0,52 μm) que abarca la zona del azul en el espectro electromagnético, la banda 2 (0,52-0,60 μm) que cubre la zona del verde, la banda 3 (0,63-0,60 μm) cubriendo la zona del rojo, la banda 4 (0,76-0,90 μm) que abarca la zona del Infrarrojo cercano, la banda 5 (1,55-1,75 μm) cubriendo la zona del Infrarrojo



medio, la banda 6 (10,40-12,50 μm) que cubre la zona del Infrarrojo térmico y la banda 7 (2,08-2,35 μm) abarcando la zona del Infrarrojo lejano (Sabins, 1987).

La imagen fue tomada en el mes enero de 1988, siendo este periodo el correspondiente a la mitad de la estación seca en la región llanera venezolana. La figura 4.1 muestra la imagen de satélite utilizada en este estudio.

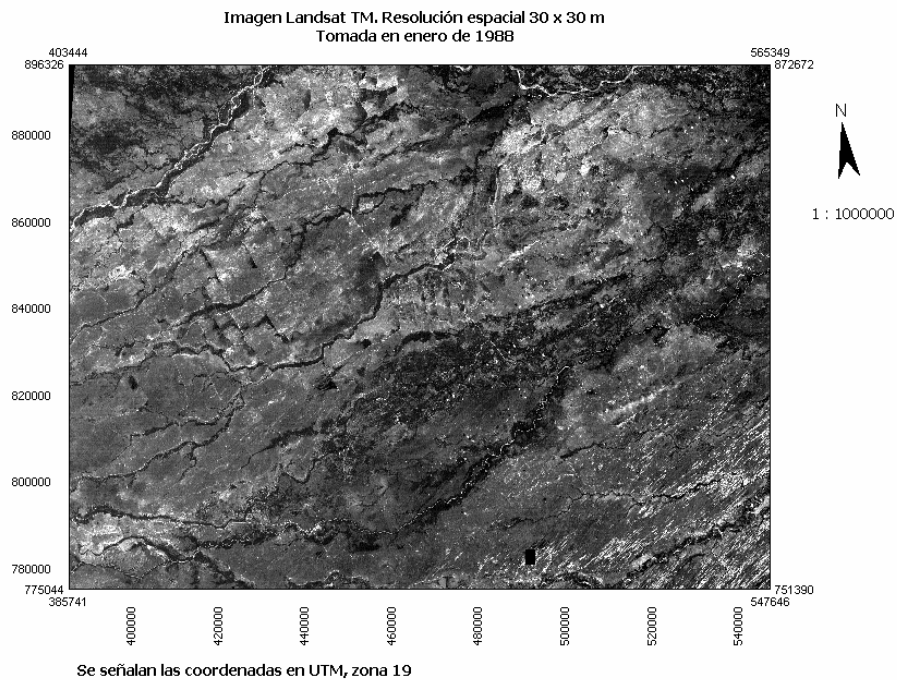


Figura 4.1 Imagen de satélite LANDSAT TM 1988 del estado Apure, Venezuela

4.1.2 Georreferenciación de la imagen

El procesamiento de la imagen se llevó a cabo utilizando un Sistema de Información Geográfica SIG (ILWIS: Integrated Land and Water Information System, Versión 3.2 Academic). A través de este programa se logra georreferenciar y ubicar en la imagen de satélite el área de estudio. Inicialmente es necesario efectuar ajustes geométricos de la imagen. Esta corrección se realiza con el objeto de ajustar las características geométricas de la imagen (panorama, curvatura y rotación). Generalmente se efectúa de acuerdo a la



proyección cartográfica estándar o Proyección Mercator Transversal UTM, permitiendo combinar la imagen con información geográfica de diferentes tipos tales como vectores, mapas raster y otras imágenes satelitales (ILWIS, 1997).

Ya realizada la corrección geométrica en la imagen de satélite, se procedió a georreferenciarla, asignándole la proyección, en el caso particular de esta imagen, Proyección Mercator Transversal (UTM) Provisional South American 1956 con el Datum de Venezuela, esto es la hoja 19, quedando así, la imagen, ajustada cartográficamente a las coordenadas del área de estudio, por medio de una colección de datos y de puntos obtenidos de mapas cartográficos hojas 6339 y 6439 de Cartografía Nacional, escala 1:100000 o por medición en el lugar de estudio a través de un Sistema de Posicionamiento Global (SPG). Estos puntos se seleccionaron determinando las coordenadas de zonas de fácil ubicación tanto en el mapa como en la imagen de satélite (cruces de carreteras, ríos, cruces de carreteras con ríos, curvas pronunciadas, centros poblados, cercas perimetrales, entre otros).

4.1.3 Clasificación de la Imagen

Una vez georreferenciada la imagen, ésta fue procesada para obtener una composición en falso color (FCC), siguiendo el procedimiento estándar (ILWIS, 1997). La combinación de las bandas 2,3 y 4 de la imagen de satélite permite hacer una representación en falso color que, conociendo algunas características geomorfológicas y de vegetación de la zona en estudio, hace posible reconocer unidades de vegetación, cuerpos de agua e incluso hasta cuerpos sólidos como carreteras. Según Sabins (1987), de la composición de bandas surge una nueva gama de colores sobre la imagen que permite identificar ciertos elementos tal como se muestra en la siguiente tabla:



Tabla 4.1. Asignación de colores en una composición de falso color. Fuente: Sabins (1987)

Elemento	Color
Vegetación saludable	Rojo
Espejos de agua	Azul oscuro a negro
Aguas estancadas	Azul brillante o claro
Suelo desnudo	Azul
Arenas móviles	Blanco a amarillo
Nubes y nieve	Blanco
Sombras	Negro

El proceso de clasificación de la imagen se realiza usando específicamente el método de la clasificación supervisada de Maximun Likelihood (ILWIS, 1997 y Chacón-Moreno, 2001). Este método consiste en la aplicación de un muestreo sobre la imagen en la que se seleccionan grupos de píxeles que pudieran identificarse con una clase determinada, que en este caso particular son lagunas, sabanas estacionales, sabanas hiperestacionales, sabanas semiestacionales, bosques de galería y bancos de arena, usando como referencia el conocimiento previo del área, referencias cartográficas y los valores de reflectancia del grupo de píxeles muestreado. Así todos los píxeles de la imagen quedan identificados con una clase y ahora el mapa se transforma en un Mapa (raster) de Unidades Ecológicas. Mas detalles de esta técnica pueden conseguirse en Chacón-Moreno *et al.* (2001).

4.1.4 Filtrado de la Imagen

El filtrado es un proceso en el cual cada clase de píxel en un mapa raster es reemplazado con una nueva clase. El nuevo valor o clase es obtenido por la aplicación de una función a cada píxel de entrada y es directamente relacionado con el valor de los píxeles más cercanos. En este caso se aplicó un filtrado de 5x5, es decir, se relacionan los 24 píxeles cercanos a cada uno de los píxeles clasificados (ILWIS, 1997). Generalmente este proceso se utiliza para resaltar las diferencias de una imagen de satélite en una mejor interpretación visual, reducir el ruido en una imagen clasificada a partir de una clasificación multibanda en áreas de estudios muy amplias, detectar líneas de cortes o bordes en una imagen de satélite, y



también, identificar píxeles que inicialmente fueron clasificados como desconocidos durante una clasificación multibanda, asignándole el valor más frecuente de las clases que se sitúan al rededor del píxel con valor desconocido (ILWIS, 1997).

Además de las unidades ecológicas representadas en el mapa obtenido con la clasificación, se producen dos mapas de segmentos en los que se representan las carreteras, tanto de asfalto como de tierra, igualmente que los ríos y caños que están dentro del área de estudio, respectivamente, considerándolos como unidades de paisaje. Estos mapas se obtienen mediante la digitalización, tanto de la imagen de satélite, como del mapa cartográfico (hojas 6339 y 6439 de Cartografía Nacional), de ríos y carreteras dentro del área de estudio.

A partir del mapa final de Unidades Ecológicas se hizo la separación de cada unidad en nuevos mapas, mediante el uso de ecuaciones para discriminar el resto de las unidades presentes, resultando un nuevo mapa para cada unidad ecológica, (ILWIS, 1997). En cada caso, la ecuación empleada se muestra a continuación:

iff(mapa de unidades ecológicas=unidad x, colocar mapa de unidad x, ?)

En otras palabras, esta ecuación quiere decir que si el mapa de unidades ecológicas es igual a una de las unidades que lo conforman, entonces se produce un mapa de tal unidad, en caso contrario no se produce mapa, de esta manera se obtienen los mapas individuales de cada unidad ecológica.

Posteriormente, a cada mapa resultante de la separación y a los mapas de carreteras y ríos se le calculó un mapa de distancias, usando también una herramienta disponible para ello en el SIG.



Todos los procedimientos fueron basados en los métodos y técnicas de procesamiento de imágenes y SIG descritas en Sabins (1987), Aronoff (1993), Meijerink *et al.* (1994) e ILWIS (1997).

4.2 Resultados y discusión

A través del proceso de clasificación de la imagen de satélite se obtuvo un mapa de Unidades Ecológicas que se muestra en la figura 4.2, para el área total de muestreo (274,4 Km²):

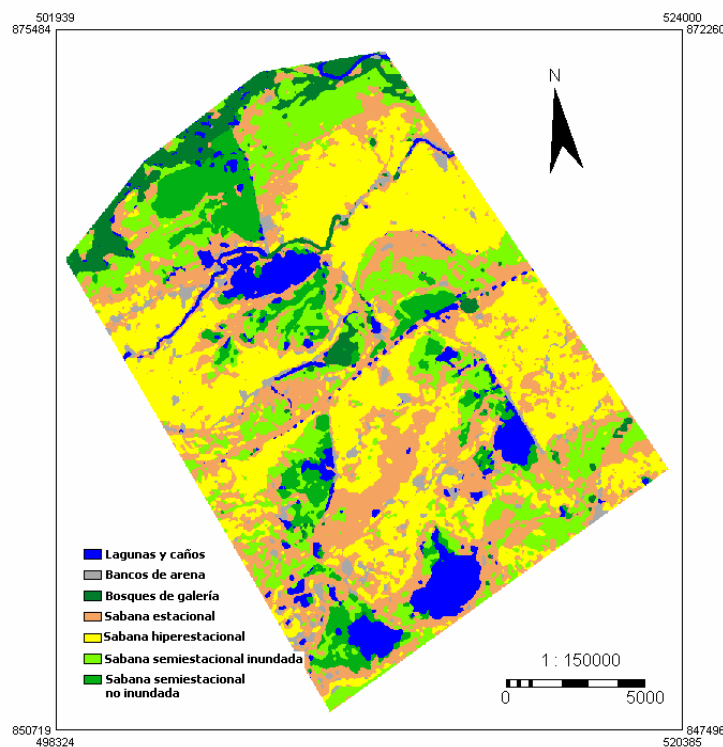


Figura 4.2 Mapa de unidades ecológicas resultante del proceso de clasificación supervisada, solo para el área de muestreo

Se asignó la clase lagunas y caños a zonas con agua pero sin vegetación (espejos de agua).

La clase bancos de arena se asignó a aquellas zonas carentes de vegetación (suelos desnudos) cuyo origen se debe principalmente a acumulaciones de arena provocadas por la disminución del nivel de agua de los cuerpos de agua permanentes, aunque también pueden deberse a zonas cuya vegetación ha sido arrasada por los incendios característicos en la



estación seca. Para el resto de las unidades clasificadas (sabanas y bosques) se usó como criterio de clasificación el tipo y cantidad de cobertura, y su cercanía a los cuerpos de agua.

Puede observarse en el mapa de la figura 4.2, la dominancia en el paisaje de las sabanas semiestacionales específicamente aguas arriba de los diques. En la región, los cursos de agua corren en dirección Oste-Eeste, por lo que durante la época seca las aguas quedan represadas al Oste de los diques que recorren la zona en dirección Norte-Sur. Entonces, aguas abajo de los diques predominan las sabanas hiperestacionales y estacionales.

La figura 4.3 presenta el histograma de área para cada una de las unidades ecológicas dentro del área de muestreo.

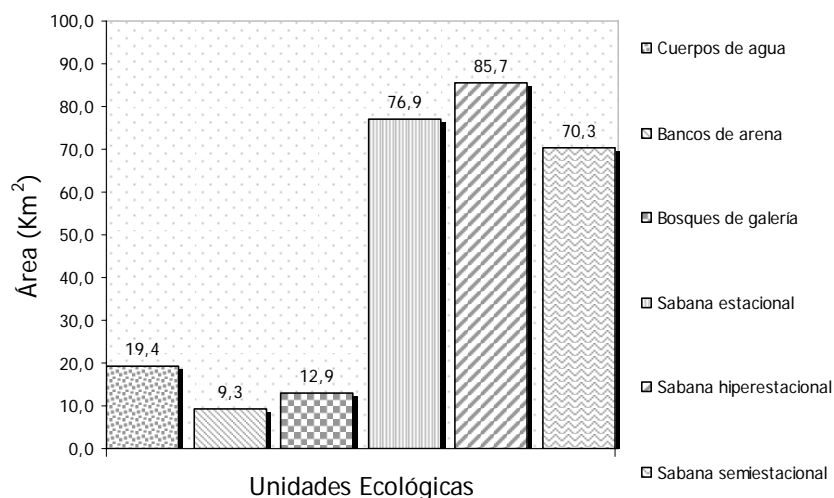


Figura 4.3 Área (Km²) que ocupa cada unidad ecológica dentro del área de muestreo (274.4 Km²)

Puede observarse que la unidad con mayor dominancia en el área de muestreo es la sabana hiperestacional, siguiéndole la estacional y la semiestacional, representando cada una un 31.2, 28 y 25.6 % respectivamente del total del área clasificada en el mapa de la figura 4.2. Es necesario señalar que la clasificación se hizo en base a una imagen de satélite tomada durante el periodo seco, por lo que los cuerpos de agua están reducidos y por lo tanto dominan en el paisaje las sabanas hiperestacionales y estacionales. No obstante, podría



considerarse, para los fines de este estudio, la unión de los cuerpos de agua con la sabana semiestacional, debido a su estrecha relación, de esta manera se tendría entonces que en el paisaje de la zona dominan las unidades ecológicas con condiciones hídricas favorables para la vegetación. Además se señala que a partir de ahora se considera a la sabana semiestacional inundada y no inundada como una sola unidad.

