

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

“ESTRATEGIA DE MANEJO PARA EL BORREGO CIMARRÓN (*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903), BASADA EN LA EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL HÁBITAT, EN LA SIERRA SAN PEDRO MÁRTIR, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO”

TESIS

Que para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

BERNARDINO RICARDO EATON GONZÁLEZ



Ensenada, Baja California, México.

Mayo, 2002

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

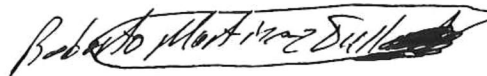
"ESTRATEGIA DE MANEJO PARA EL BORREGO CIMARRÓN (*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903), BASADA EN LA EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL HÁBITAT, EN LA SIERRA SAN PEDRO MÁRTIR, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO"

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO
DE MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

PRESENTA

BERNARDINO RICARDO EATON GONZÁLEZ

Aprobado por:



DR. ROBERTO MARTÍNEZ GALLARDO
DIRECTOR DE TESIS



M.C. JOSÉ DE JESÚS LARA TEJEDA
SINODAL



M.C. RAÚL VENEGAS CARDOSO
SINODAL

Ensenada, Baja California, México

Mayo, 2002

DEDICATORIA

A mi padre y madre, por enseñarme que la fuerza de voluntad, la resistencia y el carácter, son las mejores armas para la vida; gracias por todo lo que me han dado..... yo soy, gracias a ustedes.

A mi hermana, por compartir carácter, genes y cariño.

A Eva, por darme la oportunidad y tomar el reto, por el resto de nuestras vidas.

Al Fígaro, solo por estar presente.

AGRADECIMIENTOS

La realización de un trabajo de tesis requiere del agradecimiento a muchas personas y al final, casi siempre falta alguien en la lista. Quiero decir que estoy inmensamente agradecido con todos aquellos que participaron, de alguna forma en la realización de este trabajo, y a algunos de ellos le quiero decir: gracias Roberto, gracias Maestro Lara y Maestro Venegas, gracias a los compañeros de jornadas de trabajo de campo en la bella Sierra de San Pedro Mártir, gracias a la UABC por el apoyo a los proyectos sometidos a la Convocatoria Interna para Proyectos de Investigación, por proporcionar la infraestructura y vehículos para el trabajo de campo, gracias al CONACyT que me otorgó una beca durante los dos años de estudio (beca No. 142672) y al Servicio de Caza y Pesca de los Estados Unidos por su apoyo económico mediante el convenio USFWS-SEMARNAP: 1448-98210-99-G339.

Fuera del ámbito académico, quiero decir gracias a los siguientes: Tía Paty, Maestra Nahara, Roberto y a los "amigos dispersos", que de una u otra forma me han ayudado a vivir.

Como antes mencioné, hubo muchos que no mencioné, les doy gracias y les pido de favor pongan sus nombres en esta página, a fin de cuentas ya cada quien sabe donde va y a todos se les agradece la participación en este trabajo.

RESUMEN

El Borrego Cimarrón Peninsular (*Ovis canadensis cremnobates*), pertenece a la familia Bovidae (donde se agrupan vacas, bueyes y bisontes). Es uno de los grandes mamíferos silvestres de México y es quizás el más importante de ellos desde la perspectiva socioeconómica. La problemática del Borrego Cimarrón en Baja California se describe de la siguiente manera: es una especie de alto valor cinegético y económico, que ha sufrido un intenso aprovechamiento y de la cuál no se tiene el conocimiento científico suficiente para sustentar la creciente demanda de aprovechamiento y conservación.

Como parte de las investigaciones sobre el borrego, el estudio del hábitat es necesario debido a que un hábitat que posee elementos favorables y suficientes para reproducción, alimentación, cobertura y dispersión en espacio y tiempo, garantiza la persistencia de las poblaciones que lo utilizan, así las características del hábitat, determinan la presencia y en gran medida, la dinámica de las poblaciones del Borrego Cimarrón.

En el presente estudio se desarrolló una propuesta que permite conocer el grado de fragmentación de la población de Borrego Cimarrón y del hábitat que ocupa en la Sierra de San Pedro Mártir (SSPM), permitiendo involucrar diversos factores que brindaron la oportunidad de sugerir acciones de manejo y conservación para la especie en la zona de estudio. Las herramientas utilizadas para la síntesis y análisis de la información, fueron la combinación de Bases de Datos, un Sistema de Información Geográfica y Modelos Lineales Generalizados (GLIM).

En la SSPM, se lograron definir 17 escenarios que representan características de la población del borrego y su hábitat, y la temporalidad de su presencia. Se caracterizaron los escenarios de acuerdo a variables ambientales como altitud, pendiente, etc.; se definieron las áreas potenciales de extensión de cada escenario y las probabilidades de ocurrencia de cada uno de ellos. Con los resultados anteriores se logró caracterizar a los escenarios de acuerdo a la función biológica o social que pueden representar y se integró una propuesta de manejo y conservación para la especie en la SSPM.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1 Biología	3
2.2 Distribución	3
2.3 Investigación	4
2.4 Hábitat	5
2.5 Requerimientos de hábitat	6
2.6 Fragmentación del hábitat	8
2.7 Métodos para el estudio del hábitat	10
III. OBJETIVOS	12
IV. ÁREA DE ESTUDIO	13
4.1 Delimitación	13
4.2 Ubicación	13
4.3 Descripción física	14
4.4 Descripción biológica	16
4.5 Descripción socioeconómica	17
V. METODOLOGÍA	20
5.1 Delimitación del área de estudio	21
5.2 Obtención de la información	22
5.2.1 Protocolo de obtención de datos y error asociado	22
5.2.2 Fuentes (evidencias directas e indirectas) y fechas de la información ..	23
5.2.3 Información digital	24
5.3 Organización y procesamiento de la información	25
5.3.1 Información de campo	25
5.3.2 Procesamiento de los datos	26
5.3.3 Procesamiento de la información digital	28
5.4 Caracterización de los escenarios	30
5.4.1 Delimitación espacial de los escenarios	30
5.4.2 Caracterización de los escenarios por variables de hábitat	31
5.4.3 Área potencial de cada escenario	31
5.5 Áreas favorables o de mayor probabilidad	31
5.5.1 Porcentaje de explicación de cada variable de hábitat incluida en el Modelo	32
5.5.2 Probabilidad del escenario, dada por las frecuencias estimadas	32
5.5.3 Definición de áreas favorables o de mayor probabilidad	32
5.6 Otros análisis	33
5.7 Caracterización biológica de los escenarios	34
VI. RESULTADOS	35
6.1 Obtención de la información	35
6.2 Organización y análisis de los datos	36
6.3 Caracterización de los escenarios	46
6.4 Área potencial para cada escenario	47
6.5 Áreas de mayor probabilidad de ocurrencia de cada escenario	48

6.6 Otros análisis	52
6.6.1 Caracterización de las evidencias de hembras y machos con las variables de hábitat	52
6.6.2 Caracterización biológica de los escenarios	53
VII. DISCUSIÓN	55
7.1 Obtención de la información	55
7.2 Organización y análisis de los datos	56
7.3 Caracterización de los escenarios	58
7.4 Área potencial que ocupa cada escenario	61
7.5 Áreas favorables o de mayor probabilidad	62
7.6 Caracterización de las evidencias de machos y hembras con las variables de hábitat	65
7.7 Frecuencia de echaderos por variable de hábitat y temporada	66
7.8 Caracterización biológica de los escenarios	67
7.9 Aplicación de los resultados para el manejo de la especie	71
VIII. CONCLUSIONES	75
8.1 Metodológicas	75
8.2 Sobre el contenido del trabajo	75
8.2.1 De los objetivos	75
8.2.2 En General.....	76
IX. RECOMENDACIONES	78
9.1 Metodológicas	78
9.2 Investigación	78
9.3 Manejo de la especie	79
9.3.1 Propuesta de una estrategia de manejo	80
X. ASPECTOS INTERESTANTES DEL TRABAJO CON EL BORREGO	83
XI. LITERATURA CITADA	85
ANEXOS	
1. Anexo fotográfico del área de estudio	94
2. Descripción de los módulos de los programas de cómputo utilizados	97
3. Descripción de tipos de hábitat	102
4. Imágenes del área potencial para cada escenario	104
5. Imágenes de probabilidad de cada escenario	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación del área de estudio	14
Figura 2.- Tenencia de la tierra	19
Figura 3.- Puntos de colecta de información	36
Figura 4.- Mapa de los valores de pendientes en el área de estudio	41
Figura 5.- Mapa que muestra las orientaciones en el área de estudio	42
Figura 6.- Mapa de los tipos de vegetación en el área de estudio	43
Figura 7.- Mapa que muestra los valores de rugosidad calculados	44
Figura 8.- Mapa hipsográfico del área de estudio	45
Figura 9.- Mapa que representa el área potencial para el escenario 1	47
Figura 10.- Imagen que representa las áreas favorables o de mayor probabilidad en la SSPM	51
Figura 11.- Frecuencia de sexos por cada variable de hábitat	52
Figura 12.- Frecuencia de echaderos por temporada y por cada variable de hábitat	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.-	Numero de datos totales por tipo de evidencia	35
Cuadro 2.-	Organización de los datos en 41 escenarios	37
Cuadro 3.-	Valores de devianza total y para cada factor, y de las pruebas de Chi-cuadrada	38
Cuadro 4.-	Resultados de los análisis de t-student	39
Cuadro 5.-	Códigos de los niveles de los factores	39
Cuadro 6.-	Organización de los datos en 17 escenarios	40
Cuadro 7.-	Caracterización de los escenarios de acuerdo a las variables de hábitat	46
Cuadro 8.-	Importancia de cada factor, dada por el cambio de devianza	48
Cuadro 9.-	Cambio de devianza en interacciones de primer orden	49
Cuadro 10.-	Valores de probabilidad de cada escenario	49
Cuadro 11.-	Caracterización biológica de los escenarios	54

I. INTRODUCCIÓN

En México durante los últimos 10 años, los esfuerzos y trabajos sobre fauna silvestre han aumentado, varias leyes y reglamentos se han emitido y reformado, y algunas vedas y programas de manejo y conservación se han establecido por parte de los gobiernos federales y estatales. Por otro lado, las instituciones académicas han contribuido con estudios científicos, incorporando los conceptos y preceptos del manejo, conservación y desarrollo sustentable. Sin embargo, a pesar del tiempo y de los recursos humanos y económicos invertidos, la problemática particular de los recursos naturales en la mayoría de los casos, no se ha resuelto.

Como ejemplo de lo anterior, se tiene en Baja California al borrego cimarrón, recurso de vida silvestre considerado desde el punto de vista económico como una de las especies más importantes en nuestro país, debido a la derrama económica que genera su cacería; desde el punto de vista cinegético, es una de las especies más interesantes a escala mundial, debido a su gran cornamenta y a lo difícil que resulta su cacería. Se decretó una veda total para su aprovechamiento en 1990 y hasta la fecha, a pesar de los múltiples intereses que existen para conservarlo o aprovecharlo, los censos poblacionales realizados, los trabajos científicos desarrollados para algunas poblaciones del estado y la proyección de acciones para el fomento de sus poblaciones, "El conflicto cimarrón" aun no ha podido ser resuelto, inclusive hoy en día las autoridades y los diversos sectores involucrados, han encontrado en algunos estados, que lo que parecía bien, no lo es.

Por lo anterior y atendiendo, únicamente intereses de diagnóstico, mantenimiento y fomento de las poblaciones de borrego cimarrón en el estado de Baja California, se ha desarrollado el presente trabajo, que aporta conocimiento específico para un área de distribución de la especie y una metodología aplicable a cualquier sitio. Este trabajo a sido concebido a partir de la línea de investigación "Ecología y Biología del borrego cimarrón en Baja California", establecida en la U.A.B.C. desde 1997, esta línea ha sido desarrollada por un grupo de trabajo conformado por alumnos de la Licenciatura en Biología y alumnos y maestros del programa de posgrado de la Facultad de Ciencias, en Ensenada.

Como parte de los objetivos establecidos en la línea de investigación antes referida, se propuso el estudio del hábitat del borrego, por ser éste un elemento importante a

considerar al formular estrategias de manejo o para conocer el estado de las poblaciones de esta especie en el estado. Además se ha buscado innovar métodos de investigación e involucrar datos obtenidos de forma "no-invasiva", acordes con la conservación, manejo y etología de la especie en estudio.

Es así como el presente trabajo pretende analizar los componentes del hábitat del borrego cimarrón, utilizando información recolectada durante 2 años (principalmente mediante evidencias indirectas), que se integrará en un sistema de información geográfica, para conocer el uso espacial y temporal del hábitat por la población de borrego cimarrón que se distribuye en la Sierra de San Pedro Mártir, permitiendo involucrar factores bióticos y abióticos. Los resultados brindarán la oportunidad de sugerir acciones de manejo para la especie acordes con las intenciones de manejo y aprovechamiento por parte de los usuarios de las tierras que habita el borrego, buscando con ello brindar elementos que permitan la persistencia y conservación de su población y hábitat en la zona.

II. ANTECEDENTES

2.1 Biología.

El borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), es el más grande de las dos especies de borregos salvajes en Norteamérica, es un animal de color café que puede variar entre café rojizo y café oscuro (chocolate); el hocico, los cuartos traseros, la parte posterior de las patas y a veces la región ventral, es blanca (Shackleton, 1985). Una de las características distintivas de esta especie son los cuernos, que crecen curvos hacia el frente y en los machos llegan a alcanzar grandes tallas (Eaton, 1999). El borrego cimarrón presenta un claro dimorfismo sexual, es decir características bien diferenciadas entre machos y hembras. El cuerpo de los machos adultos puede llegar a medir 1.95 mts y 1.01 mts a la altura de la cruz; los cuernos de un macho adulto pueden llegar a medir, 127 cm de longitud. En estado silvestre, los borregos pueden llegar a vivir hasta 12 años.

Los borregos viven en grupos. Los machos son gregarios y mantienen una jerarquía social rígida, sin embargo la integridad de los grupos sociales, se mantiene flexible en todo el año (Leslie y Douglas, 1979). En general, la composición de los grupos consiste en grupos espacial y sexualmente segregados de machos, hembras, corderos y jóvenes de los dos años posteriores. Durante la época de apareamiento, los machos adultos se juntan con los grupos de hembras y jóvenes, esto sucede principalmente en el ámbito hogareño de las hembras (Krausman, *et al.* 1999). Los grupos sociales en el borrego, pueden ser clasificados de acuerdo a su composición: 1) grupos de apareamiento o mixtos que consisten en hembras adultas y machos adultos. 2) Grupos de hembras y jóvenes, que lo constituyen hembras adultas acompañadas por corderos y jóvenes, e inclusive machos socialmente inmaduros (menores a 3 años). 3) Grupos de machos, usualmente mayores a 4 años y 4) Grupos de hembras preñadas, jóvenes y machos inmaduros (Krausman *et al.*, 1999).

2.2 Distribución.

El borrego cimarrón se distribuye en algunas de las regiones desérticas más calurosas e inhóspitas de Norteamérica, así como en las regiones alpinas más altas y frías.

Pertenece a uno de los géneros de ungulados, más ampliamente distribuidos en el mundo. En Norteamérica el borrego cimarrón, se encuentra desde Alaska a través del oeste de Canadá y Estados Unidos, hasta el noroeste de México y Baja California (Valdez y Krausman, 1999).

En México, la distribución actual comprende 3 estados del Noroeste: Baja California, Baja California Sur y Sonora. Los primeros dos estados comparten 2 subespecies, *Ovis canadensis cremnobates* y *O. c. weemsi* (Salmón, 1999), mientras que en Sonora se encuentra solo la subespecie *O. c. mexicana* (Monson, 1980). En Baja California el borrego cimarrón peninsular (subespecie *O.c. cremnobates*), es considerado como especie de gran valor cinegético ya que en México es la subespecie que desarrolla los cuernos más grandes y gruesos (Cowan, 1940 y Monson, 1980).

