



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría En Ciencias Biológicas

Selección de recursos del lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) en el norte de México.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Maestría en Ciencias Biológicas.

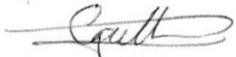
Presenta:

Asdrubal Leal González.

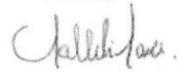
Dirigido por:

Dr. Carlos Alberto López González.

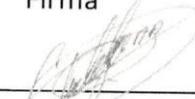
Dr. Carlos Alberto López González
Presidente


Firma

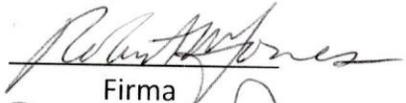
Dra. Nalleli Elvira Lara Díaz
Secretario


Firma

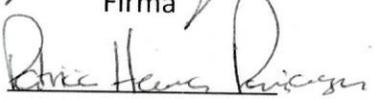
Dr. Christian Alejandro Delfín Alfonso
Vocal


Firma

Dr. Robert Wallace Jones
Suplente


Firma

Dra. Patricia Herrera Paniagua
Suplente


Firma

Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca
Director de la Facultad

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Diciembre 2017

RESUMEN

El lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) formó parte de la fauna de México y Estados Unidos hasta inicios del siglo XX cuando el gobierno de Estados Unidos inició una campaña sistemática para su erradicación. Fue hasta 1976 que el lobo mexicano fue incluido en su listado de especies protegidas. Más tarde se iniciaron los proyectos de reintroducción de animales con algunas ideas de cuál podrían ser las mejores condiciones de hábitat donde se podrían reestablecer las poblaciones. Este estudio pretende identificar cuáles son las características del hábitat que son más importantes para los lobos mexicanos y las zonas de mejor calidad en el norte de México. Se utilizaron un total de 1772 localizaciones satelitales de lobos. Se separaron a los individuos de lobos como un solo grupo, por condición social (solitarios y parejas) y por sexo (macho y hembra) con el fin de descubrir si estos factores influyen en la selección de recursos de los animales. Se usaron variables de hábitat y variables de desarrollo humano. Con la técnica de Intervalos de Bonferroni se probó que no existen diferencias de selección de recursos entre machos y hembras pero si entre parejas y solitarios. Todos los grupos de animales seleccionaron al bosque de encino, la orientación de la ladera sureste, las pendientes de 5 a 5.99°, la densidad de carreteras y terracerías de 0 km/km² y la densidad humana de 0 ind/km². Con el modelo de Densidad de Mahalanobis se generaron modelos de hábitat diferentes de acuerdo al grupo de lobos y con las variables antes mencionadas. Los lobos solitarios presentaron la mayor cantidad de hábitat favorable por ser más generalistas, las parejas de lobos presentaron zonas muy reducidas de hábitat favorable mientras que los machos y las hembras presentaron zonas de hábitat muy similares en cuanto a cantidad y ubicación.

Palabras clave: lobo, selección, sexo, social, hábitat.

ABSTRACT

The Mexican wolf (*Canis lupus baileyi*) was part of the fauna of México and United States until the early of twentieth century when the United States government began a systematic campaign for its extinction. It was until 1976 that the Mexican wolf was included in the Endangered Species List. Later, projects of reintroduction of animals began with some ideas of what could be the best habitat conditions where populations could be re-established. This study aims to identify which habitat characteristics are the most important for Mexican wolves and the best quality areas in northern Mexico. A total of 1772 satellite locations were used. The individuals of wolves were separated as a single group, by social condition (solitary and couples) and by sex (male and female) in order to discover if these factors influence the selection of animal resources. Habitat and human development variables were used. With the Bonferroni Interval technique, it was proved that there are no differences in the selection of resources between males and females, however differences exist between couples and solitaires. All groups of animals selected the oak forest, the orientation of the southeast slope, the slopes from 5 to 5.99°, the density of roads and dirt roads of 0 km/km² and the human density of 0 ind/km². With the Mahalanobis Density model, different habitat models were generated according to the group of wolves. The lone wolves presented the greatest amount of favorable habitat because they are more generalist, the couples of wolves presented very reduced zones of favorable habitat, whereas the males and the females presented zones of habitat very similar in quantity and location.

Key words: wolf, selection, sex, social, habitat.

A mis padres y hermana porque siempre han sido mi apoyo incondicional en todo momento. Aunque no estemos juntos sabemos que estamos más cerca que nunca. Los amo con todo el corazón.

A Valeria por todo el apoyo, consejos, ayuda y momentos que pasamos en este proceso. De todo lo que he pasado tú eres lo más valioso y bonito.

Como siempre, a los tres que me cuidan donde quiera que estén (mamá Chepa, papá Mundo y papá Tacho) y a la que aún tengo en vida (mamá Tomasa).

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la posibilidad económica y de recursos para cursar un posgrado.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) ya que por medio de los Programas de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) se llevó a cabo el trabajo de campo del cuál derivaron los datos para el desarrollo de esta tesis.

A la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) por la oportunidad de pertenecer a su posgrado y a todos los que ahí laboran para que los alumnos tengan una educación de excelencia.

Al doctor Carlos Alberto López González que me dio un a oportunidad para ser parte de su equipo de trabajo y me ha ayudado a crecer profesional y personalmente. Gracias por el apoyo, los regañones, las experiencias de trabajo y por la paciencia.

A la doctora Nalleli Elvira Lara Díaz por ayudarme desde el primer momento en que llegué a ser parte de su equipo de trabajo y por la paciencia. Por todos los consejos profesionales que me ha dado y las regañadas.

Al doctor Christian Alejandro Delfín Alfonso por ser mi primer guía profesional y por verme como uno más de los suyos. Nada de lo que estoy pasando y pasé podría haberse dado sin tu ayuda, amistad y consejos.

Al doctor Robert Wallace Jones y a la doctora Patricia Herrera Paniagua por su confianza y apoyo para el desarrollo de esta tesis.

Al todo el laboratorio de Zoología de la Universidad Autónoma de Querétaro por sus amistades y ratos que nos han tocado vivir. Las buenas comidas, humor y las idas a campo nunca han faltado.

A Carmen, Christian, Federico, Mario, Arturo, Laura y demás personas que han laborado en el poryecto de conservación del lobo mexicano. Sin su arduo trabajo no hubiera sido posible esta tesis.

A todos y cada uno de los productores que han apoyado de una u otra manera a este proyecto de lobo. Sin su apoyo no sería posible este trabajo.

A Eugenia, Gabriela y a la señora Lourdes por todas las vueltas que hicieron para apoyar mi proceso de titulación. Perdón por las molestias y los corajes, les debo una enorme.

A todos mis amigos que me apoyaron en este proceso y que estuvieron al pendiente del mismo. A tantos que me ha dejado este período de tiempo en Querétaro y que se quedarán para siempre.

A la familia Agoitia Fonseca por su apoyo y por considerarme uno más de su familia, también son parte de la mía.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO 1. CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT DEL LOBO MEXICANO (<i>Canis lupus baileyi</i>) EN EL NORTE DE CHIHUAHUA.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. SITUACIÓN DEL LOBO MEXICANO.....	2
1.2. SELECCIÓN DE HÁBITAT.....	5
2. OBJETIVOS	10
2.1. GENERAL.....	10
2.2. PARTICULARES.....	10
3. METODOLOGÍA	10
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	10
3.2. LOCALIZACIONES.....	12
3.3. VARIABLES.....	13
3.4. INTERVALOS DE BONFERRONI.	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	19
4.1. LOCALIZACIONES.....	19
4.2. TIPO DE VEGETACIÓN.....	20
4.3. PRODUCTIVIDAD PRIMARIA (NDVI).	24
4.4. COBERTURA ARBÓREA (%).	27
4.5. ELEVACIÓN (MSNM).....	30
4.6. ORIENTACIÓN DE LA LADERA.	34
4.7. PENDIENTE (°).....	37
4.8. DISTANCIA A RÍOS (METROS).	40
4.9. DENSIDAD DE CARRETERAS (km/km ²).	44
4.10. DENSIDAD DE TERRACERÍAS (km/km ²).	47
4.11. DENSIDAD HUMANA (Individuos/km ²).	50
CAPÍTULO 2. MODELO DE HÁBITAT POTENCIAL PARA EL LOBO MEXICANO (<i>Canis lupus baileyi</i>) EN EL NORTE DE CHIHUAHUA.	61
1. INTRODUCCIÓN.....	62
2. OBJETIVOS	66
2.1. GENERAL.....	66
2.2. PARTICULARES.....	66
3. METODOLOGÍA	67
3.1. ÁREA DE LOS MODELOS.	67

3.2.	LOCALIZACIONES.....	67
3.3.	VARIABLES.....	67
3.4.	DISTANCIA DE MAHALANOBIS.....	68
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
4.1.	ÁREA DE MODELADO.....	71
4.2.	CORRELACIÓN Y NORMALIDAD.....	72
4.3.	MODELO CON TODOS LOS LOBOS (N=1772).....	73
4.4.	MODELO CON LAS PAREJAS DE LOBO (N= 1087).....	75
4.5.	MODELO CON LOS LOBOS SOLITARIOS (N= 685).....	77
4.6.	MODELO CON LOBOS MACHOS (N=770).....	79
4.7.	MODELO CON HEMBRAS DE LOBO (N= 1002).....	81
4.8.	COMPARACIÓN DE ÁREAS POR CLASES DE HÁBITAT.....	83
5.	REFERENCIAS.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Área de estudio para la caracterización del hábitat del lobo mexicano (<i>Canis lupus baileyi</i>) en el noroeste de México.....	12
Figura 2.	Localizaciones de los lobos mexicanos (<i>Canis lupus baileyi</i>) separados por parejas y solitarios en el noreste de México.....	20
Figura 3.	Polígono mínimo convexo (PMC) usado para los modelos de distancia de Mahalanobis, delimitado por las localizaciones de todos los lobos.....	71
Figura 4.	Frecuencias acumuladas de valores p de las localizaciones totales de lobo y los puntos al azar.....	74
Figura 5.	Clases de hábitat para los lobos mexicanos basadas en los valores p de la Distancia de Mahalanobis.....	75
Figura 6.	Frecuencias acumuladas de valores p de las localizaciones de las parejas de lobo y los puntos al azar.....	76
Figura 7.	Clases de hábitat para las parejas de lobos mexicanos basadas en los valores p de la Distancia de Mahalanobis.....	77
Figura 8.	Frecuencias acumuladas de valores p de las localizaciones de lobos solitarios y los puntos al azar.....	78

Figura 9. Clases de hábitat para los lobos solitarios mexicanos basadas en los valores p de la Distancia de Mahalanobis.	79
Figura 10. Frecuencias acumuladas de valores p de las localizaciones de lobos machos y los puntos al azar.	80
Figura 11. Clases de hábitat para los lobos machos basadas en los valores p de la Distancia de Mahalanobis.	81
Figura 12. Frecuencias acumuladas de valores p de las localizaciones de lobos hembras y los puntos al azar.....	82
Figura 13. Clases de hábitat para los lobos hembras basadas en los valores p de la Distancia de Mahalanobis.....	83
Figura 14. Comparación del área (%) de las clases de hábitat por modelo.	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los lobos a los tipos de vegetación.	21
Tabla 2. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y de los lobos solitarios a los tipos de vegetación.	22
Tabla 3. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a los tipos de vegetación.....	23
Tabla 4. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a los intervalos de productividad primaria.	24
Tabla 5. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y de los lobos solitarios a los intervalos de productividad primaria.	25
Tabla 6. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a los intervalos de productividad primaria.	26
Tabla 7. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a los intervalos de cobertura arbórea.	27
Tabla 8. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y de lobos solitarios a los intervalos de cobertura arbórea.	29

Tabla 9. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a los intervalos de cobertura arbórea.....	30
Tabla 10. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a los intervalos de elevación.	31
Tabla 11. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y de los lobos solitarios a los intervalos de elevación.	32
Tabla 12. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a los intervalos de elevación.	34
Tabla 13. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a las orientaciones de la ladera.....	35
Tabla 14. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y de lobos solitarios a las orientaciones de la ladera.	36
Tabla 15. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobo a las orientaciones de la ladera.	37
Tabla 16. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los lobos de la pendiente de la ladera.....	38
Tabla 17. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas y los lobos solitarios a la pendiente de la ladera.	39
Tabla 18. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobo a la pendiente de la ladera.....	40
Tabla 19. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a las distancias a los ríos.	41
Tabla 20. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y los lobos solitarios a las distancias a los ríos.....	42
Tabla 21. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobo a las distancias a los ríos.....	44
Tabla 22. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a la densidad de carreteras.	45
Tabla 23. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y lobos solitarios a la densidad de carreteras.	46

Tabla 24. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a la densidad de carreteras.....	47
Tabla 25. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a la densidad de terracerías.....	48
Tabla 26. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y lobos solitarios a la densidad de terracerías.	49
Tabla 27. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a la densidad de terracerías.....	50
Tabla 28. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a la densidad humana.	51
Tabla 29. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y lobos solitarios a la densidad humana.	52
Tabla 30. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a la densidad humana.....	53
Tabla 31. Coeficientes de correlación de las variables tomadas en cuenta para el modelo de DM.	72
Tabla 32. Prueba de normalidad de Jarque-Bera para las variables de los modelos de DM.....	73

**CAPITULO 1. CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT DEL LOBO MEXICANO
(*Canis lupus baileyi*) EN EL NORTE DE CHIHUAHUA.**

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. SITUACIÓN DEL LOBO MEXICANO.

Al ser uno de los carnívoros con mayor distribución a nivel mundial (Mech, D. 1974), los lobos han sido perseguidos, principalmente por el conflicto que existió al momento del inicio de la explotación ganadera en las zonas de su distribución y que continúa con esa problemática hasta nuestros días (Blanco, et al. 1992; USFWS, 1996; Bangs y Shivik, 2001; Kaartinen, et al. 2009). En pocos lugares del mundo el lobo ha estado en tanto conflicto con la ganadería como en el suroeste de Estados Unidos (EU) y norte de México. La industria ganadera se unió con el gobierno federal en EU para poder, permanentemente, remover de su dominio histórico al lobo, ya que éste representaba el principal depredador de ganado. El ganado proveyó una fuente de comida lista y abundante, por lo que los lobos empezaron a depender del ganado para su sustento, (Brown, D. 1983; USFWS, 1996).

Debido a una campaña de exterminio por parte del gobierno de los EU los lobos fueron sistemáticamente capturados, envenenados y cazados (Brown, D. 1983). Para cuando el gobierno de ese país instauró a la especie dentro de su listado de especies en riesgo en 1976, ya no existía ningún ejemplar en el sur de su territorio (USFWS, 1996). Por esta razón se generó un proyecto de reintroducción del lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) con el objetivo de que, a partir de ejemplares en cautiverio y con acciones de captura de animales vivos (en Durango), se iniciara la reintroducción de la especie en su distribución histórica, tanto en el suroeste de EU como en el norte de nuestro país. El programa empezó a tener éxito en la reproducción y mantenimiento de los animales en cautiverio por lo que en 1998 se llevó a cabo la primera liberación de 11 lobos mexicanos en Arizona bajo una perspectiva de que para el 2005 hubieran cerca de 100 lobos en el área (USFWS, 1996).

Por su lado, México inició los esfuerzos de reintroducción con la generación del Proyecto de Recuperación de Especies Prioritarias en 1997 donde una de las

primeras especies en ser consideradas para su restauración fue el lobo mexicano (SEMARNAT-INE, 2000; SEMARNAT, 2009). Con este proyecto se crearon grupos de trabajo que actuarían para la asesoría, consulta, coordinación y apoyo técnico para que el gobierno federal pudiera desarrollar una estrategia de recuperación y conservación de los lobos mexicanos y la liberación de ejemplares en nuestro país. A pesar de que en EU iniciaron las liberaciones desde hace casi 20 años, no fue sino hasta en el 2011 que se pudo lograr la primera liberación de animales en la parte noreste de México (Lara, et al. 2015). Con los años siguientes vinieron más liberaciones de animales en nuestro país, aunque se dieron algunas muertes de estos ejemplares, haciendo complicada la tarea de su reintroducción.

Para el caso de la especie, se dice que este tipo de liberaciones son translocaciones de conservación (IUCN, 2013), ya que el objetivo de estas acciones es mejorar el estatus de conservación de la especie a nivel regional. Cualquier reintroducción que se lleve a cabo, sin importar la especie, fallaría si el hábitat en el sitio de la reintroducción no puede soportar los requerimientos de la especie (Armstrong y Seddon, 2007; Moorhouse, et al. 2009). Es tan importante la identificación de las mejores condiciones del hábitat para los animales antes de la liberación como la identificación de condiciones que los animales están seleccionando posterior a ella (Armstrong y Seddon, 2007). Este tipo de monitoreo posterior es de suma importancia ya que permite progresivamente mejorar el entendimiento de los mecanismos de selección por parte de los lobos y, como consecuencia, el desarrollo de modelos más precisos para futuras predicciones (Sarrazin y Barbault, 1996; Cook et al. 2009; IUCN, 2013).

Una de las principales preocupaciones de las liberaciones en animales sociales está ligada a que muchos de los animales tienden a asumir un comportamiento solitario (Fritts, et al. 1985). Sin embargo, la condición de mantenerse como una pareja es una ventaja en muchos factores (e.g. mayor eficiencia en la cacería, cuidado de crías, establecimiento y cuidado de un ámbito hogareño) para el establecimiento y supervivencia de la especie (Mech y Boitani, 2003).

Se ha documentado que los lobos se adaptan muy fácilmente a las condiciones del lugar donde habitan y, dentro de esta área, pueden llegar a mostrar especialización por ciertas condiciones del hábitat disponible tales como los hábitats para la cacería, la fisiografía o la selección de presas (Mladenoff, et al. 1995, 1997, 1999; Paquet, et al. 1996; Haight, et al. 1998; Mladenoff y Sickley, 1998; Callaghan, 2002). Dicho de otra manera, los lobos tienden a ser generalistas a nivel de ecosistemas, pero seleccionan zonas específicas del área donde habitan.

Esta selección específica pueden estar relacionada a las condiciones intrínsecas de los individuos tales como el sexo o el tipo de condición social en la que se encuentren (Moehlman, P. 1989; Boitani y Powell, 2012). Por parte de la condición del sexo, las diferencias de selección estarán relacionadas a los objetivos de forrajeo que tenga cada sexo. Así, las hembras necesitan de zonas de hábitat con fuentes de alimento de alta calidad ya que, a pesar de tener un menor tamaño corporal que los machos, presentan una menor tasa de eficiencia digestiva (Eisenberg, et al. 1989). En contraste, los machos necesitan de una fuente de alimento con mucha biomasa, dejando un poco de lado la parte de su calidad (Eisenberg, et al. 1989; Boitani, 2012). Hablando de animales sociales, en el caso de los lobos existe un grupo de animales que no pueden establecerse como una manada y empiezan a tener un importante grado de dispersión para la búsqueda de las condiciones que requieran (Crook y Custrad; 1976; Bekof, 1997). Las causas de la dispersión son tres; competición por parejas, evasión de endogamia y competición por recursos (Gese, et al. 1988; Eisenberg et al. 1989; Jonhson y Gaines 1990). Las hembras que se dispersan tienen el objetivo reproductivo de encontrar el mejor hábitat para que las camadas futuras no carezcan de condiciones básicas como refugio y alimento, mientras que la dispersión de los machos obedece más al encuentro con la mayor cantidad de hembras posibles (Eisenberg, et al. 1989; Gese y Mech, 1991; Ruckstuhl y Neuhaus, 2005; Ruckstuhl, 2007). Las investigaciones con lobos que toman en cuenta este tipo de condiciones para estudiar la selección diferencial del hábitat según la condición (e.g. condición social, sexo) son prácticamente nulas. En otras especies de

carnívoros se han llegado a desarrollar estudios bajo este esquema de investigación y los resultados han sido significativos para el entendimiento de la selección del hábitat (Messier, F. 1985; Gese, et al. 1988; Kamler y Gipson, 2000; Nielsen et al. 2005; Vandel et al. 2006; Conde, et al. 2010).

1.2. SELECCIÓN DE HÁBITAT

La regla fundamental de la distribución de especies es que las especies son más abundantes en unos hábitats que en otros (Morris, 1987). Pero la sola presencia de los animales en un hábitat no es un reflejo de su selección, ya que no se está considerando a la supervivencia y la reproducción, por lo que se puede decir que un hábitat es un espacio geográfico donde los animales pueden cumplir sus requisitos básicos de vida (e.g. cobertura, agua) y que a la vez, estas condiciones puedan favorecer la supervivencia y reproducción de la especie (Morrison, et al. 2006; Boitani y Powell, 2012). Debido a que la distribución de estos hábitats no es uniforme en la naturaleza, los animales tienen la capacidad de seleccionar espacios que cuenten con las características adecuadas que necesitan por encima de otras zonas que no cumplan con todos estos requisitos (Manly, 2002; Morrison, et al. 2006). La teoría del forrajeo óptimo predice que cuando los recursos no son limitados, las especies deberían concentrar su alimentación sobre los mejores tipos de comida o los mejores tipos de hábitats e ignorar los otros sin importar que tan abundantes sean (Sinclair, et al. 2006).

Muchas veces la selección de hábitat está fuertemente influenciada por otros factores intrínsecos de los animales (e.g. organización, edad, sexo) (Ruckstuhl y Neuhaus, 2005), y no sólo por el hecho de que esas zonas son las mejores del área donde se distribuyen. Uno de esos factores es conocido como segregación de hábitat y se da cuando machos y hembras pueden usar diferentes hábitats, ya sea en la misma zona o en diferentes zonas (Ruckstuhl y Neuhaus, 2005). La segregación del hábitat puede variar y es atribuida a la diferencia que existe entre hembras y machos en los requerimientos nutricionales, estrategias reproductivas, afinidades sociales o actividades (Main y Coblentz, 1990; Ruckstuhl y Neuhaus, 2002). En los animales gregarios, los factores que afectan la distribución espacial

es el alimento y el agua (Clutton, et al. 1982), la depredación y el ambiente físico de la zona, especialmente la disponibilidad de refugios contra las condiciones del clima (Jackes, 1973). Otro concepto es el de segregación social y se da cuando machos y hembras se encuentran en diferentes grupos pero usan las mismas áreas o tipos de hábitat (Ruckstuhl y Neuhaus, 2002). Con lo anterior es evidente que tener en cuenta las diferencias que existen entre individuos de una misma especie, ya sea por sexo o por situación social, es un tema de mucho interés y que ayudará a poder realizar decisiones de conservación muy encaminadas a cierto sector de la población.

A pesar de ello, los estudios de carnívoros que consideran esta división de grupos dentro de una población son muy pocos en la literatura. Existen aproximaciones a estos estudios pero con un enfoque hacia condiciones de perturbación humana, tales como la respuesta a caminos o a poblaciones humanas (Mace, et al. 1996; Maehr, 1997; Gaines et al. 2005). Otros trabajos se centran exclusivamente en el uso de hábitat de las hembras (Clark, et al. 1993; Mace, et al. 1996; Fecske, et al. 2002; Gaines, et al. 2005). A pesar de ello, existen algunos trabajos enfocados en carnívoros que han incorporado el factor de variación debido al sexo de los animales donde han encontrado que las diferencias de sexo y condición social influyen en la selección del hábitat (Litvaitis y Shaw, 1980; Gese, et al. 1988; Kamler y Gipson, 2000; Conde, et al. 2010).

Para el caso del lobo, al ser uno de los animales más ampliamente distribuidos por el hemisferio norte (Mech, D. 1974), las oportunidades para su estudio han sido aprovechadas a lo largo de toda su distribución. Existen estudios de uso de hábitat en gran parte de su territorio variando los enfoques de acuerdo a los objetivos de la investigación (Meriggi, et al. 1991; Mladenoff, et al. 1995; Callaghan, 2002; Norris, et al. 2002; Jedrzejewski, et al. 2004; Kuzyk, et al. 2004; Cayuela, L. 2004). Al ser una especie exclusivamente carnívora y estar en contacto con poblaciones humanas y el desarrollo ganadero, muchos de los estudios para la especie también están dirigidos al conocimiento del hábitat que pueda derivar en conflictos

de depredación de ganado (Vos, J. 2000; Kaartinen y Kojola, 2009; Mech, et al. 2000; Nowak, et al. 2005).

En el caso de la subespecie de lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*), se han llevado a cabo algunos trabajos, principalmente en función de las características que eran importantes para los animales, basándose en registros históricos. McBride (1970) realizó una investigación acerca del estatus en el que se encontraba la especie tanto en el suroeste de EU, como en el norte de México. Recopiló datos de presencia de animales a través de tramperos, cazadores y pobladores de las zonas donde se distribuían los lobos mexicanos. También describió las características que deben tener el hábitat para los lobos, su biología, comportamiento y problemática en el área histórica de distribución.

Posteriormente, McBride (1980) nos muestra las características más favorables para los lobos mexicanos basadas en la documentación histórica de la especie en el suroeste de EU y norte de México. El fin del trabajo es dar información básica para la exitosa reintroducción del lobo mexicano a EU. Su trabajo abarca una gran cantidad de información que va desde la taxonomía, los requerimientos básicos para la especie, el comportamiento y las interacciones de la especie con otros animales.

Bednarz realizó dos trabajos que se basan enteramente en información acerca del lobo mexicano con el fin de proponer zonas donde se pueda llevar a cabo su reintroducción en EU. El primer trabajo de Bednarz (1988) se centraba en una recopilación de la información del hábitat usado por los lobos mexicanos y la historia de su extinción en el suroeste de EU y norte de México. En este trabajo se pone de manifiesto que se debe hacer más investigación para poder identificar las zonas potenciales de futuras reintroducciones en Nuevo México y otras zonas de distribución histórica del lobo mexicano.

Posteriormente, Bednarz (1989) realiza una evaluación del área federal de la armada de EU White Sands, la cual está dividida en las zonas de San Andrés y Black Mountains. Su evaluación está basada en el tipo de vegetación, la densidad

de las presas (*Odocoileus hemionus*, *Odocoileus virginianus*), las características topográficas, fuentes de agua, la densidad de caminos, y la densidad humana. En el trabajo se recomienda tomar los resultados de densidad de presas de manera prudente ya que los cálculos podrían estar sobreestimados, sin embargo continúan siendo importantes ya que dan una aproximación del estatus de las presas y se recomienda más investigación para tener cálculos más precisos. Bednarz concluyó que la zona puede albergar a un total de 32 animales (hasta 40 incluyendo zonas no tan favorables). El acceso restringido de la zona al público en general es una de las ventajas de esta área, aunque las actividades militares llevadas a cabo podrían ser un factor limitante para la dispersión de los animales. Bednarz (1989) enfatiza que como no se conocían los datos de uso de hábitat de los lobos antes de la extirpación, era importante registrar esos datos en las zonas donde se llevarán a cabo las liberaciones de lobos y así describir y cuantificar de manera más precisa el uso de hábitat de la especie.

El servicio de pesca y fauna de EU (US Fish and Wildlife Service) (1996) llevó a cabo una evaluación de distintas zonas en Arizona y Nuevo México para futuras reintroducciones del lobo mexicano. Este documento tomaba en cuenta cuál sería el impacto de la reintroducción de lobos mexicanos en las zonas de Blue Range Wolf Recovery Area (BRWRA) y White Sands Wolf Recovery Area (WSWRA), en ese orden de importancia. Si las condiciones son las correctas, se establece como plan el reintroducir primero animales a BRWRA y al llegar a los 100 individuos se iniciará la reintroducción de animales en WSWRA. En cada una de las zonas se identificaron zonas núcleo, que es donde se encuentra el mejor hábitat para los lobos de acuerdo a sus requerimientos, y zonas secundarias que mantienen una calidad menor pero que son importantes para la dispersión de los animales al ya estar reintroducidos.

Para nuestro país, la generación de literatura asociada a los lobos mexicanos es escasa, esto debido a su extirpación de nuestro territorio. Araiza et al. (2012) hicieron una investigación acerca del uso de hábitat de los lobos mexicanos en el norte de México. Ellos llevaron a cabo un modelado espacial de las mejores

condiciones (e.g. tipos de vegetación, distancia a caminos) para los animales en el norte de México con el fin de identificar potenciales sitios de alta calidad de hábitat para futuras liberaciones de lobos mexicanos. Ellos encontraron que las zonas con alta calidad eran muy escasas, además de que no eran lo suficientemente grandes ($>10,000 \text{ km}^2$) para albergar a lobos y se encontraban muy fragmentadas. A pesar de ello, sus resultados indican que las mejores zonas para la reintroducción de lobos fueron las que abarcaban la frontera norte entre Chihuahua y Sonora.

Lara (2010) caracterizó la comunidad de mamíferos de la Sierra de San Luis y de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos Bavispe (norte de Sonora). Esta caracterización era de suma importancia ya que en esta zona fue donde se llevó a cabo la primera liberación de lobos mexicanos en nuestro país en el 2011 (Lara, et al. 2015). Registró un total de 26 especies de mamíferos y una especie de ave (*Meleagris gallopavo*). Las especies con mayor abundancia fueron el venado bura (*Odocoileus hemionus*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), lo cual le confería a la zona un gran potencial para la reintroducción de lobos por la cantidad de presas disponibles.

Al ser animales estrictamente carnívoros, los lobos seleccionarán condiciones de hábitat que estén directamente relacionados con la presencia de presas en el área (Peterson, 1977; Packard y Mech, 1980; Fritts y Mech, 1981; Bednarz, 1988; Boitani, 2000). Las principales presas documentadas para los lobos mexicanos en el suroeste de EU son el venado bura (*Odocoileus hemionus*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), esto dependiendo de la densidad de cada una de las especies en el área (Bednarz, 1988, 1989; USFWS, 1996). Para nuestro país, Saldívar (2015) realizó un estudio de hábitos alimenticios de lobos mexicanos en el norte de México y observó que la principal presa para los animales es el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) que representa más de un tercio del total de sus presas (37.6%).

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

- Caracterizar el hábitat del lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) en el noreste de México.

2.2. PARTICULARES

- Identificar cuáles son las condiciones del hábitat que los lobos mexicanos seleccionan, usan equitativamente a su disponibilidad o evaden.
- Comparar el hábitat de los lobos de acuerdo a su estatus social (parejas-solitarios) o el sexo (machos-hembras).

3. METODOLOGÍA

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el noroeste de Chihuahua y noreste de Sonora. La zona está seleccionada en función de los movimientos de los animales liberados, tomando en cuenta desde abril del 2012 hasta enero de 2016. Estos estados presentan un área aproximada de 427,740 km² con alturas que van de los -12 a los 3,182 metros sobre el nivel del mar (msnm) con una media de 1,204 msnm (INEGI, 2013a). Cuentan con 83 tipos de vegetación destacando en área: matorral desértico micrófilo, pastizal natural, bosque de encino, pastizal inducido, bosque de pino-encino, sus tipos de vegetación secundaria y tipos de agricultura (INEGI, 2013b); y una variedad de 11 tipos de climas destacando el clima semiseco templado (BS1kw(w)), muy seco templado (BWkm(x')) y muy seco semicálido (BWhw) (INEGI, 2005). La zona de actividad de los lobos es parte del macizo de la Sierra Madre Occidental (SMOcc) y alberga climas templados y semifríos donde los principales tipos de vegetación son el bosque de pino, bosque mixto de coníferas, bosque de pino-encino, bosque de encino, con algunas comunidades como chaparral, pastizal y claros de bosque (González et al. 2012).