De la separación en mapas individuales para cada unidad ecológica, de elementos de paisaje (carreteras) y el cálculo para los mapas de distancia se tienen los pares de mapas mostrados en las figuras 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10:

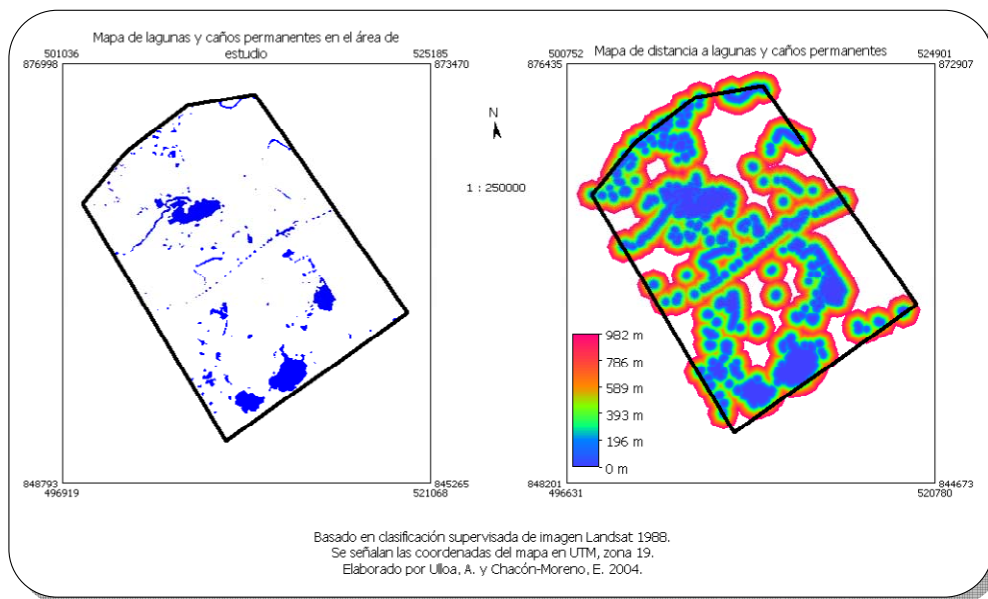


Figura 4.4 Mapa de lagunas y caños permanentes con su mapa de distancia calculado para el área de estudio

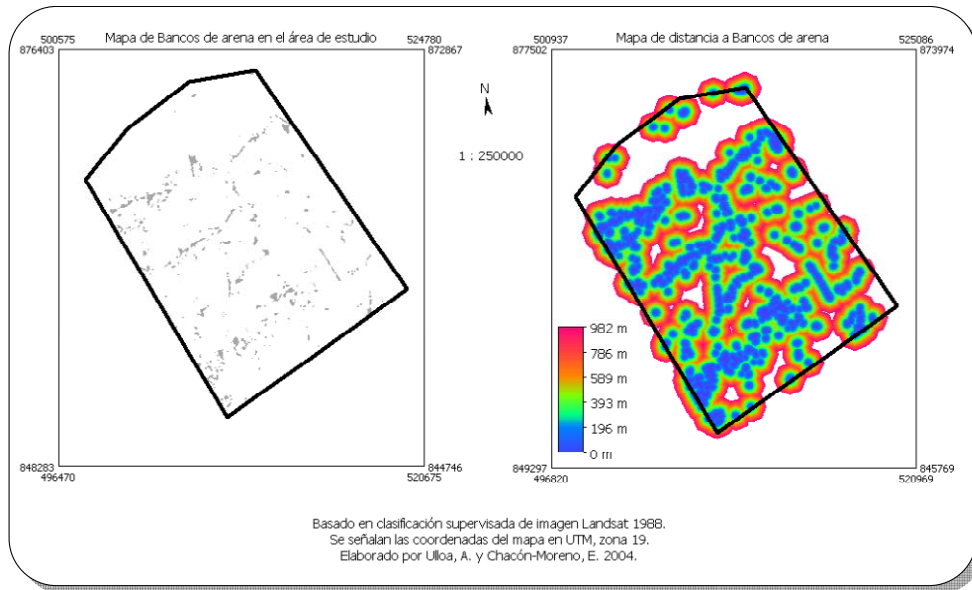


Figura 4.5 Mapa de bancos de arena con su mapa de distancia calculado para el área de estudio

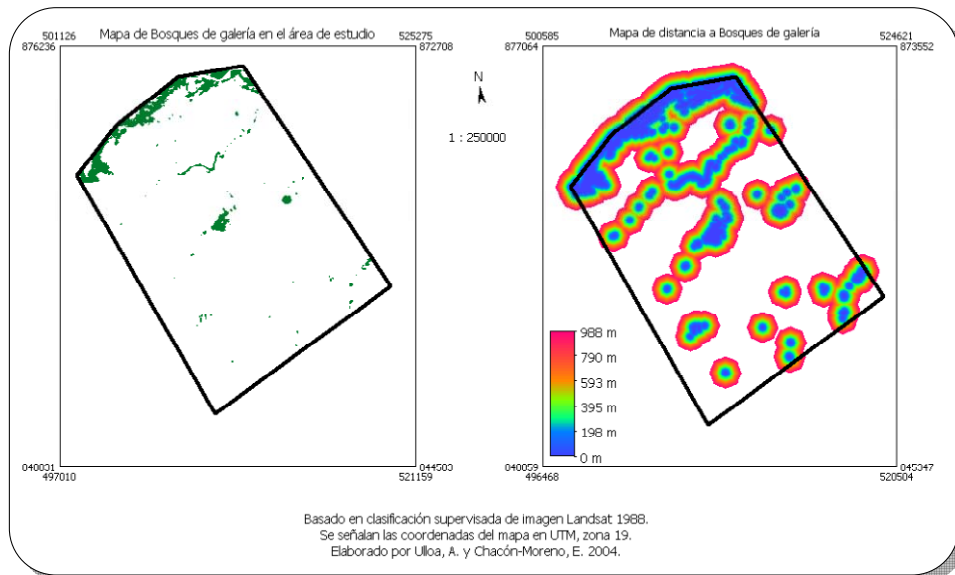


Figura 4.6 Mapa de bosques de galería con su mapa de distancia calculado para el área de estudio

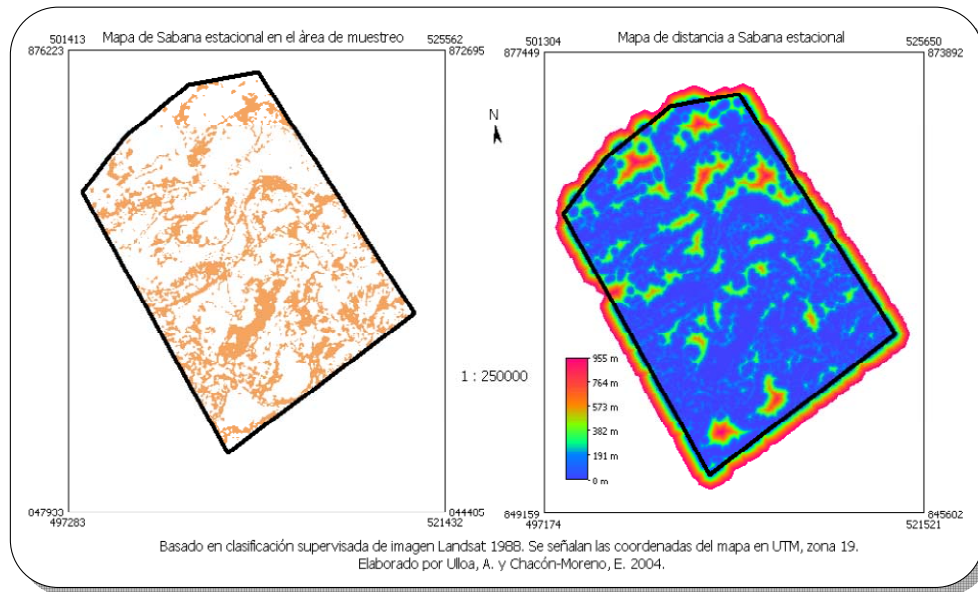


Figura 4.7 Mapa de sabana estacional con su mapa de distancia calculado para el área de estudio

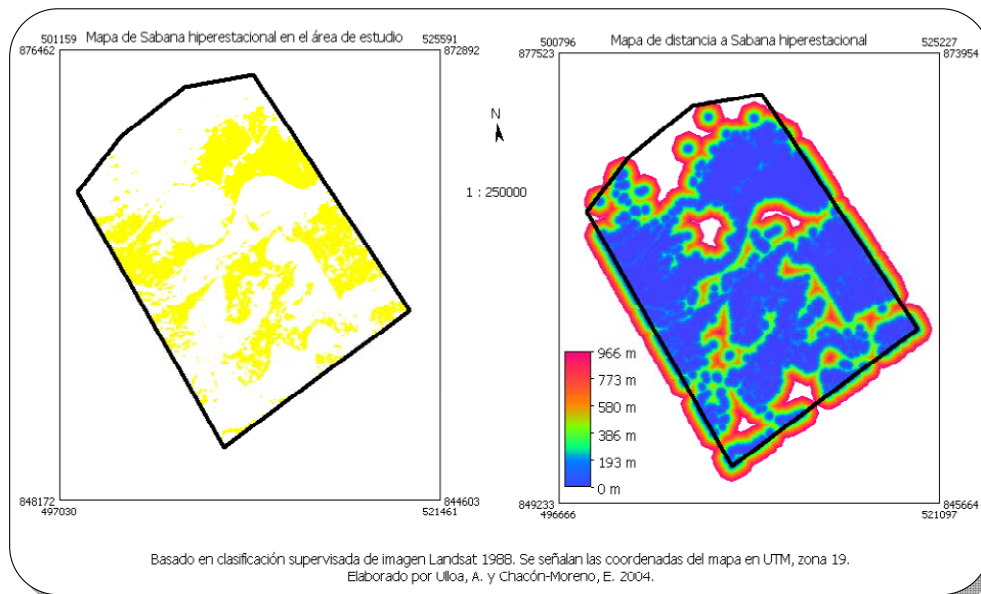


Figura 4.8 Mapa de sabana hiperestacional con su mapa de distancia calculado para el área de estudio

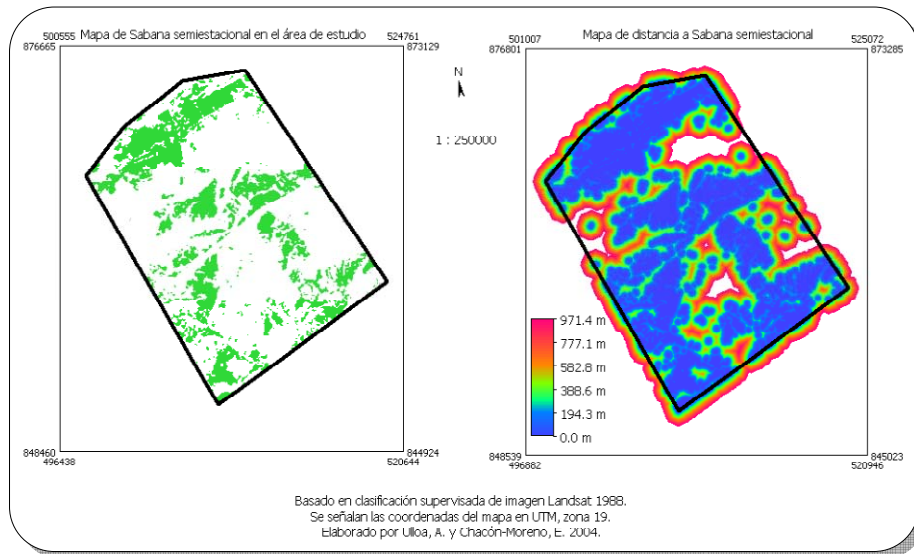


Figura 4.9 Mapa de sabana semiestacional con su mapa de distancia calculado para el área de estudio

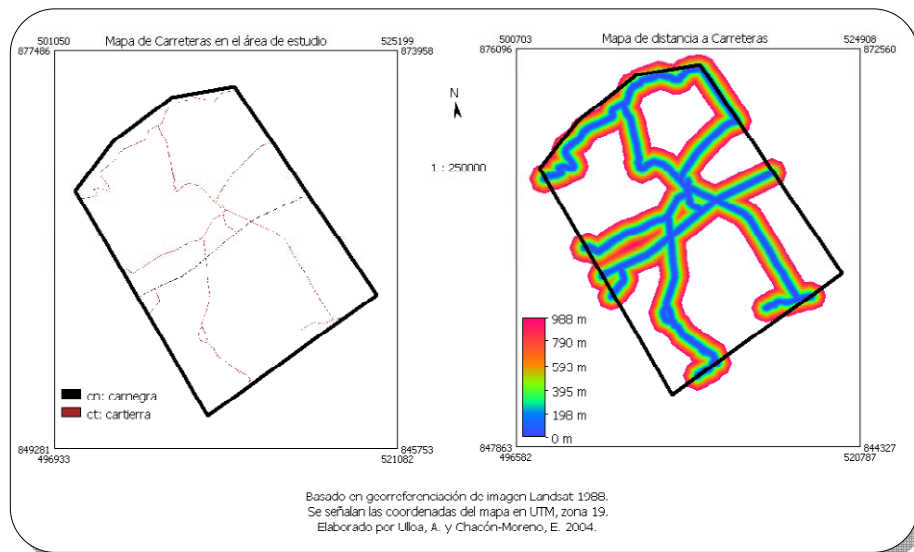


Figura 4.10 Mapa de carreteras con su mapa de distancia calculado para el área de estudio



En las figuras anteriores se observa cada uno de los mapas de las unidades ecológicas y de carreteras por separado, así como su respectivo mapa de distancia calculado. El mapa de distancia no es más que la representación de la distancia radial en metros desde el punto central de la unidad ecológica hacia fuera. De esta manera al seleccionar algún punto de este mapa se puede conocer la distancia que hay desde éste hasta la unidad ecológica.