2.3 Investigación.

El manejo del borrego cimarrón, iniciado en los años 60, ha logrado algunos avances pero se mantiene aún en niveles incipientes. No obstante que es el mamífero cinegético económicamente más importante de México, se desconocen muchos aspectos de su situación poblacional, biología y ecología. La escasa información obtenida sobre algunos aspectos de su dinámica poblacional y biología no está publicada (Pérez-Gil, et al., 1996).

En México los estudios sobre el Borrego Cimarrón han sido escasos, contando hasta la fecha con dos trabajos que tratan de compilar los productos de investigación, y a continuación se mencionan. En 1997, Tarango y Krausman, reportan 39 artículos publicados para México de 1912 a 1996, incluyendo entre estos, varios trabajos con temáticas no específicas, sin embargo enfatizan que las áreas que requieren desarrollarse son: trasplantes, características físicas, factores de beneficio, enfermedades y mortalidad, comportamiento, hábitat y ecología en general.

Eaton y Martínez (1999), reportan 37 trabajos científicos publicados para México, de los cuales 12 son para Baja California, siendo éste el estado con el mayor número de trabajos publicados, ubicados dentro de las áreas de censos y evaluación poblacional (generalmente realizados para establecer tasas de cosecha); lo que indica claramente un desequilibrio entre la generación de conocimiento y el gran interés que siempre se ha tenido

por aprovechar a la especie. A diferencia de lo anterior, en Estados Unidos la generación de conocimientos para esta especie, ha sido constante y en mayor proporción que el aprovechamiento, contabilizándose hasta 1999, 627 trabajos para todo el país y 134 solo para el estado de California, donde la subespecie *cremnobates* también se distribuye.

2.4 Hábitat.

Para el borrego cimarrón, como para otros organismos, las características del hábitat, determinan la presencia y en gran medida, la dinámica de sus poblaciones. Así un hábitat que posee los elementos favorables para reproducción, alimentación, cobertura y dispersión en el espacio y tiempo, garantiza la persistencia de las especies que lo utilizan.

Wilson *et al.* (1980), mencionan que el borrego cimarrón es un animal con requerimientos de hábitat muy estrictos, ya que necesita como componentes de hábitat áreas específicas para alimentación, cobertura de escape, áreas para cortejo, sitios para descanso y áreas para pariciones; por lo anterior concluye que el borrego es muy susceptible a los cambios que ocurren en su hábitat y la pérdida de un componente puede significar la pérdida de un hábitat completo.

Sin embargo, no existe una definición común, acerca del hábitat y las características detalladas de éste para el borrego. Diversos autores han definido el hábitat del borrego así:

Monson (1980): El hábitat típico del borrego cimarrón, es el terreno quebrado por cañones y aluviones, accidentado y rocoso. Montañas bajas y escabrosas del norte de México y suroeste de Arizona; Acantilados a lo largo del Río Colorado; las formaciones de granito del sureste de Utah; Los aluviones en el área protegida "Desert National Wildlife Range" al sur de Nevada y en las colinas quebradas que rodean el Valle de la Muerte en California.

Geist (1971): El borrego cimarrón habita en terreno montañoso abierto, usualmente cerca de los acantilados. Las comunidades de plantas son usualmente clímax con algunos arbustos altos y árboles, pero con abundantes arbustos, hierbas y pastos en crecimiento. Las temperaturas y la disponibilidad de agua varían ampliamente. El borrego cimarrón del desierto, habita montañas donde las temperaturas sobrepasan los 49°C en la sombra y pueden mantenerse sin beber agua por largos periodos de tiempo.

Valdez y Krausman (1999): Mencionan que el hábitat del borrego se define por terrenos quebrados, rocosos, regiones con temperaturas extremas, y generalmente evitan áreas de vegetación alta que obstruyan su visibilidad.

La diversidad de elementos que definen el hábitat del borrego cimarrón, puede ser diferente a través de su rango de distribución, esto es debido principalmente a las diferencias de vegetación y clima entre las regiones, lo que origina por ejemplo, que en la literatura suelen identificarse 2 razas de borregos de acuerdo a las características del hábitat donde viven, el borrego de las montañas y el borrego del desierto, esté último dividido en 7 regiones (Monson, 1980). Sin embargo, Lo anterior quedaría muy ambiguo al referirse a la Sierra de San Pedro Mártir, ya que la población que ahí se encuentra, podría comportarse como una mezcla de ambas razas de borrego, debido a lo particular y heterogéneo del hábitat (Montoya, 1998). Hansen (1980), define el hábitat del borrego en Baja California como Desierto Montañoso de Baja California y define el término desierto así: "Cualitativamente como terreno seco, cubierto de arbustos con mucho suelo expuesto; cuantitativamente como una región que recibe menos de 25 cm de precipitación anual. En este gran bioma, existen una multitud de microhábitats, que son resultado de una gran variedad de comunidades de plantas y animales, determinadas por factores como la variación en el suelo, la topografía, la temperatura y la precipitación".

Teniendo lo anterior como antecedente, es entonces necesario realizar los estudios de hábitat a un nivel más fino, que permita conocer cuales elementos lo componen y tienen mayor importancia para determinar la presencia del borrego.

2.5 Requerimientos de hábitat.

Bates (1983), menciona que la selección del hábitat por un ungulado es una respuesta etológica a las variables ambientales que le permiten alimentarse, reproducirse y evitar ser depredado. Estas variables brindan alimento, agua, cobertura contra el clima y depredación, y los requerimientos para la organización social, por lo tanto, el borrego cimarrón cubre sus requerimientos básicos de sobrevivencia a través del uso de varios tipos de hábitats.

Wilson *et al.* (1980), menciona que el borrego cimarrón es un animal con requerimientos de hábitat muy estrictos. Requiere como componentes de hábitat necesarios, áreas específicas (ámbitos hogareños) para alimentación, terreno de escape, áreas para cortejo, sitios para descanso y áreas para pariciones. Siendo un mamífero socialmente especializado, normalmente exhibe gran fidelidad al mismo ámbito hogareño estacional año tras año; y éstos son "heredados" de generación en generación a través de comportamiento aprendido. Por lo anterior el borrego es muy susceptible a los cambios que ocurren en su hábitat (pérdida o disminución de algún elemento).

Ha sido bien documentado que los requerimientos del hábitat cambian con respecto a la estación, actividad, sexo y edad en las especies (Holl, 1982), siendo esto muy evidente para el Borrego Cimarrón.

Se ha comprobado que el borrego realiza movimientos estacionales causados por una diversidad de factores (Wilson, *et al.*, 1980); tales movimientos se dan entre ámbitos hogareños estacionales que le permiten cumplir alguna función vital (reproducción, alimentación, etc.), identificándose hasta un máximo de seis áreas, siendo diferentes para machos y hembras (Geist, 1971): Para machos se reconoce el ámbito de otoño o pre-ruta, el de ruta, el ámbito de medio-invierno, el de finales de invierno/primavera, el de minerales y el de verano; para hembras se reconoce el ámbito de invierno, el de finales de invierno/primavera, el de verano y el de parición. Se menciona que al menos deben de poseer dos: el de invierno y el de verano en ambos sexos.

Algunos trabajos presentan datos más específicos, tratando de identificar los elementos del hábitat más importantes en cada área. Wilson *et al.*, (1980), mencionan como elementos importantes al terreno de escape, la altitud, precipitación, temperatura, barreras naturales, suelo, agua, vegetación/alimento, cobertura (de escape y termal), y espacio. Monson (1980), menciona como importantes al alimento, agua, terreno de escape y espacio. Holl (1982), estudia la altitud, la pendiente, la orientación de la pendiente, la distancia al agua, la cobertura vegetal y la cantidad de terreno de escape (pendientes mayores a 60%) disponible. Cunningham y Ohmart (1986), incluyen en su estudio la pendiente, orientación, altitud, tipo de vegetación, distancia a fuentes de agua permanentes,

composición de grupos, tiempo de uso del área por los animales, distancia al terreno de escape (pendientes mayores a 80%) y distancia de perturbación humana.

McCarty y Bailey (1994), realizaron una compilación de la literatura referente a los requerimientos del hábitat para el borrego, y encontraron que al menos 41 trabajos desde 1980, proveían información acerca de los componentes del hábitat; diferencian la información de hábitat en dos tipos: los componentes y las características del hábitat. Más de la mitad de los trabajos, utilizaron rutas de muestreo, grupos fecales, observaciones incidentales y echaderos como fuentes de información. En 13 trabajos sobre índices de calidad de hábitat (Habitat suitability models), se evaluaron diversos componentes de hábitat como: cobertura, agua, forraje, terreno de escape, área total de hábitat, etc. y como características del hábitat: la visibilidad, las interacciones con las actividades humanas, la competencia con ganado y otra fauna y las enfermedades. Como conclusión mencionan que la diversidad de estudios y los resultados de estos, indican que en general la cobertura, el agua y el forraje se pueden considerar como requerimientos indispensables de hábitat para el borrego.

En particular para la sierra de San Pedro Mártir Montoya (1998) define 5 tipos de hábitats utilizando como componentes del hábitat las pendientes, altitud, pedregosidad, cobertura vegetal y frecuencia de formas de vida (árboles, arbustos y hierbas). Siendo éste el único trabajo sobre hábitat del borrego cimarrón en Baja California, por lo anterior, el presente trabajo aportará elementos adicionales para el manejo de la población en el área de estudio.

2.6 Fragmentación del hábitat.

Siendo entonces el hábitat, un elemento clave para el manejo del borrego, en Estados Unidos en los últimos años, se ha encontrado que un factor que ha estado afectando las poblaciones de borrego (principalmente la subespecie *cremnobates*) es el desarrollo urbano, que ha fragmentado, transformado y degradado el hábitat del borrego cimarrón. Por esto durante la última década los estudios (para el borrego y dentro de la Ecología aplicada), han buscado entender y manejar los procesos de fragmentación (U.S. Fish and Wildlife Service, 1999).

Forman (1995), menciona que en menos de una década, la fragmentación ha convertido grandes hábitats en pequeñas parcelas, donde poblaciones de vida silvestre no serán viables, lo que las llevará a la extinción y eventualmente a la pérdida de biodiversidad. El mismo autor, define la fragmentación como: "El proceso de reducción en extensión de un hábitat, ecosistema o uso de suelo en pequeñas parcelas".

Otra visión acerca de la fragmentación del hábitat la postula Wiens (1996), quien menciona que los ambientes naturales son "parchados", dado que el nivel de recursos, los riesgos de depredación, el estrés fisiológico y una gran cantidad de otros factores que influyen a los individuos y poblaciones, varían en espacio. Los diferentes usos de suelo frecuentemente intensifican este "parchado", especialmente a través de la pérdida y fragmentación del hábitat natural.

De lo anterior se establece que las actividades del hombre y los procesos naturales están fragmentando los hábitats naturales, y la fragmentación de estos ha causado el aislamiento, reducción o división de poblaciones, originando una relativamente nueva visión de las "poblaciones", a esta división de una población en sub-poblaciones o demos, se le denomina Metapoblación (Hanski y Gilpin, 1997).

Hanski y Simberloff (1997), definen Metapoblación como: un conjunto de poblaciones locales dentro de un área, donde la migración típica de por lo menos una población local a otra es posible. La fragmentación del hábitat ha causado la aparición de Metapoblaciones y en algunos otros ejemplos, las poblaciones *per se*, se distribuyen de esta manera.

Bleich, *et al.* (1996), postulan que el borrego cimarrón en California (USA.) se ajusta a un modelo de Metapoblación, debido a que los borregos frecuentemente cruzan valles o diferentes hábitats durante sus movimientos (anteriormente esto no se consideraba, es decir, se pensaba en un "hábitat típico"), y a que éstos movimientos son muy importantes para la sobrevivencia del borrego cimarrón; al parecer el borrego requiere de diferentes hábitats y necesariamente se tendrá que mover entre éstos. Los grandes movimientos que realiza, regularmente son interserranos, buscando nuevos territorios debido a su comportamiento social y a que los machos regularmente salen a establecer su

ámbito hogareño fuera del grupo familiar, mientras que las hembras regularmente permanecen dentro de su grupo.

Por lo anterior Bleich, *et al.* (1990), consideran que el borrego cimarrón es una especie que ocurre en una distribución naturalmente fragmentada, que utiliza hábitats "tradicionales" la mayor parte del tiempo y "no-tradicionales" para moverse entre los primeros, esto lo hace especialmente atractivo para estudios desde la perspectiva de la Ecología del Paisaje y de manejo.

Por su parte, Douglas y Leslie (1999), mencionan que el borrego ocupa islas de hábitat dentro de las serranías, y los hatos frecuentemente son pequeños y dispersos. Esta dispersión ocurre debido a los atributos del hábitat, la fragmentación de éste, las pérdidas asociadas a enfermedades o como resultado de trasplantes. La distancia entre estos fragmentos de hábitat, la movilidad del animal y la disposición del animal a moverse, determinan cuales fragmentos pueden ser ocupados, por lo tanto, la fragmentación del hábitat afecta negativamente a los animales, debido a que involucra la división del hábitat en fragmentos muy pequeños que pueden no ser suficientes para satisfacer sus necesidades. Lo anterior, es importante para el estudio y conservación del hábitat del borrego y adicionalmente puede beneficiar a muchas especies más que se distribuyen en estos fragmentos.

2.7 Métodos para el estudio del hábitat.

El estudio del uso del hábitat por el borrego cimarrón, ha sido facilitado mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Krausman *et al.*, 1999). Los SIG se han desarrollado con los avances en computación y estos han llevado al desarrollo de tecnologías paralelas como los Sistemas de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés), que han hecho posible la obtención de datos de campo más exactos y completos (Johnston, 1998).

El uso de SIG para los estudios de evaluación y modelación del hábitat del borrego, se basa en información digital como fotografías aéreas, modelos de elevación de terreno e imágenes de satélite. Con el uso de los SIG, es posible realizar análisis espaciales de los atributos del hábitat, con mayor precisión que antes, como: cuantificar los atributos del

hábitat dentro de un fragmento, analizar las dimensiones fractales de los fragmentos de hábitat, conocer los atributos de los fragmentos o la continuidad de hábitat entre las cordilleras de montañas, identificar zonas críticas, conocer deficiencias de hábitat, realizar pruebas estadísticas a los datos de hábitat y simular los cambios futuros en la calidad o disponibilidad de elementos de hábitat, bajo diferentes escenarios (Douglas y Leslie, 1999).

A la fecha pocos estudios han sido realizados con SIG para el estudio del hábitat del borrego cimarrón, entre estos pocos Krausman *et al.* y Shackleton *et al.* (1999) mencionan a: Bleich *et al.* (1992), Dunn (1991), Smith and Flinders (1992) y Harris *et al.* (1995). Otros trabajos son los de Andrew *et al.* (1999), y en México: Montoya (1998) y López *et al.* (1999). El desarrollo de este tipo de modelos, es una buena herramienta de tipo accesible para la evaluación de hábitats actuales y potenciales de borrego cimarrón del desierto, con fines de establecer estrategias de conservación y manejo (López *et al.*, 1999).

III. OBJETIVOS

Objetivo general.

Proponer una estrategia de manejo para la población de borrego cimarrón basada en la evaluación de los elementos estructurales del hábitat en la Sierra San de Pedro Mártir (SSPM).

Objetivos particulares.

- Identificar los hábitats reales y susceptibles de ser usados por el borrego cimarrón utilizando un Sistema de Información Geográfica.
- Relacionar los elementos estructurales del hábitat y el uso del hábitat por el borrego, con los eventos poblacionales en la Sierra de San Pedro Mártir.
- Identificar los factores bióticos y abióticos promotores del movimiento del borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir.
- Determinar el patrón de movimientos espacio-temporales del borrego cimarrón en la Sierra de San Pedro Mártir, de acuerdo a la distribución de elementos estructurales del hábitat.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio de este trabajo, se ubica geográficamente en la Sierra de San Pedro Mártir. Debido a que la zona ha sido estudiada anteriormente por diversos autores, y éstos hacen descripciones, en ocasiones muy detalladas, de la zona, se buscará compilar y sintetizar la información. Para una consulta más detallada y amplia, se proporcionan algunas referencias de trabajos anteriores: Ahumada, 2000; Ávila, 2000; Ayala, 2000; Bueno, 2001; Colodner, 2001; Escoto, 1994; Galindo, 2000; Minnich R. y E. Franco-Vizcaíno, 1999; Montoya, 1999; Oberbauer, 1999; Ponce, 1999; Zúñiga, 1995.