Por toda la variedad de condiciones climáticas, físicas y bióticas la fauna de la región es variada con una cantidad importante de especies con algún estatus de conservación, destacando el águila real (*Aquila chrysaetos*), la cotorra serrana occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*), el perro llanero de cola negra (*Cynomis ludovicianus*), el berrendo (*Antilocapra americana mexicana*), el bisonte (*Bison bison*), el lobo gris mexicano (*Canis lupus baileyi*), el jaguar (*Panthera onca*), tejón (*Taxidea taxus*), y el oso negro (*Ursus americanus*) (CONABIO, 2014). Los otros carnívoros medianos y grandes de la zona son el coyote (*Canis latrans*), la zorrilla gris (*Urocyon cinereoargenteus*), lince (*Lynx rufus*), puma (*Puma concolor*), la comadreja (*Mustela frenata*), zorrillo cadeno (*Conepatus leuconotus*), zorrillo listado sureño (*Mephitis macroura*), el zorrillo rayado (*Mephitis mephitis*), zorrillo manchado (*Spilogale gracilis*), coatí (*Nasua narica*), el mapache (*Procyon lotor*) y el cacomixtle (*Bassariscus astutus*). Los principales herbívoros de talla grande son el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el venado bura (*Odocoileus hemionus*) y el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) (García y López, 2013; Lara, 2010).

Para el 2010 la población de los estados de Chihuahua y Sonora era de 6'406,904 habitantes donde la mayoría se distribuye en las principales ciudades (CONABIO, 2014). Las principales actividades primarias son la agricultura, la ganadería y la silvicultura, mientras que la principal actividad secundaria es la minería siendo de los estados más importantes del país en minería (Camimex, 2010).

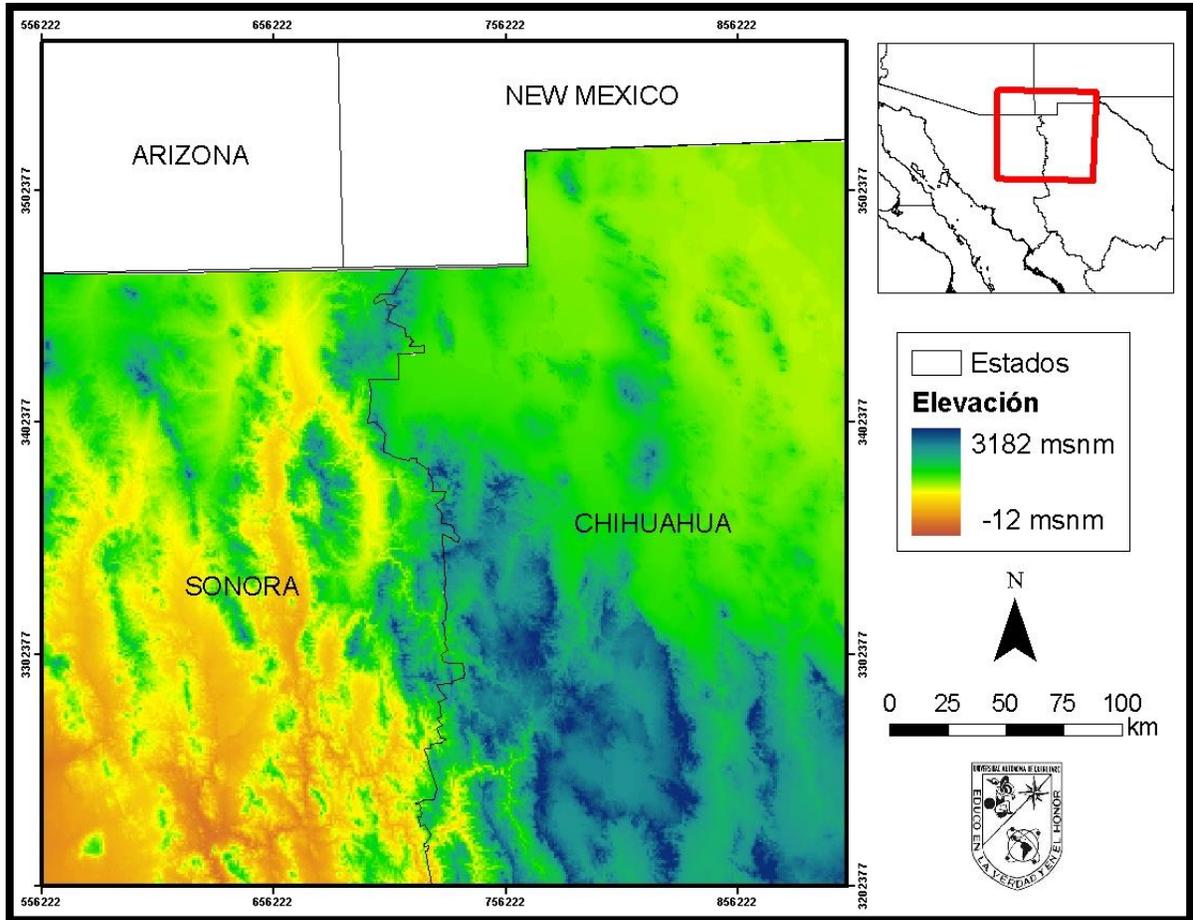


Figura 1. Área de estudio para la caracterización del hábitat del lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) en el noroeste de México.

3.2. LOCALIZACIONES.

Se obtuvieron localizaciones satelitales de radiocollares colocados en individuos de lobo mexicano liberados en el estado de Chihuahua en un período de tiempo que va del 2012 a 2016 como parte de la estrategia de reintroducción de la especie en nuestro país (SEMARNAT, 2009). Personal de campo localizó a los individuos de lobo por medio de radiotelemedría VHF al menos una vez por semana. Las localizaciones fueron convertidas al sistema de coordenadas NAD 1927 zona 13 norte a través del programa ArcGIS 9.3 (ESRI, 2009) para los análisis.

Las localizaciones pertenecen a individuos que se han establecido como parejas y a individuos que se han mantenido como lobos solitarios (com. pers. Carlos

Alberto López González). Se tomaron en cuenta para este estudio aquellas localizaciones que tuvieran los valores de la Dilución de la Precisión Horizontal (Horizontal Dilution of Precision, HDOP en inglés) igual o menos a 3 por ser las mediciones más precisas (Langley, 1999). Del total de las localizaciones, se tomaron como eventos independientes aquellas localizaciones que tenían un intervalo por lo menos de 24 horas por cada individuo, es decir sólo se tomó una localización por día por cada individuo. Se realizó una separación de los individuos de acuerdo a su nivel de organización (pareja o solitario) y de acuerdo al sexo (macho o hembra) para poder comparar los análisis con el fin de encontrar diferencias entre todos los grupos. Todas las localizaciones se manejaron como bases de datos con el programa Excel v. 14.0.71 (Microsoft, 2010) para posteriores análisis.

Para el establecimiento de las zonas que se encuentran disponibles para los lobos se creó un buffer alrededor de cada localización igual a la distancia promedio que recorren los animales por día (3,468 metros). Cada uno de los buffers estaba clasificado de acuerdo al grupo al que pertenecían los lobos (pareja-solitario, macho-hembra). Los datos de disponibilidad de hábitat se obtuvieron a partir de la generación de puntos al azar dentro de los buffers. Si se encontraban por lo menos 20 buffers con una distancia entre sí menor a 3,468 metros (la distancia promedio de viaje de los lobos por día), estos buffers se disolvían como uno solo. Para lo buffers individuales se generó un solo punto de disponibilidad, mientras que a los buffers disueltos se les generó una cantidad igual al total de buffers disueltos en ese grupo. Esta generación de puntos al azar es necesaria para poder hacer la comparación entre las características del hábitat que los animales están seleccionando y la disponibilidad de estos mismos recursos dentro del área de actividad de los animales (Manly, et al. 2002).

3.3. VARIABLES.

Para este estudio se utilizaron tanto variables bióticas (e.g. productividad primaria) como variables de desarrollo humano (e.g. densidad humana) que se consideran muy importantes en la selección del hábitat por parte de los lobos. Cada variable

posee magnitudes distintas de acuerdo a las condiciones que miden. Así tenemos que hay variables categóricas (e.g. tipo de vegetación), variables discretas (e.g. distancia a ríos) y variables continuas (e.g. densidad de carreteras). Las variables estuvieron divididas en nombres o intervalos de acuerdo a sus medidas.

Las variables de hábitat que se utilizaron en este modelo son:

- 1) Tipo de vegetación:** los lobos tienden a la selección de ciertos tipos de vegetación que les pueda proporcionar protección y alimento. En estudios anteriores se han observado que presentan preferencias hacia los tipos de vegetación boscosos (Jedrzejewski et al, 2004; Mladenoff et al. 1995). Esta variable está dividida de acuerdo al nombre del tipo de vegetación clasificada por el INEGI (2013b).

- 2) Cobertura arbórea:** relacionada con la presencia de presas, con la visibilidad para la cacería de las mismas y con la protección que una cobertura espesa puede brindar a los individuos de lobo (Di Miceli et al, 2011; Theuerkauf et al, 2003; Jedrzejewski et al, 2004; Bradley et al, 2005; Kaartinen et al, 2009). Esta variable estará dividida en intervalos de 10%, tomando en cuenta las zonas con 0% de cobertura (e.g.0-9%, 10-19%).

- 3) Productividad primaria:** más que con la presencia de los lobos, esta variable está relacionada directamente con las presas. Se ha documentado en nuestro país (Arellano, et al. 2010) y en otros países (Crete, 1999; Villarreal, et al. 2013; Borowik, et al. 2013) que existe una relación directa entre la productividad primaria y la presencia de ungulados. Esta variable está en función del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI por sus siglas en inglés) y tiene una escala que va de 1 a -1, siendo 1 el valor de máxima productividad para el hábitat. Nuestra variable estuvo dividida en clases de 0.1 de productividad (e.g. 0.10-0.19) (NASA, 2014).

- 4) Elevación:** estas condiciones están ligadas a la facilidad de traslado de un lugar a otro, la preferencia de ciertas presas por lugares con elevaciones muy específicas y el establecimiento de ciertos tipos de vegetación que son favorables, tanto para las presas como para los lobos (Kusak et al. 2005; INEGI, 2013a). Esta variable fue dividida en intervalos de 100 msnm (e.g. 1800-1899 msnm).
- 5) Orientación de la ladera:** la orientación determina la cantidad de luz y humedad que puede captar una zona del terreno. Estos factores favorecen el tipo y la cantidad de vegetación presente lo cual se puede ver traducido en la presencia de presas para los lobos (INEGI, 2013a; Carrol, et al. 2001; Milakovic, et al. 2011). Esta variable se dividió por nombres de acuerdo al intervalo de azimut que tuvo cada orientación (e.g. orientación noroeste= de 22.5° a 67.5°).
- 6) Pendiente:** variable relacionada con la facilidad de movimiento para los animales de acuerdo a los grados (°) de inclinación de la ladera. A una mayor inclinación se necesita mayor esfuerzo para moverse. Esta dificultad puede ser benéfica para la evasión de humanos, mientras que una inclinación menor puede ser favorable para la cacería (INEGI, 2013a; Carrol, et al. 2001). Esta variable fue dividida en intervalos de 1° de pendiente (e.g. 1-1.99°).
- 7) Distancia a ríos:** se ha documentado que la presencia de cuerpos de agua como los ríos es muy importante para los requerimientos de los animales y por la presencia de presas en las zonas circundantes a los cuerpos de agua (Trapp, 2004; Ahmadi et al. 2013; INEGI, 2014). Las distancias a los ríos fueron divididas en intervalos de 1000 metros desde la orilla. A partir de los 10,000 metros se tomó un intervalo desde los

10,000 metros hasta los 19,999 metros y un último intervalo con todas las zonas mayor a los 20,000 metros desde los ríos.

8) Densidad de Carreteras: la densidad de carreteras está vinculada con la mortalidad por colisión de los lobos y sus presas con vehículos motorizados, por la muerte indirecta por cacería y funciona como una barrera física que impide los movimientos de los animales y aumenta la fragmentación del hábitat (Mech, et al. 1988; Wydeven, et al. 2001; Ament, et al. 2007; INEGI, 2014). La medición de esta variable se hizo en kilómetros de carreteras sobre kilómetros cuadrados de terreno (km/km^2) y se tomó como primer intervalo a las zonas con $0 \text{ km}/\text{km}^2$ y a partir de ahí se dividieron los intervalos en $1 \text{ km}/\text{km}^2$ (e.g. $0.1\text{-}1 \text{ km}/\text{km}^2$). El último intervalo toma en cuenta todas las zonas que presentan más de $10 \text{ km}/\text{km}^2$.

9) Densidad de Terracerías: estos caminos tienen las mismas consecuencias que las carreteras aunque la muerte por colisión disminuye ya que son caminos son de media y baja velocidad. En las terracerías la muerte por cacería es mayor ya que son zonas donde la presencia de lobos y sus presas es más probable que en las carreteras (Whittington, et al. 2005; Kaartinen, et al. 2005; Shepherd, y Whittington, 2006; INEGI, 2014). La clasificación de esta variable fue igual que para la densidad de carreteras pero tomando en cuenta las terracerías de la zona de estudio.

10) Densidad Humana: la presencia de humanos y de asentamientos es un factor que influye en la presencia de lobos. A una mayor cantidad de gente la probabilidad de mortalidad aumenta por la cacería de los animales, de sus presas, y por los conflictos de depredación de ganado (Fuller, et al. 1992; Light y Fritts, 1994; Mladenoff, et al. 1995; Woodroffe, R. 2000; INEGI, 2010; Ahmadi et al. 2013). Esta variable estuvo medida

en cantidad de habitantes por localidad entre kilómetros de área alrededor de cada localidad (e.g. individuos/km²). El primer intervalo es de 0 ind/km² y los demás intervalos son de 1 ind/km². El último intervalo toma en cuenta las zonas con más de 10 ind/km².

Todas las variables, los datos de las localizaciones y los datos de disponibilidad fueron generados y manejados con el programa ArcGIS 9.3 (ESRI, 2009).

3.4. INTERVALOS DE BONFERRONI.

El método que se empleó para caracterizar el uso de hábitat por los animales a ciertas condiciones fue el de intervalos de Bonferroni. Esta es una técnica estadística con la cual se calculan los intervalos de confianza para datos de uso-disponibilidad (Byers, et al. 1984). Para este estudio las localizaciones de los animales fueron los puntos de uso, y los puntos generados al azar fueron los datos de disponibilidad (véase apartado de Localizaciones).

Para obtener los valores de las variables en cada uno de los registros de uso (localizaciones de lobos) y disponibilidad (puntos al azar) se utilizó la herramienta *Extract values to points* del software ArcGIS 9.3 (ESRI, 2009). Esto generó una capa (.shp) donde los registros estaban asociados con los valores de las variables. Se procedió a usar la base de datos (.dbf) de la capa con la ayuda del software Excel v. 14.0.71 (Microsoft, 2010). Con estos datos se realizaron todas las mediciones de los intervalos por cada una de las clases de las variables para cada uno de los grupos de lobos antes mencionados.

Una vez obtenidas las proporciones de uso de cada uno de las clases de las variables se procedió a realizar una prueba de chi cuadrada (Emden, 2008) con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 1} \quad \Sigma = \frac{(O-E)^2}{E}$$

Donde O representa la proporción de los datos observados, E representa los datos esperados de disponibilidad de cada clase y Σ es la sumatoria de todas esas proporciones.

Para la prueba de chi se utilizó un valor de significancia de 0.05. Una vez obtenidas las sumatorias de la variable se contrastaba con los valores críticos de chi cuadrada (también llamadas valores de tablas de chi). Estos valores críticos son constantes de acuerdo al nivel de significancia asignado y a los grados de libertad de la variable (Grados de libertad= n-1). Para este caso, los grados de libertad se obtenían restando uno a la cantidad de clases de cada variable. Una vez obtenido el valor crítico de chi, se comparaba con el valor de chi calculado para la variable. Si el valor calculado era mayor que el valor crítico de chi, entonces se podía concluir que había diferencias significativas.

Si había diferencias significativas, se procedía a la obtención de los intervalos de Bonferroni. Si no eran significativamente diferentes entonces no se generaban los intervalos de Bonferroni para la variable. Dicho de otra manera, si no había diferencias, entonces todas las clases de las variables fueron usadas de manera equitativa a su disponibilidad. Si había diferencias significativas entonces existían clases que eran seleccionadas o evadidas por los animales. Para saber cuáles clases son seleccionadas, usadas equitativamente a su disponibilidad o evadidas se procedió a construir los intervalos de Bonferroni con las proporciones de uso de hábitat de los lobos con la siguiente ecuación (Neu y Peek, 1974):

$$\text{Ecuación 2} \quad \rho_i - Z_{\frac{\alpha}{2k}} \sqrt{\frac{\rho_i(1-\rho_i)}{n}} \leq \rho_i \leq \rho_i + Z_{\frac{\alpha}{2k}} \sqrt{\frac{\rho_i(1-\rho_i)}{n}}$$

Donde ρ_i es la proporción de uso de los registros de esa clase de la variable, Z es el valor de la distribución normal, K es el número de clases que presenta la variable, α es el nivel de significancia ($\alpha=0.05$) y n es el número de registros obtenidos que en este caso es la cantidad de registros de individuos de lobo de acuerdo a su clasificación (e.g. parejas, solitarios, machos, hembras).

Como resultado se obtienen dos intervalos que están en función de la proporción de uso de los individuos de lobos, es decir que nos brindan un margen mayor y menor de uso de los animales a cada una de las clases de las variables. Si la proporción de la disponibilidad (puntos al azar) de esa clase está por debajo del intervalo de Bonferroni menor, entonces se toma como que los animales están seleccionando esa clase de la variable. Visto de otra manera, se puede decir que los animales usan esa clase del hábitat en una proporción mayor a su disponibilidad en la zona. Si la proporción de la disponibilidad de la clase está por encima del intervalo de Bonferroni mayor entonces los animales están evadiendo esa característica del hábitat. Es decir, a pesar que esa clase está muy presente, los animales no la están seleccionando. Un tercer caso es cuando la proporción de disponibilidad se encuentra entre el intervalo mayor y el intervalo menor de Bonferroni y se dice que los animales usan esa característica en proporción a su disponibilidad.

Para las comparaciones se tomaron en cuenta cinco grupos de animales. El primero es el que comprende todas las localizaciones de los lobos. Por su estatus social se tomaron en cuenta como segundo grupo a las parejas de lobo y como tercer grupo a los lobos solitarios. Por el sexo de los lobos se tomaron como cuarto grupo a los machos y como quinto grupo a las hembras. Este contraste de grupos es para detectar si existen diferencias en la selección de hábitat de acuerdo a la condición de los lobos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. LOCALIZACIONES

De 17 individuos de lobo, cuatro (23.5% del total de animales) se mantuvieron en una organización de pareja y 13 (76.5%) se mantuvieron como animales solitarios. En cuanto al sexo se presentaron nueve hembras (52.9%) y ocho machos (47.1%). Se registraron un total de 1,772 localizaciones independientes (Figura 2), donde las parejas registraron 1,087 localizaciones (61.3%) y los solitarios tienen

685 localizaciones (38.7%), mientras que los machos presentaron 770 localizaciones (43.5%) y las hembras un total de 1,002 localizaciones (56.5%).

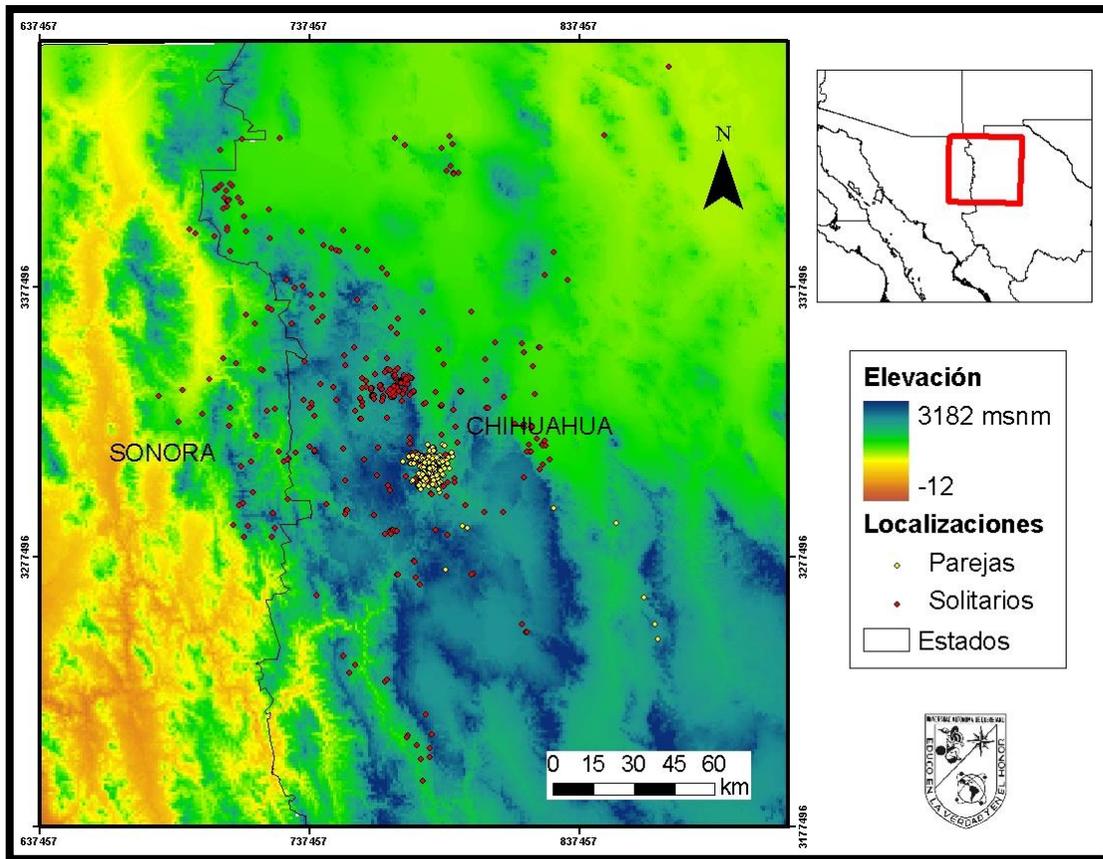


Figura 2. Localizaciones de los lobos mexicanos (*Canis lupus bailey*) separados por parejas y solitarios en el noreste de México.

4.2. TIPO DE VEGETACIÓN

Las localizaciones totales muestran 13 tipos distintos de vegetación (Tabla 1). Se partió de la hipótesis de que los animales usan los tipos de vegetación de acuerdo a su disponibilidad en su área de actividad. Se realizó la prueba de chi cuadrada para poder probar la hipótesis y se concluyó que existen diferencias significativas entre el uso y la disponibilidad de los tipos de vegetación (chi calculada=475.01; grados de libertad= 12, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 21.02). Los lobos usaron principalmente al bosque de encino (representado en el 75% de las localizaciones), el bosque de pino encino (13%) y el pastizal natural (4%). Con la ayuda de los intervalos de Bonferroni (Tabla 1) podemos notar que

los animales sólo seleccionan al bosque de encino; usan equitativamente a los asentamientos humanos, el bosque de táscate, matorral desértico micrófilo, el mezquital xerófilo, pastizal halófilo y a la vegetación halófila xerófila. La evasión de los animales es hacia la agricultura, los bosque de encino-pino, pino y pino-encino así como al pastizal inducido y natural.

Tabla 1. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los lobos a los tipos de vegetación.

Vegetación	Uso	Disponibilidad	Categoría
Agricultura	0.00 > 0.01 > 0.01	0.02	Evasión
A. Humanos	0.00 > 0.00 > 0.00	0.00	Uso Equitativo
B. de Encino	0.72 > 0.75 > 0.78	0.50	Selección
B. de Encino-Pino	0.03 > 0.05 > 0.06	0.15	Evasión
B. de Pino	0.00 > 0.01 > 0.02	0.03	Evasión
B. de Pino-Encino	0.10 > 0.13 > 0.15	0.20	Evasión
B. de Táscate	0.00 > 0.00 > 0.00	0.00	Uso Equitativo
Matorral Desértico	0.00 > 0.01 > 0.01	0.01	Uso Equitativo
Mezquital Xerófilo	0.00 > 0.00 > 0.01	0.00	Uso Equitativo
Pastizal Halófilo	0.00 > 0.00 > 0.01	0.00	Uso Equitativo
Pastizal Inducido	0.00 > 0.00 > 0.01	0.01	Evasión
Pastizal Natural	0.03 > 0.04 > 0.05	0.06	Evasión
V. Halófila Xerófila	0.00 > 0.00 > 0.01	0.00	Uso Equitativo

A.= Asentamientos; B.= Bosque; V.= Vegetación

Posteriormente se compararon los tipos de vegetación usados por las parejas de lobos y los lobos solitarios (Tabla 2). Se realizó la prueba de chi cuadrada con las parejas de lobo y se encontró que existen pruebas suficientes para poder refutar esta hipótesis (chi calculada= 416.67; grados de libertad= 6, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada=12.59). Las parejas de lobos usaron siete tipos distintos de vegetación, donde los más usados son el bosque de encino (89%) y el bosque de pino-encino (8%). Para este grupo, los intervalos de Bonferroni (Tabla 2) muestran que los animales seleccionan al bosque de encino, y muestran una evasión por todos los seis tipos de vegetación restantes.

Para los animales solitarios también se realizó la prueba de chi cuadrada tomando como hipótesis nula que los animales usan los tipos de vegetación de acuerdo a su disponibilidad. La prueba de chi cuadrada mostró diferencias significativas entre

el uso y la disponibilidad de los tipos de vegetación para estos animales (chi calculada= 121.40; grados de libertad= 12, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada=21.02). Se identificaron un total de 13 tipos diferentes de vegetación, siendo el bosque encino (52%), el bosque de pino-encino (19%) y el bosque de encino-pino (10%) los que más usaron los animales. Los intervalos de Bonferroni (Tabla 2) nos muestran que los animales solitarios seleccionan sólo al bosque de encino; muestran una evasión por las zonas de agricultura y las zonas de bosque de encino-pino, mientras que los nueve tipos de vegetación restantes son usados de acuerdo a su disponibilidad en las zonas de actividad de los animales.

Tabla 2. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y de los lobos solitarios a los tipos de vegetación.

Vegetación	PAREJAS			SOLITARIOS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
Agricultura	0.00>0.00>0.00	0.01	Evasión	0.00>0.01>0.03	0.04	Evasión
A. Humanos	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
B. de Encino	0.87>0.89>0.92	0.59	Selección	0.47>0.52>0.58	0.36	Selección
B. de Encino-Pino	0.00>0.01>0.02	0.11	Evasión	0.07>0.09>0.13	0.22	Evasión
B. de Pino	0.00>0.01>0.03	0.03	Evasión	0.01>0.02>0.04	0.04	Uso Equitativo
B. de Pino-Encino	0.06>0.08>0.11	0.21	Evasión	0.15>0.19>0.23	0.19	Uso Equitativo
B. de Tásate	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
Matorral Desértico	NA	NA	NA	0.00>0.01>0.03	0.02	Uso Equitativo
Mezquital Xerófilo	NA	NA	NA	0.00>0.01>0.02	0.00	Uso Equitativo
Pastizal Halófilo	NA	NA	NA	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo
Pastizal Inducido	0.00>0.00>0.00	0.02	Evasión	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo
Pastizal Natural	0.00>0.01>0.02	0.03	Evasión	0.06>0.08>0.12	0.11	Uso Equitativo
V. Halófila Xerófila	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo

A.= Asentamientos; B.= Bosque; V.= Vegetación.

Los siguientes grupos en ser comparados son los machos y las hembras de los lobos mexicanos. Se parte de la hipótesis nula de que los machos usan los tipos de vegetación de acuerdo a su disponibilidad. Al realizar la prueba de chi cuadrada podemos decir que existen diferencias significativas (chi calculada= 214.93; grados de libertad= 11, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada=19.67) entre el uso y la disponibilidad de los tipos de vegetación para los machos de lobos por lo que la hipótesis nula es rechazada. Para los machos se registraron un total de 12 tipos de vegetación (Tabla 3) y los más importantes son el bosque de encino (74%), el bosque de pino-encino (12%) y el pastizal

natural (5%). Los intervalos de Bonferroni (Tabla 3) nos muestran que los machos tienden a seleccionar sólo al bosque de encino; evaden a los bosques de encino-pino, de pino, de pino-encino y al pastizal inducido. Hacen un uso equitativo de los siete tipos de vegetación restantes.

Para el caso de las hembras, también se parte de la hipótesis nula de que los animales usan los tipos de vegetación de acuerdo a su disponibilidad. Al realizar la prueba de chi cuadrada podemos rechazar esta hipótesis nula ya que existen diferencias significativas (chi calculada= 211.31; grados de libertad= 9, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 16.91) entre el uso y la disponibilidad de los tipos de vegetación por las hembras. Para las hembras se registraron un total de 10 tipos de vegetación (Tabla 3), siendo los más importantes el bosque de encino (75%), el bosque de pino-encino (13%) y el bosque de encino-pino (6%). Los intervalos de Bonferroni (Tabla 3) nos dicen que las hembras seleccionan sólo al bosque de encino, usan a las zonas de agricultura, a los asentamientos humanos, al bosque de táscate y al matorral desértico de acuerdo a su disponibilidad. Evaden a los bosques de encino-pino, de pino, de pino-encino y a los pastizales inducido y natural.

Tabla 3. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a los tipos de vegetación.

Vegetación	MACHOS			HEMBRAS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
Agricultura	0.00>0.01>0.02	0.02	Uso Equitativo	0.00>0.01>0.01	0.01	Uso Equitativo
A. Humanos	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
B. de Encino	0.70>0.74>0.79	0.50	Selección	0.71>0.75>0.79	0.52	Selección
B. de Encino-Pino	0.00>0.03>0.05	0.12	Evasión	0.04>0.06>0.08	0.14	Evasión
B. de Pino	0.00>0.00>0.01	0.03	Evasión	0.01>0.02>0.03	0.03	Evasión
B. de Pino-Encino	0.09>0.12>0.16	0.23	Evasión	0.10>0.13>0.16	0.22	Evasión
B. de Táscate	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
Matorral Desértico	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
Mezquital Xerófilo	0.00>0.01>0.02	0.00	Uso Equitativo	NA	NA	NA
Pastizal Halófilo	0.00>0.01>0.01	0.01	Uso Equitativo	NA	NA	NA
Pastizal Inducido	0.00>0.01>0.01	0.01	Evasión	0.00>0.00>0.01	0.01	Evasión
Pastizal Natural	0.00>0.05>0.08	0.08	Uso Equitativo	0.01>0.03>0.05	0.05	Evasión
V. Halófila Xerófila	0.00>0.01>0.01	0.01	Uso Equitativo	NA	NA	NA

A.= Asentamientos; B.= Bosque; V.= Vegetación

4.3. PRODUCTIVIDAD PRIMARIA (NDVI).

La siguiente variable es la productividad primaria (medida con el NDVI). Para el grupo de las localizaciones totales de los animales se tomó la hipótesis nula de que los animales usan la productividad primaria de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente. Tras realizar la prueba de chi cuadrada podemos rechazar la hipótesis nula ya que se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 273.46; grados de libertad= 7, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 14.06) entre el uso y la disponibilidad de la productividad primaria. Los lobos registraron un total de ocho intervalos de productividad primaria (Tabla 4) siendo los más importantes el intervalo de 0.30-0.39 (62%), el intervalo de 0.40-0.49 (16%) y el intervalo de 0.50-0.59 (10%). Los intervalos de Bonferroni (Tabla 4) para todos los lobos nos muestran que los animales seleccionan sólo al intervalo de 0.30-0.39; usan de acuerdo a su disponibilidad a los intervalos de 0 a 0.19 y evaden los intervalos de 0.20-0.29 y a los intervalos que van de 0.40 a 0.79 de productividad primaria.

Tabla 4. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a los intervalos de productividad primaria.