Con la información espacial derivada en este capítulo, se procedió a las fases siguientes de la construcción del modelo de hábitat. Tanto los mapas de unidades ecológicas y de elementos del paisaje como los mapas de distancia, son usados para la fase de formulación y ubicación espacial del modelo.



HÁBITAT DEL CHIGÜIRE. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS

En las últimas décadas del siglo pasado la historia natural de esta especie se convirtió en objeto importante de estudio en Venezuela (Escobar y González-Jiménez, 1976; Gil *et al.* 1976; González-Jiménez, 1995; Herrera, 1999 y Ojasti, 1972, 1973, 1993), debido a la fuerte presión de cacería que sufrió en sus zonas de distribución y a la inminente desaparición de sus poblaciones. Gracias a todos estos estudios hoy se cuenta con datos ecológicos detallados sobre la especie en lo que respecta a reproducción, comportamiento, alimentación, fisiología, enfermedades, entre otros.

5.1 Aspectos metodológicos

5.1.1 Caracterización del hábitat a través de datos bibliográficos

Para la descripción de la historia biológica del chigüire, se hizo una revisión bibliográfica detallada (ver capítulo 2), seleccionando las características de los lugares que ocupa para su alimentación, reproducción, descanso, refugio, entre otras actividades, así como también aquellas que permiten establecer el rango de su hábitat (desplazamiento, competencia, territorio, depredadores). Con esta serie de datos recopilados se construyó una matriz de uso de cada unidad ecológica y elementos del paisaje consideradas en el estudio (capítulo 4), estas son: lagunas, caños y ríos permanentes, sabana estacional, sabana hiperestacional, sabana semiestacional, bosques de galería, bancos de arena y carreteras de tierra; con el fin de establecer la importancia de cada una de estas unidades en el desarrollo de las actividades propias de la especie. En cada caso la importancia de uso de cada unidad se califica con los términos Muy importante (cuando realiza tal actividad exclusivamente en dicha unidad ecológica), Importante (cuando realiza la actividad en esa unidad ecológica pero a su vez no depende exclusivamente de dicha unidad), Poco importante (cuando la actividad se realiza eventualmente en la unidad ecológica o puede ser realizada en otra) y No la usa



(cuando no se realiza la actividad en ese lugar); es necesario destacar que el proceso de calificación es estrictamente cualitativo.

5.1.2 Caracterización del hábitat a través de datos de campo

Durante los meses de mayo y junio de 2004 (estación lluviosa en la región llanera), se hicieron dos periodos de muestreo de nueve días cada uno. Cada muestreo consistió en transectas a lo largo de los caminos de tierra que la atraviesan (figura 4.11), registrando, con un sistema de posicionamiento global (SPG), la posición geográfica de 218 puntos cada 500 m a lo largo de aproximadamente 100 Km de recorrido durante las horas de luz; observándose las características ambientales hasta 1000 m (hacia los lados para evitar sobreposición con respecto al siguiente punto) de los puntos en los que habían evidencias de la presencia del animal (huellas, heces, pozos de descanso y caminos en el agua). Las coordenadas geográficas de cada uno de los puntos muestreados en el campo fueron procesadas para construir un mapa de puntos de presencia/ausencia (figura 5.1) (Ilwis, 2001), con el cual se hizo un cruce de información con cada uno de los mapas de distancia obtenidos (unidades de vegetación, ríos y carreteras). A partir de esta información se hizo una matriz que refleja la importancia de cada unidad ecológica y elemento del paisaje en los puntos en los que la especie estuvo presente durante el muestreo.

Eventualmente se hicieron encuestas informales a los pobladores locales que se encontraron a lo largo de los recorridos, consultándole sobre la ubicación de las manadas de chigüires en el área de estudio, no obstante sus respuestas no hicieron más que confirmar las observaciones que se hicieron sobre el recorrido.



5.2 Resultados y discusión

5.2.1 Caracterización del hábitat a través de datos bibliográficos

De la revisión bibliográfica (Escobar y González-Jiménez, 1976; Gil *et al.* 1976; González-Jiménez, 1995; Herrera, 1999 y Ojasti, 1972,1973,1993) detallada en el capítulo 2, se logra establecer cuáles son las unidades ecológicas y elementos del paisaje más importantes que conforman el hábitat del chigüire. La tabla 5.1 muestra la importancia que tiene cada uno de ellos en el desarrollo de las actividades diarias del animal:

Tabla 5. 1 Matriz de importancia de uso de cada unidad ecológica y elementos de paisaje para el hábitat del chigüire

Unidad ecológica y elementos del paisaje	Alimentación	Reproducción	Refugio	Descanso
Lagunas y caños permanentes	No la usa	Muy importante	Importante	No la usa
Bancos de arena	No la usa	No la usa	No la usa	Importante
Bosque de galería	No la usa	No la usa	Muy importante	Importante
Sabana estacional	Importante	No la usa	Poco importante	Muy importante
Sabana hiperestacional	Importante	No la usa	Poco importante	No la usa
Sabana semiestacional	Muy importante	Muy importante	Muy importante	No la usa
Caminos de tierra	Muy importante	No la usa	No la usa	Muy importante

Se tiene entonces que las unidades ecológicas más importantes del hábitat en lo que respecta a alimentación son la sabana semiestacional, los caminos de tierra y la sabana estacional; considerando la actividad de alimentación sólo como el consumo de forraje, es la sabana semiestacional la unidad que les provee la mayor parte de alimento a la especie (Ojasti, 1972, 1973, 1993), de allí su importancia para el hábitat, más si se suma al consumo de forraje, el resto del proceso de ingesta y digestión, los caminos de tierra y la sabana estacional cobran importancia por brindar superficies secas y de apoyo en las que el animal



deposita sus primeras heces para ser consumidas posteriormente debido a sus hábitos coprofágicos (Herrera, 1985).

La importancia de los cuerpos de agua para el hábitat, radica en que el animal lleva a cabo la cópula exclusivamente dentro del agua; además proveen refugio en caso de amenaza (González-Jiménez 1995; Herrera, 1999 y Ojasti, 1993).

El chigüire suele refugiarse en bosques de galería o en pequeños matorrales típicos de las sabanas estacionales e hiperestacionales cuando se ve amenazado (González-Jiménez 1995; Herrera, 1999 y Ojasti 1972, 1973, 1993), de allí la importancia de la presencia de estas unidades dentro de su hábitat.

El descanso, entre las horas de pastoreo, es una de las actividades realizadas por el chigüire durante el día (Herrera, 1999 y Ojasti, 1972 y 1973), para ello utiliza zonas como los bancos de arena, bosques de galería, sabana estacional y caminos, ya que le proveen una superficie sólida en la cual dejan reposar su cuerpo.

Según Ojasti (1972 y 1973), uno de los factores más importantes que condiciona el hábitat del chigüire es la presencia de cuerpos de agua, de sabana hiperestacional y semiestacional y, que estas últimas deben encontrarse a unos dos o tres kilómetros de distancia de los cuerpos de agua adyacentes; a diferencia de otras unidades de vegetación como sabanas estacionales y bosques de galería, que deben estar a unos 500 m de distancia de los cuerpos de agua. De esta manera, se determina que la unidad ecológica más importante para el hábitat, derivada de los datos bibliográficos, son los cuerpos de agua, no sólo porque en ellos se efectúa la cópula, sino también por la estrecha relación que tienen con las sabanas semiestacionales. Además, al animal se le ha considerado como una especie semiacuática por su dependencia del agua para el desenvolvimiento de sus actividades naturales (Ojasti, 1973).



5.2.2 Caracterización del hábitat a través de datos de campo

El mapa mostrado en la figura 5.1 muestra los puntos registrados durante el muestreo de calibración, de los 218 puntos, sólo en 65 hubo evidencias de presencia del animal, en los 153 puntos restantes no se encontró evidencia alguna, por lo que se consideró la ausencia del animal en ellos.

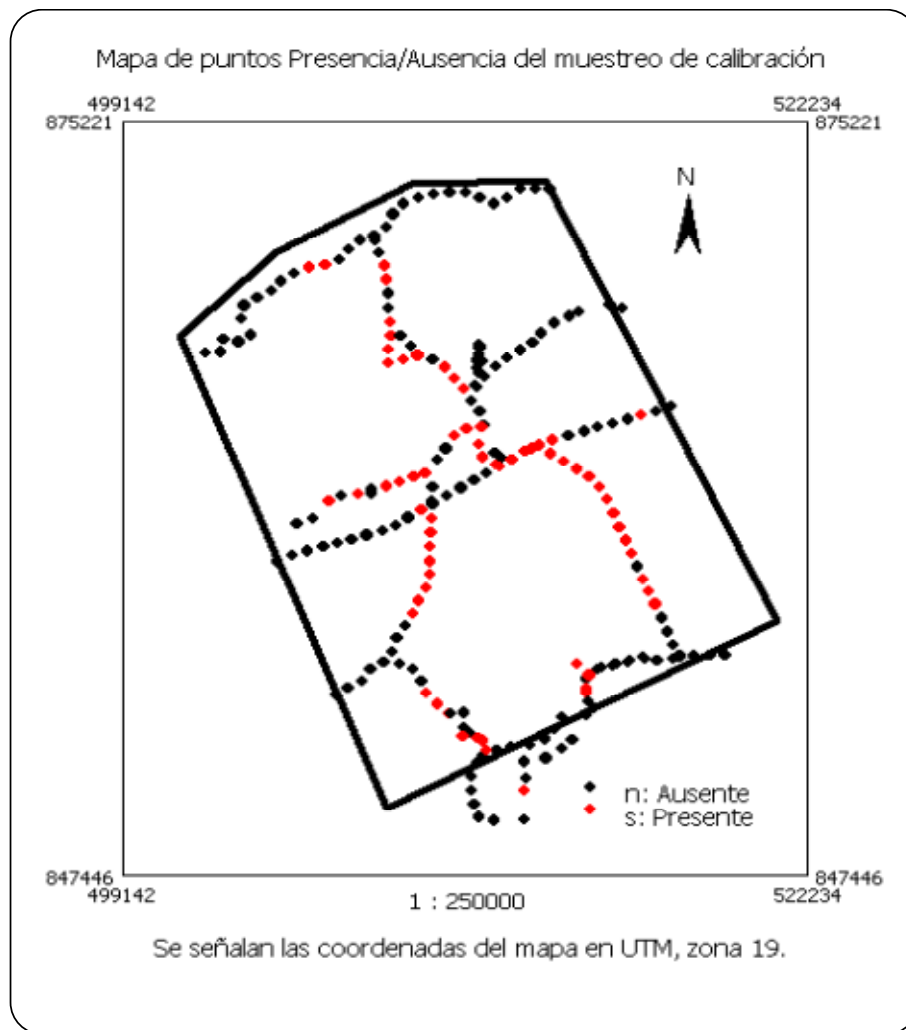


Figura 5.1 Mapa de puntos (65 presentes, 153 ausentes) de presencia/ausencia generado por el muestreo de calibración realizado durante los meses de mayo y junio de 2004, durante la estación lluviosa en el área de estudio



Mediante el cruce de información entre el mapa de la figura 5.1 y los mapas de distancia de cada unidad ecológica y de elementos de paisaje (figuras 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10) se obtuvo la siguiente matriz.

Tabla 5.2 Matriz de importancia de distancia de los puntos de presencia con respecto a cada unidad ecológica y elementos del paisaje considerados en el estudio

Unidad Ecológica y elementos del paisaje	Presencia	
	Distancia menor a 500 m	Distancia mayor a 500 m
Lagunas y caños permanentes	57	8
Bancos de arena	52	13
Bosque de galería	26	39
Sabana estacional	64	1
Sabana hiperestacional	51	14
Sabana semiestacional	65	0
Camino de tierra	61	4

Se observa, en los resultados mostrados en la tabla anterior, que la mayor frecuencia de los puntos de presencia ocurre en los primeros 500 m de cada unidad ecológica considerada, es decir, al sobreponer los mapas de distancia de cada unidad ecológica y de carreteras con el mapa de puntos de presencia, se midió la distancia desde el punto a la unidad ecológica, resultando que la mayoría de los puntos de presencia se encontraban a distancias menores a 500 m de la unidad. Se observa también que en la sabana semiestacional la ocurrencia de evidencias de presencia fue del 100%, por lo que se selecciona esta unidad como indispensable para el hábitat de la especie para la formulación del modelo a partir de datos de campo.