4.1 Delimitación.

El área de estudio del presente trabajo, se ubica en la Sierra de San Pedro Mártir; La metodología seguida para delimitar el área de estudio, se detalla ampliamente en el capítulo correspondiente en la sección de metodología.

4.2 Ubicación.

Como antes se mencionó, el área de estudio se ubica en la Sierra de San Pedro Mártir, aproximadamente de su porción central hacia el sur. La Sierra de San Pedro Mártir (SSPM), se ubica a 100 Km al sureste de la ciudad de Ensenada, Baja California. Es una montaña rodeada de fallas geológicas, orientada de noroeste a sureste (Minnich R. y E. Franco-Vizcaíno, 1999). La figura 1 presenta la ubicación del polígono del área de estudio en la SSPM con relación al estado de Baja California, varias localidades de referencia y los caminos y brechas principales.

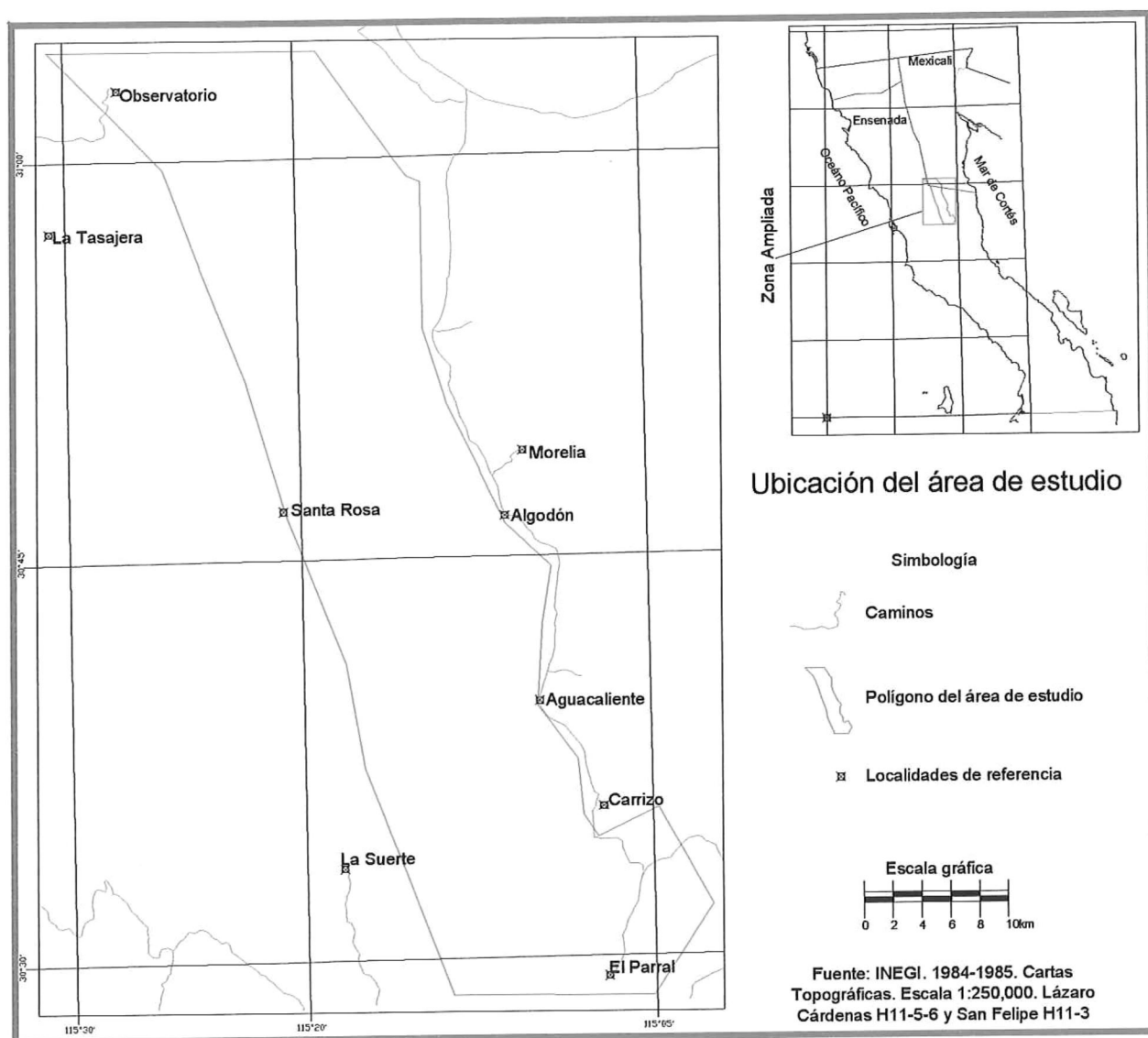


Figura 1.- Ubicación del área de estudio.

4.3 Descripción física.

La SSPM es una verdadera isla montañosa, extendiéndose casi 100 Km desde el Paso de San Matías (en el norte) hasta Cerro Matomí (en el sur) al este del Rosario. El margen occidental de la sierra se encuentra a 60 Km del Océano Pacífico, mientras que la orilla oriental está a 55 Km del Golfo de California (Oberbauer, 1999).

La sierra está constituida por tres unidades de terreno: 1) el lado oriental es un acantilado fuertemente accidentado, con un relieve vertical de 1000 a 2,500 m sobre el desierto Sonorense. 2) La cresta (o parteaguas) es una extensa altiplanicie de bajíos con

praderas y ciénegas. 3) El lado occidental es un escarpe de pendiente menos pronunciada, originado por una falla, con relieves locales de 300 a 500 m (Minnich R. y E. Franco-Vizcaíno, 1999). El polígono del área de estudio, abarca principalmente las unidades 1 y 2, mencionadas por el autor antes citado. Es de consideración, mencionar que el escarpe oriental, es muy espectacular. Presenta alturas de 2800 msnm, y cae a Valle San Pedro Mártir y Valle Chico en el Desierto Sonorense, hasta los 500 msnm, en una distancia de alrededor de 10 Km (Escoto, 1994).

La SSPM esta constituida por un plutón, que es uno de los varios que conforman el batolito peninsular. Se formó en el cretácico y los tipos de rocas principales que lo constituyen son tonalita y granodiorita, las cuales dominan la mayor parte de la sierra, sobre todo hacia el norte (Escoto, 1994). Las formaciones y levantamientos geológicos, han originado la existencia de varios picos y planicies, destacan entre ellos: El Picacho Del Diablo (3095 msnm) y Vallecitos (2380 msnm); y de numerosos cañones en su flanco este, destacando por su extensión y majestuosidad, el Cañón Del Diablo, Cañón La Providencia, Cañón de Aguacaliente y Cañón El Cajón.

El área pertenece a la región cuenca hidrológica no.1 Baja California Noroeste y a la subcuenca b de esta región (INEGI, 1997 y CONAGUA, 1995). El drenaje principal es hacia el lado oeste, en esa vertiente drenan cuatro importantes sistemas de ríos: el San Rafael, el San Telmo, el Santo Domingo y el San Simón (Zúñiga W., 1995). En el norte algunos arroyos escurren hacia el Valle de la Trinidad y hacia el lado este la sierra es drenada por numerosos arroyos que bajan desde la cresta, formando cañadas profundas por todo el escarpe. Algunos arroyos tienen flujo perenne al pie de la sierra, sin embargo casi nunca llegan al mar porque se infiltran y se evaporan en Valle San Pedro Mártir y Valle Chico (Espinoza, 1983).

La zona de la SSPM es parte de la provincia climática del noroeste, el tipo de clima es semifrío subhúmedo con lluvias en invierno C(E)s (Zúñiga, 1995; CONAGUA, 1995). Sobre la parte este de la SSPM predominan las lluvias de verano, en la vertiente oeste las lluvias de invierno, y en las partes altas se capta precipitación de las dos temporadas, siendo la precipitación de invierno la de mayor magnitud. El promedio precipitación en

invierno es de 100 a 150 mm y la precipitación de verano disminuye a menos de 10 mm a lo largo de la costa, en la vertiente oeste.

En sentido transversal, la precipitación anual aumenta desde 250 mm en la base occidental de la sierra hasta 700 mm en la sierra de la Corona. Este volumen disminuye a 550 mm en el centro de la altiplanicie, y luego se reduce rápidamente hacia la base del acantilado oriental, hasta llegar a 150 mm (Minnich R. y E. Franco-Vizcaíno, 1999).

El promedio de temperatura en la SSPM es de 7.3 °C y un rango promedio de 10.3 °C (Delgadillo, 1998). El mes más frío tiene una temperatura promedio de -1.5 °C y el mes más caliente (julio) de 16.3 °C (Escoto, 1994), esto en las partes altas, mientras que en la vertiente del este las temperaturas en promedio llegan a 30°C (Montoya, 1998).

4.4 Descripción biológica.

El anterior mosaico de condiciones ambientales descrito, ha originado el establecimiento y desarrollo de numerosas especies que se desarrollan en los principales tipos de vegetación de la zona en estudio que son: El Chaparral de montaña, El Bosque de Coníferas y el Matorral Desértico. Entre las principales plantas encontramos a: *Pinus jeffreyi*, *P. lambertiana*, *P. quadrifolia*, *Abies concolor*, *Bromus ciliatus*, *B. trinii*, *B. tectorum*, *Aritida sp.*, *Agropyron porishii*, *Stipa lepida*, *Muhlenbergia sp.*, *Blepharoneuron tricholepis*, *Piptochaetium fimbriatum*, *Arctostaphylos peninsularis*, *Ceanothus sp.*, *Artemisia tridentata*, *Salvia pachyphylla*, *Garrya grisea*, *Quercus chrysolepis*, *Rhus ovata*, *Cercocarpus betuloides*, *Yuca shidigera*, *Nolina parry*, *Agave deserti*, *Larrea tridentata*, *Ambrosia dumosa*, *Encelia farinosa*, *Olneya tesota*, *Cercidium floridum*, *Dalea spinosa*, *Fouqueria splendens*, *Brahea armata* y varias especies del género *Opuntia* (Escoto, 1994; Galindo, 2000; Minnich, *et al.*, 1994; Zúñiga, 1995).

Con respecto a la fauna, probablemente el mejor ejemplo de endemismo en la SSPM, es la trucha arcoiris, especie nativa de algunas pozas permanentes y arroyos que fluyen hacia el oeste. Otros animales endémicos incluyen 20 subespecies de aves y 5 especies y 8 subespecies de mamíferos (San Diego Natural History Museum, 2000). Mellink (1991), menciona que existen 52 especies de mamíferos para la SSPM, entre estos al: borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*), el venado bura (*Odocoileus hemionus*

fuliginatus), el puma (*Puma concolor*), el gato montés (*Lynx rufus*), el coyote (*Canis latrans*), la liebre (*Lepus californicus*), el conejo (*Sylvilagus sp.*), diversos murciélagos (*Myotis sp.*, *Tadarida sp.*, *Nycteris sp.*, *Choeronycteris sp.*), ardillas (*Spermophilus sp.*, *Ammospermophilus sp.*, *Tamias sp.*, *Sciurus sp.*), tuzas (*Thomomys sp.*), y ratas y ratones (*Neotoma sp.*, *Peromyscus sp.*, *Chaetodipus sp.*, *Dipodomys sp.*, *Microtus sp.*, *Perognathus sp.*, *Reithrodontomys sp.*). Para las aves diversos trabajos realizados no de manera particular para el área, reportan aproximadamente 77 especies, entre las cuales destacan las siguientes: Zopilotes (*Cathartes aura*), Halcones (*Accipiter cooperi*, *Buteo jamaicensis*, *Circus cyaneus*), Codorniz de montaña y de California (*Oreortyx picta*, *Callipepla californica*), Palomas (*Zenaida macroura*, *Zenaida asiática*), correcaminos (*Geococcyx californicus*), Búhos (*Bubo virginianus*), Tapacaminos (*Phalaenoptilus nuttallii*), Colibries (*Calypte anna*, *Colaptes chrysoides*), Mosquiteros (*Tyrannus vociferans*, *Sayornis saya*, *Sayornis nigricans*), Golondrinas (*Empidonax difficilis*, *Orunda pyrrhonota*, *Tachycineta thalassina*), Cuervos (*Corvus corax*) (Minnich, et al., 1994; Gerardo 1993, Rodríguez, 1991).

Un extenso trabajo sobre la herpetofauna de la sierra, fue realizado por Welsh (1988), donde menciona entre otros: Sapo de California (*Bufo boreas*), Rana de California (*Hyla cadaverina*), Rana del Pacífico (*Hyla regilla*), Rana patas rojas (*Rana aurora*), Lagartija cola de Zebra (*Callisaurus draconoides*), Iguana del desierto (*Dipsosaurus dorsalis*), Lagartija Leopardo (*Gambelia witzlizenii*), Lagartija de Rocas (*Petrosaurus mearnsi*), Camaleón cornudo (*Phrynosoma coronatum*), Lagartijas (*Sauromalus obesus*, *Sceloporus graciosus*, *Sceloporus magister*, *Sceloporus occidentalis*, *Sceloporus orcutti*, *Urosaurus microscutatus*, *Uta stansburiana*, *Xantusia vigilis*, *Eumeces gilberti*, *Eumeces skiltonianus*, *Cnemidophorus tigris*, *Elgaria multicarinata*), Culebras (*Lampropeltis sp.*, *Rhinocheilus lecontei*, *Thamnophis hammondi*), Cascabeles (*Crotalus cerastes*, *Crotalus ruber*, *Crotalus viridis*).

4.5 Descripción socioeconómica.

El área de estudio comprende parte de los terrenos del Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, Los ejidos Plan Nacional Agrario, Delicias, Reforma Agraria Integral,

Matomí y las propiedades privadas Rancho El Parral y Rancho Matomí, la figura 2 presenta los linderos de las propiedades antes mencionadas.

Por la experiencia adquirida durante los recorridos del trabajo de campo, se sabe que las actividades que se realizan en la zona son principalmente hacia el flanco oeste de la sierra, de las cuales sobresalen la actividad ganadera y turismo en el Parque Nacional. Existe en la zona el observatorio astronómico nacional, que se instaló en la zona en 1967, debido a las condiciones favorables de la atmósfera (De La Cueva H., y C. Montes, 1998), este se ubica en la zona alta, entre el flanco este y el oeste, las actividades que ahí se realizan son principalmente de investigación astronómica y restringidas a sus instalaciones.

En el escarpe este de la sierra se realizan actividades de ganadería, utilizando los cañones como abrevaderos naturales para el ganado, aunque este tipo de actividades se realizan en una franja que abarca de la boca de los cañones hasta aproximadamente los 700 msnm, el pastoreo y manejo del ganado se realiza en casi en su totalidad fuera de la zona de estudio, en el desierto. En esta misma zona, se han desarrollado algunos cultivos comerciales de riego como el Nopal y la Sandía, principalmente en los Ranchos El Algodón, Aguacaliente, y La Divina Providencia (Montoya, 1998).

Los asentamientos humanos son escasos, siendo el del Observatorio Astronómico Nacional el único permanente dentro de la zona de estudio, algunos ranchos dispersos son utilizados temporalmente como refugios durante los trabajos de manejo del ganado. Sin embargo, históricamente la sierra recibe su nombre debido al establecimiento, en 1796, de la misión de San Pedro Mártir de Verona por los frailes dominicos, en la parte sur de la altiplanicie montañosa. Los Kiliwas, que habitan en la parte norte de la sierra, son una de las últimas culturas de cazadores y recolectores que permanecen sobre la costa del Pacífico Norteamericano (De La Cueva H., y C. Montes, 1998). Por información personal, sabemos que este grupo ha existido en la SSPM, desde tiempos remotos.

Como complemento a lo anterior, se presentan en el anexo 1 fotografías que ilustran la descripción del área de estudio.