NDVI	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-0.09	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
0.10-0.19	0.01>0.02>0.03	0.02	Uso Equitativo
0.20-0.29	0.07>0.09>0.11	0.14	Evasión
0.30-0.39	0.58>0.62>0.65	0.42	Selección
0.40-0.49	0.14>0.16>0.18	0.25	Evasión
0.50-0.59	0.08>0.10>0.12	0.14	Evasión
0.60-0.69	0.01>0.01>0.02	0.03	Evasión
0.70-0.79	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión

Los siguientes grupos a comparar con el uso y la disponibilidad de productividad primaria fueron las parejas y los animales solitarios de lobos. Con las parejas se inició con la hipótesis nula de que los animales usan la productividad primaria de acuerdo a la disponibilidad de ésta en el ambiente. La prueba de chi cuadrada nos mostró que se debía rechazar la hipótesis nula ya que habían diferencias significativas (chi calculada= 395.70; grados de libertad= 4, nivel de probabilidad=

0.05, valor crítico de chi cuadrada= 9.48) del uso y la disponibilidad de la productividad primaria para las parejas de lobos. Se registraron un total de cinco intervalos de productividad (Tabla 5) y los más importantes fueron el de 0.30-0.39 (81%), el de 0.40-0.49 (12%) y el de 0.20-0.29 (6%). Los intervalos de Bonferroni para las parejas de lobos muestran que seleccionan el intervalo de 0.30-0.39, mientras que evaden todos los intervalos restantes (Tabla 5).

Para el caso de los lobos solitarios también se inició con la hipótesis nula de que los animales usan la productividad primaria de acuerdo a su disponibilidad. Al realizar la prueba de chi cuadrada se encontró que hay diferencias significativas (chi calculada= 57.62; grados de libertad= 7, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 14.06) entre el uso y la disponibilidad de la productividad primaria. Los animales solitarios presentaron un total de ocho intervalos (Tabla 5) de productividad donde los principales son el intervalo de 0.30-0.39 (31%), el intervalo de 0.50-0.59 (26%) y el intervalo de 0.40-0.49 (22%). Los intervalos de Bonferroni (Tabla 5) mostraron que los solitarios seleccionan el intervalo de 0.50-0.59; presentan una evasión por los intervalos de 0.40-0.49 y por el de 0.70-0.79; los intervalos de 0 a 0.39 son usados de acuerdo a la disponibilidad que tienen en el ambiente, así como el intervalo de 0.60-0.69 de productividad primaria.

Tabla 5. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y de los lobos solitarios a los intervalos de productividad primaria.

NDVI	PAREJAS			SOLITARIOS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-0.09	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
0.10-0.19	NA	NA	NA	0.02>0.04>0.07	0.04	Uso Equitativo
0.20-0.29	0.04>0.06>0.08	0.12	Evasión	0.10>0.13>0.17	0.16	Uso Equitativo
0.30-0.39	0.78>0.81>0.84	0.52	Selección	0.26>0.31>0.36	0.27	Uso Equitativo
0.40-0.49	0.10>0.12>0.15	0.21	Evasión	0.18>0.22>0.27	0.32	Evasión
0.50-0.59	0.00>0.01>0.01	0.12	Evasión	0.21>0.26>0.30	0.17	Selección
0.60-0.69	0.00>0.00>0.00	0.02	Evasión	0.01>0.03>0.05	0.04	Uso Equitativo
0.70-0.79	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.01	Evasión

Los siguientes grupos en ser comparados son los de los machos y las hembras de lobos. Primeramente, se inició con el grupo de los machos de lobos con la

hipótesis nula de que los animales usan la productividad primaria de acuerdo a su disponibilidad. Se realizó la prueba de chi cuadrada para este grupo y se encontraron que existen diferencias significativas (chi calculada= 134.46; grados de libertad= 5, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 11.07) entre el uso y la disponibilidad de la productividad primaria, por lo que se rechaza la hipótesis nula antes planteada. Se registraron seis intervalos de productividad (Tabla 6) para los machos donde los más importantes son 0.30-0.39 (61%), el intervalo de 0.40-0.49 (14%) y el intervalo de productividad de 0.20-0.29 (11%). Con los cálculos de los intervalos de Bonferroni (Tabla 6) podemos notar que los machos seleccionan las zonas con productividad primaria de 0.30-0.39; hacen un uso de las productividades de 0.10 a 0.29 de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente y evaden las zonas de entre 0.40 y 0.69 productividad primaria.

Para las hembras también se inició con la hipótesis nula de que los animales usan la productividad primaria de acuerdo a su disponibilidad. Con la prueba de chi cuadrada se pudo rechazar esta hipótesis ya que se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 217.82; grados de libertad= 7, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 14.06) entre el uso y la disponibilidad de la productividad primaria para este grupo. De los ocho intervalos de productividad primaria que se registraron para las hembras (Tabla 6), los tres más importantes son el intervalo de 0.30-0.39 (62%), el intervalo de 0.40-0.49 (18%) y el intervalo de 0.50-0.59 (11%). Con los intervalos de Bonferroni (Tabla 6) se puede establecer que las hembras tienden a seleccionar las zonas con una productividad primaria de 0.30-0.39; usan los intervalos que van desde 0 a 0.19 y los que van de 0.60 a 0.79 de manera equitativa a su disponibilidad en el ambiente; evaden las zonas con productividades de 0.20-0.29 y las que van de 0.40-0.59.

Tabla 6. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a los intervalos de productividad primaria.

NDVI	MACHOS			HEMBRAS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-0.09	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
0.10-0.19	0.02>0.04>0.05	0.04	Uso Equitativo	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo

0.20-0.29	0.08>0.11>0.14	0.14	Uso Equitativo	0.05>0.07>0.09	0.14	Evasión
0.30-0.39	0.57>0.61>0.66	0.41	Selección	0.58>0.62>0.66	0.40	Selección
0.40-0.49	0.10>0.14>0.17	0.23	Evasión	0.15>0.18>0.21	0.30	Evasión
0.50-0.59	0.07>0.10>0.12	0.16	Evasión	0.08>0.11>0.13	0.15	Evasión
0.60-0.69	0.00>0.01>0.02	0.02	Evasión	0.01>0.02>0.03	0.01	Uso Equitativo
0.70-0.79	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo

4.4. COBERTURA ARBÓREA (%).

Al igual que con las variables anteriores, primero revisaremos el uso y la disponibilidad de la cobertura arbórea para todos los lobos implicados en este estudio. Se inicia con la formulación de la hipótesis nula la cual es que los lobos usan la cobertura arbórea de acuerdo a su disponibilidad. Para comprobar la hipótesis, se realizó la prueba de chi cuadrada para este grupo y se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 309.55; grados de libertad= 6, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 12.59) entre el uso y la disponibilidad de la cobertura arbórea por lo que la hipótesis nula es rechazada. De los siete intervalos de cobertura arbórea registrados para los lobos (Tabla 7), los tres más importantes son el intervalo de 10-19% de cobertura (61%), el intervalo de 30-39% de cobertura (16%) y el intervalo de 0-9% de cobertura (10%). Con los intervalos de Bonferroni observamos que los lobos como un solo grupo tienden a preferir a las zonas con una cobertura arbórea de 10-19%; usan las zonas con 30-39% de cobertura arbórea de acuerdo a su disponibilidad; evaden zonas que tengan coberturas de 0-9%, coberturas de 20-29% y las zonas con coberturas de van desde 40% hasta 69%.

Tabla 7. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a los intervalos de cobertura arbórea.

C. A.	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-9%	0.09>0.10>0.12	0.15	Evasión
10-19%	0.58>0.61>0.64	0.43	Selección
20-29%	0.06>0.08>0.10	0.18	Evasión
30-39%	0.13>0.16>0.18	0.14	Uso Equitativo
40-49%%	0.03>0.04>0.05	0.09	Evasión
50-59%	0.00>0.00>0.01	0.01	Evasión
60-69%	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión

C. A.=Cobertura arbórea.

También se compararon el uso y la disponibilidad de la cobertura arbórea pero para los grupos de las parejas de lobos y los lobos solitarios. Para el caso de las parejas, se inició con la hipótesis de que los animales usan la cobertura arbórea de acuerdo a su disponibilidad. Se realizó la prueba de chi cuadrada para este grupo y se encontró que existen diferencias significativas (chi calculada= 343.28; grados de libertad= 5, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 11.07) entre el uso y la disponibilidad por lo que la hipótesis planteada es rechazada. Se pudieron registrar seis diferentes intervalos de cobertura arbórea para las parejas de lobos (Tabla 8), siendo los más importantes el intervalo de 10-19% de cobertura (79%), el intervalo de 20-29% de cobertura (7%) y el intervalo de 30-39% de cobertura (7%). Con la ayuda de los intervalos de Bonferroni (Tabla 8) podemos definir que las parejas de lobos seleccionan las zonas con coberturas de 10-19%; las parejas evaden las zonas con 0-9% de cobertura y las zonas que presentan entre 20% y 59% de cobertura arbórea.

Para los lobos solitarios se tomó la misma hipótesis que para las parejas: que los solitarios usan las coberturas arbóreas de acuerdo a su disponibilidad. Con la prueba de chi cuadrada se rechazó esta hipótesis ya que se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 141.50; grados de libertad= 5, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 11.07) entre el uso y la disponibilidad de la cobertura arbórea para este grupo. Para los animales solitarios también se registraron seis intervalos de cobertura arbórea (Tabla 8), donde los más importantes son el intervalo de 10-19% de cobertura (32%), el intervalo de 30-39% de cobertura (30%) y el intervalo de 0-9% de intervalo (20%). Gracias a los intervalos de Bonferroni (Tabla 8) podemos concluir que los animales solitarios tienden a seleccionar las zonas con intervalos de 30-39% de cobertura arbórea; usan de manera equitativa a la disponibilidad las zonas con coberturas arbóreas de entre 0 a 19% y a las zonas con coberturas entre 40% y 59%; la evasión se dio sólo en el intervalo de 20-29% de cobertura arbórea.

Tabla 8. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y de lobos solitarios a los intervalos de cobertura arbórea.

C. A.	PAREJAS			SOLITARIOS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-9%	0.03>0.04>0.06	0.09	Evasión	0.16>0.21>0.24	0.23	Uso Equitativo
10-19%	0.76>0.79>0.82	0.51	Selección	0.27>0.32>0.37	0.29	Uso Equitativo
20-29%	0.05>0.07>0.09	0.18	Evasión	0.07>0.10>0.13	0.22	Evasión
30-39%	0.05>0.07>0.09	0.12	Evasión	0.26 >0.30>0.35	0.19	Selección
40-49%%	0.01>0.03>0.04	0.08	Evasión	0.04>0.06>0.09	0.06	Uso Equitativo
50-59%	0.00>0.00>0.00	0.01	Evasión	0.00>0.01>0.02	0.00	Uso Equitativo

C. A.=Cobertura arbórea.

Los siguientes grupos comparados son el de los machos y las hembras de lobo mexicano. Se inició con la hipótesis de que los machos usan las coberturas arbóreas de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente. Con la prueba de chi cuadrada se pudo refutar esta teoría ya que muestra que existen diferencias significativas (chi calculada= 118.28; grados de libertad= 5, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 11.07) entre el uso y la disponibilidad de la cobertura arbórea por parte de este grupo de animales. Se registraron un total de seis intervalos de cobertura para los machos (Tabla 9), siendo los más importantes el intervalo de 10-19% de cobertura (57%), el intervalo de 30-39% de cobertura (16%) y el intervalo de 0-9% de cobertura (15%). Con la ayuda de los intervalos de Bonferroni (Tabla 9) podemos concluir que los machos tienden a seleccionar las zonas con coberturas arbóreas de 10-19%; usan las zonas con coberturas de 0-9% y de 30-39% de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente; evaden a las zonas con 20-29% y entre 40% y 59%.

El siguiente grupo es el de las hembras de lobo y se formula la hipótesis que las hembras usan las coberturas arbóreas de acuerdo a su disponibilidad. Con la prueba de chi cuadrada podemos rechazar esta hipótesis ya que se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 246.57; grados de libertad= 5, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 11.07) entre el uso y la disponibilidad de las coberturas por este grupo de animales. Se registran un total de seis intervalos de cobertura usados por las hembras (Tabla 9), siendo los más importantes el intervalo de 10-19% de cobertura (64%), el intervalo de 30-39% de cobertura (15%) y el intervalo de 20-29% de cobertura (8%). Los intervalos de

Bonferroni (Tabla 9) nos muestran que las hembras seleccionan las zonas con coberturas de 10-19%; usan las zonas con 30-39% de cobertura en proporción a su disponibilidad; evaden las coberturas de 0-9%, las zonas de 20-29% y los intervalos que van desde 40% hasta 59%.

Tabla 9. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a los intervalos de cobertura arbórea.

C. A.	MACHOS			HEMBRAS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-9%	0.11>0.15>0.18	0.16	Uso Equitativo	0.05>0.07>0.09	0.13	Evasión
10-19%	0.52>0.57>0.62	0.41	Selección	0.60>0.64>0.68	0.41	Selección
20-29%	0.06>0.09>0.11	0.18	Evasión	0.06>0.08>0.10	0.18	Evasión
30-39%	0.13>0.16>0.20	0.17	Uso Equitativo	0.12>0.15>0.18	0.17	Uso Equitativo
40-49%	0.01>0.03>0.04	0.08	Evasión	0.03>0.05>0.07	0.09	Evasión
50-59%	0.00>0.00>0.00	0.01	Evasión	0.00>0.01>0.01	0.02	Evasión

C. A.=Cobertura arbórea.

4.5. ELEVACIÓN (MSNM).

La siguiente variable en ser descrita será la de la elevación del terreno, medida en una escala de metros sobre el nivel del mar (msnm). El primer grupo para poder hacer la comparación de uso y disponibilidad de las elevaciones será el de todos los lobos del estudio, iniciando con la hipótesis de que los animales usan las elevaciones de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente. Se llevó a cabo la prueba de chi cuadrada y se encontraron diferencias importantes (chi calculada= 729.81; grados de libertad= 15, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 24.99) entre el uso y la disponibilidad de la elevación para los lobos, por lo que la hipótesis es rechazada. Se registraron un total de 16 intervalos de elevación (Tabla 10) para los lobos, donde los más importantes son el de 1,900-1,999 msnm (37%), el intervalo de 2,000-2,099 msnm (23%) y el intervalo de 2,300-2,399 msnm (11%). Con la ayuda de los intervalos de Bonferroni (Tabla 10) podemos concluir que los animales seleccionan a los intervalos que van de los 1,900 msnm a los 2,099 msnm y al intervalo de 2,300-2,399 msnm; usan a los intervalos entre los 1,100 msnm y los 1,699 msnm de una manera equitativa de acuerdo a la disponibilidad de estas elevaciones en el ambiente; evaden elevaciones que van desde los 1,700 msnm a los 1,899 msnm, a los intervalos

entre los 2,100 msnm a los 2,299 msnm y a las elevaciones entre los 2,400 msnm y los 2,699 msnm.

Tabla 10. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a los intervalos de elevación.

MSNM	Uso	Disponibilidad	Categoría
1100-1199	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
1200-1299	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
1300-1399	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
1400-1499	0.01>0.02>0.03	0.02	Uso Equitativo
1500-1599	0.01>0.03>0.04	0.02	Uso Equitativo
1600-1699	0.01>0.02>0.03	0.03	Uso Equitativo
1700-1799	0.01>0.02>0.03	0.07	Evasión
1800-1899	0.05>0.06>0.08	0.17	Evasión
1900-1999	0.33>0.37>0.40	0.19	Selección
2000-2099	0.20>0.23>0.26	0.15	Selección
2100-2199	0.06>0.07>0.09	0.11	Evasión
2200-2299	0.04>0.06>0.07	0.09	Evasión
2300-2399	0.08>0.11>0.13	0.07	Selección
2400-2499	0.00>0.01>0.01	0.05	Evasión
2500-2599	0.00>0.00>0.00	0.02	Evasión
2600-2699	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión

Posteriormente se realizó la comparación del uso y la disponibilidad de las elevaciones pero ahora con los grupos de las parejas de lobos y los lobos solitarios del estudio. Se inicia con las parejas de lobos con la hipótesis de que los animales usan las elevaciones de acuerdo a su disponibilidad. Se lleva a cabo la prueba de chi cuadrada y los datos obtenidos nos muestran que hay diferencias significativas (chi calculada= 804.52; grados de libertad= 10, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 18.3) entre el uso y la disponibilidad de las elevaciones para las parejas de lobos por lo que la hipótesis es rechazada. Se registraron un total de 11 intervalos de elevaciones (Tabla 11), donde los más importantes son el de 1,900-1,999 msnm (49%), el intervalo de elevación de 2,000-2,099 msnm (29%) y el intervalo de 2,100-2,199 msnm (7%). Con la prueba de los intervalos de Bonferroni (Tabla 11) se encontró que las parejas seleccionan las zonas con elevaciones desde los 1,900 msnm hasta los 2,099 msnm; las parejas usan el intervalo de elevaciones 2,100-2,199 msnm de

acuerdo a su disponibilidad; las elevaciones evadidas son las que van desde los 1,600 msnm hasta los 1,899 y las zonas entre los 2,200 msnm hasta los 2,699 msnm.

Para el caso de los animales solitarios, también se inició con la hipótesis de que usan las elevaciones de acuerdo a su disponibilidad, pero la prueba de chi cuadrada nos llevó a rechazar esta hipótesis ya que se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 454.51; grados de libertad= 15, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 24.99) entre el uso y la disponibilidad de elevaciones para este grupo. Se registraron un total de 16 intervalos de elevación para este grupo (Tabla 11), siendo los más importantes el intervalo de 2,300-2,399 msnm (24%), el intervalo de 1,900-1,999 msnm (17%) y el intervalo de 2,000-2,099 msnm (14%). Con la ayuda de los intervalos de Bonferroni (Tabla 11) podemos concluir que los animales solitarios tienden a seleccionar las zonas con elevaciones de 2,300-2,399 msnm; usan de acuerdo a su disponibilidad a los intervalos de 1,100 msnm hasta 1,699 msnm, los intervalos de 1,900 msnm a 2,099 msnm, el intervalo 2,200-2,299 msnm y el de 2,600-2,699 msnm; la evasión de los animales es hacia las elevaciones desde 1,700 msnm hasta 1,899 msnm, el intervalo 2,100-2,199 msnm y los intervalos de 2,400 msnm a 2,599 msnm.

Tabla 11. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y de los lobos solitarios a los intervalos de elevación.

MSNM	PAREJAS			SOLITARIOS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
1100-1199	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
1200-1299	NA	NA	NA	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo
1300-1399	NA	NA	NA	0.00>0.01>0.02	0.00	Uso Equitativo
1400-1499	NA	NA	NA	0.02>0.05>0.07	0.06	Uso Equitativo
1500-1599	NA	NA	NA	0.04>0.07>0.09	0.06	Uso Equitativo
1600-1699	0.00>0.00>0.01	0.02	Evasión	0.02>0.04>0.07	0.04	Uso Equitativo
1700-1799	0.01>0.02>0.03	0.08	Evasión	0.00>0.02>0.03	0.05	Evasión
1800-1899	0.04>0.06>0.09	0.19	Evasión	0.04>0.06>0.09	0.12	Evasión
1900-1999	0.45>0.49>0.54	0.22	Selección	0.13>0.17>0.21	0.14	Uso Equitativo
2000-2099	0.25>0.29>0.33	0.16	Selección	0.10>0.14>0.17	0.15	Uso Equitativo
2100-2199	0.05>0.07>0.09	0.08	Uso Equitativo	0.05>0.08>0.11	0.14	Evasión
2200-2299	0.02>0.04>0.05	0.08	Evasión	0.06>0.09>0.12	0.11	Uso Equitativo
2300-2399	0.01>0.02>0.03	0.07	Evasión	0.19>0.24>0.29	0.06	Selección
2400-2499	0.00>0.00>0.01	0.07	Evasión	0.00>0.01>0.03	0.05	Evasión

2500-2599	0.00>0.00>0.01	0.02	Evasión	0.00>0.00>0.00	0.01	Evasión
2600-2699	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo

Por último, se compararon los grupos de los machos y las hembras de lobo de acuerdo al uso y la disponibilidad de las elevaciones del ambiente. Se describe primero a los machos de lobos y se empieza con la hipótesis de que los machos usan las elevaciones de acuerdo a su disponibilidad. Con la prueba de chi cuadrada podemos rechazar la hipótesis antes planteada, ya que se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 311.63; grados de libertad= 15, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 24.99) entre el uso y la disponibilidad de las elevaciones para los machos. Los machos usaron un total de 16 intervalos de elevación (Tabla 12), siendo los intervalos más usados el de 1,900-1,999 msnm (37%), el intervalo de 2,000-2,099 msnm (23%) y el intervalo de 2,300-2,399 msnm (11%). Los animales mostraron tener una tendencia a seleccionar (Tabla 12) los intervalos de elevaciones de 1,900 msnm a 2,099 msnm y el intervalo de 2,300-2,399 msnm; usan equitativamente a su disponibilidad a las elevaciones desde los 1,100 msnm hasta los 1,699 msnm; los animales evaden zonas con elevaciones de 1,700 msnm hasta 1,899 msnm, los intervalos de 2,100 msnm a 2,299 msnm y los intervalos de 2,400 msnm hasta los 2,699 msnm.

Para las hembras de lobos se inició con la hipótesis de que los animales usan las elevaciones de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente. Con la prueba de chi cuadrada se rechazó esta hipótesis ya que se encontró que existen diferencias significativas (chi calculada= 459.71; grados de libertad= 15, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 24.99) entre el uso y la disponibilidad de las elevaciones para los animales. Las hembras usaron un total de 16 intervalos de elevación (Tabla 12), siendo los más usados el intervalo de 1,900-1,999 msnm (37%), el intervalo de elevación de 2,000-2,099 msnm (23%) y el intervalo de 2,300-2,399 msnm (10%). Las hembras presentan selección (Tabla 12) por las elevaciones desde 1,900 msnm hasta 2,099 msnm y por el intervalo de 2,300-2,399 msnm; usan equitativamente a su disponibilidad a las elevaciones desde 1,100 msnm hasta 1,299 msnm, a los intervalos desde los 1,400 msnm

hasta los 1,699 msnm, al intervalo de 2,100-2,199 msnm y al intervalo de 2,600-2,699 msnm; las hembras evitan las zonas con elevaciones de 1,300-1,399 msnm, las elevaciones desde 1,700 msnm hasta los 1,899 msnm, el intervalo de 2,200-2,299 msnm y los intervalos desde 2,400 msnm hasta los 2,599 msnm.

Tabla 12. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a los intervalos de elevación.

MSNM	MACHOS			HEMBRAS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
1100-1199	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
1200-1299	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
1300-1399	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión
1400-1499	0.01>0.03>0.04	0.03	Uso Equitativo	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo
1500-1599	0.02>0.04>0.05	0.03	Uso Equitativo	0.01>0.02>0.03	0.01	Uso Equitativo
1600-1699	0.01>0.02>0.04	0.03	Uso Equitativo	0.01>0.02>0.03	0.03	Uso Equitativo
1700-1799	0.00>0.02>0.03	0.05	Evasión	0.01>0.02>0.03	0.07	Evasión
1800-1899	0.05>0.08>0.10	0.14	Evasión	0.03>0.06>0.08	0.16	Evasión
1900-1999	0.32>0.37>0.42	0.20	Selección	0.32>0.37>0.41	0.18	Selección
2000-2099	0.18>0.23>0.27	0.14	Selección	0.20>0.23>0.27	0.19	Selección
2100-2199	0.03>0.06>0.08	0.08	Evasión	0.06>0.09>0.11	0.11	Uso Equitativo
2200-2299	0.02>0.05>0.07	0.12	Evasión	0.04>0.07>0.09	0.12	Evasión
2300-2399	0.07>0.11>0.14	0.07	Selección	0.08>0.10>0.13	0.05	Selección
2400-2499	0.00>0.01>0.02	0.07	Evasión	0.00>0.01>0.01	0.06	Evasión
2500-2599	0.00>0.00>0.01	0.02	Evasión	0.00>0.00>0.00	0.01	Evasión
2600-2699	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo

4.6. ORIENTACIÓN DE LA LADERA.

La siguiente variable de relieve en ser evaluada es la orientación de la ladera. Como primer grupo tenemos a todos los lobos del estudio y la hipótesis de que los animales usan la orientación de la ladera de acuerdo a su disponibilidad. Para comprobar esto se realizó la prueba de chi cuadrada y el resultado nos dice que, se debe rechazar a hipótesis ya que hay diferencias muy importantes (chi calculada= 1,193.83; grados de libertad= 7, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 14.06) entre el uso y la disponibilidad de la orientación para estos animales. Los lobos usaron ocho orientaciones distintas (Tabla 13), siendo las más usadas la orientación sureste (44%), la orientación noreste (15%) y la orientación este (14%). Los lobos presentan selección (Tabla 13) sólo por la orientación sureste; usan las orientaciones sur y oeste de acuerdo a su disponibilidad; evaden las orientaciones norte, noreste, este, suroeste y noroeste.

Tabla 13. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a las orientaciones de la ladera.

Orientación	Uso	Disponibilidad	Categoría
Norte	0.01>0.02>0.03	0.08	Evasión
Noreste	0.12>0.15>0.17	0.17	Evasión
Este	0.12>0.14>0.16	0.25	Evasión
Sureste	0.40>0.44>0.47	0.15	Selección
Sur	0.06>0.08>0.09	0.07	Uso Equitativo
Suroeste	0.03>0.04>0.05	0.08	Evasión
Oeste	0.09>0.11>0.13	0.11	Uso Equitativo
Noroeste	0.02>0.03>0.04	0.09	Evasión

Se compararon el uso y la disponibilidad de las orientaciones para los grupos de parejas de lobos y los lobos solitarios. Iniciando con las parejas de los lobos, se define la hipótesis de que los animales usan las orientaciones de la ladera de acuerdo a su disponibilidad. Con la prueba de chi se rechaza esta hipótesis ya que se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 1,377.54; grados de libertad= 7, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 14.06) entre el uso y la disponibilidad de las orientaciones para las parejas de lobos. Las parejas de lobos usaron ocho diferentes orientaciones de la ladera (Tabla 14), y las más usadas son la orientación sureste (60%), la orientación noreste (16%) y la orientación este (14%). Las parejas de lobo seleccionan (Tabla 14) las zonas con orientación sureste; usan de manera equitativa a las orientaciones noreste y sur; evaden las zonas que presentan orientaciones norte, este, suroeste, oeste y noroeste.

Para el caso de los animales solitarios se plantea la hipótesis de que los animales usan las orientaciones de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente. Se corroboró si la hipótesis se cumplía con la prueba de chi cuadrada. Se rechazó la hipótesis planteada ya que se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 253.70; grados de libertad= 7, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 14.06) entre el uso y la disponibilidad de las orientaciones para este grupo de animales. Los lobos solitarios usaron ocho orientaciones distintas (Tabla 14), y las orientaciones más usadas son el oeste (28%), la orientación

sureste (18%) y la orientación este (14%). Los lobos solitarios seleccionan (Tabla 14) las orientaciones norte, sureste y oeste; usan de manera equitativa a su disponibilidad a las orientaciones noreste, sur y noroeste; los animales evadieron las zonas con orientaciones este y suroeste.

Tabla 14. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y de lobos solitarios a las orientaciones de la ladera.

Orientación	PAREJAS			SOLITARIOS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
Norte	0.00>0.01>0.01	0.08	Evasión	0.03>0.05>0.07	0.01	Selección
Noreste	0.13>0.16>0.19	0.19	Uso Equitativo	0.09>0.12>0.16	0.11	Uso Equitativo
Este	0.11>0.14>0.17	0.25	Evasión	0.10>0.14>0.17	0.28	Evasión
Sureste	0.56>0.60>0.64	0.18	Selección	0.14>0.18>0.22	0.14	Selección
Sur	0.05>0.07>0.09	0.07	Uso Equitativo	0.06>0.09>0.12	0.09	Uso Equitativo
Suroeste	0.01>0.02>0.03	0.05	Evasión	0.05>0.07>0.10	0.14	Evasión
Oeste	0.00>0.01>0.01	0.10	Evasión	0.23>0.28>0.32	0.16	Selección
Noroeste	0.00>0.00>0.01	0.08	Evasión	0.04>0.07>0.10	0.07	Uso Equitativo

También se compararon el uso y la disponibilidad de las orientaciones para los machos y hembras de lobo mexicano. Se inició con los machos de lobos y con la hipótesis de que los animales usan las orientaciones de la ladera de acuerdo a su disponibilidad. Con la ayuda de la prueba de chi cuadrada se obtuvo que hay diferencias importantes (chi calculada= 431.39; grados de libertad= 7, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 14.06) entre el uso y la disponibilidad de las orientaciones para este grupo de animales, por lo que la hipótesis es rechazada. Los machos usaron ocho orientaciones de la ladera (Tabla 15) donde las más usadas son la orientación sureste (42%), la orientación noreste (19%) y la orientación este (15%). Los animales seleccionan (Tabla 15) las zonas con la orientación sureste; usan de acuerdo a su disponibilidad a las orientaciones noreste, sur, suroeste y oeste; evaden las orientaciones del norte, este y noroeste.

Para el caso de las hembras también se planteó la hipótesis de que usan las orientaciones de la ladera de acuerdo a su disponibilidad. Se pudo refutar la hipótesis planteada ya que la prueba de chi cuadrada nos mostró diferencias significativas (chi calculada= 845.32; grados de libertad= 7, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada=14.06) entre el uso y la disponibilidad de las

orientaciones para este grupo. Las hembras presentan uso por ocho tipos de orientaciones (Tabla 15), siendo las más usadas las orientaciones sureste (45%), este (13%) y oeste (12%). Las hembras tienden a seleccionar (Tabla 15) a la orientación sureste; usan a las orientaciones sur, suroeste y oeste de acuerdo a su disponibilidad; evaden las zonas donde se presentan las orientaciones norte, noreste, este y noroeste.

Tabla 15. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobo a las orientaciones de la ladera.

Orientación	MACHOS			HEMBRAS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
Norte	0.01>0.03>0.05	0.10	Evasión	0.01>0.02>0.03	0.08	Evasión
Noreste	0.15>0.19>0.22	0.19	Uso Equitativo	0.09>0.11>0.14	0.17	Evasión
Este	0.11>0.15>0.18	0.23	Evasión	0.11>0.13>0.16	0.25	Evasión
Sureste	0.37>0.42>0.46	0.16	Selección	0.41>0.45>0.49	0.14	Selección
Sur	0.04>0.07>0.09	0.08	Uso Equitativo	0.06>0.08>0.10	0.08	Uso Equitativo
Suroeste	0.01>0.03>0.05	0.05	Uso Equitativo	0.03>0.05>0.06	0.06	Uso Equitativo
Oeste	0.07>0.10>0.13	0.12	Uso Equitativo	0.09>0.12>0.15	0.13	Uso Equitativo
Noroeste	0.01>0.02>0.03	0.09	Evasión	0.02>0.04>0.05	0.10	Evasión

4.7. PENDIENTE (°).

La última variable de relieve es la pendiente de la ladera medida en grados. El primer grupo para describir esta variable es la de todos los lobos del estudio y con la hipótesis de que los animales usan las pendientes de acuerdo a su disponibilidad. Se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 661.43; grados de libertad= 10, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 18.3) entre el uso y la disponibilidad de las pendientes para los lobos gracias a la prueba de chi cuadrada, por lo que la hipótesis es rechazada. Los animales usan 11 intervalos de pendiente de la ladera (Tabla 16), y los más usados son el intervalo de 1-1.99° (30%), el intervalo de 2-2.99° (21%) y el intervalo de 5-5.99° (14%). Los lobos seleccionan (Tabla 16) las zonas con el intervalo de pendiente de 1-1.99° y el de 5-5.99°; usan de manera equitativa a su disponibilidad a los intervalos de pendiente de 2-2.99°, de 6° hasta los 7.99° y al de 9-9.99°; evaden a las pendientes de 0-0.99°, a los intervalos desde 3° hasta los 4.99°, al de 8-8.99° y al de >10° de pendiente.

Tabla 16. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los lobos de la pendiente de la ladera.