Aunque en la tabla anterior se presenten valores de presencia a distancias menores o mayores de 500 m, se hizo un estudio detallado con respecto a los valores de distancia para



cada unidad ecológica, resultando que para lagunas y caños permanentes, sabana hiperestacional y bancos de arena, la distancia mínima fue de 300 m; para la sabana estacional fue de 200 m y para los caminos de tierra fue de 100 m. son estos valores de distancia los que determinan las ecuaciones para formular el modelo a partir de datos de campo.

Las observaciones realizadas durante los recorridos permitieron captar todas las actividades realizadas por varios grupos de chigüires durante todo el día, por lo que fue posible determinar los lugares que ocupaban en cada una de sus actividades. El descanso por ejemplo, lo realizaban sobre los caminos de tierra en las primeras horas de la mañana y al final de la tarde incluso durante las horas nocturnas. En algunos momentos, durante las horas de mediodía se resguardaban en los pequeños bosques de galería que bordean los caños o lagunas cercanas a los caminos. El pastoreo en general lo realizaban en la sabana semiestacional y en algunos parches de sabana hiperestacional cercanos. Debido a que el muestreo fue realizado durante la época seca no se observó que se alimentaran en sabanas estacionales. Fue posible visualizar a algunas parejas copulando dentro de pequeñas lagunas formadas por los llamados localmente "préstamos". Según Ojasti (1973), es durante la época de lluvias que ocurre el período de apareamiento. Como el recorrido se realizó en vehículo, en algunas oportunidades los animales que se encontraban descansando sobre los caminos de tierra se desplazaban hacia matorrales o cuerpos de aguas cercanos, sin embargo algunos individuos no parecían sentirse amenazados; es posible que ya los animales estén acostumbrados al tránsito de vehículos en algunos lugares por las actividades propias del manejo ganadero.

Considerando la extensa superficie que conforma a la Estación Biológica El Frío, puede pensarse que los grupos de chigüires estarían ocupando grandes extensiones, sin embargo



debido a la presión de cacería furtiva, éstos sólo están ocupando las zonas donde la actividad ganadera es más frecuente y por lo tanto el tránsito de vehículos y de hombres a caballo le ofrecen protección.

Se tiene entonces, que la actividad ganadera ha favorecido de alguna manera la permanencia de la especie en estas sabanas. Según González-Jiménez (1995), sólo existe superposición parcial de dieta entre el chigüire y el ganado durante el final de la época de lluvias y el período de inundación, y la etapa más crítica es durante la estación seca, sin embargo el manejo de la región, que con la construcción de diques ha favorecido el aumento de sabanas semiestacionales, permite que esta competencia por recursos nutritivos no sea tan marcada.

Es a partir de la conjugación de datos espaciales, bibliográficos y de campo, resultantes en este capítulo, que se obtuvo la información requerida para la fase de formulación de los modelos de distribución en este estudio.



MODELO ESPACIAL DEL HÁBITAT DEL CHIGÜIRE

Se presentan, en este capítulo, los aspectos metodológicos para las fases de formulación, ubicación espacial y evaluación de los modelos de hábitat. Mostrando además, los resultados y su respectiva discusión; detallando las relaciones entre la distribución del hábitat de la especie y los elementos antrópicos presentes en el área de estudio.

6.1 Aspectos metodológicos

6.1.1 Formulación del modelo

Usando las matrices generadas de la revisión bibliográfica y de datos espaciales (tablas 5.1 y 5.2) se seleccionaron las unidades ecológicas y elementos del paisaje de mayor importancia para el hábitat de la especie. En vista del tipo de datos que se logró recopilar, una serie fundamentada en datos bibliográficos, y otra fundamentada en observaciones de campo, se formulan entonces distintos modelos de distribución; uno en el que sólo se toman en cuenta los datos bibliográficos, y, otro en el que se toman en cuenta los datos provenientes de las observaciones de campo.

De la revisión bibliográfica y de los muestreos de campo, incluyendo conversaciones con pobladores locales, se pudo establecer que los elementos antrópicos más importantes que afectan a la población de chigüires en la zona son la cercanía a centros poblados, la cacería furtiva cerca de los caños navegables y la presencia de caminos transitables por el hombre; es por esto que se hace necesario entonces formular dos tipos de modelo para cada serie de datos; para el modelo bibliográfico se formula un modelo natural en el que no se considera ningún elemento de origen antrópico, y otro con intervención en el que si se consideran, de la misma manera se procedió con la serie de datos de campo.



Las distancias que reflejan cada una de las unidades ecológicas y elementos del paisaje, (tabla 6.1), son con respecto a la unidad ecológica que mayor importancia tiene en cada caso, es decir, cuando se trata de los datos bibliográficos la unidad más importante es la de lagunas y caños permanentes, y respecto a los datos de campo, la más importante es la sabana semiestacional. En esta tabla se incluye un nuevo elemento del paisaje como lo son los caños navegables, considerando que Ojasti (1973) refiere que el hábitat de la especie se ve limitado por la presencia de caños navegables que sirvan de entrada a cazadores furtivos, y que generalmente, no hay ocurrencia de animales por lo menos en los 1500 m próximos a éstos.

Tabla 6.1 Descripción de las unidades ecológicas y las distancias usadas para la formulación de los modelos

Unidad ecológica y elementos del paisaje	Datos bibliográficos		Datos de campo	
	Modelo natural	Modelo con intervención	Modelo natural	Modelo con intervención
Lagunas y caños permanentes	Presencia obligatoria		A distancias < de 300 m	
Sabana semiestacional	A distancias < de 3000 m		Presencia obligatoria	
Sabana estacional	A distancias < de 500 m		A distancias < de 200 m	
Sabana hiperestacional	A distancias < a 3000 m		A distancias < de 300 m	
Bosque de galería	A distancias < de 500 m		Presencia obligatoria	
Bancos de arena	A distancias < de 500 m		A distancias < de 300 m	
Caminos de tierra	-	A distancias < de 500 m	-	A distancias < de 200 m
Caños navegables	-	Excluyendo una faja de 1500 m	-	Excluyendo una faja de 1500 m

Es necesario señalar que mediante el SIG utilizado, se construyeron mapas de distancia de las unidades más importantes para relacionarlos con cada uno de los mapas individuales de cada unidad considerada en el modelo. Para simplificar el proceso de formulación del modelo se definieron ecuaciones sencillas en las que solo se relacionó el mapa de distancia con cada uno de las unidades por separado, obteniendo así una serie de mapas preliminares que finalmente se conjugaron en una ecuación definitiva para cada modelo.



6.1.2 Ubicación espacial del modelo

Conociendo la relación que tiene cada una de las unidades ecológicas y elementos del paisaje con la unidad más importante, se procedió entonces a construir las ecuaciones lógicas que mediante el SIG se transforman en mapas. La ubicación espacial se hizo usando el método detallado en Chacón-Moreno (2001) y Chacón-Moreno *et al.* (2003), obteniendo los mapas de distribución de hábitat para la especie. Estos mapas reflejan los lugares en los que se conjugan todas y cada una de las variables y sus respectivos valores definidos en el proceso de formulación.

6.1.3 Evaluación del modelo

Se realizaron dos muestreos en el área de estudio, el primero durante el mes de junio de 2004, y el segundo durante el mes de enero de 2005. El muestreo fue diseñado usando una lista de números aleatorios para seleccionar 109 puntos geográficos dentro del área de muestreo. Estos 109 puntos fueron introducidos en el sistema de posicionamiento global (SPG) de manera que ya en el lugar se ubicaron cada uno de ellos, registrándose la presencia de evidencias del animal alrededor de 1000 m de distancia del punto.

Con los datos obtenidos se construyó un mapa de puntos de presencia/ausencia que fue cruzado con cada uno de los mapas de hábitat obtenidos anteriormente. A partir de cada cruce de información se generó una matriz de comprobación que refleja la correspondencia entre los puntos de presencia del animal y la distribución del hábitat en cada caso, usando un análisis de matriz de error (Congalton *et al.* 1983; Congalton, 1991 y Janssen y van der Wel, 1994).



6.2 Resultados y discusión

6.2.1 Formulación del modelo

El esquema que se muestra en la figura 6.1, refleja el proceso detallado de la definición de ecuaciones para el modelo formulado a partir de datos bibliográficos.

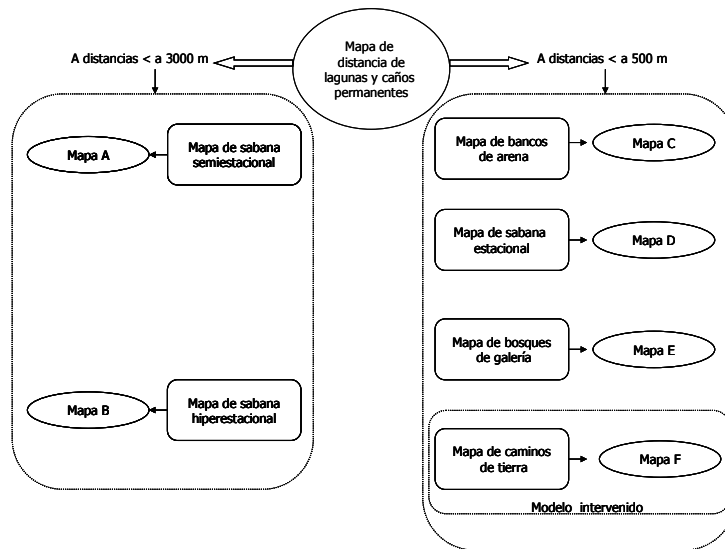


Figura 6.1 Esquema de formulación de ecuaciones a partir de los datos bibliográficos

En este caso se tomó como punto principal el mapa de lagunas y caños permanentes, para ser relacionado con los mapas de distancia a 3000 m, de sabana semiestacional e hiperestacional; es decir, se incluyen todas las zonas de sabana semiestacional e hiperestacional que se encuentren dentro de los 3000 m de distancia a los cuerpos de agua, mientras que en el caso de bancos de arena, sabana estacional, bosques de galería y caminos de tierra, se incluyen las zonas que estén a 500 m de distancia. De esta manera se obtuvo una serie de mapas individuales con cada una de estas condiciones, que posteriormente fueron usados para la construcción de las ecuaciones.

En la tabla 6.2 se muestra en detalle el significado de los mapas individuales producidos.



Tabla 6.2 Significado de cada mapa mostrado en el esquema de formulación del modelo a partir de datos bibliográficos

Mapa	Significado
A	Muestra todas las áreas de sabana semiestacional que se encuentran dentro de los 3000 m al rededor de lagunas y caños
B	Muestra todas las áreas de sabana hiperestacional que se encuentran dentro de los 3000 m al rededor de lagunas y caños
C	Muestra todas las áreas de bancos de arena que se encuentran dentro de los 500 m al rededor de lagunas y caños
D	Muestra todas las áreas de sabana estacional que se encuentran dentro de los 500 m al rededor de lagunas y caños
E	Muestra todas las áreas de bosques de galería que se encuentran dentro de los 500 m al rededor de lagunas y caños
F	Muestra todas las áreas de caminos de tierra que se encuentran dentro de los 500 m al rededor de lagunas y caños

En la figura 6.2, se muestran las relaciones establecidas para la formulación de los modelos a partir de datos de campo. A diferencia del modelo a partir de datos bibliográficos, en este caso se usa el mapa de distancias de sabana semiestacional como punto principal, y se relaciona con los mapas de lagunas y caños, sabana hiperestacional y bancos de arena a distancias de 300 m, de sabana estacional a distancias de 200 m, y el mapa de caminos de tierra a distancias de 100 m.

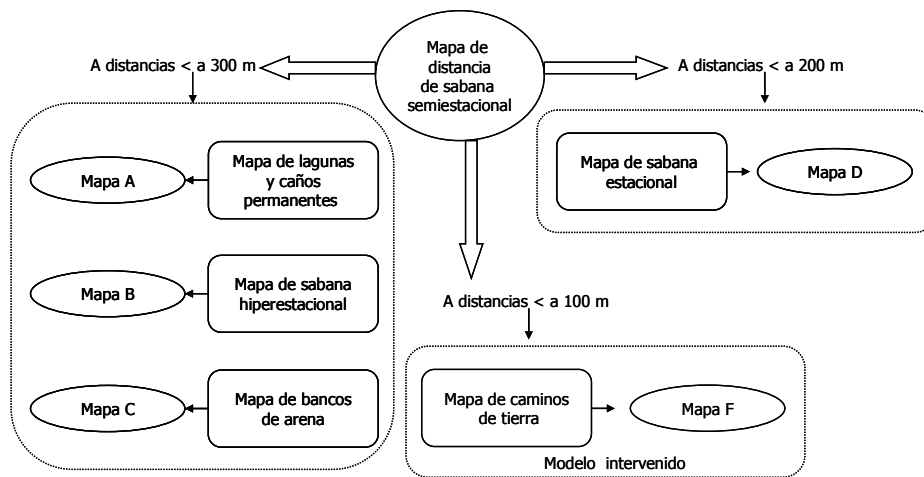


Figura 6.2 Esquema de formulación de ecuaciones a partir de los datos de campo

La tabla 6.3 lista el significado de cada mapa en este caso.