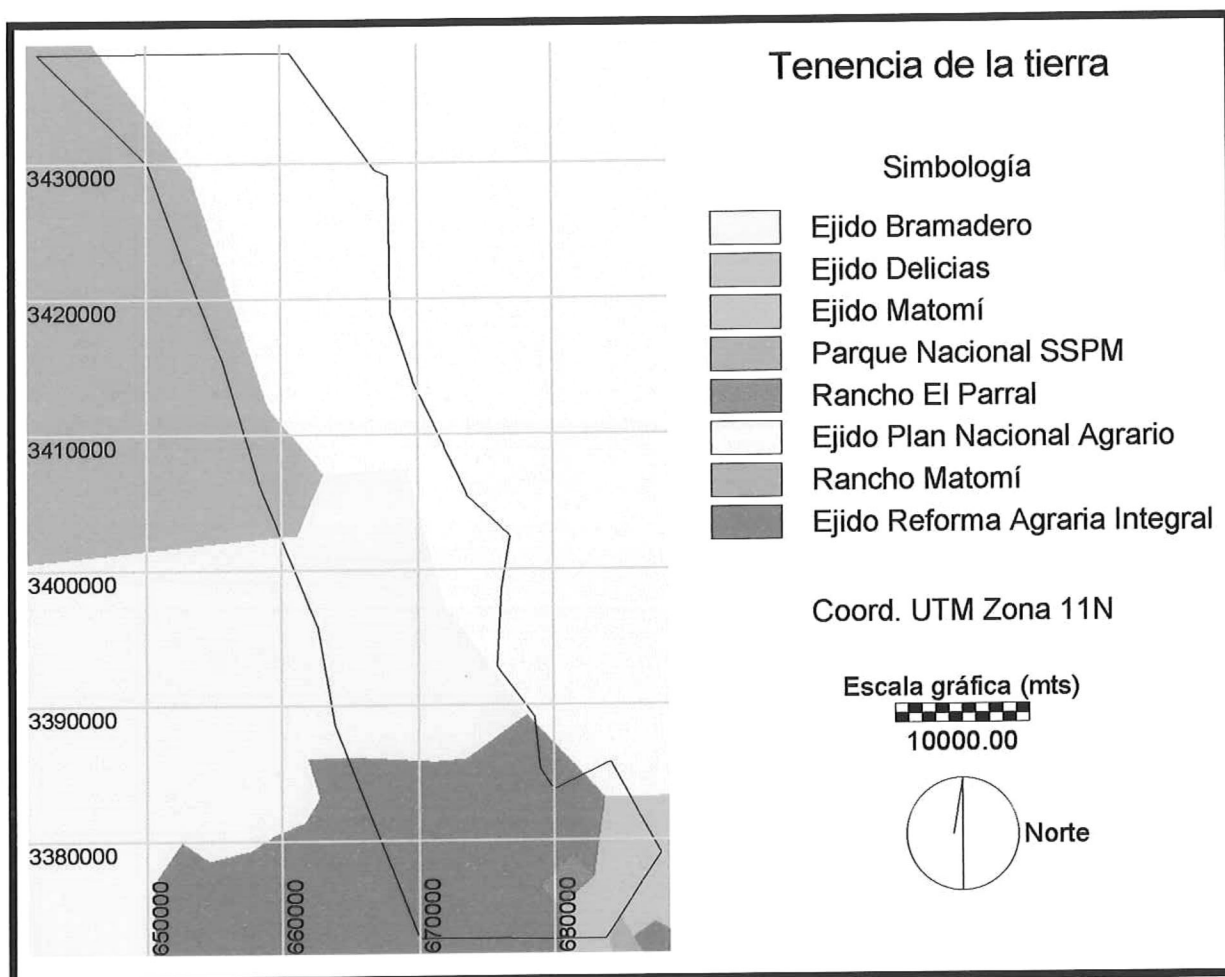
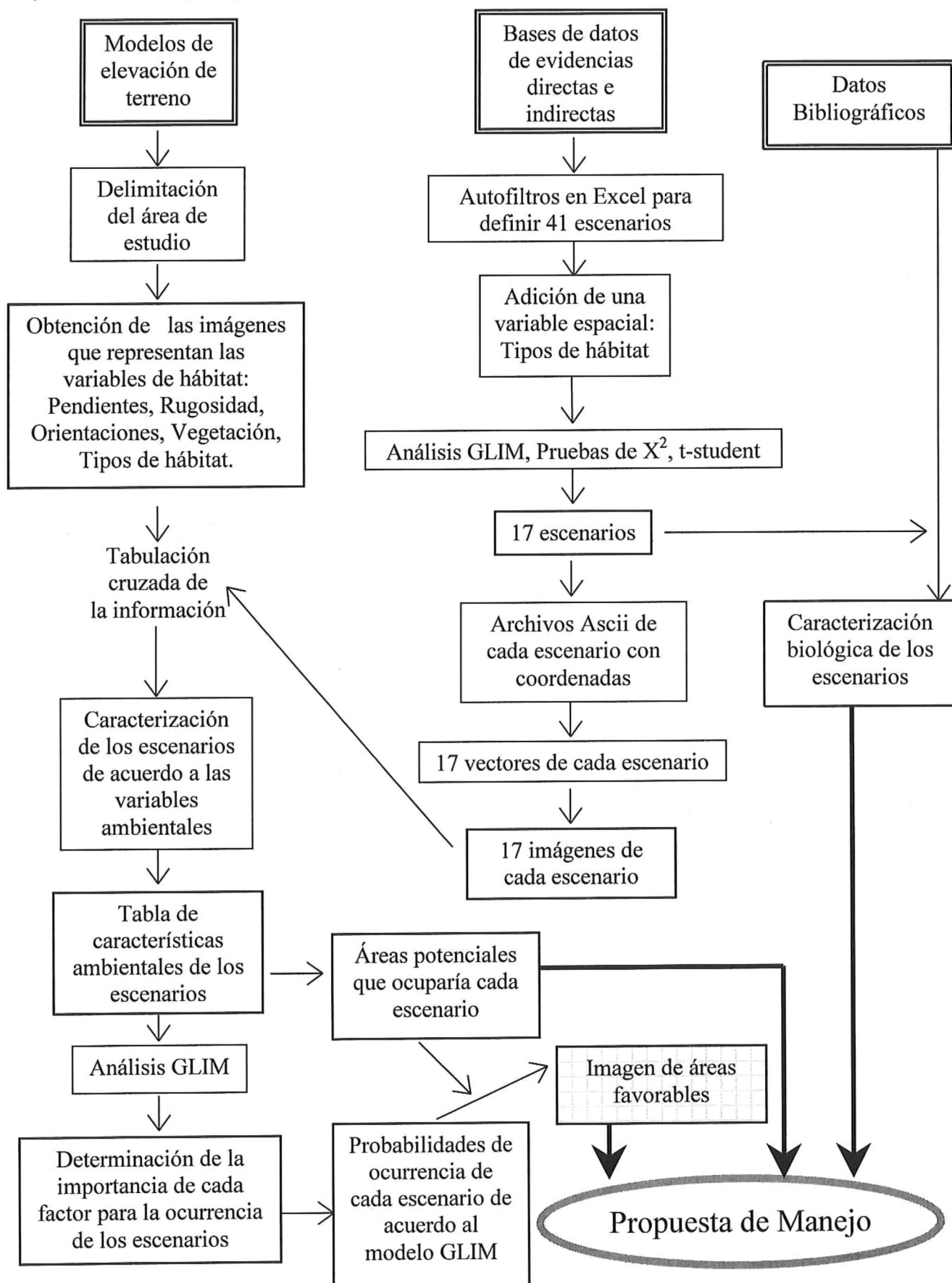


Figura 2.- Tenencia de la tierra dentro del área de estudio.

V. METODOLOGÍA

Esquema metodológico general:



A continuación se presenta la metodología seguida en el presente trabajo, las palabras en *itálicas*, indican el uso de algún módulo específico de los programas de computo utilizados, la descripción detallada de estas operaciones se puede consultar en el anexo 2.

5.1 Delimitación del área de estudio.

El área que comprende el presente estudio, es una modificación a la que se delimitó para el censo poblacional y captura de 10 borregos en la Sierra San Pedro Mártir, en octubre de 1999, como parte del desarrollo del proyecto "Estado de conservación, dinámica poblacional y reproductiva del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*), en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México", financiado por la U.A.B.C., CONABIO y el Gobierno del Estado de Baja California. Los criterios utilizados para delimitar ésta área fueron:

- Incluir las zonas donde se tenían evidencias de la presencia del borrego, es decir, la zona comprendida del parteaguas regional de la Sierra San Pedro Mártir hacia la vertiente este (del Golfo de California), hasta los 500 msnm, y del parteaguas hacia la vertiente oeste, siguiendo una línea aproximada a la cota de altitud entre los valles y la base del levantamiento batolítico.

- Todos los sitios que se incluyen, se conocían previamente y se podían acceder con facilidad.

- El límite sur de la zona, se ubicó cerca del sitio conocido como Cañón El Carrizo, de acuerdo a la carta topográfica 1:250,000 ("Lázaro Cárdenas", H11 5-6), ahí las curvas de nivel muestran que la altitud cambia suavemente y se encuentra una dominancia de topoformas tipo meseta, lo que indica una pérdida de la continuidad del terreno, que caracteriza el macizo montañoso de la Sierra San Pedro Mártir; además de que, la zona más al sur de éste límite establecido, es inaccesible con vehículo o a pie.

Las modificaciones a ésta delimitación anterior, fueron las siguientes:

- El límite norte del área de estudio se ubicó en un sitio inmediato al norte del Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir, Instituto de Astronomía de la UNAM. Ésta delimitación, obedeció a que hasta esa zona se tenían un numero de evidencias, comparativamente igual a las que se tenían para toda el área sur considerada.

Para la digitalización de la información cartográfica, se utilizó el programa AUTOCAD 14, y la delimitación del área de estudio se hizo sobre la carta topográfica escala 1:250,000 ("Lázaro Cárdenas" H11 5-6), utilizando para esto los criterios ya descritos. El polígono resultante comprende las siguientes coordenadas:

Vértice	X *	Y *
1	642000.00	3438000.00
2	656492.62	3438026.35
3	660622.62	3438026.35
4	664717.80	3432300.03
5	666898.10	3429338.14
6	667858.34	3428971.43
7	667971.31	3418799.46
8	669609.39	3413806.57
9	671925.28	3408954.71
10	673591.59	3405428.65
11	676760.38	3402438.55
12	676139.05	3398432.95
13	675808.33	3392788.83
14	678580.76	3389076.28

* Coordenadas UTM, zona 11.

5.2 Obtención de la información.

5.2.1 Protocolo de obtención de datos y error asociado.

La zona se recorrió a pie, siguiendo senderos y visitando áreas donde se pensaba se podrían encontrar los animales, obteniendo información desde diciembre de 1997 hasta diciembre del 2000. Los sitios de muestreo se registraron mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en ingles), marca GARMIN, modelo 45, utilizando coordenadas UTM.

La información que se utilizó en el presente trabajo, se obtuvo para los siguientes proyectos de tesis:

- Montoya, Lizárraga M. 1998. Evaluación del hábitat del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903) con fines de manejo en la sierra San Pedro Mártir,

Baja California – México. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Facultad de Ciencias, U.A.B.C. – Ensenada.

- Ayala, Cano S. 2000. Desarrollo de una metodología para determinar los niveles de hormonas esteroidales (progesterona, estradiol y testosterona) en excretas de la población de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*), en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis para obtener el título de biólogo. Facultad de Ciencias, U.A.B.C. – Ensenada.

- Galindo, Manríquez E. 2000. Hábitos alimentarios del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Facultad de Ciencias, U.A.B.C. – Ensenada.

Personalmente, se participó en los recorridos y obtención de la información de campo, para estos y otros proyectos dentro de la zona de estudio.

Durante los recorridos de campo, se buscó minimizar el error en la obtención de la información, por esto la mayoría de las veces, se involucró al mismo personal y antes de obtener un dato en el campo, si no se tenía seguridad plena de la información que se iba a levantar, se consultaba a la persona inmediata con mayor experiencia. El protocolo específico de la toma de datos se puede consultar en las tesis antes mencionadas. En este trabajo, el uso de información obtenida para otros propósitos busca entre otras cosas: aprovechar al máximo los datos obtenidos del trabajo de campo, economizar recursos y al mismo tiempo, generar conocimientos sobre la especie.

5.2.2 Fuentes (evidencias directas e indirectas) y fechas de la información.

Evidencias directas. Se utilizaron como evidencias directas de la presencia del borrego cimarrón en la zona de estudio, los puntos geográficos donde se avistaron animales durante los recorridos a pie y los datos que se obtuvieron durante la captura de 10 borregos en 1999.

Evidencias indirectas. Se utilizaron como evidencias indirectas los puntos geográficos donde se colectaron grupos de excretas y se encontraron echaderos de borrego dentro de la zona de estudio.

La información de las evidencias se capturó en el siguiente formato:

Fecha	Sexo	Edad	X coord. UTM	Y coord. UTM

5.2.3 Información digital.

Se utilizaron los modelos digitales de elevación de terreno (MDET), del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), a escala 1:250,000 y con una resolución de aproximadamente 70 m x 70 m (4.9 Km²). La información digital, se procesó en su totalidad con el programa de cómputo IDRISI32 (Clark Labs, 1999), este es un programa de cómputo para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que tiene mucha potencialidad para manipular imágenes de satélite. Consiste en una interfase principal que permite manejar más de 150 módulos, que brindan la posibilidad de entrada, visualización y análisis de datos geográficos. Todas las operaciones con los datos geográficos, se realizaron por medio de los módulos del programa IDRISI32, una explicación más amplia del funcionamiento de estos módulos se presenta en el anexo 2.

De acuerdo al polígono del área de estudio y debido a que cada MDET representa 1° x 1° (en coordenadas geográficas) de terreno, se hizo lo siguiente:

- Se transformaron e importaron 4 MDET para poder visualizarlos en el programa IDRISI32, utilizando el módulo *Flip* y el protocolo MDET. Los MDET quedan definidos en coordenadas UTM.
- Con el módulo *Concat* en el IDRISI32, se adicionan los 4 MDET en una sola imagen.
- De acuerdo al polígono del área de estudio, ajustado en sus límites máximos y mínimos, importado y rasterizado al IDRISI con los módulos *import* y *Polyras* respectivamente, la imagen se cortó con el módulo *Window* quedando así sus límites:

Esquina	X coord. UTM	Y coord. UTM
1	641224.625	3438789.5
2	688515.06	3438789.5
3	688515.06	3371673.5
4	641224.625	3371673.5

A ésta imagen generada, se le nombró areadeestudio.rst y fue la imagen base para todas las subsecuentes operaciones con los MDET.

5.3 Organización y procesamiento de la información.

5.3.1 Información de campo.

Se integró una hoja de cálculo en el programa Excel para Windows, con los 576 registros disponibles para el área de estudio, a partir de las evidencias directas e indirectas. Los campos de información para cada registro son los siguientes: coord. X, coord. Y, Fecha, Sexo y Edad.

La información se codificó de acuerdo a lo siguiente:

- Fecha: 1 = Registros de los meses de enero, febrero y marzo.
2 = Registros de los meses de abril, mayo y junio.
3 = Registros de los meses de julio, agosto y septiembre.
4 = Registros de los meses de octubre, noviembre y diciembre.
- Sexo y edad:

	Sexo	Edad
Grupos de excretas	2 = Machos 3 = Hembras Los sexos se obtuvieron en el trabajo de Tesis de Ayala (2000).	1 = < 1 año (crías) 2 = 1 a 2 años (jóvenes) 3 = > 2 años (subadultos/adultos) La edad se definió de acuerdo a: los tamaños de las excretas determinados por medición directa y después clasificados como: 1(chicas), 2 (medianas) y 3 (grandes) en el trabajo de Ayala, <i>et al.</i> (en prensa), y en la relación tamaño-edad Jones, (1980).

Captura 1999	2 = Machos 3 = Hembras Los sexos se determinaron por observación directa.	3 = > 2 años La edad se determinó por observación directa.
Avistamientos	1 = No sexados 2 = Machos 3 = Hembras Los sexos se determinaron por observación directa.	1 = < 1 año 2 = 1 a 2 años 3 = > 2 años La edad se determinó por observación directa.