Grados	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-0.99°	0.04>0.05>0.07	0.08	Evasión
1-1.99°	0.27>0.30>0.33	0.14	Selección
2-2.99°	0.19>0.21>0.24	0.21	Uso Equitativo
3-3.99°	0.09>0.11>0.14	0.18	Evasión
4-4.99	0.06>0.08>0.10	0.15	Evasión
5-5.99°	0.12>0.14>0.17	0.11	Selección
6-6.99°	0.05>0.07>0.08	0.07	Uso Equitativo
7-7.99°	0.00>0.01>0.01	0.01	Uso Equitativo
8-8.99°	0.00>0.00>0.01	0.03	Evasión
9-9.99°	0.00>0.01>0.01	0.01	Uso Equitativo
>10°	0.00>0.01>0.02	0.02	Evasión

Posteriormente se compararon los grupos de los lobos en parejas y los lobos solitarios en cuanto al uso y la disponibilidad de la pendiente de la ladera. Con las parejas se inició con la hipótesis de que los animales usan las pendientes de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente. Se encontraron que hay diferencias significativas (chi calculada= 760.98; grados de libertad= 10, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 18.30) entre el uso y la disponibilidad para estos animales con la ayuda de la prueba de chi cuadrada, por lo que se descartó esta hipótesis. Las parejas usaron 11 intervalos de pendiente (Tabla 17), y los más importantes son el de 1-1.99° de pendiente (38%), el intervalo de 5-5.99° (16%) y el intervalo de 2-2.99° de pendiente (14%). Las parejas tienden a seleccionar (Tabla 17) a las zonas con pendientes de 1-1.99° y con pendientes de 5-5.99°; usan solamente a las pendientes de 6-6.99° de acuerdo a su disponibilidad; evaden las áreas que presentan pendientes de 0-0.99°, a intervalos de pendiente desde 2° hasta los 4.99° y a los intervalos entre los 7° hasta los más de 10° de pendiente.

Para los solitarios también se inicia con la hipótesis planteada para las parejas. Con la prueba de chi se rechaza esta hipótesis ya que las diferencias entre el uso y la disponibilidad de las pendientes son significativas (chi calculada= 116.81; grados de libertad= 10, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 18.30). Los lobos solitarios presentan 11 intervalos de pendiente (Tabla 18),

siendo los más importantes el intervalo de 2-2.99° (34%), el de 1-1.99° de pendiente (17%) y el de 5-5.99° (12%). Los solitarios tienden a seleccionar (Tabla 17) las zonas con intervalos de pendiente de 2-2.99° y con pendientes de 5-5.99°; usan de manera equitativa a la disponibilidad a las zonas entre 0° y 1.99° de pendiente y las zonas que están entre los 6° y los más de 10° de pendiente; evaden las zonas con pendiente de 3° hasta los 4.99°.

Tabla 17. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas y los lobos solitarios a la pendiente de la ladera.

Grados	PAREJAS			SOLITARIOS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-0.99°	0.02>0.03>0.05	0.05	Evasión	0.06>0.09>0.12	0.07	Uso Equitativo
1-1.99°	0.34>0.38>0.43	0.12	Selección	0.13>0.17>0.21	0.17	Uso Equitativo
2-2.99°	0.11>0.14>0.17	0.20	Evasión	0.28>0.34>0.39	0.25	Selección
3-3.99°	0.09>0.12>0.15	0.18	Evasión	0.07>0.11>0.14	0.20	Evasión
4-4.99°	0.06>0.08>0.11	0.17	Evasión	0.05>0.07>0.10	0.13	Evasión
5-5.99°	0.13>0.16>0.19	0.12	Selección	0.09>0.12>0.16	0.06	Selección
6-6.99°	0.06>0.08>0.10	0.09	Uso Equitativo	0.02>0.05>0.07	0.05	Uso Equitativo
7-7.99°	0.00>0.00>0.00	0.01	Evasión	0.01>0.02>0.04	0.02	Uso Equitativo
8-8.99°	0.00>0.00>0.01	0.03	Evasión	0.00>0.01>0.01	0.01	Uso Equitativo
9-9.99°	0.00>0.00>0.01	0.01	Evasión	0.00>0.01>0.02	0.02	Uso Equitativo
>10°	0.00>0.00>0.00	0.01	Evasión	0.01>0.02>0.04	0.02	Uso Equitativo

Los siguientes grupos de estudio, para la comparación entre el uso y la disponibilidad de las pendientes, fueron los machos y las hembras de lobos. Con los machos, se planteó la hipótesis que usaban las pendientes de la ladera de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente, pero esta hipótesis fue rechazada ya que la prueba de chi cuadrada indica que hay diferencias significativas (chi calculada= 180.53; grados de libertad= 10, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 18.30) entre el uso y la disponibilidad de las pendientes. Los machos usan 11 intervalos de pendiente (Tabla 18), pero los intervalos más usados son el de 1-1.99° (29%), el intervalo de 2-2.99° (22%) y el de 5-5.99° (15%). Los lobos machos seleccionaron (Tabla 18) a las zonas con pendientes de 1-1.99° y a las zonas con 5-5.99°; usan de acuerdo a su disponibilidad al intervalo de pendiente de 0-0.99°, al de 2-2.99° y al de 9-9.99°; evaden las zonas con intervalos desde 3° hasta 4.99°, a las pendientes desde 6° hasta los 8.99° y a las zonas con más de 10° de pendiente.

Para el caso de las hembras, se propone la misma hipótesis de que usan las pendientes de acuerdo a su disponibilidad. Esta hipótesis fue probada con la prueba de chi cuadrada la cual, por las diferencias significativas (chi calculada= 254.74; grados de libertad= 10, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 18.30) entre el uso y la disponibilidad de las pendientes para este grupo, nos da la certeza de rechazar esta hipótesis. Las hembras registraron 11 intervalos (Tabla 18) distintos de pendiente, y los más importantes son los de 1-1.99° (31%), el de 2-2.99° (21%) y el intervalo de 5-5.99°. Estos animales seleccionaron (Tabla 18) las zonas con pendientes de 1-1.99° y de 5-5.99°; usaron las pendientes de 6-6.99° y de más de 10° de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente; evadieron las zonas del ambiente con pendientes de 0-0.99°, pendientes desde 2° hasta los 4.99° y las que van desde los 7° hasta los 9.99°.

Tabla 18. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobo a la pendiente de la ladera.

Grados	MACHOS			HEMBRAS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-0.99°	0.05>0.07>0.10	0.09	Uso Equitativo	0.02>0.04>0.05	0.06	Evasión
1-1.99°	0.25>0.29>0.34	0.16	Selección	0.27>0.31>0.35	0.16	Selección
2-2.99°	0.18>0.22>0.27	0.20	Uso Equitativo	0.17>0.21>0.24	0.25	Evasión
3-3.99°	0.09>0.13>0.16	0.17	Evasión	0.08>0.10>0.13	0.16	Evasión
4-4.99	0.04>0.07>0.10	0.13	Evasión	0.06>0.09>0.11	0.13	Evasión
5-5.99°	0.11>0.15>0.18	0.09	Selección	0.11>0.14>0.18	0.11	Selección
6-6.99°	0.02>0.05>0.07	0.08	Evasión	0.06>0.08>0.11	0.06	Uso Equitativo
7-7.99°	0.00>0.01>0.01	0.02	Evasión	0.00>0.01>0.02	0.02	Evasión
8-8.99°	0.00>0.00>0.01	0.02	Evasión	0.00>0.00>0.01	0.02	Evasión
9-9.99°	0.00>0.01>0.01	0.01	Uso Equitativo	0.00>0.00>0.01	0.01	Evasión
>10°	0.00>0.01>0.01	0.02	Evasión	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo

4.8. DISTANCIA A RÍOS (METROS).

La última variable ambiental es la de distancia a ríos, medida en metros a partir de la orilla del mismo. El primer grupo para esta variable engrupa a todos los lobos del estudio, con los cuales se plantea que usan las distancias a ríos de acuerdo a su disponibilidad. Esta hipótesis fue rechazada ya que se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 2,031.76; grados de libertad= 11, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 19.67) entre el uso y la

disponibilidad de la distancia a ríos para estos animales. Los lobos registraron 12 intervalos de distancias a los ríos (Tabla 19), donde los más usados son el intervalo de 7,000-7,999 metros (31%), el intervalo de 8,000-8,999 metros (12%) y el intervalo de 10,000-19,999 metros (12%). Los animales seleccionan (Tabla 19) las zonas que se encuentran a una distancia entre los 7,000 metros y los 20,000 metros de las orillas de los ríos; usan equitativamente a su disponibilidad a las zonas entre los 5,000 metros y los 6,999 metros y a las que están a más de 20,000 metros de los ríos; los lobos evaden todas las zonas que se encuentren a menos 4,999 metros de los ríos.

Tabla 19. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a las distancias a los ríos.

Metros	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-999	0.02>0.03>0.04	0.11	Evasión
1000-1999	0.04>0.05>0.07	0.18	Evasión
2000-2999	0.02>0.03>0.04	0.15	Evasión
3000-3999	0.02>0.04>0.05	0.08	Evasión
4000-4999	0.03>0.05>0.06	0.08	Evasión
5000-5999	0.08>0.10>0.12	0.10	Uso Equitativo
6000-6999	0.04>0.06>0.07	0.05	Uso Equitativo
7000-7999	0.28>0.31>0.34	0.07	Selección
8000-8999	0.09>0.11>0.14	0.05	Selección
9000-9999	0.05>0.07>0.09	0.05	Selección
10000-19999	0.10>0.12>0.14	0.06	Selección
>20000	0.01>0.02>0.04	0.02	Uso Equitativo

Se compararon el uso y la disponibilidad de las distancias a los ríos para los grupos de las parejas de lobos y los lobos solitarios. Se inició con las parejas de lobos y con la hipótesis de que los animales usan las distancias a los ríos de acuerdo a su disponibilidad. Se realizaron los cálculos de la prueba de chi cuadrada y se obtuvieron diferencias significativas (chi calculada= 2,874.16; grados de libertad= 11, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 19.67) en cuanto al uso y disponibilidad de la distancia a ríos por lo que la hipótesis se rechazó. Las parejas de lobos usaron 12 intervalos de distancia a ríos (Tabla 20), siendo los más usados el intervalo de 7,000-7,999 metros (45%), el de

8,000-8,999 metros (13%) y el de 5,000-5,999 metros (11%). Las parejas seleccionaron (Tabla 20) zonas con distancias a ríos desde los 6,000 metros hasta los 9,999 metros a los ríos; usaron sólo las zonas con distancias a ríos entre los 4,000 metros y los 5,999 metros de acuerdo a su disponibilidad; evaden las áreas que tengan distancias a ríos desde los 0 metros hasta los 3,999 metros, así como las zonas que se encuentran a más de 10,000 metros de los ríos.

Para los lobos solitarios también se planteó la hipótesis inicial de que usan las distancias a ríos de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente. Al encontrarse con diferencias significativas (chi calculada= 312.30; grados de libertad= 11, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 19.67) entre el uso y la disponibilidad de la distancia a ríos para los lobos solitarios, entonces la hipótesis fue rechazada. Los animales solitarios usaron 12 intervalos (Tabla 20) distintos de distancias a ríos, pero lo más usados son el intervalo de 10,000-19,999 metros (30%), el de 8,000-8,999 metros (9%) y el de 7,000-7,999 metros (9%). Los lobos solitarios seleccionan (Tabla 20) las zonas con intervalos de 8,000-8,999 metros y 10,000-19,999 metros de los ríos; usan de manera proporcional a su disponibilidad las zonas con intervalo de 5,000-5,999 metros, de 7,000-7,999 metros, de 9,000-9,999 metros y con intervalos mayores a los 20,000 metros de los ríos; la evasión de los solitarios es hacia las áreas entre los 0 metros y los 4,999 metros de los ríos y las zonas con distancias a ríos de 6,000-6,999 metros

Tabla 20. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y los lobos solitarios a las distancias a los ríos.

Metros	PAREJAS			SOLITARIOS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-999	0.01>0.03>0.04	0.13	Evasión	0.02>0.04>0.06	0.12	Evasión
1000-1999	0.02>0.03>0.05	0.21	Evasión	0.05>0.08>0.11	0.11	Evasión
2000-2999	0.01>0.02>0.03	0.16	Evasión	0.02>0.05>0.07	0.09	Evasión
3000-3999	0.01>0.02>0.04	0.09	Evasión	0.03>0.05>0.08	0.08	Evasión
4000-4999	0.03>0.05>0.07	0.07	Uso Equitativo	0.02>0.05>0.07	0.08	Evasión
5000-5999	0.08>0.11>0.14	0.11	Uso Equitativo	0.06>0.09>0.12	0.06	Uso Equitativo
6000-6999	0.05>0.07>0.09	0.05	Selección	0.02>0.04>0.06	0.08	Evasión
7000-7999	0.40>0.45>0.49	0.07	Selección	0.06>0.09>0.13	0.07	Uso Equitativo
8000-8999	0.10>0.13>0.16	0.04	Selección	0.06>0.09>0.12	0.05	Selección
9000-9999	0.05>0.08>0.10	0.05	Selección	0.03>0.06>0.08	0.06	Uso Equitativo
10000-19999	0.00>0.01>0.01	0.03	Evasión	0.25>0.30>0.35	0.12	Selección
>20000	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión	0.04>0.06>0.09	0.06	Uso Equitativo

Los siguientes grupos usados para la descripción del uso y la disponibilidad de las distancias a los ríos es el de los machos y las hembras de lobo. Para los machos se tomó en cuenta la hipótesis de que los animales usan las distancias de los ríos de acuerdo a su disponibilidad. Esta hipótesis quedó descartada ya que la prueba de chi cuadrada nos muestra que hay diferencias importantes (chi calculada= 889.70; grados de libertad= 11, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 19.67) entre el uso y la disponibilidad de las distancias a los ríos. Los machos usaron 12 intervalos de distancia a ríos (Tabla 21), y los más importantes son el de 7,000-7,999 metros (32%), el intervalo de 10,000-19,999 metros (12%) y el de 8,000-8,999 metros de los ríos. Los machos de lobo seleccionan (Tabla 21) a las zonas que están entre los 7,000 metros y los 8,999 metros a los ríos; usan de manera equitativa a su disponibilidad a las zonas entre los 4,000 metros y los 6,999 metros y a las que presentan distancias a ríos mayores a los 9,000 metros; los machos evaden todas las zonas que se mantengan entre los 0 metros y los 3,999 metros de los ríos.

Para el caso de las hembras, se siguió con la hipótesis de que usan las distancias a ríos conforme su disponibilidad en el ambiente. Esta hipótesis se corroboró con la prueba de chi cuadrada y quedó rechazada, ya que hay diferencias significativas (chi calculada= 1,178.47; grados de libertad= 11, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 19.67) entre el uso y la disponibilidad de las distancias a los ríos por parte de estos animales. Las hembras presentan uso por 12 intervalos de distancia a ríos (Tabla 21) pero los más importantes son el intervalo de 7,000-7,999 metros (31%), el intervalo de 10,000-19,999 metros (12%) y el intervalo de 8,000-8,999 metros (11%). Los animales seleccionan (Tabla 21) zonas que se encuentren entre los 7,000 metros y 19,999 metros de los ríos; usan de manera equitativa a su disponibilidad las zonas que van desde los 4,000 metros hasta los 6,999 metros de los ríos y las zonas mayores a 20,000 metros de los ríos; las zonas que son evadidas por los

animales son aquellas que van desde los 0 metros y hasta los 3,999 metros de los ríos.

Tabla 21. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobo a las distancias a los ríos.

Metros	MACHOS			HEMBRAS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0-999	0.01>0.02>0.04	0.14	Evasión	0.02>0.04>0.06	0.13	Evasión
1000-1999	0.02>0.03>0.05	0.15	Evasión	0.04>0.06>0.09	0.19	Evasión
2000-2999	0.01>0.03>0.04	0.12	Evasión	0.02>0.03>0.05	0.14	Evasión
3000-3999	0.02>0.04>0.06	0.06	Evasión	0.02>0.03>0.05	0.08	Evasión
4000-4999	0.03>0.05>0.08	0.06	Uso Equitativo	0.03>0.05>0.07	0.07	Uso Equitativo
5000-5999	0.07>0.10>0.13	0.10	Uso Equitativo	0.08>0.10>0.13	0.10	Uso Equitativo
6000-6999	0.05>0.08>0.11	0.06	Uso Equitativo	0.02>0.04>0.06	0.05	Uso Equitativo
7000-7999	0.27>0.32>0.37	0.07	Selección	0.26>0.31>0.35	0.07	Selección
8000-8999	0.09>0.12>0.15	0.06	Selección	0.08>0.11>0.14	0.05	Selección
9000-9999	0.03>0.05>0.07	0.04	Uso Equitativo	0.06>0.08>0.11	0.04	Selección
10000-19999	0.09>0.12>0.16	0.10	Uso Equitativo	0.09>0.12>0.15	0.08	Selección
>20000	0.02>0.04>0.05	0.03	Uso Equitativo	0.01>0.02>0.03	0.01	Uso Equitativo

4.9. DENSIDAD DE CARRETERAS (km/km²).

La primera variable de presión en este estudio es la de densidad de carreteras, la cual está medida en kilómetros de carretera entre kilómetros cuadrados de área. El primer grupo es el de todos los lobos del estudio y partiendo de la hipótesis de que los lobos usan las densidades de carreteras de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente. Con la ayuda de la prueba de chi cuadrada se pudo refutar esta hipótesis ya que existen diferencias significativas (chi calculada= 100.84; grados de libertad= 10, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 18.30) entre el uso y la disponibilidad de las densidades de carreteras para estos animales. Los lobos usaron un total de 11 intervalos de densidad de carreteras (Tabla 22) aunque casi la totalidad de los animales usan las zonas con densidades de carreteras iguales a 0 km/km² (97%). Los lobos seleccionan (Tabla 22) las zonas que tienen 0 km/km² de carreteras; usan equitativamente a su disponibilidad los intervalos desde 3.1 km/km² hasta los 8 km/km², así como el intervalo de 9.1-10 km/km²; evaden las zonas que presentan densidades de carretera entre 0.1 km/km² hasta los 3 km/km² y a las zonas con 8.1-9 km/km² de carreteras.

Tabla 22. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a la densidad de carreteras.

Km/Km²	Uso	Disponibilidad	Categoría
0	0.96>0.97>0.98	0.91	Selección
0.1-1	0.01>0.01>0.02	0.05	Evasión
1.1-2	0.00>0.01>0.02	0.02	Evasión
2.1-3	0.00>0.00>0.01	0.01	Evasión
3.1-4	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
4.1-5	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
5.1-6	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
6.1-7	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
7.1-8	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
8.1-9	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión
9.1-10	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo

La siguiente comparación entre el uso y la disponibilidad de la densidad de carreteras se hizo entre las parejas de lobos y los lobos solitarios. Iniciando con las parejas de lobos, se planteó la hipótesis de que estos animales usan la densidad de carreteras de acuerdo a la disponibilidad de éstas en el ambiente. Esta hipótesis tuvo que ser rechazada ya que se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 22.54; grados de libertad= 4, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 9.48) entre el uso y la disponibilidad de la densidad de carreteras para estos animales. Las parejas de lobos registraron cinco intervalos de densidad de carreteras (Tabla 23), aunque las zonas con densidades de 0 km/km² abarcan casi la totalidad de registros (99%). Las parejas de lobos seleccionan (Tabla 23) las áreas con 0 km/km²; usan de manera equitativa a su disponibilidad a las zonas con 2.1-3 km/km²; los animales evaden las zonas con intervalos de 0.1-1 km/km², el intervalo de 1.1-2 km/km² y el de 3.1-4 km/km².

Para el caso de los animales solitarios también se inició con la hipótesis planteada para las parejas de lobos. Esta hipótesis fue rechazada ya que la prueba de chi cuadrada muestra que existen diferencias significativas (chi calculada= 217.44; grados de libertad= 7, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 14.06) entre el uso y la disponibilidad de la densidad de carreteras para los animales solitarios. Los animales solitarios presentan ocho intervalos de densidad

de carreteras (Tabla 23), aunque lo más usados son el de 0 km/km² (64%), el intervalo de 0.1-1 km/km² (27%) y el de 1.1-2 km/km² (6%). Los animales solitarios seleccionaron (Tabla 23) las zonas con densidades de 0.1-1 km/km² de carreteras; usaron equitativamente a su disponibilidad a los intervalos de 1.1-2 km/km² y a las zonas con densidades entre los 3.1 km/km² y los 7 km/km²; las zonas evadidas por los animales solitarios son aquellas que tienen densidades de 0 km/km² y zonas con 2.1-3 km/km².

Tabla 23. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y lobos solitarios a la densidad de carreteras.

Km/Km ²	PAREJAS			SOLITARIOS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0	0.99>1.00>1.00	0.98	Selección	0.59>0.64>0.69	0.80	Evasión
0.1-1	0.00>0.00>0.00	0.02	Evasión	0.22>0.27>0.31	0.11	Selección
1.1-2	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión	0.03>0.06>0.08	0.06	Uso Equitativo
2.1-3	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo	0.00>0.01>0.01	0.02	Evasión
3.1-4	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión	0.01>0.02>0.04	0.01	Uso Equitativo
4.1-5	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
5.1-6	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
6.1-7	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo

Los siguientes grupos en ser comparados son el de los machos y las hembras de lobos. Empezando por los machos, se plantea la hipótesis del uso de la densidad de carreteras de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente por estos animales. Con la prueba de chi cuadrada se rechazó esta hipótesis debido a las diferencias significativas (chi calculada= 35.43; grados de libertad= 4, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 16.91) en cuanto al uso y la disponibilidad de las densidades de carreteras. Los machos registran cinco intervalos de densidad usados (Tabla 24), aunque los más usados son el intervalo de 0 km/km² (85%) y el de 0.1-1 km/km² (11%) de densidad. Los machos seleccionan (Tabla 24) zonas con densidades de carreteras de 0.1-1 km/km²; usan equitativamente a su disponibilidad a las zonas con densidades entre 1.1 km/km² y 4 km/km²; los animales sólo evadieron las zonas con 0 km/km² de carreteras.

Para el caso de las hembras, se inició con la misma hipótesis de que los animales usan las densidades de carreteras de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente.

Esta hipótesis también fue rechazada debido a las diferencias significativas (chi calculada= 78.05; grados de libertad= 7, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 14.06) entre el uso y la disponibilidad de las densidades de carreteras para las hembras. De los ocho intervalos de densidad de carreteras para las hembras (Tabla 24), los más usados son el de 0 km/km² (87%) y el intervalo de 0.1-1 km/km² (10%). Las hembras tienden a seleccionar (Tabla 24) a las densidades de 0.1-1 km/km²; usaron equitativamente a las zonas con densidades de 1.1-2 km/km², así como a las densidades que van desde 3.1 km/km² hasta los 7 km/km² de carreteras.

Tabla 24. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a la densidad de carreteras.

km/km ²	MACHOS			HEMBRAS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0	0.82>0.85>0.89	0.90	Evasión	0.84>0.87>0.90	0.92	Evasión
0.1-1	0.08>0.11>0.14	0.06	Selección	0.07>0.10>0.13	0.05	Selección
1.1-2	0.02>0.03>0.05	0.03	Uso Equitativo	0.01>0.02>0.03	0.01	Uso Equitativo
2.1-3	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo	0.00>0.00>0.01	0.01	Evasión
3.1-4	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo
4.1-5	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
5.1-6	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
6.1-7	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo

4.10. DENSIDAD DE TERRACERÍAS (km/km²).

La siguiente variable de presión es la de densidad de terracerías medida en kilómetros de terracerías entre kilómetros cuadrados de área. El primer grupo es el de todos los lobos del estudio, y se plantea que los lobos usan la densidad de terracerías de acuerdo a su disponibilidad. Se rechazó la hipótesis planteada ya que la prueba de chi cuadrada demostró que hay diferencias significativas (chi calculada= 279.16; grados de libertad= 11, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 19.67) entre el uso y la disponibilidad de la densidad de terracerías. Los lobos usaron un total de 12 intervalos de densidad (Tabla 25), pero la mayoría del uso se da en los de 0 km/km² (77%), el de 1.1-2 km/km² (11%) y el intervalo de 0.1-1 km/km² (7%). Los lobos tienden a seleccionar (Tabla 25) las zonas con intervalos de densidad de 0 km/km² y de 1.1-2 km/km²; usaron los

intervalos de desde los 4.1 km/km² hasta los más de 10.1 km/km² de manera equitativa a su disponibilidad en el ambiente; las evasiones de los animales fueron hacia los intervalos de 0.1-1 km/km², al de 2.1-3 km/km² y al de 3.1-4 km/km².

Tabla 25. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a la densidad de terracerías.

Km/Km²	Uso	Disponibilidad	Categoría
0	0.74>0.77>0.79	0.62	Selección
0.1-1	0.05>0.07>0.08	0.16	Evasión
1.1-2	0.09>0.11>0.13	0.08	Selección
2.1-3	0.01>0.02>0.03	0.06	Evasión
3.1-4	0.01>0.01>0.02	0.05	Evasión
4.1-5	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo
5.1-6	0.00>0.01>0.01	0.01	Uso Equitativo
6.1-7	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
7.1-8	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
8.1-9	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
9.1-10	0.00>0.00>0.02	0.00	Uso Equitativo
>10.1	0.00>0.00>0.03	0.00	Uso Equitativo

Para los grupos de las parejas de lobos y los lobos solitarios también se aplicó la comparación entre el uso y la disponibilidad de la densidad de terracerías. Con las parejas se planteó que usaban las densidades de terracerías de acuerdo a su disponibilidad. Esta hipótesis fue rechazada debido a las diferencias significativas (chi calculada= 278.47; grados de libertad= 4, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 9.48) entre el uso y la disponibilidad de las densidades de terracerías para las parejas. Las parejas tienen cinco intervalos de densidad (Tabla 26), aunque el intervalo más importante es el de 0 km/km² (98%). Las zonas seleccionadas (Tabla 26) por las parejas son las que presentan la densidad de 0 km/km²; evaden todas las zonas del ambiente que presenten densidades mayores a los 0.1 km/km².

Para los animales solitarios también se planteó la misma hipótesis que para las parejas de lobos. Con la prueba de chi cuadrada se rechazó la hipótesis ya que hay diferencias importantes (chi calculada= 147.65; grados de libertad= 11, nivel

de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 19.67) en cuanto al uso y la disponibilidad de las densidades de terracerías. Las hembras usan 12 intervalos de densidad de terracerías (Tabla 26), aunque los más importantes son el de 0 km/km² (43%), el de 1.1-2 km/km² (28%) y el intervalo de 0.1-1 km/km² (14%). Las hembras seleccionaron (Tabla 26) el intervalo de 1.1-2 km/km²; usaron de manera equitativa a la disponibilidad al intervalo de densidad 0 km/km² y a las zonas con densidades mayores a 5.1 km/km²; la evasión fue para el intervalo de densidad de 0.1-1 km/km² y para los intervalos entre los 2.1 y los 5 km/km² de densidad.

Tabla 26. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y lobos solitarios a la densidad de terracerías.

Km/Km ²	PAREJAS			SOLITARIOS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0	0.97>0.98>0.99	0.76	Selección	0.37>0.43>0.48	0.38	Uso Equitativo
0.1-1	0.01>0.02>0.03	0.13	Evasión	0.10>0.14>0.18	0.20	Evasión
1.1-2	0.00>0.00>0.01	0.04	Evasión	0.23>0.28>0.32	0.14	Selección
2.1-3	0.00>0.00>0.00	0.03	Evasión	0.04>0.06>0.09	0.12	Evasión
3.1-4	0.00>0.00>0.00	0.03	Evasión	0.02>0.04>0.06	0.07	Evasión
4.1-5	NA	NA	NA	0.01>0.02>0.04	0.04	Evasión
5.1-6	NA	NA	NA	0.01>0.02>0.04	0.02	Uso Equitativo
6.1-7	NA	NA	NA	0.00>0.01>0.01	0.00	Uso Equitativo
7.1-8	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
8.1-9	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
9.1-10	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
>10.1	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo

Después se compararon los grupos de los machos con las hembras de lobos. Para el caso de los machos se plantea la hipótesis de que usan la densidad de terracerías de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente. Dicha hipótesis es rechazada ya que con la prueba de chi cuadrada se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 145.00; grados de libertad= 9, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 16.91) entre el uso y la disponibilidad de la densidad de carreteras para este grupo de animales. Los machos registran un total de 10 intervalos de densidad de terracerías (Tabla 27), pero lo más importantes son el de 0 km/km² (77%) y el de 1.1-2 km/km² (12%). Los machos presentan selección (Tabla 27) por las zonas con 0 km/km² y con 1.1-2 km/km² de densidad; usan equitativamente a su disponibilidad las zonas con densidades

entre los 5.1 km/km² y los 9 km/km²; las evasiones se dirigen a zonas con intervalos de densidad de 0.1-1 km/km² y a intervalos desde los 2.1 km/km² y hasta los 5 km/km².

Para las hembras se plantea que usan la densidad de terracerías de acuerdo a su disponibilidad. Esta hipótesis también fue rechazada por las diferencias (chi calculada= 112.01; grados de libertad= 10, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 18.30) entre el uso y la disponibilidad de las densidades de terracerías para este grupo de animales. Las hembras usaron 11 intervalos de densidad (Tabla 27), aunque los más importantes son los de 0 km/km² (76%) y el de 1.1-2 km/km² (10%) de densidad. Las hembras seleccionaron (Tabla 27) las zonas con 0 km/km²; usan equitativamente al intervalo de 1.1-2 km/km², a los intervalos desde 4.1 hasta los 7 km/km² y a los mayores a 9.1 km/km²; las evasiones son para el intervalo de 0.1-1 km/km², para los de 2.1 km/km² hasta los 4 km/km² y para el de 8.1-9 km/km² de densidad.

Tabla 27. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a la densidad de terracerías.

Km/Km ²	MACHOS			HEMBRAS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0	0.73>0.77>0.81	0.62	Selección	0.72>0.76>0.80	0.64	Selección
0.1-1	0.04>0.07>0.10	0.14	Evasión	0.04>0.06>0.09	0.13	Evasión
1.1-2	0.09>0.12>0.15	0.08	Selección	0.07>0.10>0.13	0.08	Uso Equitativo
2.1-3	0.01>0.02>0.04	0.09	Evasión	0.01>0.03>0.04	0.07	Evasión
3.1-4	0.00>0.01>0.01	0.05	Evasión	0.01>0.02>0.03	0.04	Evasión
4.1-5	0.00>0.01>0.01	0.01	Evasión	0.00>0.01>0.02	0.02	Uso Equitativo
5.1-6	0.00>0.00>0.01	0.01	Uso Equitativo	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo
6.1-7	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
7.1-8	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo			
8.1-9	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión
9.1-10	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
>10.1	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo

4.11. DENSIDAD HUMANA (Individuos/km²).

La última variable de este estudio fue la densidad humana que se mide en la cantidad de personas por kilómetros de área. Con el grupo de todos los lobos del estudio se plantea la hipótesis de que usan la densidad humana de acuerdo a su

disponibilidad en el área. Se realizó la prueba de chi cuadrada para esta variable y se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 279.16; grados de libertad= 9, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 19.67) entre el uso y la disponibilidad de la densidad humana para los lobos. Los lobos usaron un total de 10 intervalos de densidad (Tabla 28), aunque los más importantes son el de 0 ind/km² (87%) y el de 0.1-1 ind/km² (11%). La selección (Tabla 28) para estos animales se dio en el intervalo de 0 ind/km² de densidad humana; las zonas usadas equitativamente a su disponibilidad van desde los 2.1 ind/km² hasta los 5 ind/km² y las zonas con más de 9.1 ind/km²; las evasiones son a las zonas con densidades entre 0.1 ind/km² y los 2 ind/km², así como las zonas entre los 5.1 ind/km² y los 7 ind/km².

Tabla 28. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de todos los lobos a la densidad humana.