Tabla 6.3 Significado de cada mapa mostrado en el esquema de formulación del modelo a partir de datos de campo

Mapa	Significado
A	Muestra todas las áreas de lagunas y caños que se encuentran dentro de los 300 m al rededor de la sabana semiestacional
B	Muestra todas las áreas de sabana hiperestacional que se encuentran dentro de los 300 m al rededor de la sabana semiestacional
C	Muestra todas las áreas de bancos de arena que se encuentran dentro de los 300 m al rededor de la sabana semiestacional
D	Muestra todas las áreas de sabana estacional que se encuentran dentro de los 200 m al rededor de la sabana semiestacional
E	Muestra todas las áreas de caminos de tierra que se encuentran dentro de los 100 m al rededor de la sabana semiestacional

6.2.2 Ubicación espacial del modelo

De los esquemas mostrados en las figuras 6.1 y 6.2 se establecen entonces una serie de ecuaciones lógicas que, a través del SIG generan una serie de mapas que finalmente permiten la elaboración de los mapas de distribución de hábitat de la especie. La tabla 6.4 muestra cada una de las ecuaciones lógicas y de sobreposición e intercepción, generadas:

Tabla 6.4 Ecuaciones empleadas en la formulación de los modelos

Modelo a partir de datos bibliográficos	
1	Iff((mapa de distancia de lagunas y caños permanentes \leq 3000) or (mapa de unidades ecológicas = sabana semiestacional), mapa A, ?)
2	Iff((mapa de distancia de lagunas y caños permanentes \leq 3000) or (mapa de unidades ecológicas = sabana hiperestacional), mapa B, ?)
3	Iff((mapa de distancia de lagunas y caños permanentes \leq 500) or (mapa de unidades ecológicas = bancos de arena), mapa C, ?)
4	Iff((mapa de distancia de lagunas y caños permanentes \leq 500) or (mapa de unidades ecológicas = sabana estacional), mapa D, ?)
5	Iff((mapa de distancia de lagunas y caños permanentes \leq 500) or (mapa de unidades ecológicas = bosques de galería), mapa E, ?)
6	Iff((mapa de distancia de lagunas y caños permanentes \leq 500) or (mapa de carreteras = caminos de tierra), mapa F, ?)
7	Iff((mapa de distancia de caños navegables \geq 1500, mapa de faja excluyente, ?)
Modelo a partir de datos de campo	
8	Iff((mapa de distancia de sabana semiestacional \leq 300) or (mapa de unidades ecológicas = mapa de lagunas y caños permanentes), mapa A, ?)
9	Iff((mapa de distancia de sabana semiestacional \leq 300) or (mapa de unidades ecológicas = mapa de sabana hiperestacional), mapa B, ?)
10	Iff((mapa de distancia de sabana semiestacional \leq 300) or (mapa de unidades ecológicas = mapa de bancos de arena), mapa C, ?)
11	Iff((mapa de distancia de sabana semiestacional \leq 200) or (mapa de unidades ecológicas = mapa de sabana estacional), mapa D, ?)
12	Iff((mapa de distancia de sabana semiestacional \leq 100) or (mapa de carreteras = mapa de caminos de tierra), mapa E, ?)
13	Iff(mapa de unidades ecológicas = bosques de galería, mapa de bosques de galería, ?)
14	Iff((mapa de distancia de caños navegables \geq 1500, mapa de faja excluyente, ?)



En cada una de las ecuaciones se utilizan, inicialmente, el operador **iff** que es un operador condicional, es decir, si la expresión que le prosigue es verdadera entonces produce el mapa del valor determinado por la expresión; el operador **or**, que es un operador lógico que compara dos expresiones y arroja un valor verdadero cuando una o ambas son verdaderas. Entonces, la ecuación 1, por ejemplo, produce un mapa en el que se ubican todos los sectores de sabana semiestacional que se encuentran dentro del rango de 3000 m o menos de las lagunas y caños permanentes, y en aquellos lugares en los que no se cumple la expresión queda la zona indefinida, representada por el signo de interrogación. En el caso de la ecuación 7, la expresión genera un mapa en el que se rechaza una faja de 1500 m alrededor del caño navegable (caño Guaritico), por lo que al combinarlo con otra expresión generará un mapa en el que se seleccionará cualquier otra zona menos la que bordea desde los 1500 m al caño.

Combinando entonces todas estas ecuaciones es que se obtienen finalmente los modelos de distribución de hábitat. La figura 6.3 muestra el procedimiento de obtención del modelo de distribución de hábitat según los datos bibliográficos para el modelo natural y el modelo con intervención. En este esquema cada mapa tiene el significado detallado en la tabla 6.2.

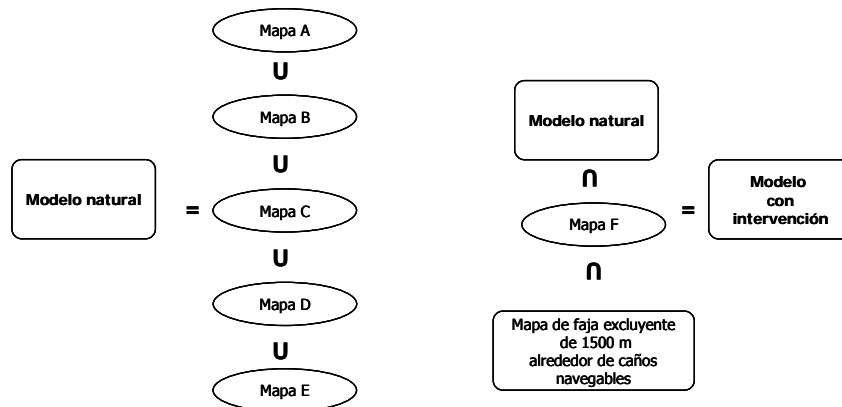


Figura 6.3 Combinación de mapas para obtención de modelo de distribución de hábitat para el chigüire según datos bibliográficos



Se tiene entonces que la ecuación para la obtención del modelo natural es:

$Iff(((\text{mapa A} = \text{mapa A}) \text{ or } (\text{mapa B} = \text{mapa B}) \text{ or } (\text{mapa C} = \text{mapa C}) \text{ or } (\text{mapa D} = \text{mapa D}) \text{ or } (\text{mapa E} = \text{mapa E})), \text{modelo natural},?)$

Esto significa que el hábitat estará ubicado en todos aquellos lugares en los que se cumplan las condiciones reflejadas por cada mapa.

Con esta ecuación se obtuvo el mapa mostrado en la figura 6.4. En este mapa, considerado como natural, se incluyen todas las características señaladas por Ojasti (1993). El área de hábitat resultante de este mapa es de 227,8 Km² aproximadamente, lo que representa un 83% de la superficie total del área de muestreo.

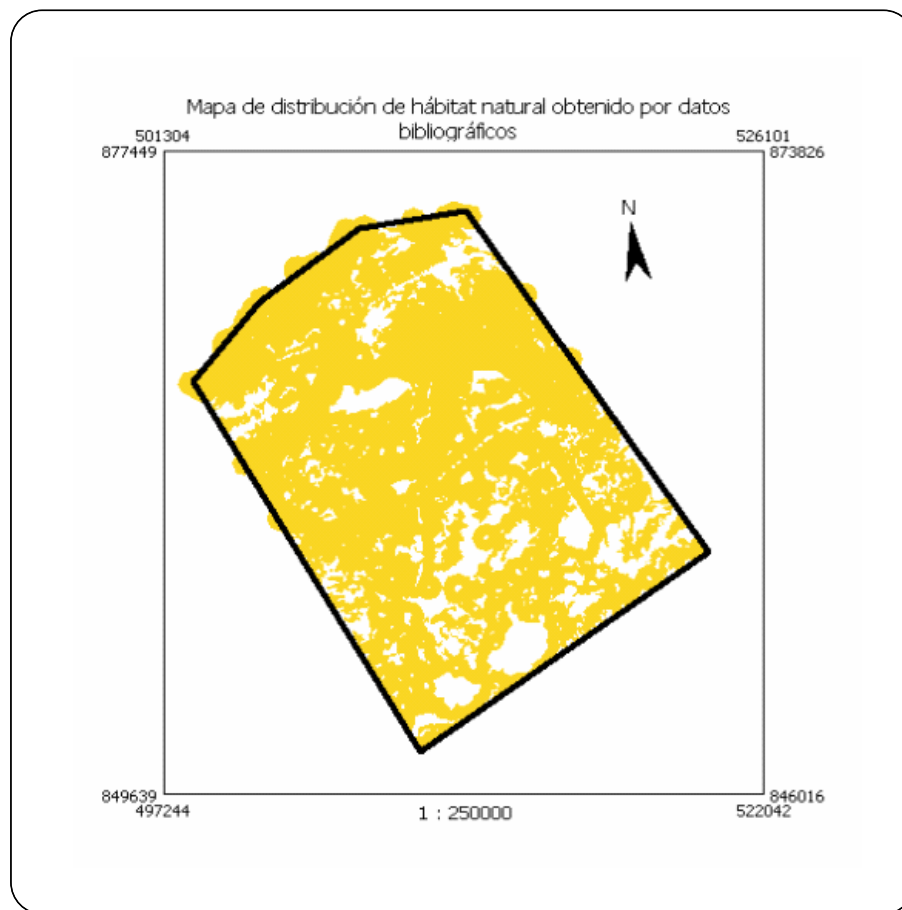


Figura 6.4 Mapa natural obtenido a partir de datos bibliográficos. Se señalan las coordenadas del mapa en UTM, zona 19. El área coloreada corresponde al hábitat predicho por el modelo. El área sin color corresponde a lugares que no son hábitat



Ahora, considerando el hábitat reflejado por el modelo con intervención se tiene que la ecuación es:

$Iff(((\text{modelo natural} = \text{modelo natural}) \text{ and } (\text{mapa F} = \text{mapa F}) \text{ and } (\text{mapa de faja excluyente} = \text{mapa de faja excluyente})), \text{modelo intervención}, ?)$

En este caso se incluye un nuevo operador lógico, **and**, que compara dos expresiones y arroja valor verdadero sólo cuando ambas son verdaderas. De esta manera la ecuación mostrada anteriormente resulta en un mapa en el que el hábitat estará definido por todos aquellos lugares en los que cada uno de los mapas que conforman la expresión se intercepten.

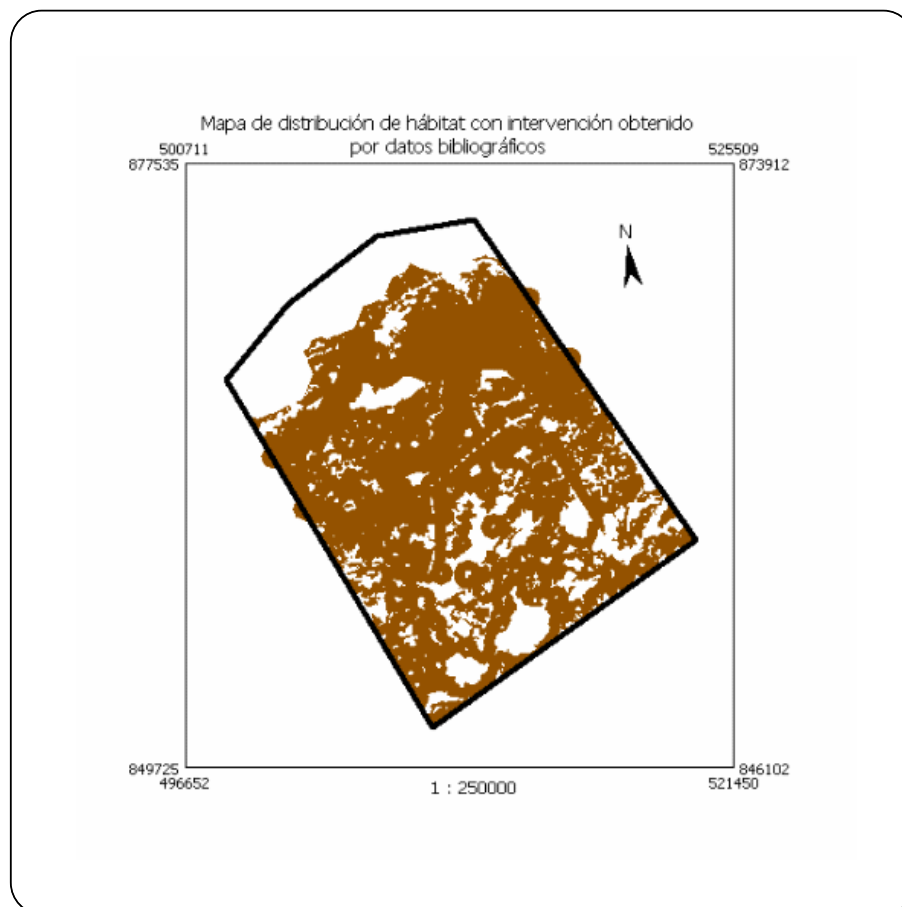


Figura 6.5 Mapa con intervención obtenido a partir de datos bibliográficos. Se señalan las coordenadas del mapa en UTM, zona 19. El área coloreada corresponde al hábitat predicho por el modelo. El área sin color corresponde a lugares que no son hábitat



La superficie del hábitat resultante, mostrada en el mapa de la figura 6.5, es de 192,9 Km², observándose una reducción debida a la exclusión de áreas que representan una fuerte presión de cacería como lo son las proximidades del Caño Guaritico. En este caso, el área de hábitat equivale a un 70% aproximadamente del área total de muestreo. Comparando los mapas de hábitat natural y con intervención, obtenidos con datos bibliográficos, se hace notoria la pérdida de hábitats para la especie por causa de elementos antrópicos. La zona de influencia del caño Guaritico equivale aproximadamente a 35 Km² de hábitat potencial, que bien podrían estar ocupados por chigüires.