5.3.2 Procesamiento de los datos.

- Inclusión de una variable de hábitat a los datos de campo.

Con el propósito de obtener una mejor resolución en los análisis posteriores, se decidió incluir una variable espacial del hábitat, para lo cual se realizó lo siguiente:

- Se extrajeron de la tabla base, las columnas que corresponden a las coordenadas de la posición geográfica de cada evidencia, y se les agregó un número secuencial en una tercer columna denominada # de evidencia.

- Estos datos se transformaron a formato de texto y se importaron como vector de puntos en el IDRISI32; a partir de este vector generado, se obtuvo una imagen mediante el módulo *Pointras*, a esta imagen se le nombro evidencias.rst.

- Paralelo a lo anterior, se obtuvo la imagen generada en el trabajo de Montoya (1998), donde se representan los 5 tipos de hábitats definidos para la SSPM. A ésta imagen se le modificaron los números que identifican a los tipos de hábitat (th), debido a que para el tipo de hábitat 1, en el presente trabajo, no se tienen evidencias, quedando así:

Número de th en Montoya	Número de th en este trabajo	Rango de altitud
2	1	550-700 msnm
3	2	701-1500 msnm
4	3	1501-2500 msnm
5	4	2501-3002 msnm

El anexo 3 presenta una descripción de los tipos de hábitats, tomada del trabajo de Montoya (1998).

- Después de lo anterior, se hizo una tabulación cruzada de la información contenida en las imágenes de tipos de hábitats y la de evidencias, mediante el módulo *Crosstab*.

- De esta forma se obtuvo el tipo de hábitat al que pertenece cada registro de evidencia, y se asignó este número en una columna nueva en la tabla base.

- Definición de escenarios.

Se ordenó la información de la tabla base de acuerdo a la columna fecha, a esta tabla se le nombró *escenarios.xls*, y se le agregaron dos columnas, una con el número del escenario y otra con el tipo de hábitat. Después de esto en el mismo programa de cómputo (Excel para Windows), se utilizó la función de *autofiltros* para todos los campos, y se fueron construyendo así los diferentes escenarios, obteniendo la frecuencia para cada escenario. Un ejemplo de esto es el siguiente:

X	Y	No. Escenario	Fecha	Sexo	Edad	Tipo de hábitat	Frecuencia
595600	3384521	1	1	1	1	1	23
596600	3385521	2	1	2	2	3	12

- Análisis con el modelo lineal generalizado.

Con el propósito de realizar un análisis con un modelo lineal generalizado, se transformó la tabla *escenarios.xls* a formato de texto, para importarla al Sistema Computarizado de Modelaje Interactivo Lineal Generalizado versión 3.77 (GLIM, por sus siglas en inglés), (GLIM, Royal Statistical Society, London, 1985).

El modelo lineal generalizado se declaró con error tipo Poisson, adecuado para analizar números enteros que tienen varianzas iguales a sus medias; además este error está ligado a una función logarítmica que asegura, que los valores que se ajustan, son positivos. Este tipo de modelo es el más adecuado para datos tipo conteo, como frecuencias, proporciones, etc. (Crawley, 1993).

Se corrió el análisis en el GLIM declarando como variable de respuesta, a la frecuencia de ocurrencia de cada escenario, y como factores a la fecha, la edad, el sexo y el tipo de hábitat, para cada registro. Con los resultados del modelo lineal, primero se determinó la significancia entre los factores, mediante la prueba Chi-cuadrada; después se codificaron los niveles de los factores, agrupando aquellos niveles de un factor que no presentaban diferencias significativas de acuerdo a una prueba t-Student. El valor de t estimado se calculó así:

$$t = (\text{Estimado 1} - \text{Estimado 2}) / \text{Error estándar 2}$$

La tabla escenarios.xls con los valores codificados, de acuerdo a estos resultados, se nombró escenarios17.xls.

5.3.3 Procesamiento de la información digital.

A partir de la imagen base (areadeestudio.rst), se derivaron las siguientes imágenes, que representan las variables de hábitat:

- Pendientes.

En el programa IDRISI32 y con el módulo *Slope*, se derivó una imagen de las pendientes con valores en porcentaje. Se definieron 5 clases de pendientes de acuerdo a los siguientes criterios:

- En la mayoría de los trabajos consultados, donde evaluaron el factor pendiente, que es relacionado directamente al terreno de escape, mencionan valores de pendiente de $>20\%$, $>40\%$ y $>60\%$.

- Se sabe que una pendiente de 100% es equivalente a una pendiente de 45° (INEGI, 1993; Archivo de ayuda de IDRISI32).

- Se buscó que los valores antes mencionados, quedaran dentro de los rangos que se iban a definir, quedando éstos así:

CLASE	INTERVALO
1	0 – 25%
2	26 – 50%
3	51 – 70%
4	71 – 100%
5	$> 100\%$

La imagen final se nombró Pendientes.rst.

- Orientaciones.

Con el módulo *Aspect*, a partir de la imagen areadeestudio.rst, se hizo una imagen que contiene los valores de orientación de las pendientes en el área de estudio y se nombra orientaciones.rst. Para definir los valores que corresponden a los cuadrantes Norte, Este, Sur y Oeste, y debido a que las unidades de los valores de la imagen derivada eran grados de 0 a 360, se reclasificó la imagen con el módulo *Reclass*, quedando así:

Punto Cardinal	Valor en la Imagen	Intervalo
Norte y Noreste	1	0 – 90°
Este y Sureste	2	91 – 180°
Sur y Suroeste	3	181 – 270°
Oeste y Noroeste	4	271 – 360°

- Vegetación.

Después del análisis de la información disponible sobre vegetación en el área de estudio, y de las entrevistas con expertos en la materia, se decidió definir los tipos de vegetación de acuerdo a lo siguiente:

- En comunicación personal con el Dr. José Delgadillo, profesor-investigador de la Facultad de Ciencias y con reconocida experiencia en la flora del área de estudio, se sugirió delimitar espacialmente los tipos de vegetación de acuerdo a un factor altitudinal, argumentando que en la realidad la vegetación no cambia abruptamente, pero para la zona de estudio, de acuerdo a su experiencia, sí se puede encontrar a una altitud determinada la dominancia de algún tipo de vegetación.

- La delimitación de los tipos de vegetación, responde al conocimiento que se tiene del área de estudio y corresponde a una escala más fina de interpretación (pero adecuada a la de este estudio), que la representada en las cartas de uso de suelo y vegetación del INEGI, para la zona de estudio.

- Con base a lo anterior, y empleando la nomenclatura de las cartas de uso de suelo y vegetación del INEGI, los tipos de vegetación se delimitaron a partir de la imagen base, reclasificando así los valores de altitud mediante el módulo *Reclass*.

Tipo de Vegetación	Código	Intervalo de altitud
Matorral Micrófilo	1	< 500 msnm
Matorral Rosetófilo	2	501 – 1500 msnm
Chaparral	3	1501 – 2000 msnm
Bosque de Coníferas	4	> 2001 msnm

La imagen que se generó se nombró Vegetación.rst

- Rugosidad.

La superficie rugosa de la tierra, es producto de la erosión, glaciación y otros procesos geomorfológicos. Esto puede ser medido como rugosidad, la suma de los valles, pendientes, picos, orientaciones y elevaciones presentes en un área (Forman, 1995). De acuerdo a ésta definición, y tomando como base la fórmula para obtener rugosidad, utilizada por Andrew, *et al.* (1999), se obtiene una imagen con valores de rugosidad para el área de estudio. La fórmula que se utilizó es la siguiente:

$$R_{ij} = ((V_s / V_m) * 100) + ((A_n / 4) * 100)$$

Donde:

R = Rugosidad en cada pixel

V_s = Desviación estándar de la pendiente en un radio de 70 metros alrededor de cada píxel.

V_m = Valor máximo de la desviación estándar en el área de estudio.

A_n = Número de diferentes clases de orientación de la pendiente, en un radio de 70 metros alrededor de cada píxel.

4 = Valor máximo de clases de orientación distinguibles en el área de estudio.

Independientemente, se hicieron las operaciones necesarias para obtener los valores V_s , V_m y A_n , que después se combinan en la fórmula antes descrita. Estas operaciones se realizaron en el IDRISI32 mediante los módulos *Filter*, *Extract*, *pattern* y *Image calculator* respectivamente. La imagen generada se nombró Rugosidad.rst. Los valores de ésta, se dividieron entre el valor mínimo de la misma, para obtener un número de clases de rugosidad.

5.4 Caracterización de los Escenarios.

5.4.1 Delimitación espacial de los escenarios.

Los datos agrupados por escenarios en la tabla Escenarios17.xls, se convirtieron a formato de texto y después se importaron al IDRISI32. Se hizo un vector de puntos de cada escenario, que después fue rasterizado, originando así, una imagen por cada escenario.

Estas imágenes se nombraron de acuerdo al número de escenario que representan, ejemplo.- escenario1.rst, escenario2.rst, etc.

5.4.2 Caracterización de los escenarios por variables de hábitat.

Por medio del módulo *Crosstab*, se cruzó la información de las imágenes de las variables ambientales (pendientes, orientación, vegetación y rugosidad), con la imagen de cada escenario. De esta forma, se obtuvo el valor de cada variable de hábitat que corresponde a cada registro de evidencia del borrego cimarrón. Estos valores se capturaron en una tabla denominada *escenas&ambiente.xls*, agrupando por escenarios:

Escenario	Orientación	Pendiente	Rugosidad	Vegetación

5.4.3 Área potencial de cada escenario.

Con la información anterior y buscando obtener las áreas potenciales que comprende cada escenario, se hizo lo siguiente:

- Se obtuvo una imagen por cada nivel de cada variable de hábitat. Ejemplo.- había 4 niveles o clases de orientación, por lo que se obtuvieron 4 imágenes que corresponden a cada clase del factor.

- Se sumaron y multiplicaron las áreas que corresponden a cada nivel del factor, que caracteriza a cada escenario. Ejemplo.-

$$APE1 = (Orientación=1) * (Pendiente=1 + Pendiente=3) * (Rugosidad=1 + Rugosidad=3) * (Vegetación=2)$$

De esta forma se construyeron las imágenes que representan el área probable o potencial de cada escenario dentro de la zona de estudio. Estas imágenes se nombraron secuencialmente de acuerdo al número de escenario (*escena1.rst*, *escena2.rst*, etc.).

5.5 Áreas favorables o de mayor probabilidad.

La información contenida en la tabla *escenas&ambiente.xls*, se transformó a formato de texto para importarla al GLIM y correr un segundo análisis para obtener: el porcentaje de explicación que aporta cada factor a la variabilidad total del modelo y la

probabilidad de cada escenario, calculada a partir de la frecuencia de los valores de la variable de respuesta, estimados con el modelo lineal.

5.5.1 Porcentaje de explicación de cada variable de hábitat incluida en el modelo.

Al correr el modelo lineal, se obtiene la devianza total, es decir, el 100% de la variación total entre los datos reales y los datos ajustados. Al ir añadiendo cada variable al modelo, se va obteniendo la devianza parcial con respecto al total, que aporta esa variable en particular, así se puede obtener el porcentaje de explicación que aporta cada variable.

5.5.2 Probabilidad del escenario dada por las frecuencias estimadas.

Para obtener la probabilidad de ocurrencia de los escenarios, se hace lo siguiente:

- Se obtienen los valores estimados de la frecuencia de cada variable por nivel, que sumados nos dan la frecuencia estimada de cada escenario.
- Se suman todas las frecuencias estimadas de cada variable y se divide esta suma entre cada nivel de la variable en cada escenario, así se obtiene una probabilidad proporcional a 1, para cada nivel de la variable.
- Se suman todas las probabilidades proporcionales de los niveles de una variable en cada escenario y se obtiene así la probabilidad proporcional del escenario, dada por esa variable.
- Al sumar las probabilidades dadas por cada variable para un escenario y dividir entre el número de variables, en este caso 6 (sexo, edad, orientación, pendiente, rugosidad y vegetación), se obtiene la probabilidad de cada escenario.

5.5.3 Definición de áreas favorables o de mayor probabilidad.

Para definir espacialmente las áreas de mayor probabilidad, se combinan las características de hábitat de cada escenario con sus respectivas probabilidades proporcionales y las áreas potenciales que ocupe el escenario, para esto se hizo lo siguiente:

- Se multiplicó la probabilidad que le corresponde a cada nivel de cada variable en cada escenario, por el área que ocupa en el área de estudio ese nivel de la variable.

- Se editó una fórmula para cada escenario, que realiza las multiplicaciones anteriores y suma las áreas de todas las variables, con sus niveles, que caracterizan a cada escenario.

- De esta forma, se obtiene el área potencial que ocuparía cada escenario y las probabilidades de que ocurra.

-Se sumaron todas las imágenes de probabilidad de cada escenario, para obtener una imagen que ilustre las áreas críticas o de mayor probabilidad de encontrar los escenarios.

Las operaciones anteriores, se realizaron por medio del módulo *image calculator*, y como ejemplo se muestra lo siguiente:

Si el escenario 1 se caracteriza por:

Variable / nivel	Probabilidad
Orientación / 1	0.23
Orientación / 4	0.05
Pendiente / 3	0.001
Rugosidad / 3	0.18
Rugosidad / 4	0.022
Vegetación / 2	0.20

Se multiplica la imagen de cada nivel de la variable por su valor de probabilidad correspondiente, y se suman los niveles entre variables. La probabilidad del escenario la da la suma de todas las variables. Para lo anterior se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Probescena1} = (([\text{Orientación}=1]*0.23) + ([\text{Orientación}=4]*0.05)) + ([\text{pendiente}=3]*0.001) + (([\text{rugosidad}=3]*0.18) + ([\text{rugosidad}=4]*0.022)) + ([\text{vegetación}=2]*0.20)$$

5.6 Otros Análisis.

Como complemento a los análisis anteriores, se separaron 2 grupos de datos para caracterizarlos de acuerdo a las variables de hábitat definidas. Se separaron los registros de evidencias que correspondían a machos y hembras y los registros de evidencias de echaderos de borrego en la zona de estudio.

Siguiendo los procedimientos ya descritos, se cruzó la información espacial de los registros de evidencias, con la información de las variables de hábitat, así se obtuvieron las características de hábitat de esos registros.

5.7 Caracterización biológica de los escenarios.

Para tratar de conocer que tipo de evento biológico representa cada escenario, se caracterizó biológicamente cada uno de ellos. Para esto, se hizo un cruce y traslape de la información de las imágenes que representan espacialmente cada escenario, agrupando los escenarios que se traslapaban espacialmente, posteriormente se dio el valor que corresponde a los atributos de fecha, sexo y edad que definieron cada escenario. Estos valores (Fecha, Sexo y Edad), se definieron anteriormente en el apartado de codificación de la información de campo. Hecho lo anterior, se procedió a contrastar la información obtenida con la literatura consultada (Geist, 1971; Simmons, 1980; Valdez & Krausman, 1999).

VI. RESULTADOS

La información con la que se realizó este trabajo, se obtuvo desde finales del año 1997 hasta el año 2000, mediante recorridos a pie abordando la sierra desde sus dos flancos: la vertiente del Golfo de California por los cañones y la vertiente del Pacífico por el camino principal que llega al observatorio, y sus diferentes ramales que conducen hacia el sur y norte del macizo montañoso.

Los puntos de colecta de información se presentan en la figura 3, y se ubican dentro de las siguientes localidades: Norte de la zona de telescopios, sur de la zona de telescopios, cañón Del Diablo, zona de Botella Azul, cañón La Providencia, cañón La Esperanza, cañón La Encantada, cañón Los Colibríes, cañón de Aguacaliente, cañón El Carrizo y la zona de Pico Matomí. Debido a lo agreste del terreno, fue muy difícil abarcar una gran extensión de terreno en la zona, sin embargo las zonas muestreadas representan casi en su totalidad, la diversidad de ambientes que se encuentran en la sierra. A continuación se presentan los resultados obtenidos, de acuerdo a la metodología antes descrita.