Ind/Km²	Uso	Disponibilidad	Categoría
0	0.85>0.87>0.89	0.60	Selección
0.1-1	0.09>0.11>0.13	0.35	Evasión
1.1-2	0.00>0.01>0.01	0.02	Evasión
2.1-3	0.00>0.00>0.01	0.01	Uso Equitativo
3.1-4	0.00>0.00>0.01	0.01	Uso Equitativo
4.1-5	0.00>0.00>0.01	0.01	Uso Equitativo
5.1-6	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión
6.1-7	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión
9.1-10	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
>10.1	0.00>0.01>0.01	0.01	Uso Equitativo

Las parejas de lobos y los lobos solitarios también son considerados para entender el uso y la disponibilidad de la densidad humana. Para el caso de las parejas de lobos, se plantea la hipótesis de que los animales usan la densidad humana de acuerdo a su disponibilidad. Esto fue rechazado ya que con la prueba de chi cuadrada se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 453.43; grados de libertad= 2, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 5.99) entre el uso y la disponibilidad de la densidad humana por parte de las parejas de lobos. Las parejas de lobos muestran tres intervalos de densidad humana aunque el más usado es el de 0 ind/km² (92%). Las parejas de lobos

seleccionan (Tabla 29) las zonas con 0 ind/km²; las evasiones son para las zonas mayores a 0.1 ind/km².

Para los animales solitarios también se plantea la hipótesis de que usan la densidad humana de acuerdo a su disponibilidad. Se realizó la prueba de chi cuadrada y se encontraron diferencias significativas (chi calculada= 128.07; grados de libertad= 9, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 16.91) entre el uso y la disponibilidad de la densidad humana para estos animales. Se registraron un total de 10 intervalos de densidad humana para los animales solitarios (Tabla 29), pero los más usados son el de 0 ind/km² (79%) y el de 0.1-1 ind/km² (15%). Los lobos solitarios seleccionan (Tabla 29) las zonas con una densidad humana de 0 ind/km²; usan de manera equitativa a los intervalos desde los 2.1 ind/km² hasta los 4 ind/km² y a las zonas con más de 9.1 ind/km²; la evasión de los animales es hacia las zonas entre 0.1 ind/km² hasta los 2 ind/km² de densidad humana y por zonas con densidades entre los 4.1 ind/km² y los 7 ind/km².

Tabla 29. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de las parejas de lobos y lobos solitarios a la densidad humana.

Ind/Km ²	PAREJAS			SOLITARIOS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0	0.90>0.92>0.94	0.61	Selección	0.75>0.79>0.83	0.58	Selección
0.1-1	0.06>0.08>0.10	0.38	Evasión	0.11>0.15>0.19	0.32	Evasión
1.1-2	0.00>0.00>0.00	0.01	Evasión	0.00>0.02>0.03	0.03	Evasión
2.1-3	NA	NA	NA	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo
3.1-4	NA	NA	NA	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo
4.1-5	NA	NA	NA	0.00>0.01>0.02	0.02	Evasión
5.1-6	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.01	Evasión
6.1-7	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión
9.1-10	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo
>10.1	NA	NA	NA	0.00>0.02>0.03	0.01	Uso Equitativo

Los últimos grupos en ser usados para comparar el uso y la disponibilidad de la densidad humana son los machos y las hembras de lobos. Iniciando con los machos, se planteó que usan la densidad humana de acuerdo a su disponibilidad. Esta hipótesis fue rechazada posteriormente ya que la prueba de chi cuadrada mostró una diferencia significativa (chi calculada= 170.02; grados de libertad= 6,

nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 12.59) entre el uso y la disponibilidad de la densidad humana. Los machos usaron siete intervalos de densidad humana (Tabla 30), pero los más importantes son el de 0 ind/km² (88%) y el de 0.1-1 ind/km² (10%). Los machos seleccionaron (Tabla 30) las zonas con 0 ind/km²; usan equitativamente a su disponibilidad las zonas que presentan densidades de entre 1.1 ind/km² y 3 ind/km², zonas con 41.1-5 ind/km² y zonas con más de 10.1 ind/km² de densidad; las evasiones están en áreas con densidades de 0.1-1 ind/km² y zonas con densidades de 8.1-9 ind/km².

Para las hembras de lobos también se planteó la misma hipótesis que en el caso de los machos. Con la ayuda de la prueba de chi cuadrada pudimos rechazar la hipótesis, ya que hay diferencias importantes (chi calculada= 285.98; grados de libertad= 8, nivel de probabilidad= 0.05, valor crítico de chi cuadrada= 15.50) en cuanto al uso y la disponibilidad de la densidad humana. Para las hembras se registraron un total de nueve intervalos de densidad humana (Tabla 30) pero los más importantes son el de 0 ind/km² (87%) y el de 0.1-1 ind/km² (11%). Las hembras seleccionaron (Tabla 30) las zonas de 0 ind/km²; usan equitativamente a su disponibilidad a las zonas que tienen una densidad humana entre 2.1 ind/km² y 5 ind/km² y zonas mayores a 9.1 ind/km²; las evasiones por estos animales es para las zonas con densidades entre 0.1 ind/km² y 2 ind/km² y por las zonas con intervalos de 5.1-6 ind/km².

Tabla 30. Intervalos de Bonferroni de las proporciones de uso de los machos y las hembras de lobos a la densidad humana.

Ind/Km ²	MACHOS			HEMBRAS		
	Uso	Disponibilidad	Categoría	Uso	Disponibilidad	Categoría
0	0.84>0.88>0.91	0.66	Selección	0.84>0.87>0.90	0.61	Selección
0.1-1	0.07>0.10>0.13	0.31	Evasión	0.08>0.11>0.13	0.34	Evasión
1.1-2	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo	0.00>0.01>0.01	0.02	Evasión
2.1-3	0.00>0.00>0.01	0.00	Uso Equitativo	0.00>0.01>0.01	0.00	Uso Equitativo
3.1-4	NA	NA	NA	0.00>0.01>0.01	0.00	Uso Equitativo
4.1-5	0.00>0.00>0.01	0.01	Uso Equitativo	0.00>0.01>0.01	0.00	Uso Equitativo
5.1-6	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión
8.1-9	0.00>0.00>0.00	0.00	Evasión	NA	NA	NA
9.1-10	NA	NA	NA	0.00>0.00>0.00	0.00	Uso Equitativo
>10.1	0.00>0.01>0.01	0.00	Uso Equitativo	0.00>0.01>0.02	0.01	Uso Equitativo

Se encontró que existen ciertas condiciones que todos los grupos de lobos (e.g. parejas, solitarios, machos, hembras), seleccionaron y que se pueden clasificar como la base del uso de hábitat de la especie bajo las condiciones de este trabajo. Estas condiciones son el bosque de encino, la orientación de la ladera sureste, el intervalo de pendiente de 5-5.99°, la densidad de carreteras y terracerías de 0 km/km² y la densidad humana de 0 ind/km².

Se encontró que los lobos seleccionan al bosque de encino por encima de todos los demás tipos de vegetación del área, a pesar de que en general la especie es considerada generalista (Mech, 1970; Fuller, et al. 1992; Mladenoff, et al. 1995). Ya antes se le había relacionado al lobo mexicano con vegetación montañosa (e.g. pino, encino, junípero) (Bailey, 1931; Caire, 1978; Brown, 1983; Bednarz, 1988). Araiza y colaboradores (2012) han especificado que en México los mejores tipos de vegetación para los lobos, en orden de importancia, son el bosque de pino, pino-encino y bosque de encino. A pesar de que el estudio está basado en registros históricos, presenta una correcta selección del bosque de encino como un tipo de vegetación favorable para los lobos. La selección de los lobos por el bosque de encino puede estar asociada a que se ha documentado que el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) ha sido registrado en este tipo de vegetación, no sólo en México (Medina et al. 2008; Delfín, et al. 2009; Mandujano, et al. 2014), sino también para el suroeste de EU que es parte de la distribución histórica de los lobos (USFWS, 1996).

La productividad primaria del hábitat está más ligada con la presencia de las presas de lobos que con los lobos en sí. Estudios realizados en el norte de México (Arellano, et al. 2009) y otros países (Crete, 1999) han relacionado la productividad primaria con la presencia de venados estableciendo que la biomasa de los venados aumenta con una productividad primaria alta. En el estudio de Arellano y colaboradores (2009), este supuesto se cumplió sólo en zonas templadas. También observaron que en zonas con alta productividad y con cobertura densa no tuvieron presencia de venados ya que estas condiciones favorecen su depredación. En este estudio cuatro de los cinco grupos presentan

selección por zonas con una productividad moderada (0.30-0.39), mientras que la cobertura seleccionada por los cinco grupos tiene un intervalo de 10-19% y de 30-39% que se considera una cobertura moderada.

Para el lobo mexicano parecería que la cobertura no es un factor importante, ya que se ha documentado que pueden distribuirse en zonas con coberturas densas y en zonas con poca cobertura (Brown, 1983; Bednarz, 1989). Sin embargo, los resultados obtenidos para este trabajo muestran que la máxima cobertura seleccionada por los lobos es de 39%, lo que sería una condición seleccionada en parte por la productividad. Estos resultados coinciden con los resultados de lobos realizados en otras zonas muy distintas a la distribución del lobo mexicano, donde la especie presenta selección por zonas con coberturas no tan densas (Jędrzejewski, et al. 2004; Eggermann, *et al.* 2011).

Las elevaciones que están seleccionando los lobos en este estudio (de 1,900 a 2,099 y de 2,300 a 2,399 msnm) son consistentes con las elevaciones en las que se habían registrado la especie antes de la extirpación (>1,370 msnm) (McBride, 1980) y con las elevaciones del bosque de encino en nuestro país (entre 1,200 y 2,800 msnm) (Rzedowski, 1978; Medina, et al. 2008).

Todos los grupos de lobos tienden a seleccionar las laderas que presentan orientaciones sureste, mientras que los solitarios también presentan selección por las laderas norte y oeste. Se ha documentado que las orientaciones más usadas por el venado cola blanca es la suroeste (Pauley, et al. 1993) mientras que en otros estudios, los lobos han presentado una preferencia a la orientación suroeste (Whittington, et al. 2005). Esto daría como resultado que la selección de la orientación por parte de los lobos está en función de la selección de la orientación por los venados (presas).

Los resultados obtenidos en este estudio nos muestran que las pendientes seleccionadas por los lobos son de 1° a 2.99° y de 5° a 5.99° de inclinación. Esto es consistente con otros estudios ya que, históricamente, se observaron muy pocos datos de presencia de lobos mexicanos en zonas con pendientes

pronunciadas (Brown, 1983) y de manera general se establece que las áreas montañosas con pendientes no pronunciadas serán de buena calidad para la especie (Bednarz, 1989; Lesmerises, et al. 2012). Por otra parte, los venados han sido registrados en zonas con pendientes de 4.5° (Pauley, et al. 1993) o con pendientes de máximo 9° (Delfín, et al. 2009), lo que es consistente con los resultados de este trabajo.

En este estudio se encontró que los lobos mexicanos seleccionan zonas que se encuentran por lo menos a seis kilómetros de la orilla de los ríos. A pesar de que algunas autores establecen que los lobos deben contar con fuentes cercanas de agua (USFWS, 1982; Bednarz, 1988; Lesmerises, et al. 2012), hay otros autores (Peterson y Ciucci, 2003) que establecen que los requerimientos de agua se pueden obtener por el consumo de las presas (humedad de los tejidos y por la oxidación química). También se debe tomar en cuenta que las fuentes de agua de este trabajo son los ríos perennes, sin tomar en cuenta la presencia de fuentes artificiales de agua (e.g. tanques, abrevaderos, repesos), que son colocados para el ganado y que son importantes para los lobos (Bednarz, 1989) y la fauna silvestre. Estas estructuras no fueron tomadas en cuenta ya que no existe trabajos que presentes datos cuantitativos de fuentes artificiales de agua.

Previas reintroducciones o translocaciones de lobos han fallado debido a que los animales fueron asesinados cuando entraron en contacto con los humanos (Robinson y Smith, 1977; Henshaw, et al. 1979). Las causas más comunes de mortalidad para los lobos son las heridas con armas de fuego, el trampeo y los accidentes de autos (Henshaw, 1979; Mech, 1979; Fritts et al. 1985). Este patrón se sigue para este trabajo ya que hasta enero del 2016, de los 17 animales que se habían liberado, solamente 2 se mantenían sobreviviendo (com. pers. Carlos López González).

La densidad de carreteras que fue seleccionada por todos los grupos de lobos es la de 0 km/km². La presencia de carreteras ha sido reportada como un factor muy importante de mortalidad de fauna silvestre, incluyendo a los lobos (Person y Russel, 2007). Otros estudios también mostraron que los lobos seleccionan áreas

que presentan una densidad de carreteras muy cercanas a 0 km/km² (Thiel, 1985; Mech, et al. 1988; Mladenoff et al. 1995; Jensen, et al. 1986; Person y Russel, 2007). Este factor ha sido tomado en cuenta para trabajos de delimitación de áreas de reintroducción de lobos para México (Araiza, et al. 2012)

Los lobos seleccionaron zonas con densidades de terracerías entre 0 y 2 km/km². Aunque se ha encontrado que los lobos evitan las zonas cercanas a las terracerías por ser zonas que aumentan la probabilidad de mortalidad para los lobos (Kaartinen, et al. 2005), hay estudios donde la evasión de las terracerías está más en función de qué tan transitadas eran éstas (Thurber, et al. 1994; Whittington, et al. 2005; Shepherd y Whittington, 2006). Los resultados de este estudio coinciden con la idea de que los lobos pueden usar las terracerías como estructuras que facilitan su viaje por el hábitat.

Los lobos seleccionaron solamente las zonas del hábitat donde la densidad humana es de 0 ind/km². Esta selección por zonas de baja densidad humana ya había sido registrada tanto para la especie (Mladenoff, et al. 1995, 1997; Paquet, et al. 1996; Haight, et al. 1998; Mladenoff y Sickley, 1998; Callaghan, 2002; Kaartinen, *et al.* 2005; Person y Russel, 2007) como para la subespecie de lobo mexicano (Araiza, et al. 2012). Henshaw (1979) enfatiza que las mejores zonas para animales reintroducidos serán las que presenten densidades de 2.3-4.6 ind/km² (USFWS, 1984). Aunque hay zonas con densidades humana muy altas (42.3 ind/km²) (Eggerman, et al. 2011) donde los lobos pueden llegar a establecerse, este patrón no coincide con los resultados de este trabajo.

MACHOS-HEMBRAS.

Los machos seleccionaron 15 condiciones del hábitat mientras que las hembras seleccionaron 16 condiciones. De las 31 condiciones que los machos y hembras seleccionaron en conjunto, comparten 28 condiciones (90.32%) del hábitat y difieren en 3 (9.68%). Las únicas condiciones que difieren son que las hembras seleccionaron zonas más alejadas de los ríos (entre los 9,000 metros y los 19,999 metros de distancia de los ríos) y que los machos seleccionaron densidades de

terracerías de 0.1-1 Km/Km². Aunque la densidad de terracerías podría significar un factor que aumente la mortalidad de los machos, tomando en cuenta los días de las localizaciones, no hay muchas diferencias entre la sobrevivencia de hembras comparadas con los machos. Las hembras presentan un total de nueve individuos que sobrevivieron 1,520 días (promedio= 168.89 días), con un mínimo de 30 días (individuo H-17095) y un máximo de 682 días (individuo H1033). Los machos son ocho individuos que sobrevivieron un total de 1,503 días (promedio= 187.88 días), con un mínimo de 32 días (M1420) y un máximo de 761 días (M1215). Cabe destacar que los individuos H1033 y M1215 aún se encuentran vivos en vida libre por lo que los días de sobrevivencia en ellos han aumentado.

Aunque la variación entre la selección del hábitat entre sexos se considera causada por los requerimientos energéticos y las estrategias reproductivas de cada uno de ellos (Ruckstuhl y Neuhaus, 2005; Ruckstuhl, 2007), este trabajo muestra que no existen diferencias entre machos y hembras. Esto puede deberse a que la clasificación entre machos y hembras conlleva a que se mezclen animales solitarios y animales en pareja. Estos resultados nos muestran que la selección del hábitat en estos animales está influenciada por el estatus social (solitarios o parejas) en el que se encuentren más que por el sexo al que pertenecen.

PAREJAS-SOLITARIOS.

Las parejas usaron un total de 15 características distintas del hábitat, mientras que los lobos solitarios presentan un total de 14 condiciones seleccionadas del hábitat. Ambos grupos comparten como características seleccionadas al bosque de encino, la orientación de la ladera sureste, el intervalo de pendiente de 5-5-9°, la distancia a ríos de 8,000-8,999 metros, densidad de carreteras de 0 km/km² y una densidad humana de 0 ind/km². De las 29 condiciones seleccionadas por las parejas de lobos y los lobos solitarios, sólo comparten 12 condiciones (41.37%) seleccionadas, y difieren en 17 (58.63%). De todas las condiciones en las que difieren estos grupos, la selección de los solitarios por zonas con más de 0 km/km² de terracerías podría ser uno de los factores importantes en la mortalidad de los

animales. En comparación con las parejas de lobos, los animales solitarios seleccionaron zonas de mayor cobertura arbórea (30-39%), mayor productividad primaria (0.50-0.59), mayor altitud (2300-2399 msnm), orientaciones norte y oeste, con menor pendiente (2-2.99°), zonas más alejadas de los ríos (10,000-19,999 metros) y con mayor densidad de terracerías.

A pesar de que se ha observado que el uso de los lobos por las terracerías llega a ser recurrente (Thurber, et al. 1994; Whittington, et al. 2005; Shepherd y Whittington, 2006), también es importante mencionar que las terracerías son potencialmente zonas de encuentro con humanos, lo que puede aumentar la probabilidad de mortalidad para la especie. Este sería el único factor de presión seleccionado en el que difieren ambos grupos ya que la densidad humana (0 ind/km²) y la densidad de carreteras (0 km/km²) seleccionadas son nulas tanto para parejas como para solitarios. Otro aspecto importantes es que las parejas usaron zonas con una densidad de carreteras máxima de 3 km/km², una densidad de terracerías máxima de 0 km/km² y una densidad humana máxima de 0 ind/km². Por otro lado los solitarios usaron zonas de hasta 7 km/km² de carreteras, zonas con más de 10 km/km² de terracerías y densidades humanas de más de 10 ind/km². Aunque no son características que seleccionen los solitarios, la presencia de los animales en estas zonas eleva la probabilidad de mortalidad (e.g. colisión de coches, cacería, envenenamiento).

Basándonos en la cantidad de tiempo (días) que los solitarios y las parejas han sobrevivido podemos comprobar lo antes dicho. Las parejas presentan un total de cuatro individuos con un total de 1,887 días de supervivencia (promedio= 471.75 días), con un mínimo de 127 días (H1055) y un máximo de 761 días (M1215). De estos cuatro animales, dos de ellos se mantienen en la zona de estudio, por lo que la cantidad de tiempo que han sobrevivido se tomó sólo hasta el intervalo de tiempo que presentan las localizaciones para este trabajo (Abril 2014-Enero 2016). Los animales solitarios son un total de 13 individuos con una supervivencia total de 1,136 días (promedio= 87.36 días), un mínimo de 44 días (M1420) y un máximo de 393 días (H1202). Para obtener los mínimos y máximos de días de

supervivencia para los solitarios sólo se tomaron en cuenta los animales que ya habían muerto antes de la última fecha de las localizaciones (Enero 2016). Esto nos muestra que sí existe una diferencia en la supervivencia de los animales (solitaria y pareja) tanto en la cantidad de días como en la cantidad de animales para cada grupo. En otros estudios (Mech, 1977; Blanco y Cortés, 2007), ya se había reportado que la mortalidad de lobos solitarios es extremadamente alta a diferencia de animales con manadas o parejas.

**CAPÍTULO 2. MODELO DE HÁBITAT POTENCIAL PARA EL LOBO MEXICANO
(*Canis lupus baileyi*) EN EL NORTE DE CHIHUAHUA.**

1. INTRODUCCIÓN

Como se ha abordado en secciones anteriores (ver Capítulo Uno, sección *Introducción*) el lobo mexicano pasó por distintas etapas y dinámicas en su área de distribución histórica. Estas etapas corresponden a una cacería, erradicación, captura de animales, reproducción en cautiverio, liberaciones en vida silvestre y seguimiento de las poblaciones (McBride, 1980; Lara et al. 2015). La etapa de las liberaciones significa la conclusión de años de trabajo en la reproducción en cautiverio, donde cada una de las liberaciones debe realizarse en zonas con el mejor hábitat posible.

Uno de los problemas de la selección de sitios potenciales para las liberaciones es que, específicamente para los lobos mexicanos, no se contaban con estudios que caracterizaran las condiciones en las que se habían registrado a la especie (McBride, 1980; Bednarz, 1988; Bednarz, 1989). Se conocían algunas características de los sitios donde se habían trampeado algunos animales, pero esta caracterización era en base sólo del tipo de vegetación, y basados en la observación de los tramperos contratados para la erradicación de la especie (McBride, 1980; Bednarz, 1988).

A partir de la poca información obtenida del hábitat de los lobos mexicanos, se inició con la búsqueda de las zonas con el mejor hábitat para las liberaciones en el suroeste de Estados Unidos. Gran parte del éxito de las reintroducciones radica en la buena calidad del hábitat con el que cuentan las zonas de liberación de los animales (Armstrong y Seddon, 2008; Moorhouse, et al. 2009). Por ello, desde inicios del proyecto de reintroducción del lobo mexicano, la evaluación del hábitat y la identificación de áreas propicias para la liberación de los animales fueron de las principales tareas del proyecto (USFWS, 1982; USFWS; 1989). La mala calidad del hábitat repercutiría directamente en la reproducción de los animales y, por lo tanto, disminuiría la probabilidad de éxito de la reintroducción (Sandell, 1990).

A pesar de la poca información del hábitat idóneo para los lobos, las primeras liberaciones de animales se realizaron en zonas donde se tenía registrada históricamente a la especie, esto en el suroeste de Estados Unidos (Bednarz, 1988). Si bien la identificación a partir del tipo de vegetación es un punto de partida para la selección de zonas potenciales de liberación de los lobos, la integración de más factores medioambientales y de métodos más precisos de identificación del hábitat para una especie en particular, son herramientas que se han desarrollado y que han probado ser de gran utilidad para la investigación (cita).

Tomar en cuenta, sólo el tipo de vegetación en el cuál se desarrollaron los lobos mexicanos, sería evadir muchos otros factores ambientales que pueden estar influyendo de manera importante en la selección de hábitat de los animales (Thuiller, et al. 2004; Guisan y Thuiller, 2005). El acelerado desarrollo humano ha dañado y disminuido el hábitat para los carnívoros en todo el mundo (Soule, 1991; Ament, et al. 2007). Este factor será de vital importancia para la identificación de la calidad y cantidad de hábitat de una especie, en este caso para el lobo mexicano.

A pesar de que sólo se contaba con la información más básica del hábitat del lobo mexicano, esto fue suficiente para poder identificar zonas con potencial hábitat para la liberación de animales (IUCN, 2013). En el año 2011 se iniciaron las liberaciones de los animales en México, pero no fue sino hasta el 2014 que una de las parejas liberadas pudo concebir la primera camada de lobo gris nacía de manera silvestre desde su extirpación (Lara, et al. 2015). Esto dio pauta a la búsqueda de zonas similares a la zona donde se pudieron reproducir los lobos, con el fin de que el hábitat sea lo más óptimo posible para la reproducción. A pesar de que la reproducción es el fin de estas liberaciones, identificar las zonas que funcionen como zonas de sobrevivencia de los animales también es importante. Se debe tomar en cuenta que a partir de las liberaciones, también se ha podido observar que muchas veces los animales no presentan un comportamiento de parejas, sino que se mantienen como animales solitarios, y a la vez que los machos y las hembras tienen comportamientos distintos. Los factores del sexo o la condición social son factores que pueden afectar la manera en que los animales seleccionan el hábitat de la región.

Anteriormente (ver Capítulo 1) ya se había abordado las implicaciones e importancia de llevar a cabo estudios de hábitat del lobo de acuerdo a su sexo o a su condición social. La identificación de las zonas potenciales de hábitat para las parejas de lobos, permitiría que la liberación de los animales tenga mayor probabilidad de éxito reproductivo. A pesar de ello, los modelos desarrollados para los lobos no tienen este precedente de delimitación de los grupos de animales por sexo o condición social (Martínez, et al. 2006; Servin, 2007; Araiza, et al. 2012).

La identificación de las áreas con hábitat potencial para los lobos mexicanos en el suroeste de Estados Unidos estuvo dada por la distribución histórica de la especie y por el tipo de vegetación presente en esta área (Bednarz, 1988), así como la perturbación humana que el área presentaba. La cantidad de presas fue identificada como el principal componente para el establecimiento de la especie en New Mexico, aunque para esta zona no se tenían estos datos.

En nuestro país, el desarrollo de estudios de lobo gris mexicano inició con el Programa de Recuperación del lobo gris mexicano (INE, 2000), en el cuál se

detallaba la biología básica del animal, la historia de la distribución del lobo, la importancia de la especie, las estrategias y acciones para la recuperación de la especie, así como cada uno de los participantes y sus funciones dentro del proyecto.

Posteriormente se realizó una actualización del proyecto llamado Programa de Acción para la Conservación de la Especie de lobo gris mexicano (SEMARNAT, 2009). En este proyecto se delinear las metas y las estrategias que se deben seguir para una reintroducción de la especie en nuestro país. Dentro de estas estrategias se plantean componentes de protección, manejo, restauración, conocimiento, cultura y gestión. Cada uno de los componentes toma en cuenta la biología de la especie, su hábitat, monitoreo, sociedad y actores involucrados para la ejecución de las metas. Dentro del componente de hábitat, se prioriza la búsqueda de sitios idóneos para la reintroducción de animales a mediano plazo. Así mismo, se toma en cuenta que los animales pueden experimentar cambios en cuanto a su configuración territorial influenciados por distintos factores del hábitat (e.g. alimento, presión humana). Esto podría ser tomado en cuenta como un antecedente de identificar como de acuerdo al grupo, la selección de hábitat puede ser distinta. Una de las metas generales del proyecto es “identificar y recuperar áreas consideradas como hábitat de importancia para la conservación de Lobo Mexicano”. También se indica la importancia de las ANP's que presenten hábitat potencial para el establecimiento de las poblaciones de lobos mexicanos. Una vez que se tengan identificados los sitios con hábitat potencial para los lobos, se gestionaría la creación de áreas naturales protegidas o el establecimiento de Unidades de Manejo Ambiental (UMA) con el fin de proteger esas zonas importantes.

Para la identificación de las áreas potenciales para el establecimiento de las especies de carnívoros se han desarrollado una gran cantidad de modelos y herramientas que son un punto de partida para los programas de conservación de las especies. En el caso de los lobos, por su amplia distribución (Mech, 1970), se han desarrollado modelos de hábitat en el mundo. Estos modelos abarcan varios enfoques de la biología, conservación y la problemática humano depredador (Bradley y Pletscher, 2005) de los lobos. En cuanto a los modelos de hábitat de los lobos, se han desarrollado gracias a distintas herramientas como Maxent (Bassi, et al. 2015), GARP (Martínez, et al. 2006; Servín, 2007), HSI (Habitat Suitability Index) (Carnes, 2011; Araiza et al. 2012), modelos de distancia (Cayuela, 2004; Ahmadi, 2013), entre otros.

En México, se han desarrollado modelos que puedan cumplir con la identificación de zonas de hábitat potencial para la reintroducción de la especie. Martínez (et al. 2006) creó un modelo de hábitat potencial basado en el nicho ecológico de la

especie con el algoritmo de GARP, para el cóndor de California y para el lobo mexicano. Para la construcción del modelo se tomaron en cuenta registros históricos de los lobos en diferentes repositorios (e.g. museos y bases de datos) y con variables topográficas, bioclimáticas, de vegetación y de presión humana. Se pudieron generar cuatro escenarios diferentes: modelo con sólo las variables de hábitat, otro tomando en cuenta sólo las zonas de vegetación primaria, un tercero con las variables de presión humana y un cuarto contemplando el cambio climático. El primer modelo muestra zonas de hábitat potencial desde el norte de México hasta la zona del eje neovolcánico. Dichas zonas van disminuyendo conforme las demás variables son incorporadas a los modelos, dando como resultado del último modelo zonas muy reducidas de hábitat potencial para la especie. En cada uno de los modelos, el estado de Chihuahua presenta zonas de hábitat potencial para los animales.

Servin y colaboradores (2007) desarrollaron un modelo para identificar zonas de potencial hábitat para los lobos en el estado de Durango. Se tomaron todos los registros históricos de la especie en todo el país tales como avistamientos, encuestas, inspecciones de campo, transectos de aullidos y fototrampeo. Con la ayuda de estos registros se llevó a cabo el análisis de nicho de la especie usando variables bioclimáticas, topográficas, de vegetación y de presión humana. Se identificó que la gran mayoría de la Sierra Madre Occidental y parte del eje neovolcánico presentan hábitat potencial para la especie. Dentro del estado de Chihuahua, se propone la creación de nuevas ANP's en el norte del estado con el fin de que estas zonas sean gestionadas bajo un esquema de conservación que facilite la protección de los animales y su hábitat.

Araiza (et al. 2012) realizó un consenso acerca de los factores más importantes para la identificación de hábitat para los lobos en México. Estos factores son el tipo de vegetación, distancia a asentamientos humanos y distancia a carreteras. Cada una de las variables fue evaluada de acuerdo a un índice de calidad dado por la opinión de expertos. Desarrollaron un modelo de calidad con ayuda de un SIG combinando las variables y delimitaron las zonas donde existía la mayor cantidad de hábitat potencial para los lobos. Se tomaron en cuenta seis zonas, cuatro en la Sierra Madre Occidental y dos en la Sierra Madre Oriental. Para Chihuahua se presenta una zona al sur colindando con Durango, otra zona en el este del estado y otra más al norte colindando con Sonora. De todas las áreas descritas para los lobos, la zona del norte de Chihuahua y Sonora es la que presenta la mejor calidad de hábitat para los animales.

Dentro de los modelos que se han desarrollado para la identificación de hábitat potencial es la Distancia de Mahalanobis (DM) el cual se basa sólo en registros de presencia y mide que tan parecidas son las condiciones de una región con

respecto al uso del hábitat por los animales (Jenness, 2003; Jenness et al. 2010). Dicho de otra manera, nos muestra que tan similar es una región con respecto al hábitat idóneo de los animales.

Se han generado modelos de DM para lobos que han sido importantes para acciones de conservación en sus respectivas áreas. Cayuela (2004) generó un modelo de DM en el noroeste de España a partir de registros directos e indirectos de los animales. Utilizó variables de ganado (e.g. densidad de ovejas), variables de desarrollo humano (e.g. distancia a caminos) y variables de vegetación (e.g. bosque mixto). El área de estudio presenta una buena calidad del hábitat en su porción sur con un heterogeneidad importante de calidad en el resto.

Ahmadi (et al. 2013) creó un modelo de DM para identificar las zonas potenciales de madrigueras de los lobos en Irán. El modelo usa registros indirectos de presencia de lobos debido a la falta de financiamiento para usar localizaciones satelitales. El modelo utiliza cinco variables de terreno, cinco variables de presión humana y la distancia a ríos, incorporando tanto variables de hábitat como variables de presencia humana. Para hacer una delimitación de a partir de qué valor de distancia se debería considerar como hábitat favorable para los lobos, se cuantifica la calidad en la que se presenta cada registro de lobo y se generan puntos al azar para realizar el mismo procedimiento. Se comparan estos datos entre sí y el valor de calidad que tenga la mayor diferencia entre los registros y los puntos al azar, se toma como la división entre hábitat favorable y no favorable (Griffin et al. 2010). El modelo muestra zonas favorables para los lobos pero que han sido muy afectadas por la urbanización del área, anulando la conectividad entre los parches de buena calidad.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

- Identificar hábitat potencial para el lobo mexicano en el norte de Chihuahua.

2.2. PARTICULARES

- Desarrollar un modelo predictivo de hábitat potencial para los lobos en el norte de Chihuahua.

- Comparar la cantidad y distribución del hábitat potencial para los lobos de acuerdo a su estatus social y sexo.

3. METODOLOGÍA

3.1. ÁREA DE LOS MODELOS.