Ahora, el esquema usado para los modelos formulados a partir de los datos de campo se muestra en la figura 6.6.

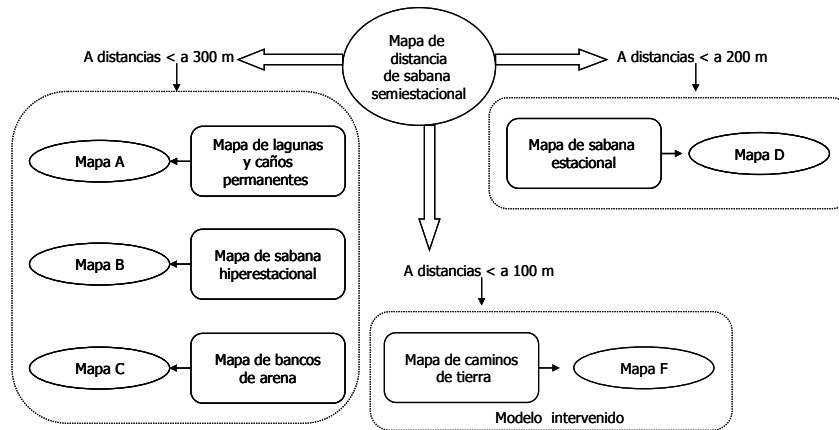


Figura 6.6 Combinación de mapas para obtención de modelo de distribución de hábitat para el chigüire según datos de campo.

El significado de cada mapa mostrado en la figura anterior está detallado en la tabla 6.5. De allí que la ecuación para el modelo natural en este caso sea:

$$\text{iff}(((\text{mapa de unidades ecológicas} = \text{mapa de bosque de galería}) \text{ or } (\text{mapa A} = \text{mapa A}) \text{ or } (\text{mapa B} = \text{mapa B}) \text{ or } (\text{mapa C} = \text{mapa C}) \text{ or } (\text{mapa D} = \text{mapa D})), \text{modelo natural}, ?)$$

Con esta ecuación se obtuvo el siguiente mapa:

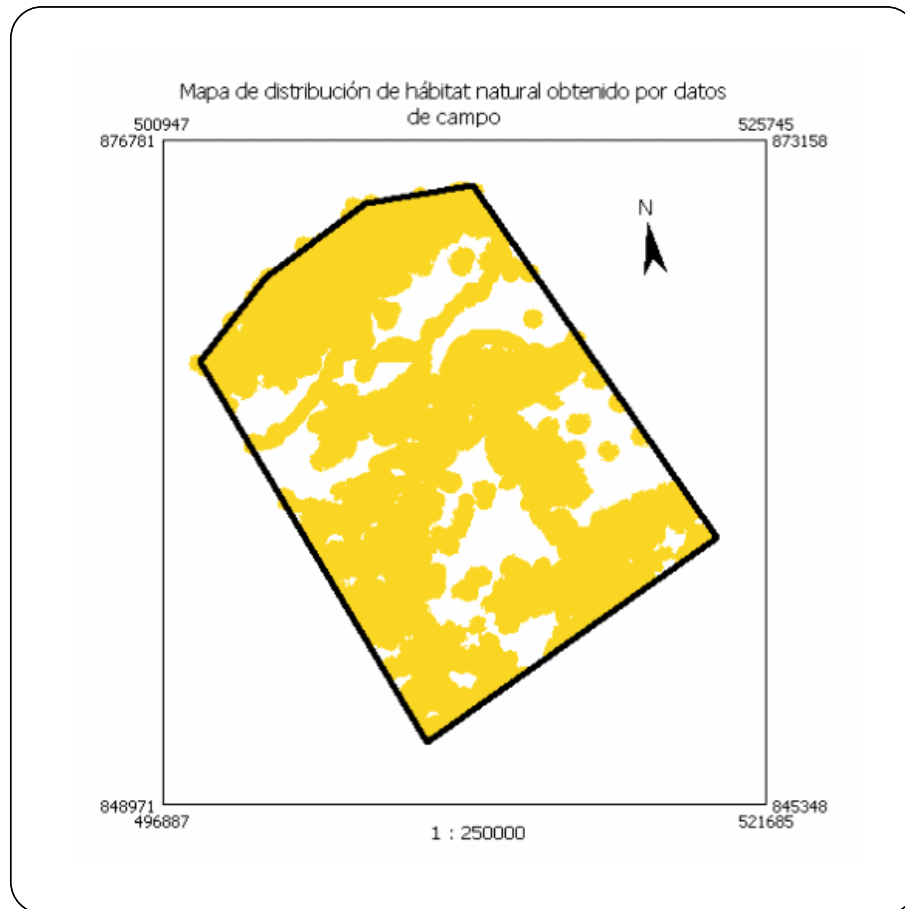


Figura 6.7 Mapa natural obtenido a partir de datos de campo. Se señalan las coordenadas del mapa en UTM, zona 19. El área coloreada corresponde al hábitat predicho por el modelo. El área sin color corresponde a lugares que no son hábitat

Tal como se puede observar en el mapa de la figura 6.7, la superficie de hábitat resultante en este caso es de 209,6 Km², significando un 76% del área total de muestreo.

Ahora, para el modelo intervenido la ecuación es la siguiente:

iff(((modelo natural = modelo natural) and (mapa E = mapa E) and (mapa de faja excluyente = mapa de faja excluyente)), modelo intervenido,?)

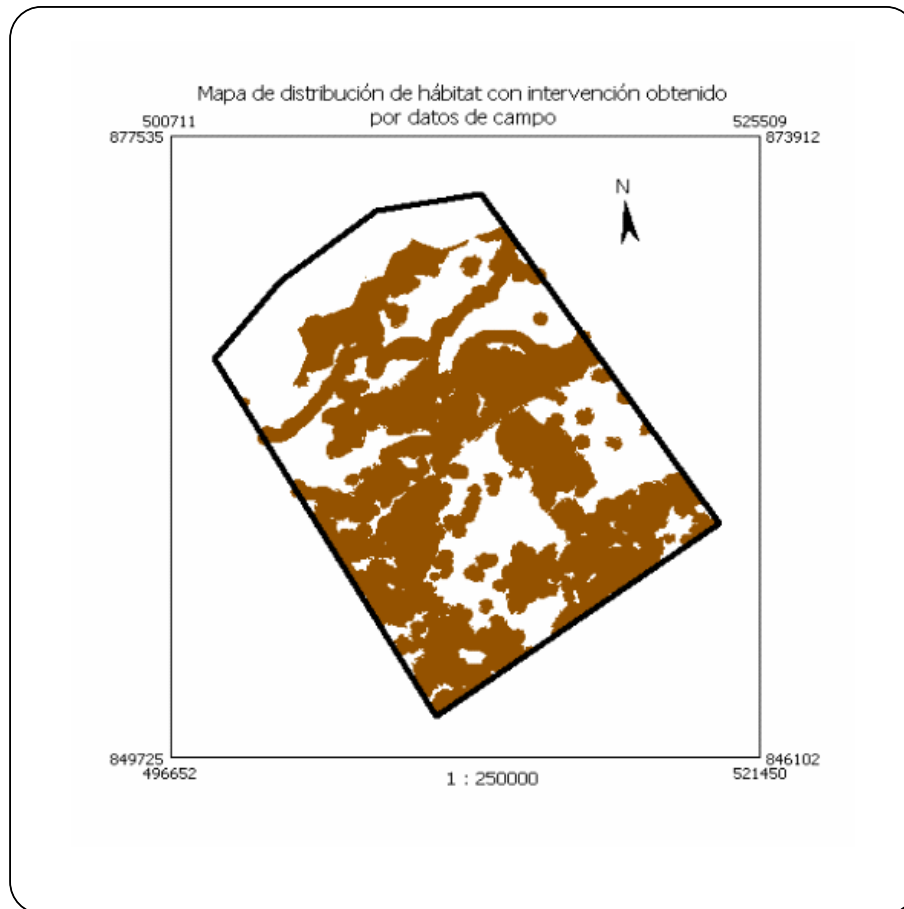


Figura 6.8 Mapa con intervención obtenido a partir de datos de campo. Se señalan las coordenadas del mapa en UTM, zona 19. El área coloreada corresponde al hábitat predicho por el modelo. El área sin color corresponde a lugares que no son hábitat

En el mapa de la figura 6.8, la superficie de hábitat es de 157,7 Km², representando un 58% del área total de muestreo, lo que implica una reducción considerable del área de hábitat con respecto al modelo natural. Se hace notoria la pérdida de 52 Km² de hábitat potencial al considerar el área de influencia del caño Guaritico. A pesar de que los caminos de tierra, como elementos antrópicos, pudiesen ser considerados como negativos para el hábitat, se observa según el modelo, que estas áreas llegan a incluirse dentro del hábitat potencial.

Además, si se comparan estos resultados con los de los modelos obtenidos por datos bibliográficos, señalados anteriormente, la diferencia se hace aún más importante. Entre los modelos naturales la diferencia en área es de aproximadamente 18 Km², y para los modelos



con intervención es de 35 Km². Podría pensarse que, para la época en que se realizaron los primeros estudios sobre la ecología de la especie, a principios de la década de los 70, las poblaciones de chigüires eran más abundantes y su distribución era más amplia. Durante todos estos años han enfrentado una fuerte presión de cacería, pese a las medidas de protección establecidas por los organismos competentes (González-Fernández, 1993). Se suma a esto, la ganadería extensiva, actividad tan importante en la zona, que ha provocado un aumento considerable en la ocupación de terrenos por asentamientos humanos e infraestructuras pertinentes, ocasionando una inminente disminución de áreas potenciales para ocupación por la especie.

En cada caso se hizo un reajuste de cada mapa con respecto a aquellos fragmentos con superficies menores a 10 Ha en vista de que González-Jiménez (1995) y Ojasti (1993) refieren que el área de actividad del chigüire varía entre 10 a 15 Ha. De esta manera, cada mapa fue reajustado usando una ecuación en la que se eliminan aquellos fragmentos con superficie inferior a este valor. La ecuación utilizada para este fin se muestra a continuación:

$\text{iff}(\text{área de mapa de modelo} > 10000, \text{modelo}, ?)$

6.2.3 Evaluación del modelo

Del muestreo realizado se tiene que de los 109 puntos registrados sólo en 34 puntos hubo evidencias de la presencia del animal. Este muestreo se efectuó a lo largo del día, por lo que era fácil observar a los animales realizando sus actividades de pastoreo y descanso. La aleatoriedad del proceso garantizó que los puntos muestreados no estuvieran sesgados por el conocimiento previo de los lugares en los que suelen estar los grupos de chigüires.

La figura 6.9 muestra el mapa de puntos de presencia/ausencia construido con los puntos del muestreo.

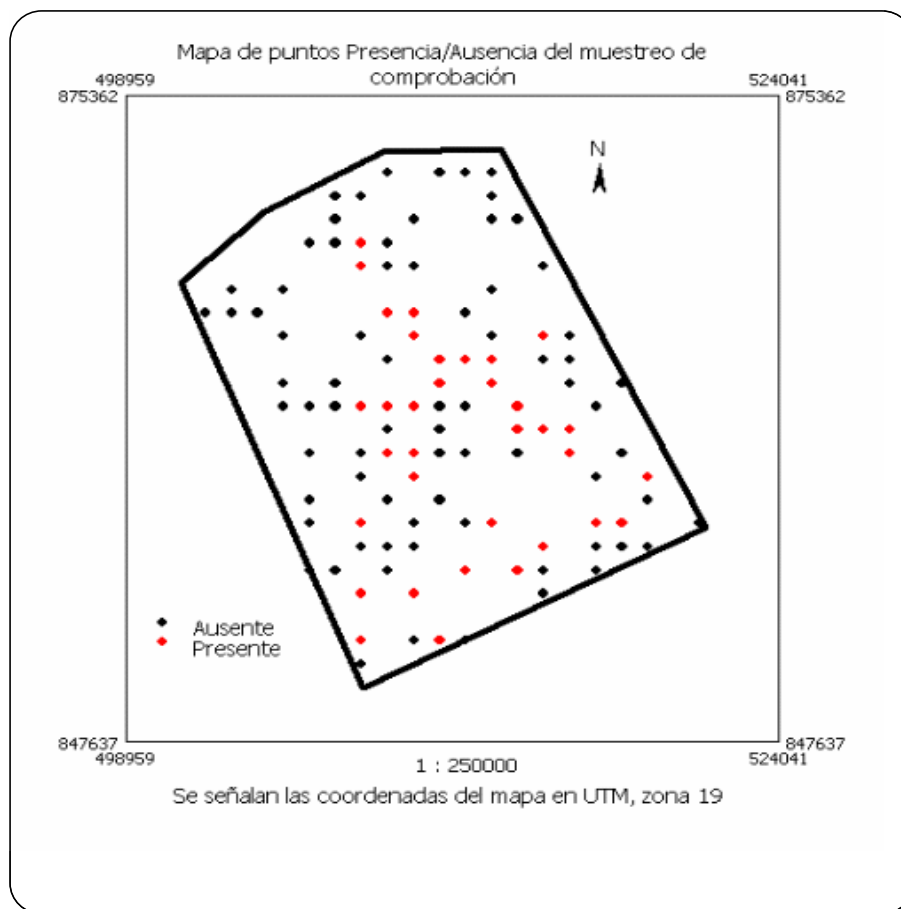


Figura 6.9 Mapa de puntos de presencia/ausencia generado por el muestreo de comprobación realizado durante los meses de mayo 2004 y enero 2005. Se registran 109 puntos en total.