6.1 Obtención de la información.

Un total de 576 evidencias, conforman el universo de datos que se consideró para el presente trabajo. El cuadro 1, muestra el total de datos por cada tipo de evidencia. El mayor número de datos provino de las evidencias indirectas, al principio de este estudio se contaba con más datos de las evidencias directas, pero debido a que presentaban muchas inconsistencias, y no habían sido obtenidos directamente por el equipo de trabajo, no se utilizaron. Estos datos provinieron de los censos del borrego en el año 1997 y 1999.

Cuadro 1.- Numero de datos totales por tipo de evidencia.

Tipo de Evidencia	Numero
Avistamientos	15
Captura 1999	10
Grupos de Excretas diferenciadas por sexo	551

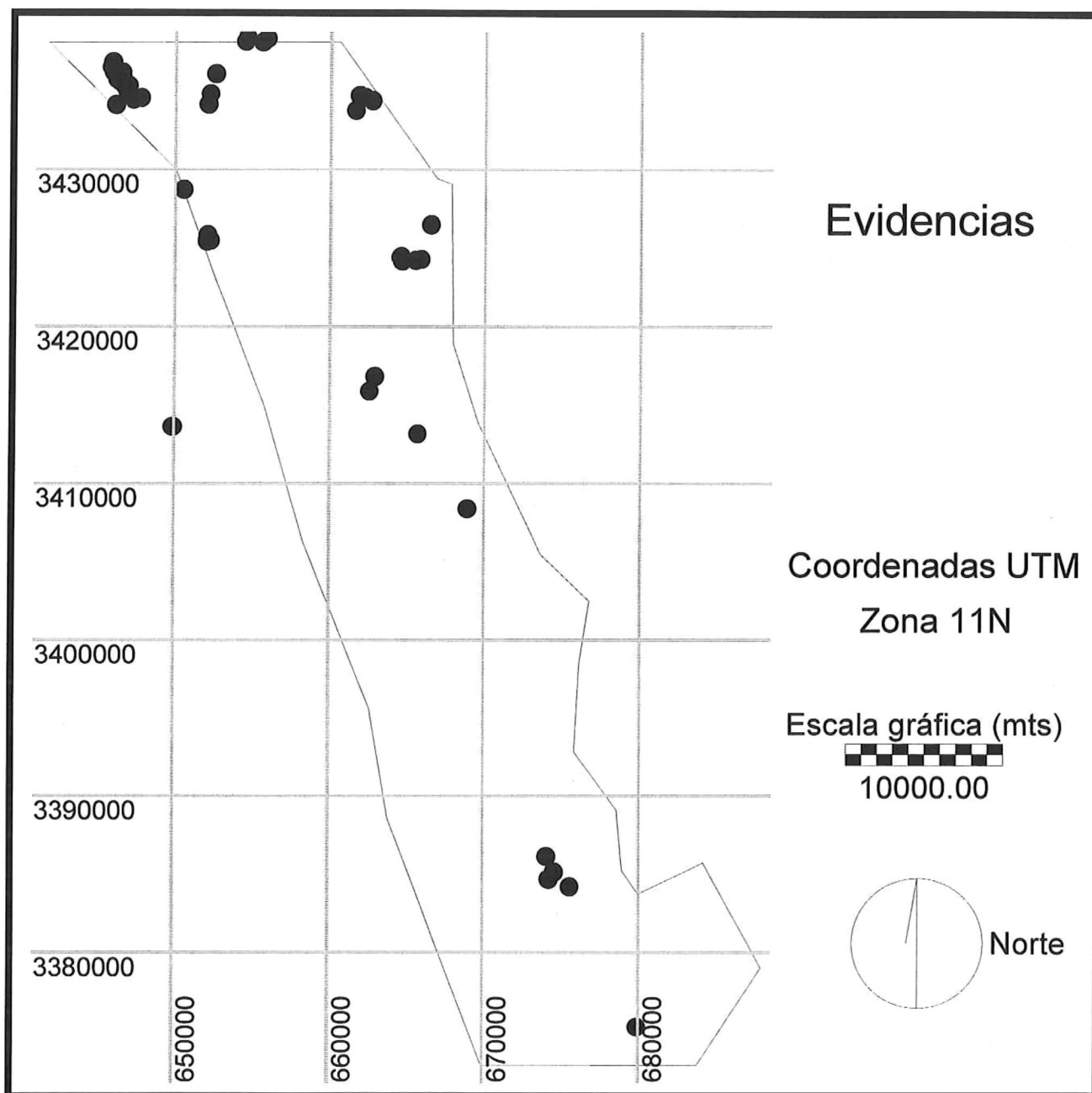


Figura 3.- Puntos de recolecta de información.

6.2 Organización y análisis de los datos.

Como primer paso se obtuvo la combinación de los datos por medio de los autofiltros en Excel, obteniendo 41 combinaciones a las que se denominó escenarios. Esto se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2.- Organización de los datos en 41 escenarios.

Fecha	Sexo	Edad	Tipo de hábitat	Frecuencia
1	2	1	2	5
1	2	2	2	1
1	2	3	2	14
1	3	1	2	1
1	3	2	2	4
1	3	3	2	44
2	1	1	4	5
2	2	1	3	5
2	2	1	4	13
2	2	2	4	15
2	2	3	4	30
2	3	1	4	14
2	3	2	3	3
2	3	2	4	16
2	3	3	3	2
2	3	3	4	50
3	2	1	3	1
3	2	1	4	10
3	2	2	3	4
3	2	2	4	21
3	2	3	3	7
3	2	3	4	72
3	3	1	3	2
3	3	1	4	11
3	3	2	3	1
3	3	2	4	17
3	3	3	3	5
3	3	3	4	59
4	2	1	2	6
4	2	2	2	4
4	2	2	4	4
4	2	3	1	10
4	2	3	2	45
4	2	3	4	16
4	3	1	1	3
4	3	1	2	4
4	3	2	2	5
4	3	2	4	2
4	3	3	1	3
4	3	3	2	41
4	3	3	4	1

Estos datos después de su exportación a formato de texto, se analizaron con un GLIM, donde se ajustaron solo los factores y se obviaron las interacciones de primero y segundo orden, ya que solo se pretendía saber si había diferencias significativas entre los niveles de un factor. El cuadro 3 presenta las pruebas de Chi-cuadrada, que indicaron que había diferencias significativas entre los niveles de un factor. El cuadro 4 presenta las pruebas de t-student, que permitieron conocer cuales fueron los niveles de los factores que presentaban esas diferencias. Este cuadro indica que los datos en las fechas 1 y 4 correspondientes a los meses de enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre; y las fechas 2 y 3 correspondientes a los meses de abril, mayo y junio, julio, agosto y septiembre, no presentan diferencias significativas, agrupándose el factor fecha en dos niveles. Lo anterior, sucedió también con el factor edad y tipo de hábitat, quedando al final 2 niveles para el factor edad y 3 para tipo de hábitat. El cuadro 5 muestra la modificación en los niveles de los factores después del GLIM.

Cuadro 3.- Valores de devianza total y para cada factor, y de las pruebas de Chi-cuadrada.

Devianza Total = 683.16 Grados de Libertad Totales = 40

Factor	Cambio en devianza	Cambio en G.L.	X ² tablas (0.05)	X ² calculada	Diferencias
Fecha	22.3	3	7.815	7.43	*
Sexo	11.1	2	5.991	5.55	*
Edad	267	2	5.991	133.5	*
Tipo de hábitat	288.5	3	7.815	96.16	*
Devianza Residual					94.32
G. L. Residuales					30

G.L. = Grados de Libertad * = Diferencias significativas

A manera de comprobación del modelo, se ajustaron las interacciones de primer orden, obteniendo como devianza residual 16.426 con 11 grados de libertad, lo que indica que el modelo es bueno.

Cuadro 4.- Resultados de los análisis de t-Student.

Factor	Nivel	Estimado1	Estimado2	ErrStd2	Tcalculada	Diferencia
FECHA	1-2	2.442	2.7274	0.1443	-1.977823978	NS
	1-3	2.442	2.8618	0.1379	-3.044234953	*
	1-4	2.442	2.404	0.1456	0.260989011	NS
	2-3	2.7274	2.8618	0.106	-1.267924528	NS
	2-4	2.7274	2.404	0.1158	2.792746114	*
	3-4	2.8618	2.404	0.1077	4.250696379	**
<i>Grados de libertad 3</i>				<i>Tablas 2.358</i>		
SEXO	1-2	1.247	2.481	0.4569	-2.700809805	NS
	1-3	1.247	2.402	0.4564	-2.530674847	NS
	2-3	2.481	2.402	0.0838	0.942720764	NS
<i>Grados de libertad 2</i>				<i>Tablas 2.92</i>		
EDAD	1-2	1.238	1.4507	0.1539	-1.382066277	NS
	1-3	1.238	2.767	0.1265	-12.08695652	***
	2-3	1.4507	2.767	0.1134	-11.60758377	***
<i>Grados de libertad 2</i>				<i>Tablas 2.92</i>		
THS	1-2	-0.7002	0.9028	0.2693	-5.952469365	**
	1-3	-0.7002	-2.618	0.3784	5.068181818	**
	1-4	-0.7002	-0.467	0.3264	-0.714460784	NS
	2-3	0.9028	-2.618	0.3	11.736	***
	2-4	0.9028	-0.467	0.2308	5.935008666	**
	3-4	-2.618	-0.467	0.1916	-11.22651357	***
<i>Grados de libertad 3</i>				<i>Tablas 2.358</i>		

NS = No Significativa

* = Significativa

Cuadro 5.- Códigos de los niveles de los factores.

Factor	Niveles antes del GLIM	Niveles después del GLIM
Fecha	1	1
	2	2
	3	2
	4	1
Sexo	1	1
	2	2
	3	3
Edad	1	1
	2	1
	3	2
Tipo de Hábitat	1	1
	2	2
	3	3
	4	1

Como ya se mencionó, este primer análisis de GLIM permitió únicamente reducir el número de escenarios, agrupando los niveles de cada factor de acuerdo a los resultados del análisis de t-Student.

La agrupación de niveles y los nuevos códigos resultantes, mediante el análisis con autofiltros en el Excel permitieron combinar los datos, reduciéndolos a 17 escenarios. El cuadro 6, presenta la información obtenida para los 17 escenarios.

Cuadro 6.- Organización de los datos en 17 escenarios.

Fecha	Sexo	edad	Th	frec.	# Escenario
1	2	1	1	4	1
1	2	1	2	16	2
1	2	2	1	26	3
1	2	2	2	59	4
1	3	1	1	5	5
1	3	1	2	14	6
1	3	2	1	4	7
1	3	2	2	85	8
2	1	1	1	5	9
2	2	1	1	59	10
2	2	1	3	10	11
2	2	2	1	102	12
2	2	2	3	7	13
2	3	1	1	58	14
2	3	1	3	6	15
2	3	2	1	109	16
2	3	2	3	7	17

Con la información de los 17 escenarios se hizo un vector de puntos, que sirvió para observar la dispersión de estos dentro del área de estudio y como información digital base de los escenarios para los análisis en el SIG. La Figura 3 presenta el mapa de localización de los puntos que integran los escenarios.

Para integrar los 17 escenarios con las variables de hábitat, se analizó la información digital base contenida en el MDET areadeestudio.rst, obteniendo las imágenes correspondientes a las variables de hábitat y la imagen de alturas en metros sobre el nivel del mar. Estas imágenes se presentan en las figuras de la 4 a la 8. El área de estudio que se delimitó con un polígono y se sobrepuso a las imágenes, cubre un área de aproximadamente

1024.38 Km², mientras que el área total de la imagen es de aproximadamente 3173.9448 Km².

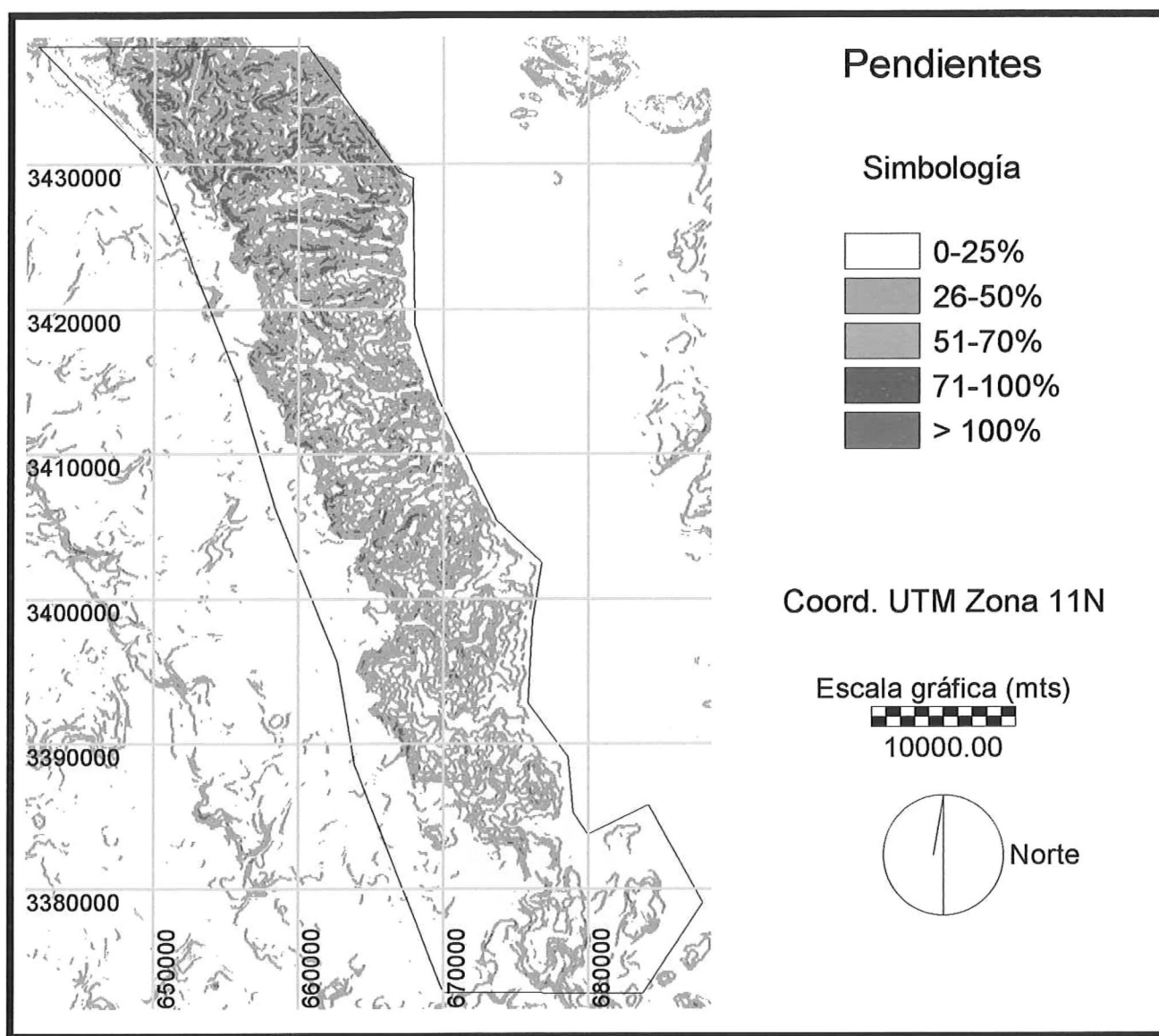


Figura 4.- Mapa de los valores de pendiente en el área de estudio.