Se determinó el área de los modelos de Distancia de Mahalanobis (DM) de acuerdo al polígono mínimo convexo delimitado por las localizaciones de todos los lobos. Esta delimitación se dio con el propósito de obtener la mayor área posible en la que los animales llevaron a cabo sus actividades.

3.2. LOCALIZACIONES.

Se tomaron los datos de las localizaciones de los animales por cada uno de los grupos en los que fueron divididos (todos los lobos, parejas, solitarios, machos y hembras) (ver capítulo Uno, sección *Localizaciones*). Para cada uno de los grupos se generará un modelo de DM.

3.3. VARIABLES.

Se tomaron en cuenta todas las variables que se utilizaron para el cálculo de los intervalos de Bonferroni con excepción del tipo de vegetación, esto debido a que las capas de datos categóricos (e.g. tipo de vegetación) no cuentan con un promedio y una covarianza asociadas (Jenness, 2003), los cuales son requisitos para la DM. Por ello el tipo de vegetación fue transformada a una variable de diversidad de tipos de vegetación, la cual está expresada en valores discretos (Clark, et al. 1993; Jenness, 2003). A cada tipo de vegetación se le asignó un número identificador y, a partir de una celda central, se muestrearon las ocho celdas que se encontraban alrededor de esta con lo que se obtiene el número de tipos de vegetación distintos alrededor de la celda. Todas las celdas del área de estudio presentarán un número de tipos de vegetación.

Para evitar sobreestimación de la DM, se muestrearon las variables con todas las localizaciones de lobos ($n= 1772$) con el fin de poder realizar una prueba de

correlación. Se descartarían las variables que presenten una correlación mayor a 0.7 (Emden, 2008) y se decidiría cuál de las variables correlacionadas se mantendría de acuerdo a su importancia para la especie.

Para que todas las variables presentaran una misma escala, se procedió a la normalización de las variables (You, et al. 1998) del modelo con la ayuda del ArcGIS 9.3 (ESRI, 2009) y la ecuación:

$$\text{Ecuación 3} \quad Z = \frac{X_i - \mu_i}{\sigma_i}$$

Donde Z es la normalización de la variable, X_i es la capa de la variable que se va a normalizar, μ_i es el valor promedio de toda la variable y σ_i es la desviación estándar de la variable. El resultado es una variable cuyo promedio es de cero (0) y su desviación estándar es de uno (1).

3.4. DISTANCIA DE MAHALANOBIS.

Una vez teniendo definidas las variables del modelo se procedió a generar las capas de DM. Para realizar el análisis se utilizó la herramienta *Mahalanobis Distance Tools* la cual es parte de la extensión *Land Facet Corridor Tools* (Jenness, et al. 2010). Esta extensión se acopla con el software ArcGIS 9.3 (ESRI, 2009) y toma como principio de sus cálculos a la herramienta *Spatial Analyst Tool*.

La Distancia de Mahalanobis representa la distancia cuadrada estandarizada entre todos los valores de las variables de una zona de estudio (e.g. elevación, temperatura) y el vector promedio de estas variables para los registros de la especie de estudio (e.g. excrementos de animales, localizaciones satelitales) (Griffin, et al. 2010). La distancia es calculada por medio de la ecuación:

$$\text{Ecuación 4} \quad DM = (x - m)^T C^{-1} (x - m)$$

Dónde DM representa la Distancia de Mahalanobis, x es el vector de los datos, m es el vector de los valores promedio de las variables independientes, C^{-1} es la matriz de covarianza inversa de las variables independientes y T indica que el vector debería ser transpuesto.

La capa resultante muestra los valores de la DM para todas esas variables, las cuales tendrán valores positivos a partir de 0, sin un valor máximo definido. Los pixeles con mayor distancia, estarán más alejados de los valores del “nicho” de la especie (Jenness, 2010).

Los datos de Distancia de Mahalanobis pueden ser transformados a valores p . Los datos de valores p pueden significar probabilidades de presencia de las condiciones óptimas para la especie o simplemente ser una transformación de los valores de la distancia a valores entre cero y uno, dependiendo de si las variables tienen una distribución normal o no (Jenness, 2010).

Se usaron los datos de las variables que se presentan en las localizaciones totales de los lobos, esto debido a que son una muestra representativa de las variables. Su utilizó la prueba de Jarque-Bera (Jarque y Bera, 1987) para probar la normalidad de las variables y se corrió con el programa Paleontological Statistics 3.12 (PAST) (Hammer, *et al.* 2001) tomando en cuenta que si los valores p de la prueba son menores a 0.05, se puede rechazar la normalidad de esa variable (Hammer, *et al.* 2001).

Para transformar los valores de la Distancia de Mahalanobis en valores p se usó la herramienta *Chi-Square Raster Transform* que se encuentra en la extensión *Land Facet Corridor Tools* (Jenness, 2010). Para realizar esta transformación la herramienta toma en cuenta la capa de la distancia obtenida anteriormente y un número de grados de libertad que en este caso es la cantidad de variables usadas para el cálculo de la distancia menos uno (*Degrees of freedom*= $n-1$, donde n es la cantidad de variables). Los valores de esta nueva capa serán entre 0 y 1, donde uno representa las zonas más cercanas al nicho óptimo y 0 son las zonas más alejadas de este (Jenness, 2003). En otras palabras, las zonas más cercanas a 1 serán las más propicias para la especie. Para este trabajo sólo se presentarán los modelos en una escala de valores p , ya que representan a la DM pero en una escala más favorable en cuanto a la interpretación.

El modelo de la Distancia de Mahalanobis permite hacer distinciones finas pero es necesario convertir medidas cuantitativas en mapas cualitativos de diferentes áreas, esto para una mejor toma de decisiones en cuanto al manejo del hábitat y su conservación (Boyce et al. 2002; Phillips, et al. 2006). De acuerdo a los valores de distancia se puede desarrollar un umbral para separar las zonas favorables de las zonas no favorables para la especie de estudio. Para la división de zonas se generaron puntos al azar ($n=1772$) y se obtuvieron los valores p de estos y de las localizaciones de lobos. Con estos datos se crearon gráficos de frecuencia acumulativa y se identificó a la diferencia más grande entre ambas frecuencias como el valor de división de zonas (Griffin, et al. 2010; Hollenbeck et al. 2011; Ahmadi, et al. 2013). Los pixeles con valores p menores al valor de división se consideran como hábitat no favorable y los pixeles con valor p mayores al valor de división son hábitat favorable. Cada grupo de animales presentará un valor de división distinto según sus valores de frecuencia acumulada.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. ÁREA DE MODELADO.

La delimitación del área de los modelos por medio del PMC (Figura 3) dio como resultado un polígono de 37,287 km² que se ubica principalmente en el estado de Chihuahua y en menor proporción en Sonora. El punto más cercano del polígono a la frontera con Estados Unidos es de 28.53 km en línea recta. Dentro del PMC se pueden encontrar dos Áreas Naturales Protegidas (ANP's). La primera de ellas es la Reserva de la Biósfera (RB) Janos que tiene un área de 5,272 km² y la mayoría de su superficie se encuentra dentro del PMC. La otra ANP se encuentra completamente dentro del PMC del estudio y es el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Campo Verde que tiene una superficie de 1,082 km² con algunas zonas en el estado de Sonora.

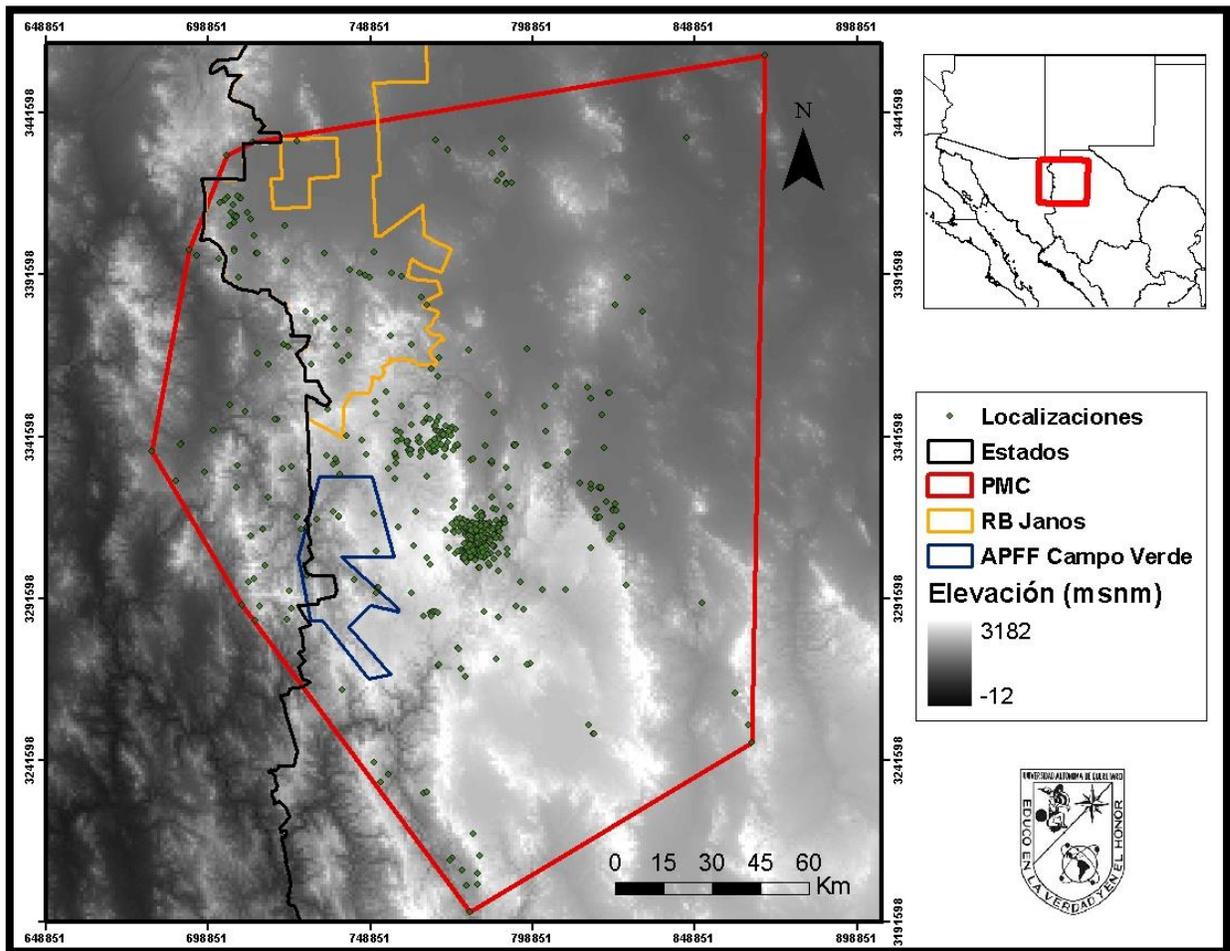


Figura 3. Polígono mínimo convexo (PMC) usado para los modelos de distancia de Mahalanobis, delimitado por las localizaciones de todos los lobos.

4.2. CORRELACIÓN Y NORMALIDAD.

Se probó qué tan correlacionadas se encontraban las 10 variables consideradas en la selección del hábitat (ver *Capítulo 1*) de los lobos. Los resultados (Tabla 31) de correlación nos muestran que la variable de productividad primaria (NDVI) está fuertemente correlacionada con la cobertura (0.751) y la elevación (0.723). Para este caso, se descartaron las variables de cobertura y elevación ya que el NDVI es una variable que es más importante en la presencia de las presas de lobo (Borowik, et al. 2013).

Tabla 31. Coeficientes de correlación de las variables tomadas en cuenta para el modelo de DM.

	Carr.	Divers.	NDVI	Orient.	Pend.	Pobl.	Ríos	Terr.	Cob.	Elev.
Carr.		0.000	0.000	0.000	0.002	0.172	0.003	0.953	0.000	0.899
Divers.	0.092		0.000	0.000	0.000	0.424	0.000	0.000	0.000	0.000
NDVI	0.146	0.416		0.000	0.000	0.001	0.027	0.000	0.000	0.000
Orient.	0.083	0.386	0.409		0.151	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000
Pend.	0.073	0.222	0.185	-0.034		0.050	0.739	0.000	0.000	0.000
Pobl.	0.032	0.019	-0.077	-0.016	-0.047		0.565	0.893	0.187	0.016
Ríos	-0.071	0.172	-0.053	0.127	-0.008	0.014		0.000	0.024	0.006
Terr.	0.001	0.285	0.161	0.298	-0.114	-0.003	0.100		0.000	0.998
Cob.	0.150	0.397	0.751	0.303	0.095	-0.031	-0.054	0.133		0.000
Elev.	0.003	0.341	0.723	0.296	0.159	-0.057	-0.065	0.000	0.588	

Divers: Diversidad de tipos de vegetación; NDVI: productividad primaria; Cob: Cobertura arbórea; Elev: Elevación. Orient: Orientación de la ladera; Pend: Pendiente de la ladera; Ríos: distancia a ríos; Carr: Densidad de carreteras; Terr: densidad de terracerías; Pobl: Densidad poblacional humana.

Con los datos de las localizaciones y los valores que tenían para cada una de las ocho variables finales para los modelos, se llevó a cabo la prueba de normalidad de Jarque-Bera (Tabla 32). De acuerdo a estos datos, ninguna de las variables presenta una distribución normal, por lo que los valores p obtenidos para este trabajo sólo serán tomados en cuenta como una escala de la DM y no como probabilidades.

Tabla 32. Prueba de normalidad de Jarque-Bera para las variables de los modelos de DM.

	Carreteras	Diversidad	NDVI	Orientación	Pendiente	Población	Ríos	Terracerías
N	1772	1772	1772	1772	1772	1772	1772	1772
Jarque-Bera	1.34E+06	143.8	178.4	233.4	973.7	2.12E+08	2.20E+05	3.60E+04
p(normal)	0	5.83E-32	1.79E-39	2.09E-51	3.62E-212	0	0	0
p(Monte Carlo)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

4.3. MODELO CON TODOS LOS LOBOS (N=1772).

El modelo de DM original muestra un intervalo de valores de 0.51 hasta 2069.51, siendo estos, valores altos de distancia relacionados con las zonas cercanas a zonas con alta densidad humana, carreteras, terracerías y zonas muy alejadas de los ríos. Los valores p del modelo presentaron un intervalo de 0 a 0.99, con un promedio de 0.14 y una desviación estándar de 0.24 para el modelo. Las localizaciones de los lobos presentan un valor p mínimo de 0, un valor máximo de 0.99 y 0.69 como valor p promedio. Para el caso de los puntos generados al azar ($n= 1772$), el valor p mínimo es de 0, el valor máximo es de 0.99 y 0.13 como valor promedio.

Con los datos de valores p de las localizaciones de los lobos y los puntos al azar se creó el gráfico que compara las frecuencias acumuladas entre ambos grupos (Figura 4). El valor de separación de las clases del hábitat es de 0.24, ya que en este valor las localizaciones presentan una frecuencia acumulada de 16% mientras que en los puntos al azar ese valor tiene una frecuencia acumulada de 81%, dando una distancia de 65% entre ambos grupos. Se agruparon las clases de hábitat en “Hábitat Desfavorable” que tiene un intervalo de 0 a 0.24, “Hábitat Marginal” con intervalo de 0.24 a 0.62 y “Hábitat Adecuado” con valores de 0.62 a 0.99 de valores p .

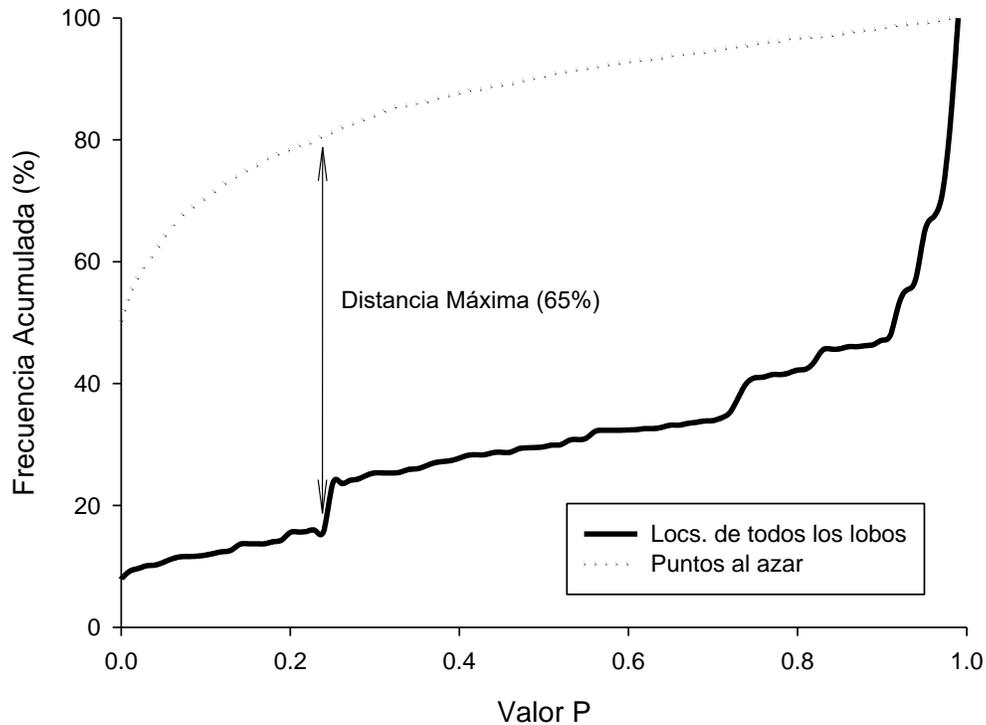


Figura 4. Frecuencias acumuladas de valores p de las localizaciones totales de lobo y los puntos al azar.

Ya con un valor de corte, se identificaron las clases de hábitat del modelo de manera espacial (Figura 5). El hábitat adecuado se distribuye en las porciones sur, centro y noroeste del área del modelo, mostrando que la porción noreste del área sólo presenta hábitat desfavorable actuando como zonas de amortiguamiento. Las zonas de hábitat marginal están relacionadas a las zonas de hábitat adecuado. Dentro de la zona del modelado podemos encontrar dos áreas naturales protegidas de las cuales la RB Janos presenta más zonas que son favorables para el establecimiento del lobo mexicano, mientras que el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Campo Verde presenta pequeñas zonas de hábitat marginal y en menor medida, zonas de hábitat adecuado para los lobos.

El hábitat desfavorable presenta un área de 29,707 km², lo que representa el 79.67% del área total, el hábitat marginal tiene una superficie de 4,695 km² (12.59%), mientras que el hábitat adecuado posee un área de 2,885 km² (7.74%). Sólo un poco más de una quinta parte (20.33%) del total del área del modelado es hábitat potencial para el lobo mexicano.

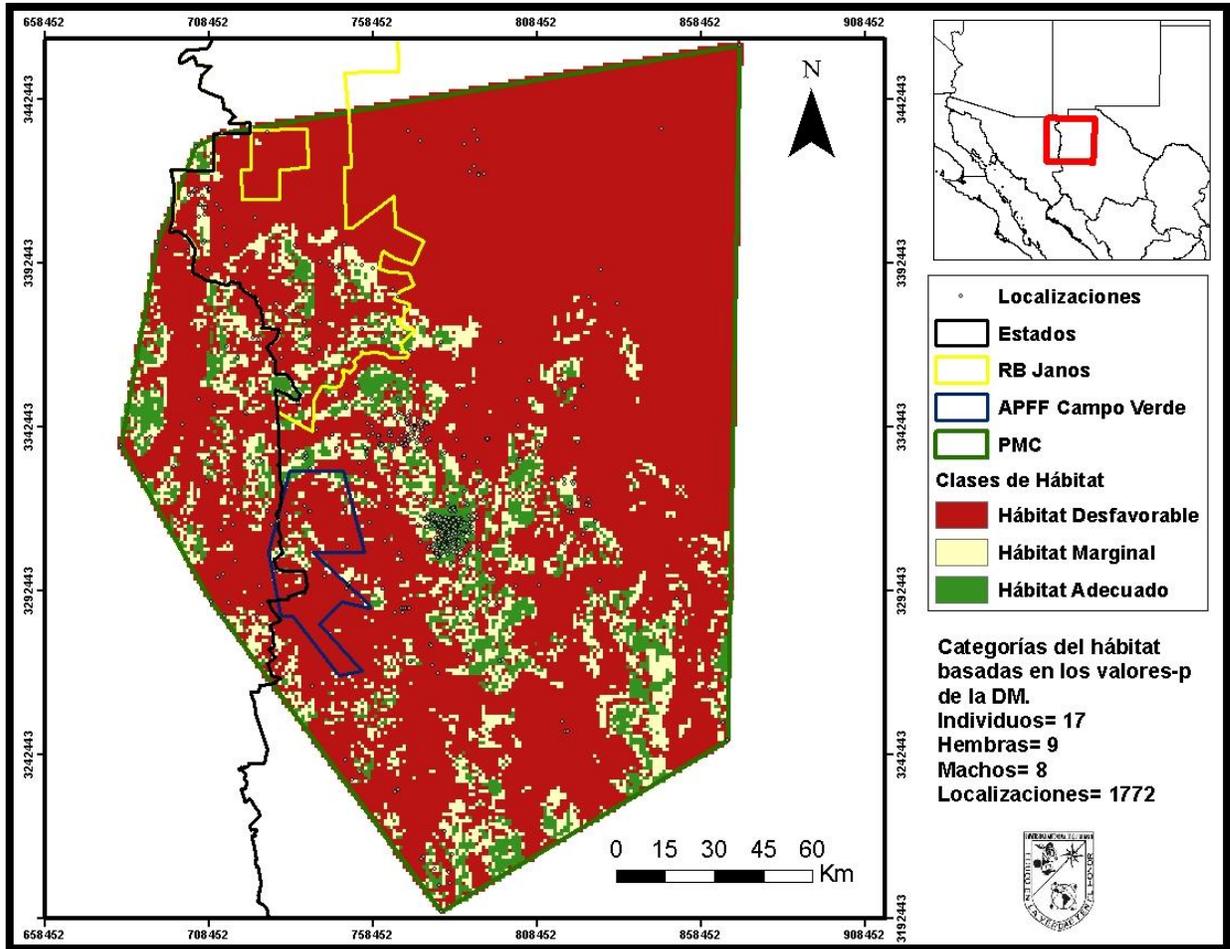


Figura 5. Clases de hábitat para los lobos mexicanos basadas en los valores p de la Distancia de Mahalanobis.

4.4. MODELO CON LAS PAREJAS DE LOBO ($N= 1087$).

El modelo de DM original para las parejas de lobos muestra un intervalo demasiado grande, siendo el menor valor de 0.83 y el valor mayor de $5.56e+008$ (556 millones), donde los valores más altos se relacionan principalmente con las altas densidades de población humana. Una vez transformados los valores de DM a valores p , el área de modelado muestra un intervalo de 0 a 0.99, con un valor promedio de 0.01 y 0.07 como desviación estándar. Las localizaciones muestran un intervalo de valores de 0 a 0.99 con 0.67 como el valor p promedio, mientras que los puntos al azar ($n=1087$) presentan un intervalo de 0.00 a 0.78 y con 0.006 como valor p promedio.

Al comparar las frecuencias acumulativas (Figura 6) de los valores p de las localizaciones y los puntos al azar se identificó que la separación de las clases del hábitat debe ser en 0.000 de valor p . En este valor, la frecuencia acumulada para

las localizaciones es de 7% mientras que para los puntos al azar es de 96%, lo que resulta en una distancia de 89% entre los grupos. Así, las clases fueron agrupadas en “Hábitat Desfavorable” para todos los píxeles con 0.0 de valor p , “Hábitat Marginal” con intervalo de 0.01 a 0.5 y como “Hábitat Adecuado” a los píxeles de 0.51 a 0.99 de valor p .

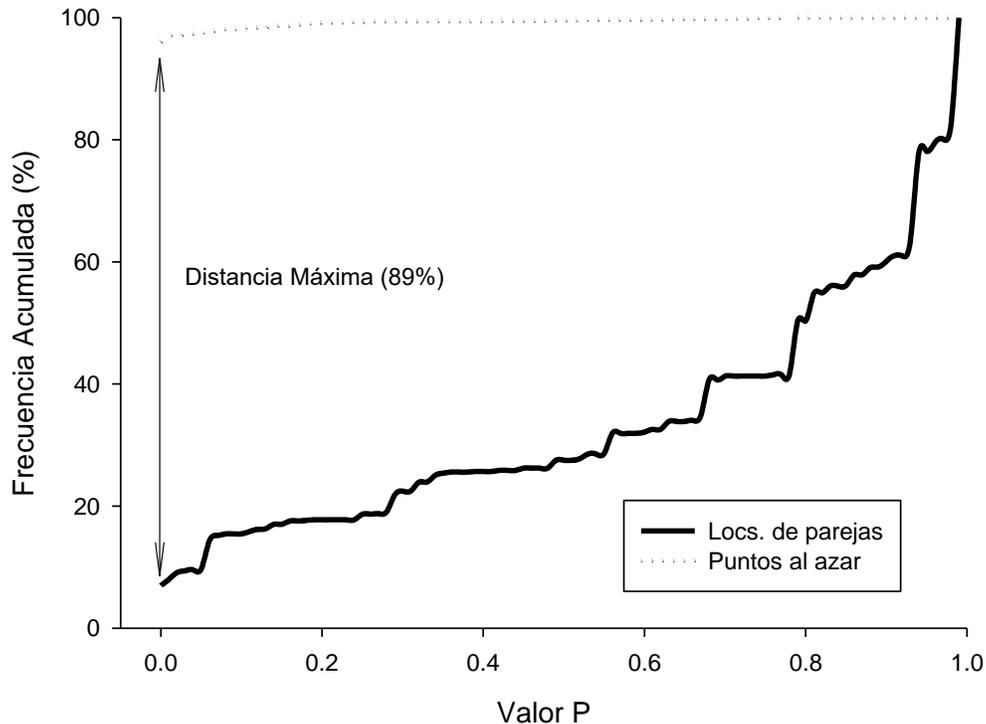


Figura 6. Frecuencias acumuladas de valores p de las localizaciones de las parejas de lobo y los puntos al azar.

Con las categorías bien definidas podemos plasmar el hábitat para las parejas de lobos de manera espacial (Figura 7). Las zonas de hábitat adecuado y marginal son muy reducidas y se encuentran principalmente en la zona sur y centro del área de modelado, además de que se encuentran muy distantes entre ellas. La RB Janos presenta una zona muy reducida de hábitat adecuado y marginal en su porción sur, mientras que el APFF Campo Verde presenta sólo zonas de hábitat desfavorable para los lobos. La categoría de hábitat desfavorable presenta una superficie de 35,655 km² (95.62%), la clase de hábitat marginal tiene un área de 1,395 km² (3.74%) y la categoría de hábitat adecuado sólo presenta una superficie de 237 km² (0.64%).

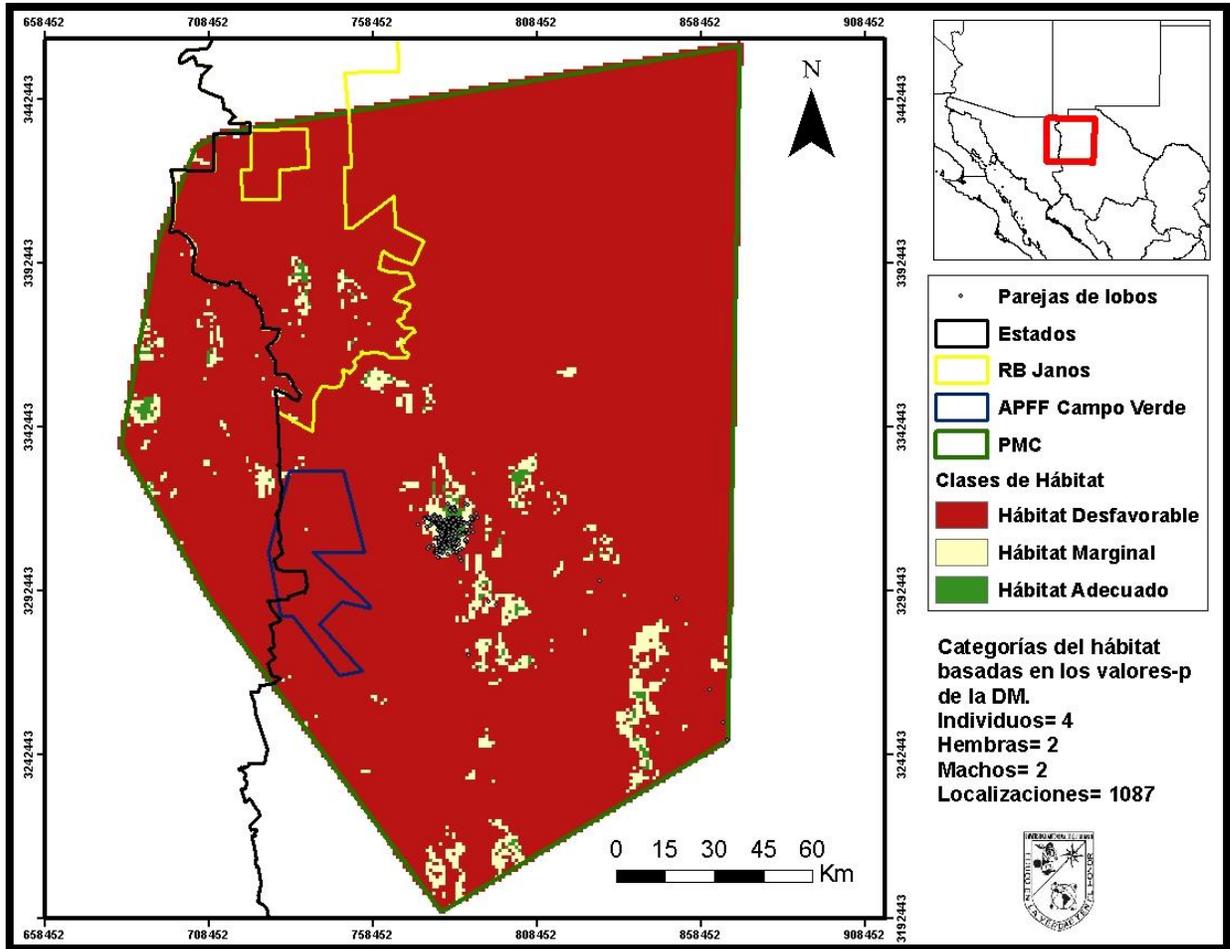


Figura 7. Clases de hábitat para las parejas de lobos mexicanos basadas en los valores p de la Distancia de Mahalanobis.

4.5. MODELO CON LOS LOBOS SOLITARIOS ($N= 685$).

El modelo de la DM muestra un intervalo de valores que van de 0.37 a 799.11, siendo los valores altos causados por zonas de carreteras, terracerías, zonas de alta densidad humana y zonas alejadas de los ríos. Al llevar a cabo la transformación de los valores de la DM, el modelo de valores p presentan un intervalo de 0 a 0.99, con una media de 0.30 y 0.30 como valor de desviación estándar. Las localizaciones de las parejas muestran un intervalo de 0.00 a 0.99 en valores p con un promedio de 0.62, mientras que los puntos al azar presentan un intervalo de 0.00 a 0.99 en valores p y 0.29 como valor promedio.

Mediante la comparación de las frecuencias acumulativas (Figura 8) de los valores p entre las localizaciones de los lobos solitarios y los puntos generados al azar, se

puede observar que la mayor distancia entre ambos grupos aparece en el valor p 0.55, por lo que a partir de este valor se realiza la separación de clases de hábitat. En este valor p las localizaciones de lobos solitarios presentan una frecuencia acumulada de 32%, mientras que los puntos al azar tienen 78%, lo que representa una distancia de 46%. Las clase de “Hábitat Desfavorable” tiene un intervalo de valores p de 0.00 a 0.55, la categoría de “Hábitat Marginal” tiene un rango de valores de 0.56 a 0.77 y la clase de “Hábitat Adecuado” presenta un intervalo de 0.78 a 0.99 en valores p .