Al realizar el cruce de información entre el mapa de puntos y cada uno de los mapas de hábitat se obtuvieron las siguientes matrices de comprobación:

Tabla 6.5 Matriz de comprobación para el mapa de hábitat natural obtenido por datos bibliográficos

Modelo	Realidad		Total
	Puntos presentes	Puntos ausentes	
Puntos presentes	28	62	90
Puntos ausentes	6	13	19
Total	34	75	109



Tabla 6.6 Matriz de comprobación para el mapa de hábitat intervenido obtenido por datos bibliográficos

Modelo	Realidad		Total
	Puntos presentes	Puntos ausentes	
Puntos presentes	28	48	76
Puntos ausentes	6	27	33
Total	34	75	109

Se tiene entonces que la exactitud general de los modelos de hábitat propuestos como natural, en el primer caso, y con intervención en el segundo, es de 38 y 50% respectivamente. Estos valores se calcularon usando la siguiente ecuación:

Exactitud general= (puntos presentes en la realidad y en el modelo + puntos ausentes en la realidad y en el modelo)/ puntos totales

Ambos modelos son el resultado de un proceso de calibración netamente bibliográfico. Sin embargo, se puede notar que al considerar los elementos antrópicos presentes en la zona el modelo de hábitat aumenta su exactitud.

Para efecto de los objetivos propuestos en este estudio, es necesario evaluar el poder de predicción del modelo como producto, es decir, que tan sensible es para predecir la distribución del hábitat; en este sentido se calcula la exactitud del producto, por la ecuación referida en Congalton (1991):

Exactitud de producto = puntos presentes en la realidad y en el modelo/ (los puntos presentes en la realidad y en el modelo + puntos presentes en la realidad y ausentes en el modelo)

Los resultados de este cálculo son, 82% de exactitud en ambos casos, lo que indica que el modelo como producto es un buen predictor de la distribución del hábitat al comparar la realidad con el modelo.



Ahora, para los mapas obtenidos a través de datos de campo se tienen las siguientes matrices:

Tabla 6.7 Matriz de comprobación para el mapa de hábitat natural obtenido por datos de campo

Modelo	Realidad		Total
	Puntos presentes	Puntos ausentes	
Puntos presentes	32	52	84
Puntos ausentes	2	23	25
Total	34	75	109

Tabla 6.8 Matriz de comprobación para el mapa de hábitat intervenido por datos de campo

Modelo	Realidad		Total
	Puntos presentes	Puntos ausentes	
Puntos presentes	31	33	64
Puntos ausentes	3	42	45
Total	34	75	109

En este caso, la exactitud general de los mapas es un poco mayor que la de los anteriores; para el modelo natural es de 50% y para el intervenido es de 67%. A diferencia de los modelos anteriores, el proceso de calibración fue mediante datos de campo, o sea, in situ, lo que de alguna manera permitió afinar la formulación del modelo. Igualmente se observa que, al introducir los elementos antrópicos se genera un modelo más exacto que el natural. Con respecto a la exactitud del producto se tiene que los valores son 94 y 91% respectivamente, mejorando considerablemente el poder predictivo de la distribución del hábitat de la especie. Es apreciable que entre el modelo natural y con intervención, el primero tiene mayor poder predictivo que el segundo, sin embargo, la exactitud general del modelo con intervención es mayor. Esto puede explicarse considerando que para la evaluación del poder predictivo de los



modelos, se hizo una comparación con la realidad mediante el registro de presencia de evidencias de animales en determinados lugares, lo que no implica que deban existir animales en los lugares señalados por el modelo, pues éste sólo predice la distribución del hábitat de la especie.

Por otro lado, se observa que el número de ausencias cuando el modelo predice lo contrario, está indicando que hay una sensible carencia de animales; pero en ningún caso desmejora el poder de predicción del modelo resultante pues ha sido construido para determinar la distribución del hábitat y no para la de los animales.

Se tiene entonces, que a través de la conjugación de la ecología del paisaje, Sistemas de Información Geográfica y los modelos espaciales, como herramientas de estas disciplinas, es posible diseñar el modelo de distribución de hábitat para el chigüire, usando datos bibliográficos, espaciales y de campo, logrando construir una herramienta que permitirá posteriormente la adecuación de los planes de manejo para esta especie y de usos de tierra para la zona de sabanas inundables. Y más allá del contexto de esta investigación, este tipo de método podría ser aplicado a otras especies y ecosistemas con fines de conservación.



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

En este capítulo se presentan consideraciones concluyentes generadas a partir del análisis de los resultados de cada capítulo anterior, y se esbozan algunas ideas y recomendaciones del autor para ser consideradas en investigaciones futuras enmarcadas en el tema.

7.1 Discusión general

Los modelos de hábitat obtenidos, pese a la exactitud general alcanzada, llegan a ser una útil herramienta predictiva de la distribución del hábitat del chigüire en las sabanas inundables de la Estación Biológica El Frío, ya que la exactitud del producto es bastante alta (82% para los modelos natural y con intervención, obtenidos a partir de datos bibliográficos, y 94 y 91% para los modelos natural y con intervención, obtenidos por datos de campo, respectivamente). De acuerdo con Guisan y Zimmermann (2000), la evaluación de un modelo predictivo como el que se obtuvo en este trabajo, puede hacerse usando un análisis de matriz de error (tablas 6.5, 6.6, 6.7 y 6.8). En tal sentido, el poder de predicción estaría dado por las diferencias entre los valores pronosticados por el modelo y los valores observados en la realidad.

Según Lawler y Edwards (2002), los modelos predictivos de hábitat basados en asociaciones entre especies y paisaje procesados empíricamente, sin aplicar técnicas o índices tradicionales (Índice de disponibilidad de hábitat, HSI; Relación hábitat-especie, WHR, entre otros), resultan, luego de una buena calibración y afinación, en una alternativa precisa, confiable y más flexible, para la determinación de hábitats y su ubicación. En efecto, los modelos producidos en este estudio, son fundamentalmente empíricos, basados en datos de presencia-ausencia relacionados los patrones de paisaje de la zona.



Ojasti (1973), refiere que en estudios realizados en el año 1970, en Hato El Frío (actualmente Estación Biológica El Frío), la densidad de población del chigüire era de 45 individuos por Km^2 , lo que significaba una población de aproximadamente 30000 individuos. Actualmente, según Herrera (com. pers.), la población de chigüires censada en la Estación Biológica El Frío para finales de la estación seca, fue de 6000 individuos, lo que resulta en una densidad de población de 8,6 individuos por Km^2 . Estas cifras sugieren una inminente disminución en las poblaciones que habitan en la Estación.

En este sentido, conociendo que la densidad de población actual es de 8,6 individuos por Km^2 , puede hacerse el cálculo del número de individuos que podrían estar aprovechando las zonas de hábitat que reflejan cada uno de los modelos. Para esto, se considera, a partir de la densidad actual, que en el área de muestreo ($274,4 \text{ Km}^2$) el número de individuos que deberían estar distribuidos en esa superficie deben ser aproximadamente 2200. Partiendo de esta premisa, suponemos que este mismo número de individuos podrían estar ocupando las áreas de hábitat resultantes en cada modelo. De esta manera se tiene que la densidad de población para cada mapa podría ser de 9,7 individuos por Km^2 (para una superficie de $227,8 \text{ Km}^2$, modelo natural bibliográfico), 11,4 individuos por Km^2 (para una superficie de $192,9 \text{ Km}^2$, modelo con intervención bibliográfico), 10,5 individuos por Km^2 (para una superficie de $209,6 \text{ Km}^2$, modelo natural de campo) y 14 individuos por Km^2 (para una superficie de $227,8 \text{ Km}^2$, modelo con intervención de campo). En cada caso, la densidad de población está muy por debajo del valor señalado para 1970. Además, se observa que a medida que disminuye el área de hábitat resultante de los modelos, aumenta la densidad de población. Todo lo anteriormente expuesto, conduce a pensar que en la zona de estudio no hay suficientes animales que puedan estar ocupando las zonas de hábitat predichas por los modelos; y que



las deficiencias en los valores de exactitud general calculada para cada uno, están dadas por la ausencia de animales en lugares que tienen las condiciones óptimas para servir de hábitat.

Son varias las razones que pueden explicar este fenómeno. Se considera que los factores limitantes de la densidad poblacional de la especie son en primer lugar, la disponibilidad de agua y alimento, y segundo, la cacería furtiva. Algunos autores, refieren el efecto de la depredación, no obstante, depredadores mayores como los felinos grandes y caimanes, han sido casi exterminados en la zona (Ojasti, 1993).

Por muchos años, Hato El Frío, fue uno de los hatos con manejo ejemplar para explotación de la especie. Sin embargo, la falta de seguimiento por parte de los organismos competentes y de los dueños, ocasionó una intensa disminución de la población, dejándola en condiciones no aptas para su explotación (Ojasti, 1973 y 1993; Herrera, com. pers.). En tal sentido, la explotación se convierte en el elemento crítico que afecta a las poblaciones de la especie. Puede asumirse como caza ilegal la explotación sin la licencia exigida por la Ley y toda aquella explotación que se aparta de las especificaciones de cada licencia particular. De esta manera, se divide en caza de subsistencia, realizada por pobladores locales para consumo directo, y caza comercial clandestina, cuando se obtiene ganancias económicas a partir de ésta.

Además de la cacería furtiva como principal elemento destructivo, el manejo racional del chigüire confronta otra serie de problemas. Uno de ellos es el poco interés y colaboración que los propietarios muestran para la conservación y explotación racional. También surgen problemas con el otorgamiento de licencias sin control previo de la población a explotar; y por su puesto, la falta de seguimiento de los programas de manejo es otro elemento importante (Ojasti, 1973 y 1993).



Por otro lado, tomando en cuenta la importancia de la actividad ganadera en la región llanera, podría presumirse que ésta ejerce un efecto negativo sobre las poblaciones de chigüire, sobre todo por competencia alimenticia. Sin embargo, según Ojasti (1973) y González-Jiménez (1995), el chigüire se convierte en competidor eficiente con el ganado sólo durante la estación seca y cuando la densidad poblacional de ambos herbívoros es alta. Tal como se dijo anteriormente, la densidad poblacional del chigüire es baja, además el manejo de los diques ha permitido el aumento de sabanas semiestacionales que ofrecen vegetación para el consumo de estas especies, por lo que la competencia sería un factor poco limitante. Contrariamente, a lo que se esperaba, la distribución del hábitat del chigüire está estrechamente favorecida por la presencia de la actividad ganadera. Los caminos de tierra y el aumento de extensiones de sabana semiestacional, que son tan importantes para el hábitat de la especie, son el producto del manejo que se le da a la zona para la actividad ganadera. Aunado a esto, las actividades propias de la explotación ganadera mantienen en continua vigilancia en grandes extensiones del hábitat, por lo que la presión por la cacería furtiva tiende a disminuir parcialmente. Sin embargo, la zona que bordea al caño Guaritico, importante vía fluvial para los pobladores locales, se considera como la mayor puerta de entrada para los cazadores ilegales, por lo que las poblaciones de chigüires que habitaban allí (muy abundantes hace unas tres décadas) han desaparecido totalmente, pese a que las condiciones del lugar reflejan un hábitat potencial.

Teniendo en cuenta los argumentos expuestos anteriormente, puede decirse que los modelos de distribución de hábitat obtenidos son satisfactorios y su aplicación en investigaciones posteriores, referentes a la especie y a la zona de estudio, podría considerarse como una herramienta que aporte información para planes de manejo y conservación. Conociendo los lugares con óptimas condiciones para el establecimiento de poblaciones de chigüires, es



posible diseñar planes de reintroducción de animales en dichos lugares, que posteriormente favorecerían los planes de producción. Además, con esta información se pueden diseñar también planes de protección y uso de tierra, favoreciendo no sólo a la especie, también se verían beneficiadas otras especies de la fauna llanera, que ocupan el mismo hábitat o zonas adyacentes similares.

7.2 Conclusiones

La aplicación de técnicas de procesamiento de información espacial para la evaluación de aspectos ecológicos de ecosistemas y especies animales, ofrece una amplia gama de ventajas para la obtención de resultados rápidos, efectivos y manejables en escalas lo suficientemente grandes como para ser empleados en el diseño y generación de planes de manejo y uso de tierra.

El hábitat del chigüire está determinado principalmente por la presencia de cuerpos de agua y de sabanas semiestacionales, además deben confluír la sabana hiperestacional, estacional y zonas que, no sólo le provean alimento al animal si no también zonas para refugiarse y reposar, como los bosques de galería y los bancos de arena.

Los elementos antrópicos de mayor influencia para el hábitat del chigüire son los caminos de tierra, por ofrecer superficies secas para el descanso y la coprofagia, y la zona de influencia del caño Guaritico por ser ésta una puerta de entrada a la cacería ilegal.

Este modelo, una vez mejorado, podría ser utilizado con fines de conservación y manejo de la especie en la región de sabanas inundables y tiene como aporte, la posibilidad de ser extrapolado a áreas mayores, donde las variables consideradas en el modelo puedan ser determinadas a través de SIG y sensores remotos.



A manera de recomendación, la autora sugiere que, para mejorar la exactitud de las predicciones de estos y otros modelos futuros, se actualicen los datos de origen geográfico, así como también se realice una calibración en la que se considere la estacionalidad de la zona.