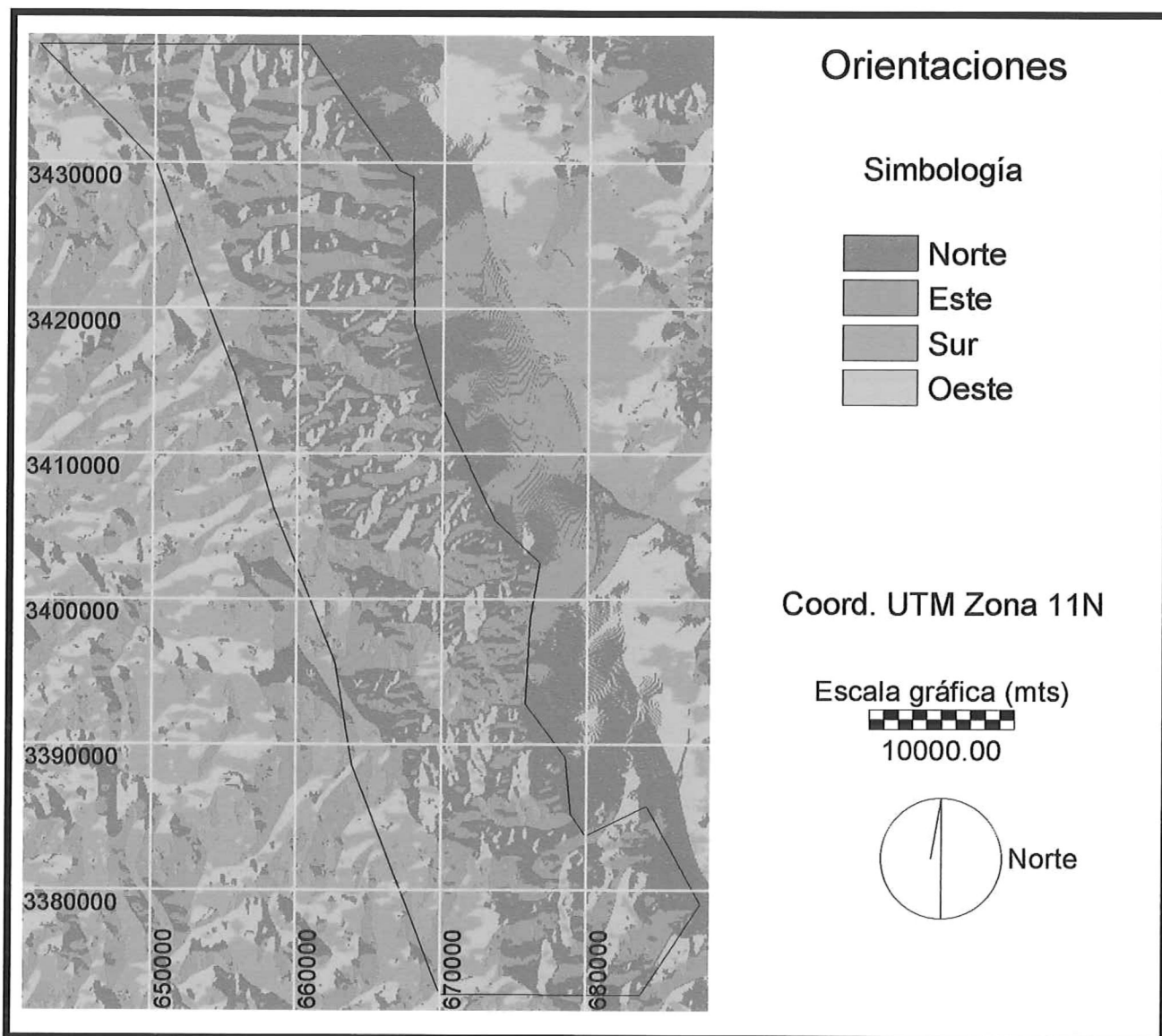


Figura 5.- Mapa que muestra las orientaciones en el área de estudio.

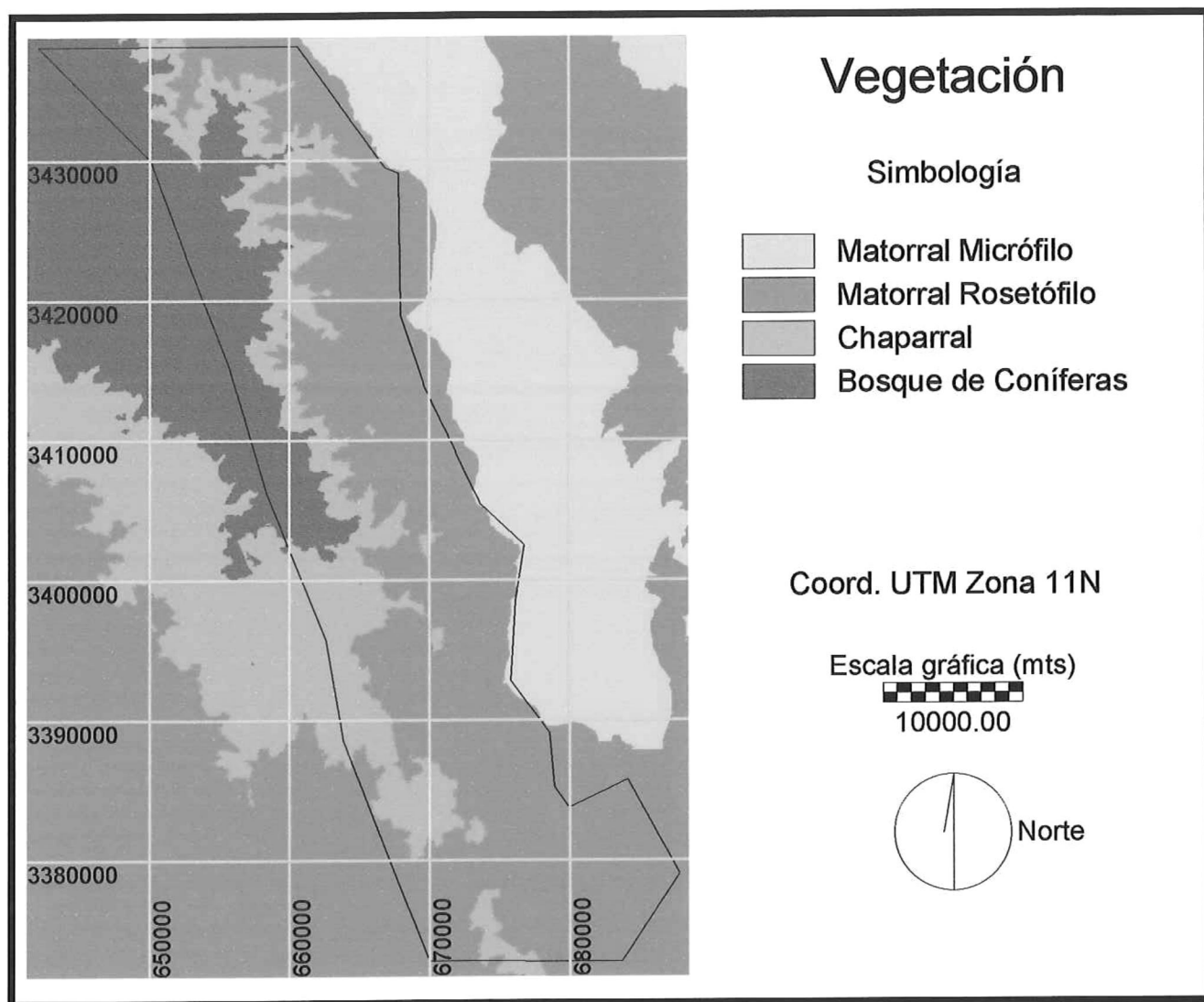


Figura 6.- Mapa de los tipos de vegetación en el área de estudio.

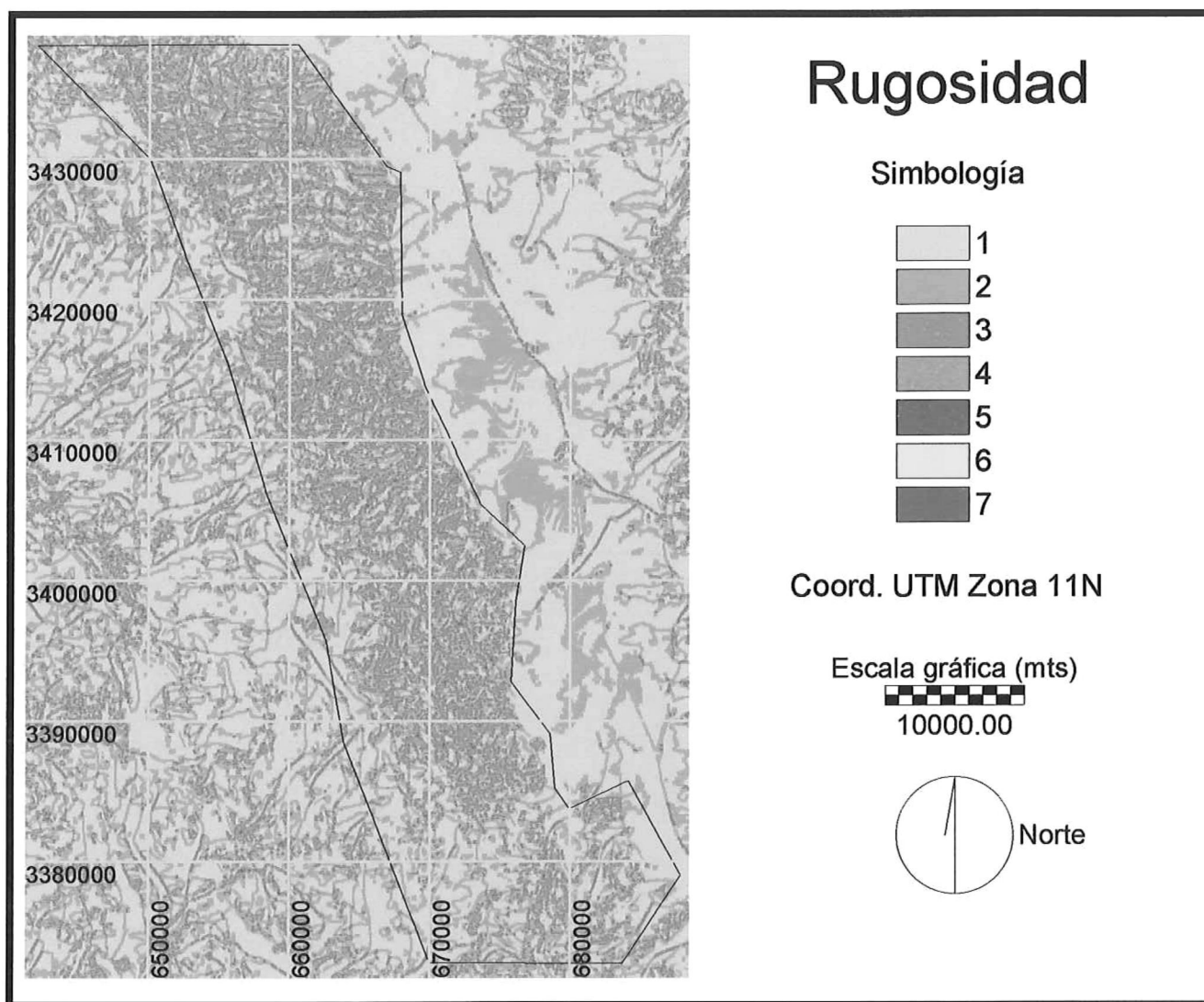


Figura 7.- Mapa que muestra los valores de rugosidad calculados. Los valores de 1 al 7, representan áreas de menor a mayor rugosidad.

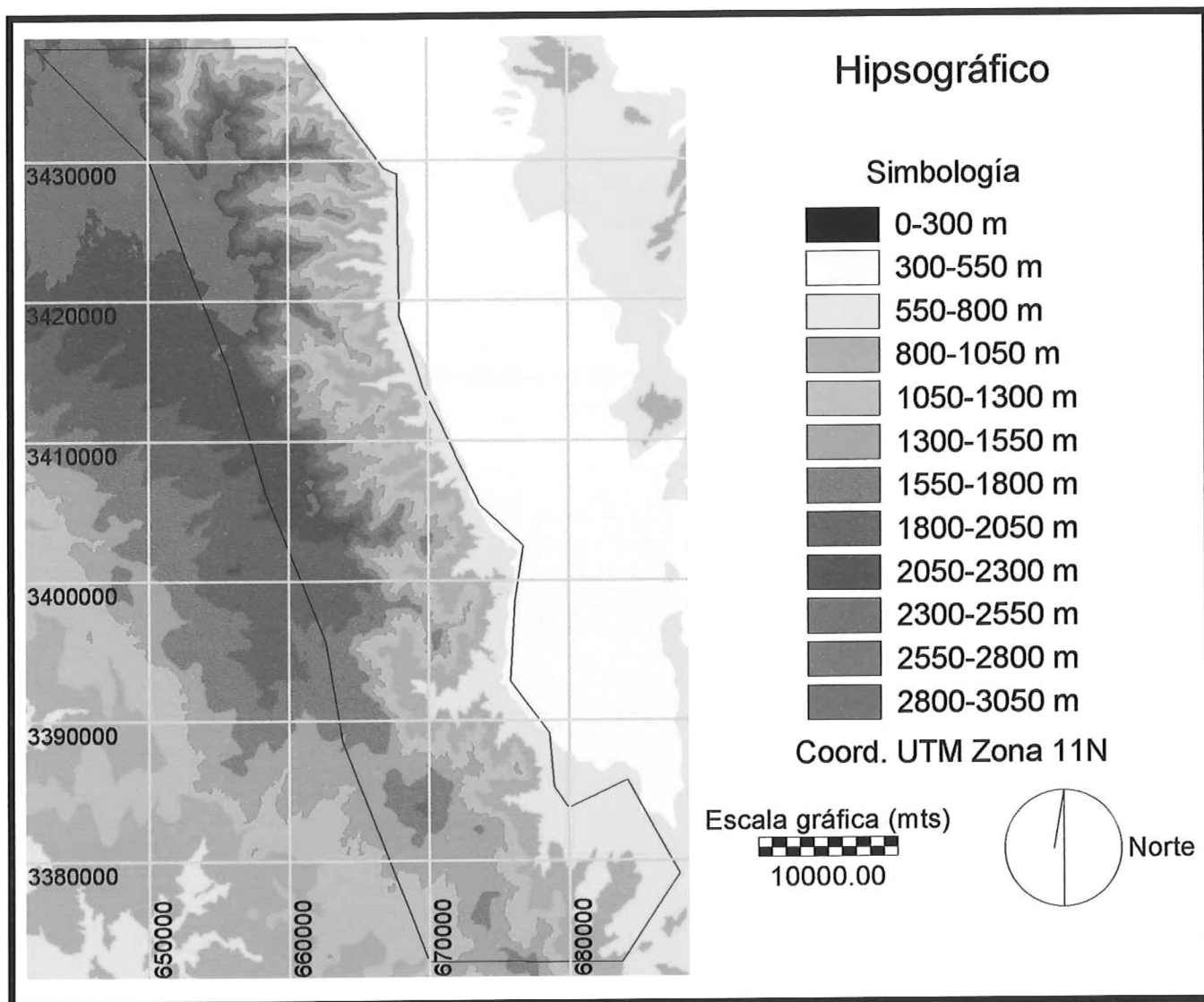


Figura 8.- Mapa hipsográfico del área de estudio, con cotas de nivel cada 250 metros.

6.3 Caracterización de los Escenarios.

Para cruzar la información de los escenarios con las variables de hábitat, primero se obtuvo una imagen a partir de vectores con los datos de evidencias, como puntos geográficos que integran cada escenario, y para cada escenario se hizo una imagen raster en el SIG.

La caracterización de los escenarios de acuerdo a las variables de hábitat, se obtuvo al cruzar la información digital de éstas con las imágenes de cada uno de los escenarios. El cuadro 7 presenta los valores de cada nivel de cada factor, que le corresponden a cada escenario.

Cuadro 7.- Caracterización de los escenarios de acuerdo a las variables de hábitat.

Escenario	Orientación	Pendiente	Rugosidad	Vegetación
1	3	1	1,2	4
2	1	1,3	1,3	2
3	3,4	1	2	4
4	1,2	1,2,3	1,2	2
5	3	1	1	1
6	4	3	3	2
7	1,2,4	1,2,3	2,3	2,4
8	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4,5	2
9	4	1	2	4
10	2,3,4	1	1,2	4
11	4	1	1	4
12	3,4	1	1,2	4
13	4	1	1	4
14	2,3,4	1	1,2	4
15	4	1	1	4
16	2,3,4	1,2	1,2,3	4
17	4	1	1	4

Se pudo observar claramente que el escenario 8 es el que presenta la mayor diversidad de niveles de las variables de hábitat, por el contrario 41% (7) de los escenarios presentaron un solo valor para cada variable, siendo notable que los escenarios 11, 13, 15 y 17, y 10 y 14 presentaron los mismos valores.