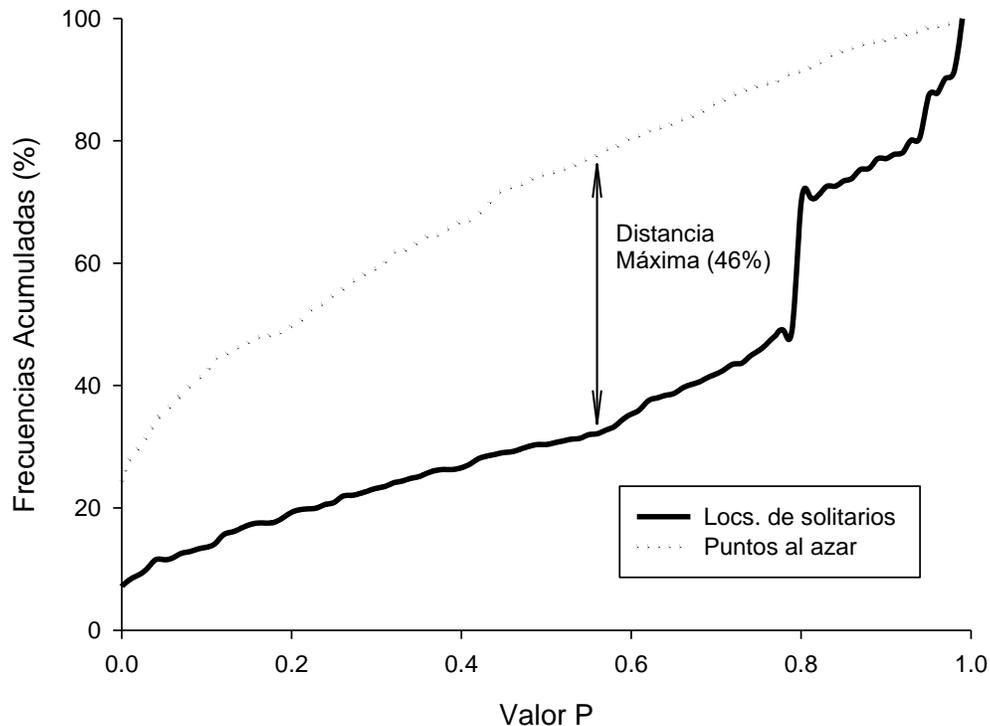


Figura 8. Frecuencias acumuladas de valores p de las localizaciones de lobos solitarios y los puntos al azar.

Al representar espacialmente las clases de hábitat para los lobos solitarios (Figura 9) se puede notar que el hábitat marginal y adecuado se localiza desde el sur hasta la parte noroeste del área de estudio concentrándose principalmente en la zona central. La porción noreste del área sólo presenta hábitat desfavorable para los lobos, relacionado principalmente con que es una zona sin ríos. La RB Janos presenta zonas de hábitat adecuado y marginal en la parte sur y centro, mientras que en el APFF Campo Verde se identifican zonas de hábitat adecuado y marginal en el centro y norte. Para este modelo la clase de “Hábitat Desfavorable” presenta una superficie de 28,426 km² (76.24%), la categoría de “Hábitat Marginal” tiene un área total de 5,106 km² (13.69%) y la categoría de “Hábitat Adecuado” presenta una superficie total de 3,755 km² (10.07%).

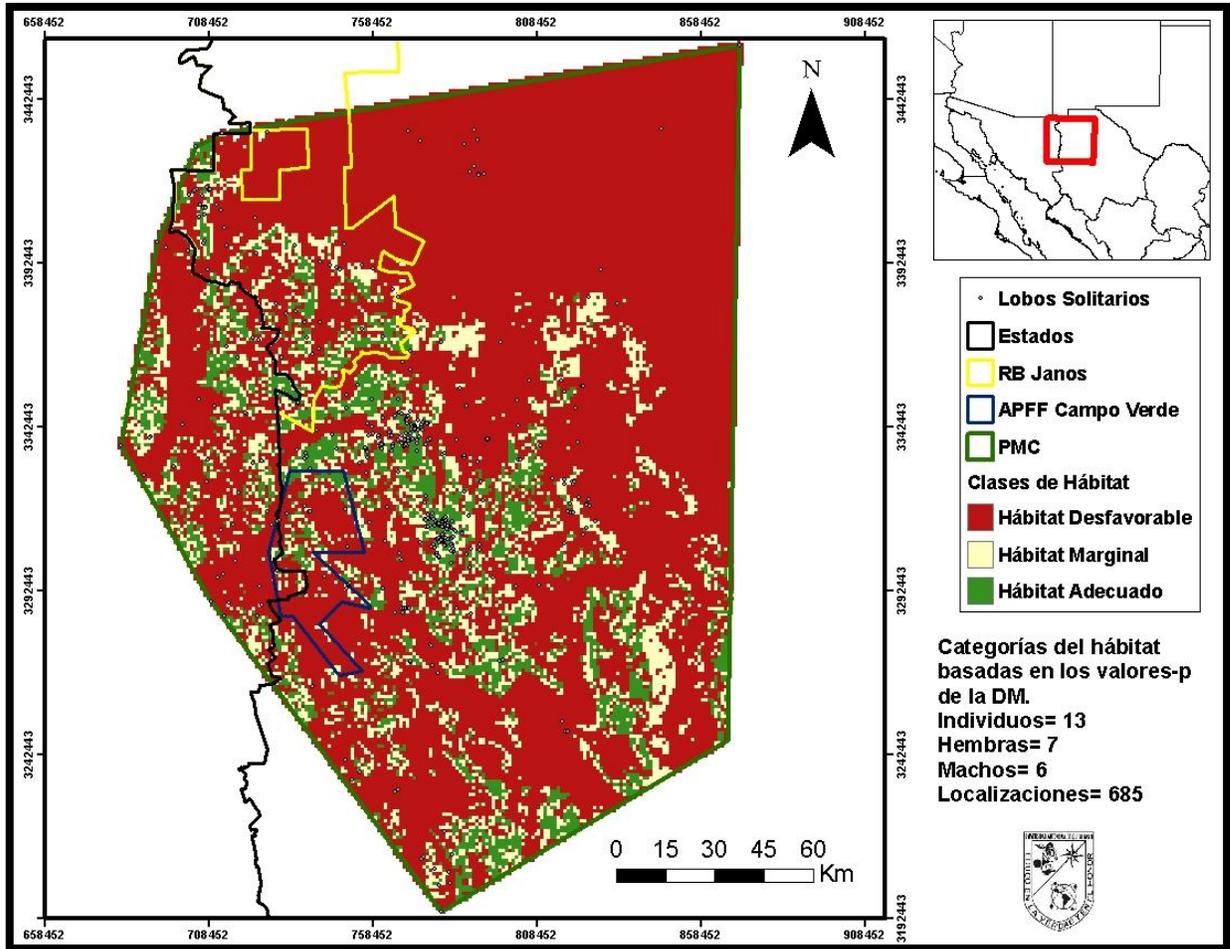


Figura 9. Clases de hábitat para los lobos solitarios mexicanos basadas en los valores p de la Distancia de Mahalanobis.

4.6. MODELO CON LOBOS MACHOS ($N=770$).

El modelo de la DM para los machos de lobos mexicanos tiene un intervalo con un valor mínimo de 0.48 y un valor máximo de 62,157.25, con un promedio de 65.29 y con 973.11 como desviación estándar. Las zonas con las DM más altas están vinculadas con zonas de carreteras y terracerías, así como poblaciones con una alta densidad humana. Al proceder con la transformación de la DM a valores p el modelo muestra un intervalo de 0.00 a 0.99, con un promedio de 0.14 y 0.25 como desviación estándar. Las localizaciones de los machos de lobos presentan un valor p mínimo de 0.00, un valor máximo de 0.99 y a 0.70 como valor promedio; los puntos al azar tienen un valor p mínimo de 0.00, máximo de 0.98 y 0.14 como valor p promedio.

La mayor distancia entre las frecuencias acumuladas de las localizaciones de machos de lobos y los puntos al azar se da en el valor p de 0.16 (Figura 10). En este valor, los machos presentan una frecuencia acumulada de 12% mientras que los puntos al azar tienen 75%, lo que representa una distancia de 63% entre ambos grupos. Con estos datos, la clase de "Hábitat Desfavorable" tendrá un intervalo de 0.00 a 0.16, la clase de "Hábitat Marginal" presenta un intervalo de 0.17 a 0.58 y la categoría de "Hábitat Adecuado" tendrá un intervalo de 0.59 a 0.99 en valores p .

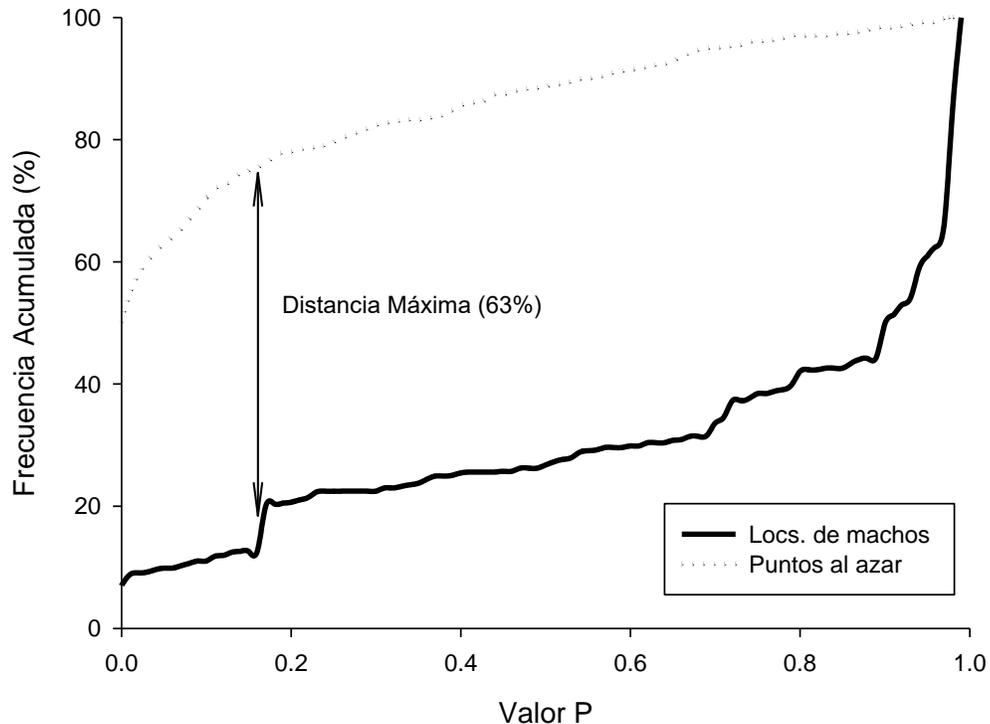


Figura 10. Frecuencias acumuladas de valores p de las localizaciones de lobos machos y los puntos al azar.

Espacialmente (Figura 11), las zonas con píxeles de hábitat marginal y adecuado se distribuyen desde el sur hasta el noroeste del área de modelado, aunque la distribución de estas zonas es muy fragmentada. Al igual que con los modelos anteriores, la zona noreste sólo presenta hábitat desfavorable para los machos de lobos mexicanos. Dentro de la RB Janos encontramos zonas con hábitat marginal y adecuado, principalmente en el sur y centro de la ANP. Para el caso del APFF Campo Verde, sólo en el centro y norte de esta ANP existe hábitat adecuado y marginal. La clase de "Hábitat Desfavorable" cuenta con una superficie de 27,794 km² (75.54%), la clase de "Hábitat Marginal" presenta un área total de 5,978 km² (16.03%) y finalmente la categoría de "Hábitat Adecuado" tiene un área de 3,515 km² (9.43%).

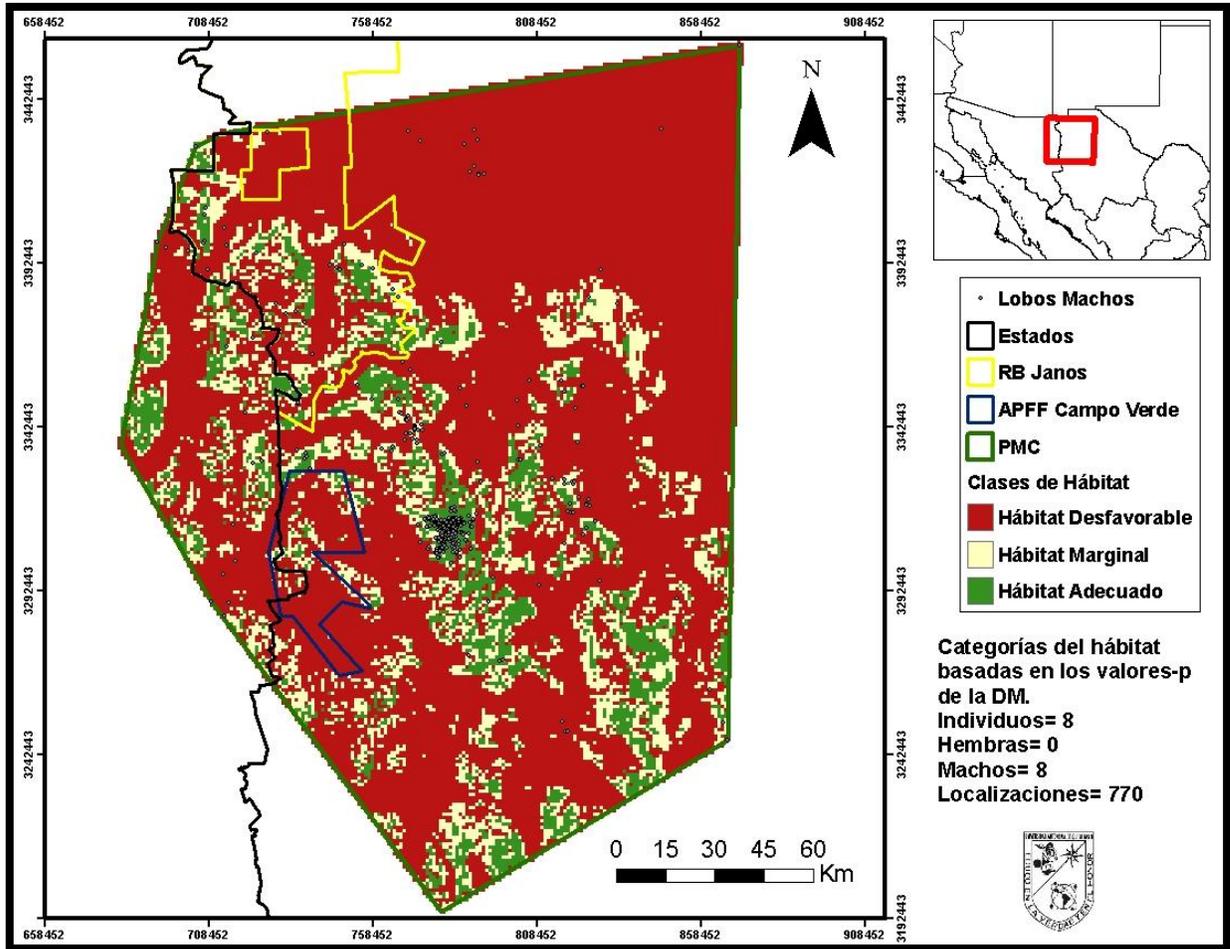


Figura 11. Clases de hábitat para los lobos machos basadas en los valores p de la Distancia de Mahalanobis.

4.7. MODELO CON HEMBRAS DE LOBO (N= 1002).

El modelo de la DM para las hembras muestra un intervalo que va de 0.61 hasta 1,186.86, estando los valores más altos vinculados con la presencia de carreteras, terracerías y zonas con una población humana densa. El modelo de valores p resultante tiene un intervalo de 0.00 a 0.99, con un promedio de 0.10 y a 0.20 como desviación estándar. Las localizaciones de las hembras de lobo muestran valores que van de 0.00 a 0.99, con un promedio de 0.65, mientras que los puntos al azar tienen un intervalo de valores p desde 0.00 a 0.99 y 0.11 como el promedio.

Con las frecuencias acumuladas de los valores p de las hembras de lobo y los puntos al azar se pudo identificar al valor p 0.14 como el valor de corte entre las clases de hábitat (Figura 12). En este valor las hembras presentan una frecuencia

acumulada de 16% mientras que los puntos al azar tienen una frecuencia de 79% lo que representa una distancia de 63% entre ambos grupos. La clase de “Hábitat Desfavorable” presenta el intervalo de 0.00 a 0.14, la categoría de “Hábitat Marginal” tiene un intervalo que va de 0.15 a 0.57 y finalmente la clase de “Hábitat Adecuado” presenta un intervalo que va desde 0.58 hasta 0.99 en valores p .

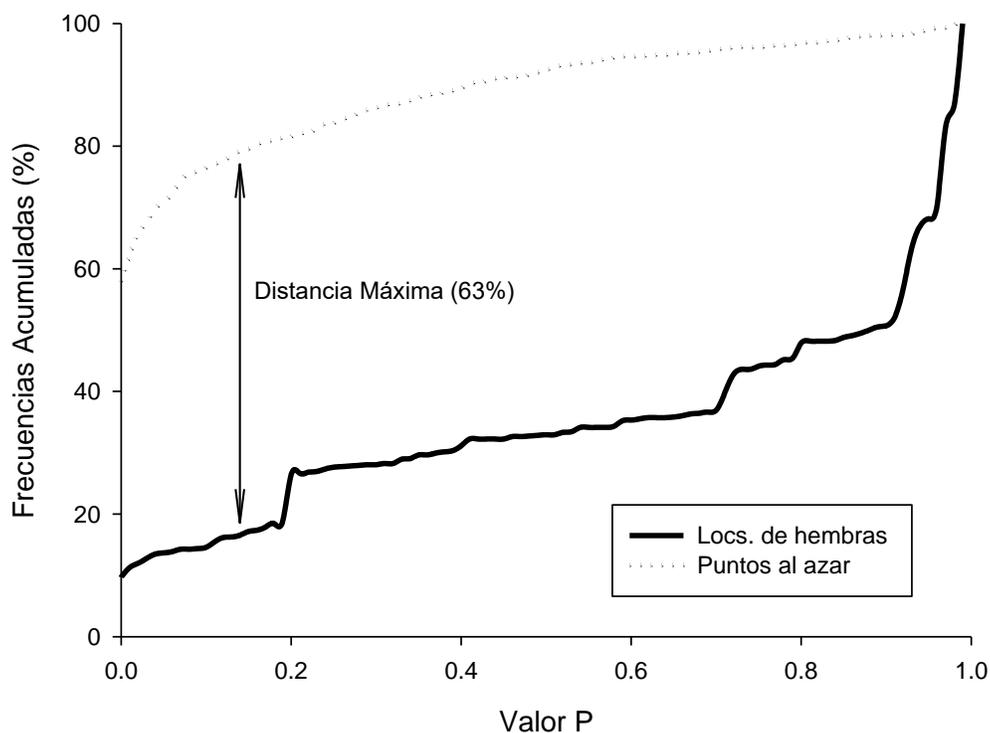


Figura 12. Frecuencias acumuladas de valores p de las localizaciones de lobos hembras y los puntos al azar.

Espacialmente (Figura 13), las categorías de hábitat marginal y adecuado se distribuyen principalmente en el sur y centro del área del modelo sin llegar a la porción norte como en la mayoría de los modelos presentados anteriormente. La zona noreste sigue siendo exclusivamente de hábitat desfavorable para los lobos, vinculado con la ausencia de ríos. Las zonas de hábitat marginal y adecuado tienen una distribución muy fragmentada, sin llegar a formar un continuo de gran tamaño. Para la RB Janos se puede identificar zonas de hábitat marginal y adecuado en el centro y sur del ANP, mientras que en el caso del APFF Campo Verde estas clases de hábitat sólo se presentan en pequeña porción en el centro del ANP. La categoría de “Hábitat Desfavorable” presenta una superficie total de 29,930 km² (80.27%), la categoría de “Hábitat Marginal” tiene un área total de 5,160 km² (13.84%) y la categoría de “Hábitat Adecuado” presenta una superficie total de 2,197 km² (5.89%).

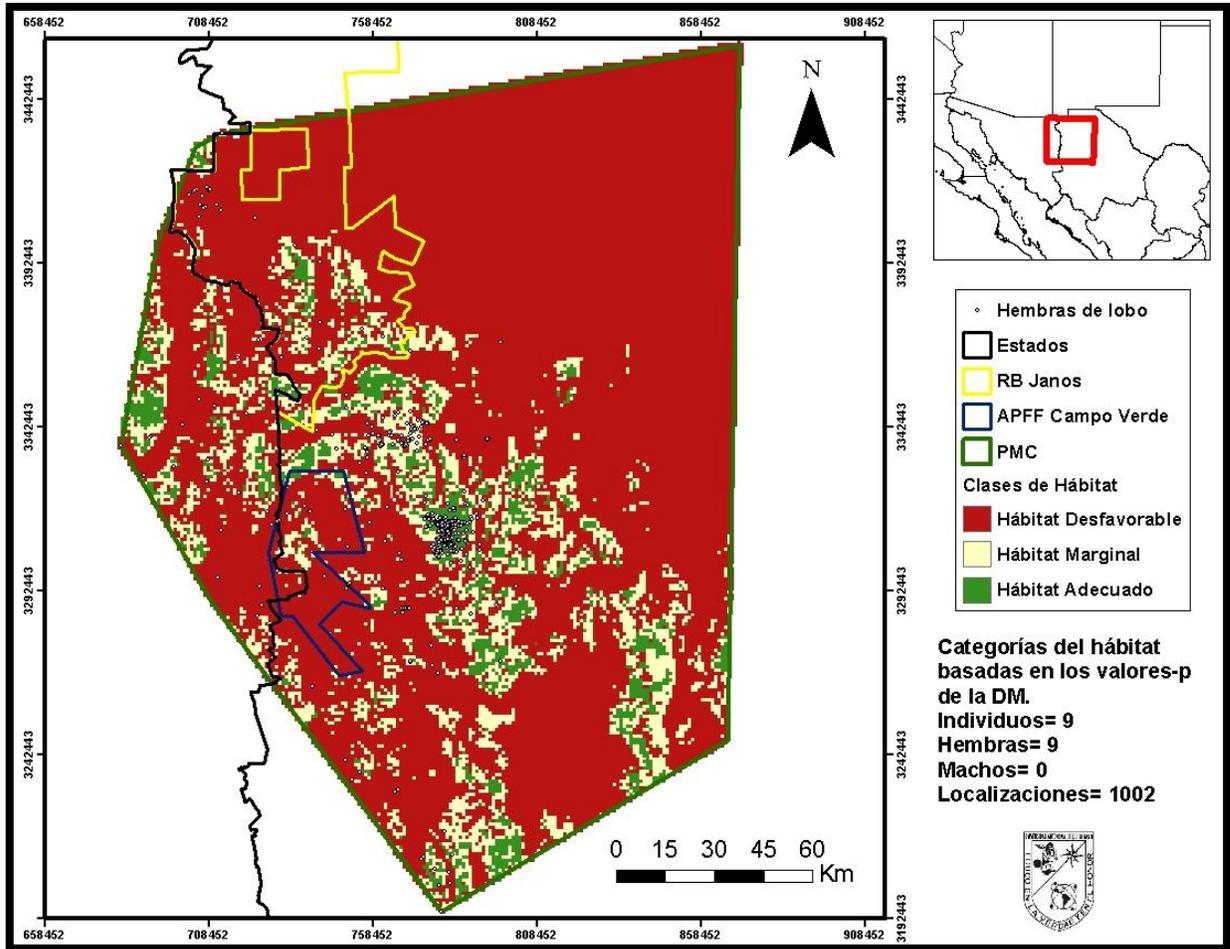


Figura 13. Clases de hábitat para los lobos hembras basadas en los valores p de la Distancia de Mahalanobis.

4.8. COMPARACIÓN DE ÁREAS POR CLASES DE HÁBITAT.

La clase de “Hábitat Desfavorable” es la que más área del modelado presenta con un promedio de 81.27% en todos los modelos (Figura 14). El modelo de parejas de lobos presenta la mayor cantidad de hábitat desfavorable con 95.62% del área total, mientras que el modelo para los machos de lobo presenta la menor cantidad con 74.54% del área. Por su parte, los modelos de la categoría de “Hábitat Marginal” muestran un promedio de 11.98% del área total, donde el modelo de los machos presenta la mayor cantidad de área con 16.03% y el modelo de las parejas de lobo muestra la menor cantidad con 3.74% del área total. Por último, la categoría de “Hábitat Adecuado” es la que menor cantidad de área presenta en los modelos con un 6.75% del área total. El modelo generado para los lobos solitarios presenta la mayor cantidad de esta categoría con un 10.07%, mientras que el

modelo para las parejas tienen la menor cantidad con 0.64% del área total del modelo.

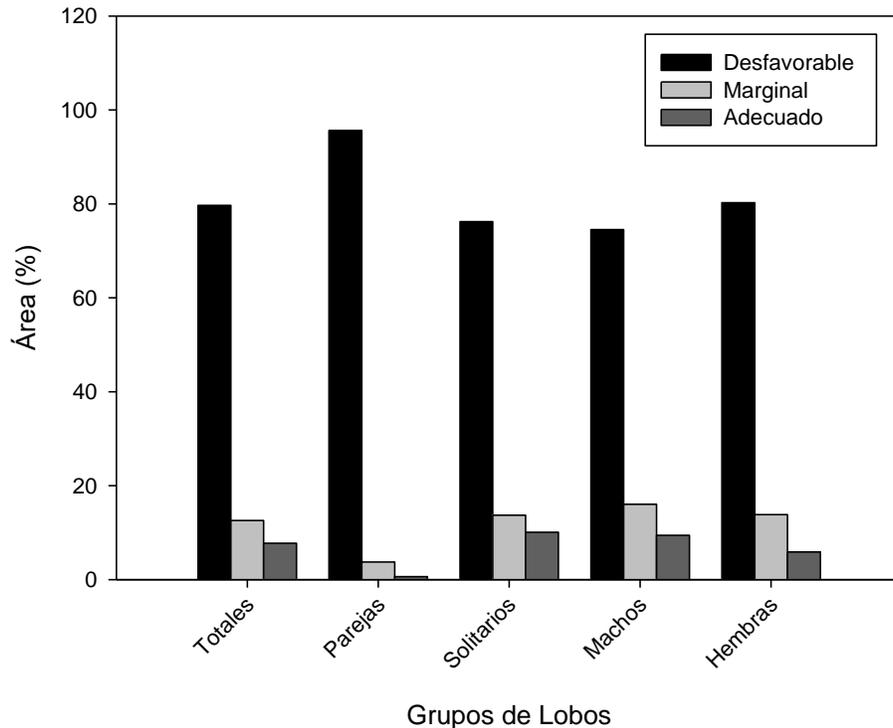


Figura 14. Comparación del área (%) de las clases de hábitat por modelo.

Este trabajo es la primera aproximación de modelado con la Distancia de Mahalanobis, tanto para los lobos como para los depredadores en nuestro país. Este método ha sido desarrollado para otras especies de carnívoros (Clark, et al. 1993; Clark et al. 1999; Podruzny, et al. 2002; Hellgren, et al. 2006; Thatcher, et al. 2006; Soto, et al. 2011; Nawaz, et al. 2014) en el mundo y han ayudado a delimitar los objetivos, áreas y acciones para la conservación de dichas especies, por lo que es una herramienta muy importante en la protección de la fauna silvestre.

Para el caso concreto de la especie de este trabajo, su distribución en nuestro país está en expansión y este modelo podría ser de gran ayuda para poder investigar, a una escala mayor (e.g. estatal o regional), cuáles son las áreas que presentan las condiciones de hábitat adecuadas para el establecimiento de los lobos. En este aspecto, este trabajo cumple con varias estrategias de conservación delimitadas en el PACE (INE-SEMARNAT, 2009) para el lobo mexicano. Uno de los objetivos de este programa es la definición de al menos seis sitios, que con base en sus características y grado de conservación, sean potenciales para la reintroducción de lobo mexicano. En base a la identificación de áreas potenciales se establecen muchas otras estrategias de trabajo, tales como la protección, manejo y restauración del hábitat, estrategias de generación del

conocimiento y la gestión de equipos de trabajo de acuerdo a las zonas importantes para los lobos.

Dentro del PACE ya se habían establecido zonas potenciales para la reintroducción de lobos basados en el trabajo de Martínez (et al. 2006), que delimita áreas en base al algoritmo GARP (Genetic Algorithm for Rule Production) (Stockwell, 1999). Este estudio modeló el hábitat para los lobos mexicanos de acuerdo con la distribución histórica descrita por Hall (1981), creando cuatro escenarios distintos de modelado. El primero contemplaba solamente a variables de paisaje y climáticas; el segundo reducía el área sólo a las zonas con tipos de vegetaciones naturales (e.g. bosque de pino); el tercero incorporaba las variables de la distancia a los caminos y los asentamientos humanos; y el cuarto considera el cambio climático. El modelo de Martínez (et al. 2006) que más se acercó al modelo de esta tesis es el que considera al modelo con las variables de paisaje, climáticas, asentamientos humanos y caminos. Ese modelo (Martínez et al. 2006) coincide en algunas partes con las zonas de modelado del trabajo aquí presentado, sin embargo la escala entre ambos trabajos es muy distinta, por lo que el modelo con GARP tiene una resolución menos fina en el área actual de distribución de los individuos de lobos liberados.

Servín (et al. 2007) también generó un modelo de distribución potencial para el lobo mexicano pero más específicamente para el estado de Durango. El modelo se creó a partir de la recopilación de cualquier tipo de dato histórico (e.g. avistamientos, cadáveres, animales trampeados, reportes de depredación) que estén vinculados con la presencia de los lobos de acuerdo a su distribución en México (Young y Goldman, 1944; Hall, 1981). El objetivo del modelo fue identificar y proponer las áreas que contaban con hábitat adecuado para la reintroducción en el estado de Durango. El modelo usó 14 variables bioclimáticas, tres variables topográficas (e.g. elevación, pendiente, índice topográfico), el inventario forestal nacional (CONABIO, 1999), así como la distancia a poblados (^aINEGI, 2000) y carreteras (^bINEGI, 2000), para construir la distribución potencial del lobo mexicano. El modelo final muestra tres grandes zonas con hábitat potencial para los lobos, siendo estas el norte de Sonora, casi el total de la Sierra Madre Occidental (SMOcc) y la zona del bajío mexicano. El fragmento de la SMOcc coincide con las áreas con hábitat potencial de los modelos presentados en esta tesis.

McBride (1980) reportaba que para el año 1978, potencialmente en el norte del estado de Chihuahua, se podrían encontrar aún individuos de lobos mexicanos. Esta predicción estaba en función del tipo de hábitat, el grado de perturbación de la zona y por la distribución histórica reportada para esta subespecie. Esta zona, catalogada como adecuada para los lobos según McBride, es la zona donde se

distribuyen actualmente los lobos que forman parte del proyecto de reintroducción y donde se llevó a cabo el modelo de esta tesis. Acorde a lo establecido por McBride, el modelo aquí presentado también predice que en esta zona existen las condiciones necesarias para el establecimiento y reproducción de los individuos de lobo mexicano, aunque con un detalle más específico.

Existen autores que establecen que para los modelos de hábitat para carnívoros, la variable más importante para los animales es la cantidad de presas que se encuentran en una zona (Bednarz, 1988; Bednarz, 1989). Desafortunadamente, la información acerca de las presas y su densidad son algunos de los tópicos menos estudiados, tanto en nuestro país como a nivel mundial. Bednarz (1988) establece que la cantidad de ungulados (e.g. venados, pecaríes) es el principal factor para el establecimiento y reproducción de los lobos mexicanos. En nuestro país no se tienen datos de abundancia de presas, a excepción de trabajos en zonas muy específicas, aun cuando existen trabajos y proyectos de investigación para carnívoros grandes. A pesar de esta situación, el uso de variables de vegetación, terreno y de perturbación humana ha sido una buena base como variables predictivas para la modelación de hábitat para los carnívoros en nuestro país y el mundo. Específicamente, para el caso del modelo de DM para lobos, en otros países se han utilizado las variables como el tipo de vegetación, la distancia y densidad de poblados, la densidad y distancia a carreteras, zonas agrícolas, variables de terreno (e.g. altitud, orientación), así como presencia y densidad de ganado (Cayuela, L. 2004; Ahmadi, et al. 2013). Muchas de estas variables fueron usadas en esta tesis ya que se ha comprobado que tienden a predecir de manera correcta las condiciones de hábitat necesarias para los lobos.