Finalmente, este método podría ser aplicado al estudio de la distribución cuantitativa de la especie, incorporando datos poblacionales asociados con la producción secundaria y comercialización del chigüire. Además podría ser aplicado en la determinación del hábitat de otras especies animales importantes de las sabanas inundables y de otros ecosistemas.



Referencias bibliográficas

- Andressen, R., Robok, A. y M. Acevedo. 1996. Escenarios de cambio climático por efecto invernadero y deforestación para Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 37: 221-250.
- Aronoff, S. 1993. *Geographic Information System: A management perspective*. WDL Publications, Canadá.
- Atkinson, S. 1985. Habitat-based methods for biological impact assessment. *The Environmental Professional* 7: 265-282.
- Breining, D. R., Provancha, M. J. and R. Smith. 1991. Mapping Florida Scrub jay habitat for purposes of land-use management. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing* 57:1467-1471.
- Castroviejo, S. y G. López. 1985. Estudio y descripción de las comunidades vegetales del Hato El Frío, los llanos de Venezuela. *Memorias Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 45:79-151.
- Chacón-Moreno, E. 1991. Vegetación y flora de las Sabanas venezolanas. Plan de ordenación y manejo del Parque Nacional Santos Luzardo. Tomo I. BIOMA-MARNR, Caracas, Venezuela.
- Chacón-Moreno, E. 2001. Landscape change by embankment of the flooded savannah Llanos del Orinoco: a land unit approach. Pp. 49-68, *in*: Landscape ecology applied in land evaluation, development and conservation. Some worldwide selected examples. van der Zee, D. and I. Zonneveld. (Eds). ITC Publication. Enschede, The Netherlands.
- Chacón-Moreno, E., Arzac, A. y L. Hernández. 2003. Modelo de distribución espacial de unidades ecológicas del estado Mérida en escenarios de cambio climático. Resúmenes del V Congreso Venezolano de Ecología. Porlamar, Venezuela.
- Chacón-Moreno, E. 2004. Mapping savanna ecosystems of the Llanos del Orinoco using multitemporal NOAA satellite imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5: 41-53.
- Chacón-Moreno, E., Smith, J. K., Skidmore, A., Prins, H. and A. G. Toxopeus. Prediction of plant species distribution resulting from changes in hydrological process in the Venezuelan flooding savanna. Submitted.
- Congalton, R. G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 37: 35-46.
- Congalton, R. G., Oderwald, R. G. and R. A. Mead. 1983. Assessing landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing* 49: 1671-1678.
- Coops, N. C. y P. C. Catling. 2002. Prediction of the spatial distribution and relative abundance of ground-dwelling mammals using remote sensing imagery and simulation models. *Landscape Ecology* 17:173-188.
- Cousins, S., Lavorel, S. y I. Davies. 2003. Modeling the effects of landscape pattern and grazing regimes on the persistence of plant species with high conservation value in grasslands in South-Eastern Sweden. *Landscape Ecology* 18:315-332.
- Crosby, M. 1994. Mapping the distribution of restricted-range birds to identify global conservation priorities. Pp. 145-154, *in*: Mapping the Diversity of Nature. Miller, R. (Ed.). Chapman & Hall. London.
- Cumming, S. y P. Vernier. 2002. Statistical models of landscape pattern metrics, with applications to regional scale dynamic forest simulation. *Landscape Ecology* 17: 433-444.
- Cushman, S. y K. McGarigal. 2002. Hierarchical, multi-scale decomposition of species-environment relationships. *Landscape Ecology* 17: 637-646.
- Dettmers, R. y J. Bart. 1999. A GIS modeling method applied to predicting forest songbird habitat. *Ecological Applications* 9:152-163.
- Eisenberg, J. F. 1989. *Mammals of the Neotropics. The Northern Neotropics*. Vol I. The University of Chicago Press. Chicago.
- Escobar, A. y E. González-Jiménez. 1976. Estudio de la competencia alimenticia de los herbívoros mayores del Llano inundable con referencia especial al



- chigüire, *Hydrochoerus hydrochaeris*. *Agronomía Tropical* 26:215-227
- Fabricius, C., Palmer, A. y M. Burger. 2002. Landscape diversity in a conservation area commercial and communal rangeland in xeric succulent thicket, South Africa. *Landscape Ecology* 17: 531-537.
- Gergel, S. E. y M. Turner. 2002. Learning landscape ecology. A practical guide to concepts and techniques. Springer-Verlag Inc. New York.
- Gil, A., Perea, J. y S. Ruiz. 1976. Hábitos territoriales y comportamiento social del Chigüiro (H.h.h.), *in*: Programa y resúmenes del IIdo. Seminario sobre Chigüires y Babas. CONICIT - I.P.A. Fac.Agro. U.C.V. Maracay.
- González-Fernández, M. J. 1993. Programa de aprovechamiento comercial de la especie Chigüire (*Hydrochaeris hydrochaeris*) en Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Renovables. Servicio Autónomo de Fauna (PROFAUNA), Dirección de Manejo de Especies Comerciales. Caracas.
- González-Jiménez, E. 1995. El Capibara (*Hydrochaeris hydrochaeris*). Estado Actual de su Producción. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal. Roma. Italia.
- Griffiths, G. H., Smith, J. M, Veitch, N. and R. Aspinall. 1994. The ecological interpretation of satellite imagery with special reference to bird habitats. In: *Landscape ecology and GIS*. Haines-Young, R., D. R. Green and Cousins, S. H. Taylor & Francis LTD. London.
- Guisan, A. and N. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Haines-Young, R.; Green, D. R. and S. H. Cousins. 1994. *Landscape ecology and GIS*. Taylor & Francis LTD. London.
- Hall, L. S., Krausman, P. R. y M. L. Morrison. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25:173-182.
- Harris, L. y P. Kangas. 1988. Reconsideration of the Habitat concept. 53rd N. A. Wildlife and Natural Resources Conference. Pp 137-144.
- Herrera, E.A. 1985. Coprophagy in the Capybara (H.h.) *Journal of Zoology* 207: 616-619.
- Herrera, E. A. 1999. Comportamiento, conservación y manejo de fauna Silvestre: el caso del capibara en Venezuela. *Etología* 7: 42-46.
- Herrera, E. A. and Macdonald, D.W. 1987. Group stability and the structure of a capybara population. *Symposia of the Zoological Society of London* 58:115-130.
- Herrera, E. A. and Macdonald, D.W. 1994. The social significance of scent marking in capybaras. *J. Mammal.*, 75:410-415.
- Hooten, M., Larsen, D. y C. Wikle. 2003. Predicting the spatial distribution of ground flora on large domains using a hierarchical Bayesian model. *Landscape Ecology* 18: 487-502.
- ILWIS, 1997. Reference guide. ILWIS Department, ITC, Enschede, The Netherlands.
- ILWIS, 2001. Reference guide. ILWIS Department, ITC, Enschede, The Netherlands.
- Janssen, L. L. F. and van del Wel, F. J. M. 1994. Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: a review. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing* 60: 419-426.
- Jensen, J., Narumalani, S., Weatherbee, O. y K. Morris. 1992. Predictive modeling of cattail and waterly distribution in a South Carolina Reservoir using GIS. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing* 58: 1561-1568.
- Klopatek, J. M. and R. H. Gardner. 1999. *Landscape ecological analysis. Issues and applications*. Springer-Verlag Inc. New York.
- Lawler, J. y T. Edwards. 2002. Landscape patterns as habitat predictors: building and testing models for cavity-nesting birds in the Uinta Mountains of Utah, USA. *Landscape Ecology* 17: 233-245.
- Levins, R. 1966. The strategy of model building in population ecology. *American Science* 54: 421-431.
- Linares, O. 1998. Mamíferos de Venezuela. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. Caracas.



- Loehle, C. 1983. Evaluation of theories and calculations tools in ecology. *Ecological Modelling* 19: 239-247.
- López-Hernández, D. y A. Ojeda. 1996. Alternativas en el manejo agroecológico de los suelos de las sabanas del Norte de Suramérica. *Ecotrópicos* 9: 101-117.
- Ludwig, J., Eager, R., Bastin, G., Chewings, V. y A. Liedloff. 2002. A leakiness index for assessing landscape function using remote sensing. *Landscape Ecology* 17: 157-171.
- Luoto, M., Toivonen T. y R. Heikkinen. 2002. Prediction of total and rare plant species richness in agricultural landscapes from satellite images and topographic data. *Landscape Ecology* 17: 195-217.
- Mata, D.; Herrera P. y B. Birbe. 1996. Sistemas de producción animal con bajos insumos para las sabanas de *Trachypogon* sp. *Ecotrópicos* 9: 83-100.
- Mauro, R. 1990. Análisis ecológico de la distribución espacial de animales en los llanos del estado Apure. Tesis Doctoral. Postgrado de Ecología Tropical. Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- Meijerink, A. M. J., de Brouwer, H. A. M., Mannaerts, C. and c. R. Valenzuela. 1994. Introduction to the use of Geographic Information Systems for practical hydrology. ITC Publication, 23. ITC, Enschede, The Netherlands.
- Oindo, B., de By, R. y A. Skidmore. 2000. Interannual variability of NDVI and bird species diversity in Kenya. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 2: 172-180.
- Ojasti, J. 1968. Notes on the mating behavior of the Capybara. *Journal of Mammology*. 49:534-535.
- Ojasti, J. 1972. El Chigüire. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas.
- Ojasti, J. 1973. Estudio Biológico del Chigüire o Capibara. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (FONAIAP). Editorial Sucre. Caracas.
- Ojasti, J. 1993. Utilización de la fauna silvestre en América Latina. Situación y perspectiva para un manejo sostenible. Guía FAO. Conservación. Roma. Italia.
- Opdam, P., Foppen, R. y C. Vos. 2002. Bridging the gap between ecology and spatial planning in landscape. *Landscape Ecology* 16: 767-779.
- Oreskes, N., Shrader-Frechette, K. and K. Belitz. 1994. Verification, validation, and confirmation of numerical models in the Earth Sciences. *Science* 263: 641-646.
- Os, M. van. 2000. Forest development in a flooded savannah in the llanos de Orinoco 1960-1999. Report Project INCO-DC contract ERBIC 18CT960087. Wageningen University, Wageningen.
- Pérez, E. y J. Ojasti. 1996. La utilización de la fauna Silvestre en la América Tropical y recomendaciones para su manejo sustentable en las sabanas. *Ecotrópicos* 9: 71-82.
- Pinillos, M. 1999. Modelo hidrológico de simulación en los llanos inundables del estado Apure. *In: Postgrado en Ecología Tropical*. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Risser, P. G. 1999. Landscape ecology: does the science only need to change at the margin?. *In: Landscape ecological analysis. Issues and applications*. Klopatek, J. M. and R. H. Gardner. Springer-Verlag New York, Inc.
- Rykiel, E. J. Jr. 1996. Testing ecological models: the meaning of validation. *Ecological Modelling* 90: 229-244.
- Sabins, F. F. 1987. Remote Sensing. Principles and Interpretation. Freeman, New York.
- Sarmiento, G. 1983. The savannas of tropical America. Pp. 245-288, *in: Tropical Savannas*. Bourlière, F. (Ed.). Elsevier, Amsterdam.
- Sarmiento, G. 1990. Ecología comparada de ecosistemas de sabanas en América del Sur. Pp. 15-56. *In: Las sabanas americanas. Aspecto de su biogeografía, ecología y utilización*. G. Sarmiento (Ed.). Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas, Venezuela.
- Sarmiento, G. 1992. Adaptive strategies of perennial grasses in South American savannas. *Journal of Vegetation Science* 3: 325-336.
- Sarmiento, G., Pinillos, M., Pereira da Silva, M. y D. Acevedo. 2004. Effects of soil water regime and grazing on vegetation diversity and production in a hyperseasonal



- savanna in the Apure Llanos, Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 20:1-12.
- Silbernagel, J. 2003. Spatial theory in early conservation design: examples from Aldo Leopold's work. *Landscape Ecology* 18: 635-646.
- Simpson, G. G. 1945. The principles of classification and a classification of mammals. *Bulletin of American Museum of Natural History* 85: 1-135.
- Tamisier, A. y O. Dehorter. 1999. Ecological bases for the sustainable management of flooded tropical ecosystems: case studies in the llanos (Venezuela) and The Pantanal (Brazil). Proposal Nr: ERB3514PL950786. Centre d'Écologie Fonctionnelle et Evolutive. CNRS, París.
- Turner, M. G., Gardner, R. y R. O'Neill. 2001. *Landscape Ecology in theory and practice. Pattern and process.* Springer-Verlag Inc. New York.
- Walker, R., Novaro, A. y L. Branch. 2003. Effects of patch attributes, barriers, and distance between patches on the distribution of a rock-dwelling rodent (*Lagidium viscacia*). *Landscape Ecology* 18: 187-194.
- Westphal, M., Field, S., Tyre, A., Paton, D. y H. Possingham. 2003. Effects of landscape pattern on bird species distribution in the Mt. Lofty Ranges, South Australia. *Landscape Ecology* 18: 413-426.
- Wilson, J. y K. Lowe. 2003. Planning for the restoration of native biodiversity within the Goulburn Broken Catchment, Victoria, using spatial modeling. *Ecological Management and Restoration* 4: 212-219.
- Withers, M. A. and V. Meentemeyer. 1999. Concepts of scale in landscape ecology. *In: Landscape ecological analysis. Issues and applications.* Klopatek, J. M. and R. H. Gardner. Springer-Verlag Inc. New York.
- Wood, A. E. 1955. A revised classification of the rodents. *Journal of Mammalogy* 36: 165-187.