Es necesario que dentro del marco de investigación de carnívoros en nuestro país, se tome en cuenta una ampliación a la investigación de las presas a nivel de estados o regiones ya que esta herramienta permitirá el mejoramiento de los modelos de hábitat y de presencia potencial para los carnívoros. Establecer y sistematizar el monitoreo y conteo de la cantidad de presas será un paso importante para mejorar los programas de conservación de carnívoros en nuestro país.

El uso de localizaciones satelitales de los collares portados por los animales es una de las ventajas que presenta este trabajo en contraste con algunos otros para lobos y carnívoros en general (Rodríguez, et al. 2011; Nawaz, et al. 2014). La cantidad de datos de presencia (n=1772) y la precisión de estas localizaciones da una certeza y confiabilidad firme a los modelos de DM de este trabajo. Anteriormente, se había trabajado con datos históricos (Corsi, et al 1999; Cayuela, L. 2004; Martínez, et al. 2006), entrevistas (Cayuela, L. 2004; Ahmadi, et al. 2013; Davie, et al. 2014), puntos de muestreo (Falucci, et al. 2013), registros de la

especie por rastros (e.g. excrementos, huellas) (Cayuela, L. 2004; Falucci, et al. 2013), depredaciones al ganado (Cayuela, L. 2004; Davie, et al. 2014), cadáveres de lobos (Cayuela, L. 2004) y sitios de madrigueras de los lobos (Trapp, et al. 2008). Aunque estos registros de la presencia de la especie son muy valiosos, la exactitud geográfica y el seguimiento continuo a los animales con las localizaciones satelitales presentan una ventaja sobre los demás datos de presencia, sobre todo en animales de movimientos rápidos y de amplio ámbito hogareño (Fuller y Fuller, 2012) como en el caso de esta especie.

5. REFERENCIAS.

Ahmadi, M., Kaboli, M., Nourani, E., Shabani, A. y Ashrafi, S. 2013. A predictive spatial model for gray wolf (*Canis lupus*) denning sites in a human-dominated landscape in western Iran. *Ecological Research*. Vol 28(3). pp 513-521.

Ahmadi, M., Kaboli, M., Nourani, E., Shabani, A. y Ashrafi, S. 2013. A predictive spatial model for gray wolf (*Canis lupus*) denning sites in a human-dominated landscape in western Iran. *Ecological Research*. (28). pp 513-521.

al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2013. Continuo Nacional de Elevaciones resolución 30m. INEGI. Aguascalientes, México.

Ament, R., Clevenger, A., Yu, O. y Hardy, A. 2007. An assessment of road impacts on wildlife populations in U.S. National Parks. WTI-MSU Technical Report REP-07-01. Montana State University. Estados Unidos. pp. 44.

Araiza, M., Carrillo, L., List, R., López, C., Martínez, E., Martínez, P., Moctezuma, O., Sánchez, N. y Servín, J. 2012. Consensus on criteria for potencial areas for wolf reintroduction in Mexico. *Conservation Biology*. Vol 26(4). pp 630-637.

Arellano, H., López, C. y Moreno, C. 2009. ¿Pueden las variables de paisaje predecir la abundancia de venado cola blanca? El caso del noroeste de México. *Tropical Conservation Science*. Vol 2(2). pp 229-236.

Armstrong, D. y Seddon, P. 2008. Directions in reintroduction biology. *TRENDS in Ecology and Evolution*. Vol 23(1). pp 20-25.

Bailey, V. 1931. Mammals of New Mexico. *North American Fauna*. No. 53. pp 303-313.

Bangs, E. y Shivik, J. 2001. Managing wolf conflict with livestock in the northwestern United States. USDA National Wildlife Research Center-Staff Publications. No 3. pp 2-5.

Bassi, E., Willis, S., Passilongo, D., Mattioli y Apollonio, M. 2015. Predicting the spatial distribution of wolf (*Canis lupus*) breeding areas in a mountainous region of central Italy. Plos One. Vol 10(6). pp 14.

Bednarz, J. 1988. The mexican Wolf: biology, history, and prospects for reestablishment in New Mexico. Endangered Species Report 18. U.S. Fish and Wildlife Service, Albuquerque, New Mexico. pp 70.

Bednarz, J. 1989. An evaluation of the ecological potential of White Sands Missile Range to support a reintroduced population of mexican wolves. Endangered Species Report 19. U.S. Fish and Wildlife Service, Albuquerque, New Mexico. pp 96.

Bekoff, M. 1977. Mammalian dispersal and ontogeny of individual behavioral phenotypes. The American Journalist. Vol 111(980). pp 715-732.

Beyer, H. (2012) Geospatial modelling environment (Version 0.7.4).

INstituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2013. Conjunto Nacional de Uso de Suelo y Vegetación a escala 1:250,000 Serie V. Aguascalientes, México.

Blanco, J. y Cortés, Y. 2007. Dispersal patterns, social structure and mortality of wolves living in agricultural habitats in Spain. Journal of Zoology. Vol 273. pp 114-124.

Blanco, J., Reig, S. y de la Cuesta, L. 1992. Distribution, status and conservation problems of the wolf *Canis lupus* in Spain. Biological Conservation. Vol 60. pp 73-80.

Boitani, L. 2000. Action plan for the conservation of wolves in Europe (*Canis lupus*). Council of Europe Publishing. pp 82.

Boitani, L. y Powell, R. 2012. Carnivore ecology and conservation. Oxford University Press. Estados Unidos. pp 508.

Borowik, T., Pettorelli, N., Sönnichsen, L. y Jędrzejewska, B. 2013. Normalized difference vegetation index (NDVI) as a predictor of forage availability for ungulates in forest and field habitats. European Journal of Wildlife Research. (59). pp 675-682.

- Boyce, M., Vernier, P., Nielsen, S. y Schmiegelow, F. 2002. Evaluating resource selection functions. *Ecological Modelling*. Vol 157(2). pp 281-300.
- Bradley E. y Pletscher, D. 2005. Assessing factors related to wolf depredation of cattle in fenced pastures in Montana and Idaho. *Wildlife society Bulletin*. Vol 33(4). pp. 1256-1265.
- Brown, D. 1983. *The Wolf in the southwest: the making of an endangered species*. University of Arizona Press. Primera Edición. Estados Unidos. pp 195.
- Byers, C., Steinhorst, R. y Krausman, P. 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *The Journal of Wildlife Management*. Vol 48(3). pp 1050-1053.
- Caire, W. 1978. *The distribution and zoogeography of the mammals of Sonora, México*. Tesis Doctoral. Universidad de New Mexico, Estados Unidos. pp 613.
- Callaghan, C. 2002. *The ecology of gray wolf (Canis lupus) habitat use, survival, and persistence of gray wolves in the central Rocky Mountains*. Tesis Doctoral. Universidad de Guelph, Ontario, Estados Unidos.
- Cámara de Minera de México. 2016. *Situación de la Minería en México*. Informe Annual. Pp 58.
- Carnes, R. 2011. *Mexican wolf recovery: habitat suitability and dispersal potential*. Tesis de Maestría. Duke University. Estados Unidos. pp 45.
- Carroll, C., Noss, R. y Paquet, P. 2001. Carnivores as focal species for conservation planning in the rocky mountain region. *Ecological Applications*. 11, 961–980.
- Cayueta, L. 2004. *Habitat evaluation for the Iberian wolf Canis lupus in Picos de Europa national park, Spain*. *Applied Geography*. Vol 24. pp 199-215.
- Clark, J., Dunn, J. y Smith, K. 1993. A multivariate model of female black bear habitat use for a geographic information system. *The Journal of Wildlife Management*. Vol 57(3). pp 519-526.
- Clark, J., Hayes, S. y Pledger, J. 1999. A female black bear denning habitat model using a geographic information system. *Ursus*. Vol 10. pp 181-185.
- Clutton, T., Guinness, F. y Albon, S. 1982. *Red Deer*. University of Chicago Press. Estados Unidos. pp 120.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2014. La biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp 562.

Conde, D., Colchero, F., Zarza, H., Christensen, N., Sexton, J., Manterola, C., Chávez, C., Rivera, A., Azuara, D. y Ceballos, G. 2010. Sex matters: Modeling male and female habitat preferences for jaguar conservation. *Biological Conservation*. Vol 143. pp 1980-1988.

Cook, C., Morgan, D. y Marshall. 2007. Reevaluating suitable habitat for reintroductions: lessons learnt from Eastern barred bandicoot recovery program. *Animal Conservation*. Vol 13. pp 184-195.

Corsi, F., Duprè, E. y Boitani, L. 1999. A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. *Conservation Biology*. Vol 13(1). pp 150-159.

Crete, M. 1999. The distribution of deer biomass in North America supports the hypothesis of exploitation ecosystems. *Ecology Letters*. Vol 2. pp 223-227.

Crook, J., Ellis, J. y Goss, J. 1976. Mammalian social systems: structure and function. *Animal Behavior*. Vol 24(2). pp 261-274.

Davie, H., Murdoch, J., Lhagvasuren, A., Reading, R. 2014. Measuring and mapping the influence of landscape factors on livestock depredation by wolves in Mongolia. *Journal of Arid Environments*. Vol 103. pp 85-91.

Delfín, C., Gallina, S. y López, C. 2009. Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science*. Vol 2(2). pp 215-228.

Di Miceli, C., Carroll, M., Sohlberg, A., Huang, C., Hansen, C. y Townshend, G. 2011. Annual Global Automated MODIS Vegetation Continuous Fields (MOD44B) at 250 m Spatial Resolution for Data Years Beginning Day 65, 2000 - 2010, Collection 5 Percent Tree Cover, University of Maryland, College Park, MD, USA.

Eggermann, J., Ferrão, G., Guerra, A., Kirchner, W. y Petrucci, F. 2011. Presence of Iberian wolf (*Canis lupus signatus*) in relation to land cover, livestock and human influence in Portugal. *Mammalian Biology*. Vol 76. pp 217-221.

Eisenberg, J. 1989. An introduction to the Carnivora. En: Gittleman, J. (Editor). *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*. Cornell University Press. Estados Unidos. pp 1-10.

Emden, H. 2008. *Statistics for terrified biologists*. Blackwell Publishing. Reino Unido. pp 360.

ESRI (Environmental Systems Resource Institute). 2009. ArcMap 9.3. ESRI, Redlands, California.

Falcucci, A., Maiorano, L., Tempio, G., Boitani, L. y Ciucci, P. 2013. Modeling the potential distribution for a range-expanding species: Wolf recolonization of the Alpine range. *Biological Conservation*. Vol 158. pp 63-72.

Fecske, D., Barry, R., Precht, F., Quingley, H., Bittner, S. y Webster, T. 2002. Habitat use by female black bears in western Maryland. *Southeastern Naturalist*. Vol 1(1). pp 77-92.

Fritts, S. 1982. Wolf depredation on livestock in Minnesota. U.S. Dep. Inter., Fish and Wildl. Serv. Resour. Publ. 145.

Fritts, S. y Mech, L. 1981. Dynamics, movements and feeding ecology of a newly protected wolf population in northwestern Minnesota. *Wildlife Society Bulletin*. No. 80. pp 459-463.

Fritts, S., Paul, W. y Mech, D. 1985. Can relocated wolves survive? *Wildlife Society Bulletin*. No 13. pp 459-463.

Fuller, M. y Fuller, T. 2012. Radio-telemetry equipment and applications for carnivores. En: Boitani, L. y Powell, R. (Editores). *Carnivore Ecology and Conservation: A handbook of techniques*. Oxford University Press. Estados Unidos. pp 152-168.

Fuller, T., Berg, W., Radde, G., Lenarz, M. y Joselyn, B. 1992. A history and current estimate of wolf distribution and numbers in Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* Vol. 20(1). pp. 42-55..

Gaines, W., Lyons, A., Lehmkuhl, J. y Raedeke, K. 2005. Landscape evaluation of female black bear habitat effectiveness and capability in the North Cascades, Washington. *Biological Conservation*. Vol 125. pp 411-425.

García-Mendoza, D. y López-González, C. 2013. A checklist of the mammals (Mammalia) from Durango, western México. *Journal of species lists and distribution*. Vol 9(2). pp 313-322.

Gese, E. y Mech, D. 1991. Dispersal of wolves (*Canis lupus*) in northeastern Minnesota, 1969-1989. *Canadian Journal of Zoology*. Vol 69. pp 2946-2955.

Gese, E., Rongstad, O. y Mytton, W. 1988. Home range and habitat use of coyotes in southeastern Colorado. *The Journal of Wildlife Management*. Vol 52(4). pp 640-646.

González, S., González, M., Tena, J., Ruacho, L. y López, L. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana*. Vol 100. pp. 351-403.

Griffin, S., Taper, M., Hoffman, R. y Mills, S. 2010. Ranking Mahalanobis distance models for predictions of occupancy from presence-only data. *Journal of Wildlife Management*. Vol 74(5). pp 1112-1121.

Guisan, A. y Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*. Vol 10(5). pp 993-1009.

Haight, R., Mladenoff, D. y Wydeven, A. 1998. Modeling disjunct gray wolf population in semi-wild landscapes. *Conservation Biology*. No 12. pp 879-888.

Hall, E. 1981. *The Mammals of North America*. Primera Edición. John Wiley & Sons. Estados Unidos. pp 1271.

Hammer, O., Harper, D. y Ryan, P. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. Vol 4(1). pp 9.

Hellgren, E., Bales, S., Gregory, M., Leslie, D. y Clark, J. 2006. Testing a Mahalanobis distance model of black bear habitat use in Ouachita mountains of Oklahoma. *Journal of Wildlife Management*. Vol 71(3). pp 924-928.

Henshaw, R., Lockwood, R., Shideler, R. y Stephenson, R. 1979. Experimental release of captive wolves. pp 319-345. En: Klinghammer, E. (Editor). *Behavior and Ecology of Wolves*. Garland STPM Press, New York.

Hollenbeck J., Saab, V. y Frenzel, R. 2011. Habitat suitability and nest survival of white-headed woodpeckers in unburned forests of Oregon. *Journal of Wildlife Management*. Vol 75(5). pp 1061–1071.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2005. Unidades climáticas de México, escala 1:1000000. INEGI. Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010. Localidades de la República Mexicana escala: 1:250,000. Censo de Población y Vivienda 2010. Editado por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2014. Cartas topográficas de México, Escala 1:250,000. INEGI. Aguascalientes, México.

IUCN/SSC. 2013. Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission. pp 72.

Jackes, A. 1973. The use of wintering ground by red deer in Ross-shire, Scotland. Tesis de Maestría. Universidad de Edimburgo. Reino Unido. pp 145.

Jarque, C. y Bera, A. 1987. A test for normality of observations and regression residuals. International Statistical Review. Vol 55(2). pp 163-172.

Jedrzejewski, W., Niedzialkowska, M., Nowak, S. y Jedrzejewski, B. 2004. Habitat variables associated with wolf (*Canis lupus*) distribution and abundance in northern Poland. Diversity and Distributions. (10). pp. 225-233.

Jenness, J. 2003. User's Manual Mahalanobis distances (mahalanobis.avx) extension for ArcView 3.x, Jenness Enterprises. Available at: <http://www.jennessent.com/arcview/mahalanobis.htm>.

Jenness, J. 2010. User's Manual Land Facet Corridor Designer extension for ArcGIS 9.3, Jenness Enterprises.

Jensen, W., Fuller, T. y Robinson, W. 1986. Wolf, *Canis lupus*, distribution on Ontario-Michigan border near Sault Ste. Marie. Canadian Field-Naturalist. No 100, pp 363-366.

Johnson, M. y Gaines, S. 1990. Evolution of dispersal: theoretical models and empirical tests using birds and mammals. Annual Review of Ecology and Systematics. Vol 21. pp 449-480.

Kaartinen, S., Kojola, I. y Colpaert, A. 2005. Finnish wolves avoid roads and settlements. Annales Zoologici Fennici Vol. 42(5). pp. 523-532.

Kaartinen, S., Luoto, M. y Kojola, I. 2009. Carnivore-livestock conflicts: determinants of wolf (*Canis lupus*) depredation on sheep farms in Finland. Biodiversity Conservation. (18). pp. 3503-3517.

Kamler, J. y Gipson, P. 2000. Space and habitat use by residents and transient coyotes. Canadian Journal of Zoology. Vol 78. pp 2106-2111.

Kusak, J., Skrbinek, A. y Huber, D. 2005. Home ranges, movements, and activity of wolves (*Canis lupus*) in the Dalmatian part of Dinarids, Croatia. European Journal of Wildlife Restoration. Vol 51. pp 254-262.

Kuzyk, G., Kneteman, J. y Schmiegelow, F. 2004. Winter habitat use by wolves, *Canis lupus*, in relation to forest harvesting in West-central Alberta. *The Canadian Field-Naturalist*. Vol 118(3). Pp 368-375.

Langley, R. 1999. Dilution of precision. *GPS World*. Vol. 10(5). pp 52-59.

Lara, N. 2010. La comunidad de mamíferos previa a la liberación de *Canis lupus baileyi* en Sonora, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. México. pp 139.

Lara-Díaz, N., López-González, C., Coronel-Arellano, H. y Cruz-Romo, L. 2015. Nacidos libres: en el camino a la recuperación del lobo mexicano. *CONABIO. Biodiversitas*. (119). pp 1-6.

Lesmerises, F., Dussault, C. y St-Laurent, M. 2012. Wolf habitat selection is shaped by human activities in a highly managed boreal forest. *Forest Ecology and Management*. Vol 276. pp 125-131.

Light, D. y Fritts, S. 1994. Gray wolf occurrences in the Dakotas. *American Midland Naturalist*, Vol. 132(1). pp. 74-81.

Litvaitis, J. y Shaw, J. 1980. Coyote movements, habitat use, and food habits in Southwestern Oklahoma. *The Journal of Wildlife Management*. Vol 44(1). pp 62-68.

López-González, C. y García-Mendoza, D. 2012. A checklist of the mammals (Mammalia) of Chihuahua, México. *Journal of species lists and distribution*. Vol 8(6). pp 1122-1133.

Mace, R., Waller, J., Manley, T., Lyon, L. y Zuuring, H. 1996. Relationships among grizzly bears, roads and habitat in the Swan Mountains, Montana. *Journal Applications on Ecology*. Vol 33. pp 1395-1404.

Maehr, D. 1997. The comparative ecology of the bobcat, black bear, and Florida panther in south Florida. *Bulletin of Florida Museum of Natural History*. Vol 40. pp 1-176.

Main, M. y Coblenz, B. 1996. Sexual segregation in rocky mountain mule deer. *Journal of Wildlife Management*. Vol 60. pp 497-507.

Mandujano, S., Delfín, C. y Gallina, S. 2014. Ecoregiones y manejo de subespecies de venado cola blanca. En: Gallina, S., Mandujano, S. y Villarreal, O. (Editores). 2014. Monitoreo y manejo del venado cola blanca: "Conceptos y Métodos". Instituto de Ecología A.C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. pp 220.

Manly, B., McDonald, L., Thomas, D., McDonald, T. y Erickson, W. 2002. Resource selection by animals: Statistical design and analysis for field studies. Segunda Edición. Luwer Academic Publishers. Estados Unidos. pp 236.

Martínez, E., Peterson, A., Servín, J. y Kliff, L. 2006. Ecological niche modelling and prioritizing areas for species reintroductions. *Oryx*. Vol 40(4). pp 411-418.

McBride, R. 1970. Status of the gray wolf (*Canis lupus baileyi*) in México. A Progress Report para U.S. Fish and Wildlife Service. Estados Unidos. pp 72.

McBride, R. 1980. The mexican wolf (*Canis lupus baileyi*): a historical review and observations on its status and distribution. Endangered Species Report 8. U.S. Fish and Wildlife Service, Albuquerque, New Mexico. pp 38.

Mech, D. 1974. *Canis lupus*. Mammalian Species. No 37. pp 7.

Mech, D. y Boitani, L. 2003. Wolf social ecology. En: Mech, D. y Boitani, L. (Editores). *Wolves: Behavior, ecology, and conservation*. The University Chicago Press. Estados Unidos. pp 1-34.

Mech, D., Fritts, S., Radde, G. y Paul, W. 1988. Wolf distribution and road density in Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* Vol. 16(1). pp. 85-87.

Mech, D., Harper, E., Meier, T. y Paul, W. 2000. Assessing factors that may predispose Minnesota farms to wolf depredations on cattle. *Wildlife Society Bulletin*. Vol 8(3). pp 623-629.

Mech, L. 1970. *The Wolf: The ecology and behavior of an endangered species*. Natural History Press. New York, Estados Unidos. pp 384.

Mech, L. 1977. Productivity, mortality and population trends of wolves in northeastern Minnesota. *Journal of Mammalogy*. (58). pp 559-574.

Mech, L. 1988. *The arctic wolf: Living with the pack*. Voyageur Press, Minnesota, Estados Unidos.

Medina, S., García, E., Márquez, M., Vaquera, H., Romero, A. y Martínez, M. 2008. Factores que influyen en el uso del hábitat por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) en la Sierra del Laurel, Aguascalientes, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. Vol 24(3). pp 191-212.

Meriggi, A., Rosa, P., Brangi, A. y Matteucci, C. 1991. Habitat use and diet of the wolf in northern Italy. *Acta Theriologica*. Vol 36(1). pp 141-151.

Messier, F. 1985. Solitary living and extraterritorial movements of wolves in relation to social status and prey abundance. *Canadian Journal of Zoology*. Vol 63. pp 239-245.

Microsoft. 2010. Excel v. 14.0.716.

Milakovic, B., Parker, K., Gustine, D., Lay, R., Walker, A. y Gillingham, M. 2011. Habitat selection by a focal predator (*Canis lupus*) in a multiprey ecosystem of the northern Rockies. *Journal of Mammalogy*. Vol. 92(3). pp 568-582.

Mladenoff, D. y Sickley, T. 1998. Assessing potential gray wolf restoration in the northeastern United States: A spatial prediction of favorable habitat and potential population levels. *Journal of Wildlife Management*. No 62. pp 1-10.

Mladenoff, D., Haight, R., Sickley, T. y Wydeven, A. 1997. Causes and implications of species restoration in altered ecosystems: A spatial landscape projection of wolf population recovery. *Bioscience*. No 47. pp 21-31.

Mladenoff, D., Sickley, T. y Wydeven, A. 1999. Predicting gray wolf landscape recolonization: logistic regression models vs new data field data. *Ecological Applications*. Vol 9(1). pp 37-44.

Mladenoff, D., Sickley, T. y Wydeven, A. 1999. Predicting gray wolf landscape recolonization: Logistic regression models vs. new field data. *Ecological Applications*. No 9. pp 37-44.

Mladenoff, D., Sickley, T., Haight, R. y Wydeven, A. 1995. A regional landscape analysis and prediction of favorable gray wolf habitat in the northern Great Lakes region. *Conservation Biology*. (9). pp. 279-294.

Moehlman, P. 1989. Intraespecific variation in canid social systems. En: Gittleman, J. (Editor). *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*. Cornell University Press. Estados Unidos. pp 143-163.

Moorhouse, T., Gelling, M. y McDonald, D. 2009. Effects of habitat quality upon reintroduction success in water voles: evidence from a replicated experiment. *Biological Conservation*. Vol 142. pp 53-60.

Morris, D. 1987. Ecological scale and habitat use. *Ecology*. Vol. 68(2). pp 362-369.

Morrison, M., Marcot, B. y Mannan, W. 2006. *Wildlife-habitat relationships: concepts and applications*. Tercera Edición. Editorial Island Press. Pp 521.

NASA Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). 2014. MOD13A1. MODIS Normalized Difference Vegetation Index 16-Day L3 Global 500m spatial resolution for data December 2014.

Nawaz, M., Martin, J. y Swenson, J. 2014. Identifying key habitats to conserve the threatened Brown bear in the Himalaya. *Biological Conservation*. Vol 170. pp 198-206.

Neu, C., Byers, C. y Peek, J. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. *The Journal of Wildlife Management*. Vol 38(3). pp 541-545.

Norris, R., Theberge, M. y Theberge, J. 2002. Forest composition around wolf (*Canis lupus*) dens in eastern Algonquin Provincial Park, Ontario. *Canadian Journal of Zoology*. Vol 80. pp 866-872.

Nowak, S., Myslajek, R. y Jedrzejewska, B. 2005. Patterns of wolf *Canis lupus* predation on wild and domestic ungulates in the Western Carpathian Mountains (S Poland). *Acta Theriologica*. Vol 50(2). Pp 263-276.

Packard, J. y Mech, L. 1980. Population regulation in wolves. En: Cohen, M. y Klein, H. (Editores). *Wolves in Canada y Alaska: their status, biology and management*. Canadian Wildlife Service Report Series Number 45. pp

Paquet, P., Wierzchowski, J. y Callaghan, C. 1996. Effects of human activity on gray wolves in the Bow River Valley, Banff National Park, Alberta. En: Green, J., Pacas, C., Cornwell, L. y Bayley (Editores). *Ecological Outlooks Projects. A cumulative effects assessment and futures outlook of the Banff Bow Valley*. Prepared for the Banff Bow Valley Study. Department of Canadian Heritage. Ottawa, Canada.

Pauley, G., Peek, J. y Zager, P. 1993. Predicting White-tailed deer habitat use in northern Idaho. *The Journal of Wildlife Management* Vol 57(4). pp 904-913.

Person, D. y Russel, A. 2007. Correlates of mortality in an exploited wolf population. *The Journal of Wildlife Management*. Vol 72(7). Pp 1540-1549.

Peterson, R. 1977. Wolf ecology and prey relationships on Isle Royale. National Park Service Science Monograph Series No. 11. pp 211.

Peterson, R. y Ciucci, P. 2003. The wolf as a carnivore. En: Mech, D. y Boitani, L. (Editores). *Wolves: Behavior, ecology, and conservation*. The University Chicago Press. Estados Unidos. pp 104-130.

Phillips, S., Anderson, R. y Schapire, R. 2005. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. Vol 190(2). pp 231-259.

Podruzny, S., Cherry, S., Schwartz, C. y Landenburger, L. 2002. Grizzly bear denning and potential conflict areas in the Greater Yellowstone ecosystem. International Association for Bear Research and Management. Vol 13. pp 19-28.

Robinson, W. y Smith, G. 1977. Observations on recently killed wolves in upper Michigan. Wildlife Society Bulletin. No 5. pp 25-26.

Ruckstuhl, E. 2007. Sexual segregation in vertebrates: proximate and ultimate causes. Integrative and Comparative Biology. Vol 47(2). pp 245-257.

Ruckstuhl, K. y Neuhaus, P. 2005. Sexual Segregation in vertebrates: Ecology of the two sexes. Primera Edición. Cambridge University Press. Estados Unidos. pp 498.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 p.

Saldívar, L. 2015. Hábitos alimentarios del lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) en el noreste de Chihuahua. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Chihuahua, México. pp 49.

Sandell, M. 1990. The evolution of seasonal delayed implantation. The Quarterly Review of Biology. Vol 65(1). pp 23-42.

Sarrazin, F. y Barbault, R. 1996. Reintroduction: challenges and lessons for basic ecology. TREE. Vol 11(11). pp 475-478.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2009. Programa de Acción para la Recuperación de la Especie: Lobo Gris Mexicano (*Canis lupus baileyi*). SEMARNAT. México. pp 52.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Ecología. 2000. Proyecto de recuperación del lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*), México. México. pp 103.

Shepherd, B. y Whittington, J. 2006. Response of wolves to corridor restoration and human use management. Ecology and Society. Vol 11(2). pp 15.

Sinclair, A., Fryxell, J. y Caughley, G. 2006. Wildlife Ecology, Conservation, and Management. Segunda Edición. Blackwell Publishing. Estados Unidos. pp 489.

Soto, C., Monroy, O., Maiorano, L., Boitani, L., Faller, C., Briones, M., Nuñez, R., Rosas, O., Ceballos, G. y Falcucci, A. 2011. Predicting potential distribution of the jaguar (*Panthera onca*) in Mexico: identification of priority areas for conservation. Diversity and Distributions. Vol 17. pp 350-361.

Soulé, M. 1991. Conservation: Tactics for a constant crisis. *Science*. Vol 253(5021). pp 744-750.

Stockwell, D. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*. Vol 13(2). pp 143-158.

Thatcher, C., van Manen, F. y Clark, J. 2006. Identifying suitable sites for Florida panther reintroductions. *Journal of Wildlife Management*. Vol 70(3). pp 752-763.

Theuerkauf, J., Rouys, S. y Jedrzejewski, W. 2003. Selection of den, rendezvous, and resting sites by wolves in the Bialowieza forest, Poland. *Canadian Journal of Zoology*. (81). pp 163-167.

Thiel, R. 1985. Relationship between road densities and wolf habitat suitability in Wisconsin. *The American Midland Naturalist*. Vol 113(2). pp 404-407.

Thurber, J., Peterson, R., Drummer, T. y Thomas, S. 1994. Gray wolf response to refuge boundaries and roads in Alaska. *Wildlife Society Bulletin*. Vol 22(1). pp 61-68.

Trapp, J. 2004. Wolf den site selection and characteristics in the northern Rocky Mountains: a multi-scale analysis. Tesis para obtener el grado de Maestro de Artes. Prescott College. Estados Unidos. pp. 53.

Trapp, J., Beier, P., Mack, C., Parsons, D. y Paquet, P. 2008. Wolf, *Canis lupus*, den site selection in the Rocky Mountains. *The Canadian Field-Naturalist*. Vol 122(1). pp 49-56.

USFWS. 1982. Mexican wolf recovery plan. U.S Fish and Wildlife Service, Albuquerque, New Mexico. pp 103.

USFWS. 1996. Reintroduction of the Mexican Wolf (*Canis lupus baileyi*) within its historic range in the Southwestern United States (AZ;NM): environmental impact statement. Final Environmental Impact Statement. Estados Unidos. pp 396.

Vandel, J., Stahl, P., Herrenschmidt, V. y Martboutin, E. 2006. Reintroduction of the lynx into the Vosges mountain massif: From animal survival and movements to population development. *Biological Conservation*. Vol 131. pp 370-385.

Villareal, M., Gass, L., Norman, L., Sankey, J., Wallace, C., McMacken, D., Childs, J. y Petrakis, R. 2013. Examining wildlife responses to phenology and wildfire using a landscape-scale camera trap network. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-67*. pp 503-505.

Vos, J. 2000. Food habits and livestock depredation of two Iberian wolf packs (*Canis lupus signatus*) in the north of Portugal. *Journal of Zoology*. Vol 251(4). pp 457-462.

Whittington, J., Cassady, St. Clair, C. y Mercer, G. 2005. Spatial responses of wolves to roads and trails in Mountain Valleys. *Ecological Applications*. Vol 15(2). pp 543-553.

Woodroffe, R. 2000. Predators and people: using human densities to interpret declines of large carnivores. *Animal Conservation* (3). pp. 165-173.

Wydeven, A., Mladenoff, D., Sickley, T., Kohn, B., Thiel, R. y Hansen, J. 2001. Road density as a factor in habitat selection by wolves and other carnivores in the Great Lakes region. *Endangered Species UPDATE*. Vol 18(4). pp 110-114.

You, J., Nedović-Budić, Z. y Kim, T. 1998. A GIS traffic analysis zone design: technique. *Transportation Planning and Technology*. Vol 21. pp 45-68.

Young, S. y Goldman, E. 1944. *The wolves of North America*. American Wildlife Institute. Estados Unidos. pp 385.