El nivel 4 de la variable orientación (orientaciones oeste-noroeste), fue el que se presentó con mayor frecuencia caracterizando a los escenarios, y en la variable pendiente el

tipo de pendiente 1 fue el que más se presentó caracterizando a los escenarios. Con respecto a la rugosidad, los tipos 1, 2 y 1 con 2 fueron los más frecuentes. Fue notable que ningún escenario se presentó en el tipo de vegetación 3 (chaparral) y que la mayoría se ubicó en el tipo de vegetación 4 (bosque de coníferas).

6.4 Área potencial de cada escenario.

Con las características de los escenarios, definidas por los niveles o clases de cada variable de hábitat, se hicieron las imágenes que representan el área potencial para cada escenario dentro del área de estudio y zonas aledañas. Como ejemplo, se presenta el área calculada para el escenario 1 en la figura 9, ya que el anexo 4 contiene todas las imágenes del área potencial para cada escenario.

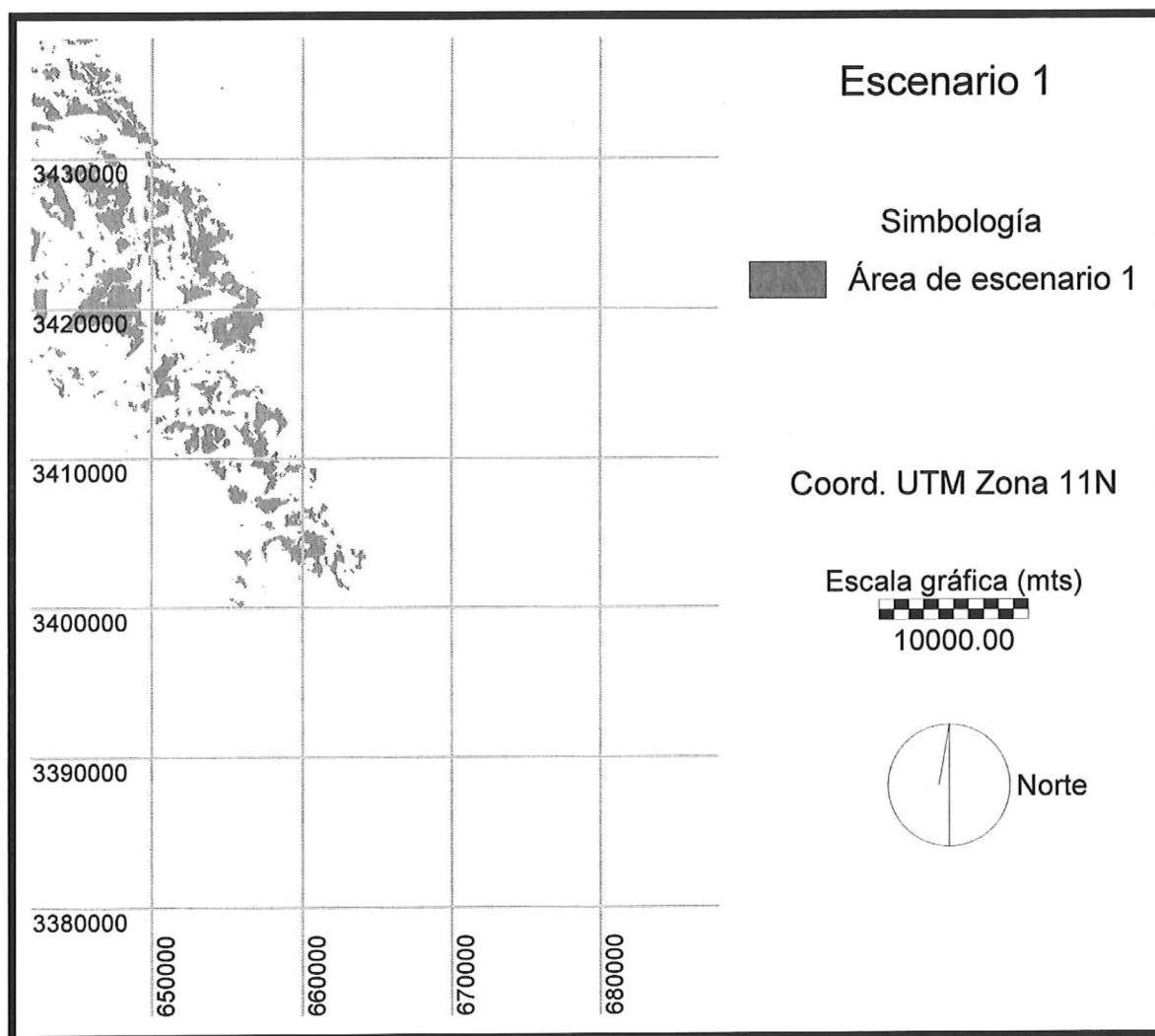


Figura 9.- Mapa que representa el área potencial calculada para el escenario 1.

En las imágenes obtenidas se puede apreciar que el escenario que ocupa la mayor área es el escenario 8, seguido por el 7 y el 4. Con relación a la ubicación del escenario en un rango altitudinal y por su ubicación en un tipo de ecosistema de montaña o de desierto (haciéndose referencia los nombres comunes del borrego cimarrón), se obtuvo que la mayoría se ubicaron en montaña (10), 4 en desierto y 3 en ambos.

Los escenarios 11, 13, 15 y 17, y 10 y 14 resultaron con un área potencial similar en extensión y ubicación.

6.5 Áreas favorables o de mayor probabilidad de ocurrencia de cada escenario.

Los datos obtenidos para los 17 escenarios y las características que definen cada uno (cuadros 6 y 7), se combinaron para obtener una matriz de datos que representa los niveles de cada variable de hábitat, para cada punto geográfico en cada escenario. Esta matriz se llevó al GLIM para realizar un segundo análisis, con el objetivo de obtener la importancia de cada factor, dada por el cambio de devianza total al ajustar ese factor y la probabilidad de ocurrencia de cada escenario, dada por los valores estimados del modelo lineal después de ajustar todos los factores. El cuadro 8 presenta los valores de devianza total por factor y el cuadro 10 muestra los valores de probabilidad de cada escenario, obtenidos con el modelo lineal generado.

Cuadro 8.- Importancia de cada factor, dada por el cambio de devianza.

Devianza Total = 107.31 Grados de Libertad = 88

Factor	Cambio de Devianza	Grados de Libertad	Porcentaje de explicación
Escenario	29.14	16	27.15
Rugosidad	19.41	4	18.09
Orientación	11.213	3	10.45
Pendiente	8.993	3	8.38
Vegetación	4.090	1	3.81
Sexo	0	0	0
Edad	0	0	0

En el cuadro anterior, se observa que el cambio de devianza es solo de 72.85 y 27 grados de libertad (67.89% del total), quedando 34.46 con 61 grados de libertad. Para reducir la devianza residual, se ajustaron las interacciones de primer orden entre el factor

escenario y las demás variables de hábitat, quedando una devianza residual de 9.1917 con 7 grados de libertad. El cuadro 9 presenta los valores obtenidos en las interacciones de primer orden.

Cuadro 9.-Cambio de devianza en interacciones de primer orden.

Interacción	Cambio de Devianza	Grados de Libertad
Escenario – Rugosidad	13.84	19
Escenario – Orientación	7.878	19
Escenario – Pendiente	3.550	16

Cuadro 10.- Valores de probabilidad de cada escenario.

Escenario	Probabilidad por Escenario (Modelo)
1	0.012739097
2	0.038217291
3	0.04458047
4	0.076434582
5	0.019102276
6	0.050962757
7	0.019108645
8	0.127390969
9	0.006369548
10	0.127390969
11	0.012739097
12	0.146493245
13	0.006369548
14	0.146499615
15	0.012739097
16	0.140123697
17	0.012739097

Después de los análisis anteriores fue posible conocer, de la misma forma como se obtuvo para cada escenario, la probabilidad proporcional con respecto al total, que correspondía a cada nivel de cada variable de hábitat. Conociendo esta información, fue posible obtener el área potencial que ocuparía cada escenario y la probabilidad asociada de que ocurra. En el anexo 5, se presentan las imágenes de probabilidad obtenidas. Básicamente éstas imágenes representan las áreas con mayor probabilidad de presencia de escenarios y se definen por los elementos de hábitat favorables para la presencia del

borrego, así un escenario con valor de probabilidad alto, representa un área más favorable para el borrego que un escenario con valor bajo.

Con el propósito de conocer las áreas con mayor probabilidad, debido a que ahí se presentan variables de hábitat que determinan la presencia de los animales y estas determinan en gran medida la probabilidad de un escenario, se sumaron todas las imágenes de probabilidad anteriores y se obtuvo una imagen que muestra las áreas de mayor probabilidad. Esta imagen es representada por la figura 10 y en ella se muestra que las áreas localizadas del parteaguas hacia el oeste en la SSPM, donde se encuentran los bosques de coníferas, algunas áreas del sur de la SSPM y otras más en la Sierra de San Felipe, son las que presentaron las mayores probabilidades.

El análisis detallado de esta imagen nos brinda como resultado principal, que las zonas de cañones tienen una gran amalgama de probabilidades, creando de alguna manera fragmentos de áreas con altas probabilidades rodeados de áreas de menor probabilidad. Las zonas con color amarillo y verde claro representan las áreas de menor probabilidad, y se localizan en las zonas más inaccesibles de la SSPM.

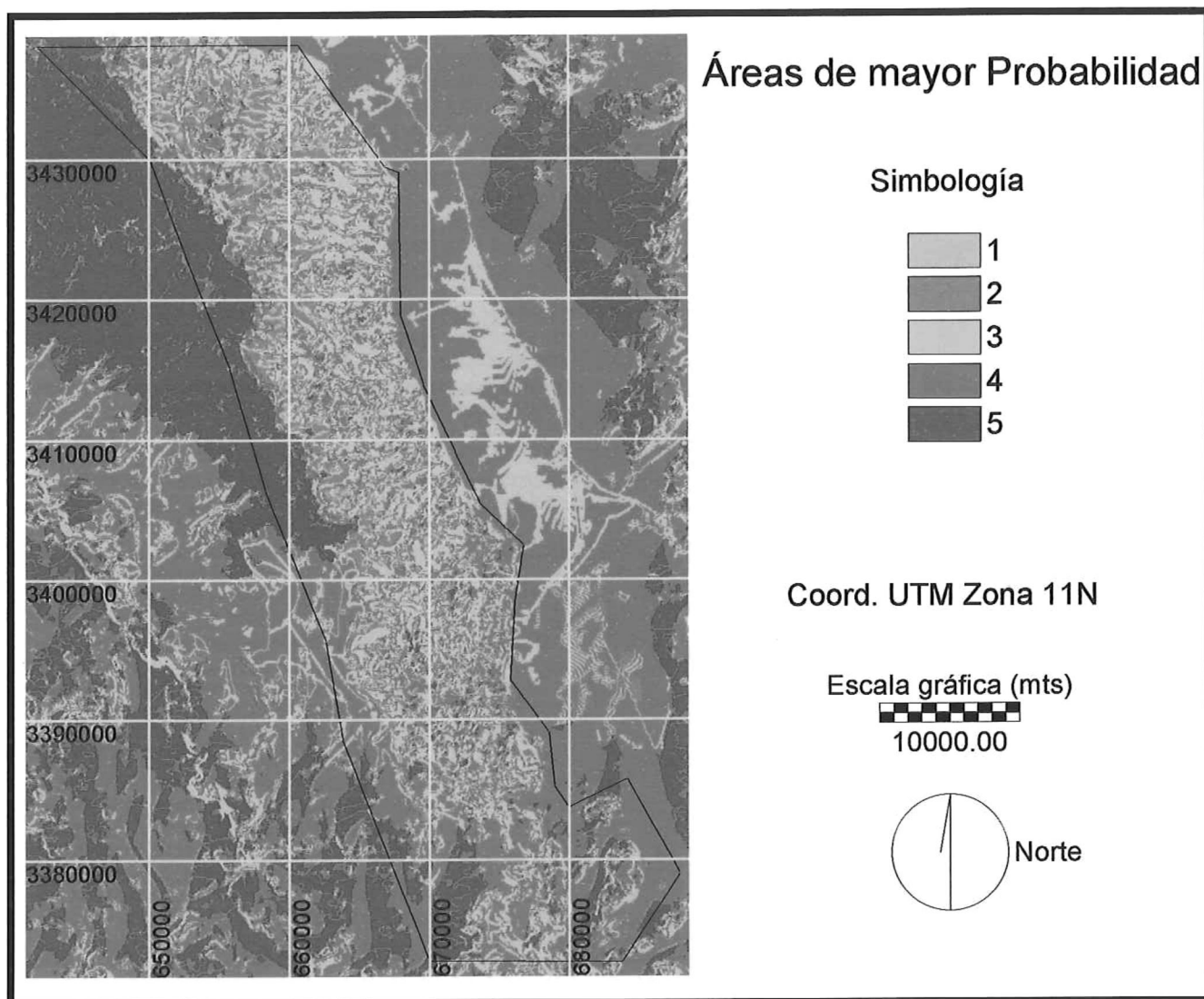
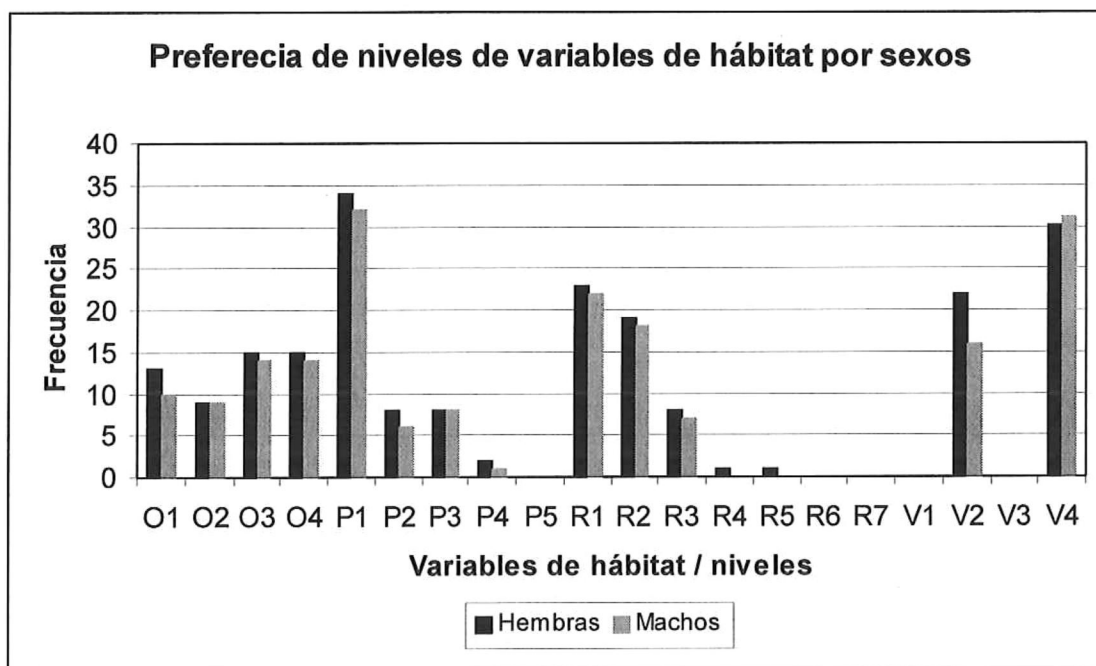


Figura 10.- Imagen que representa las áreas favorables o de mayor probabilidad en la SSPM. La escala es de menor (1) a mayor (5) probabilidad.

6.6 Otros análisis.

6.6.1 Caracterización de las evidencias de hembras y machos, en cuanto a las variables de hábitat.

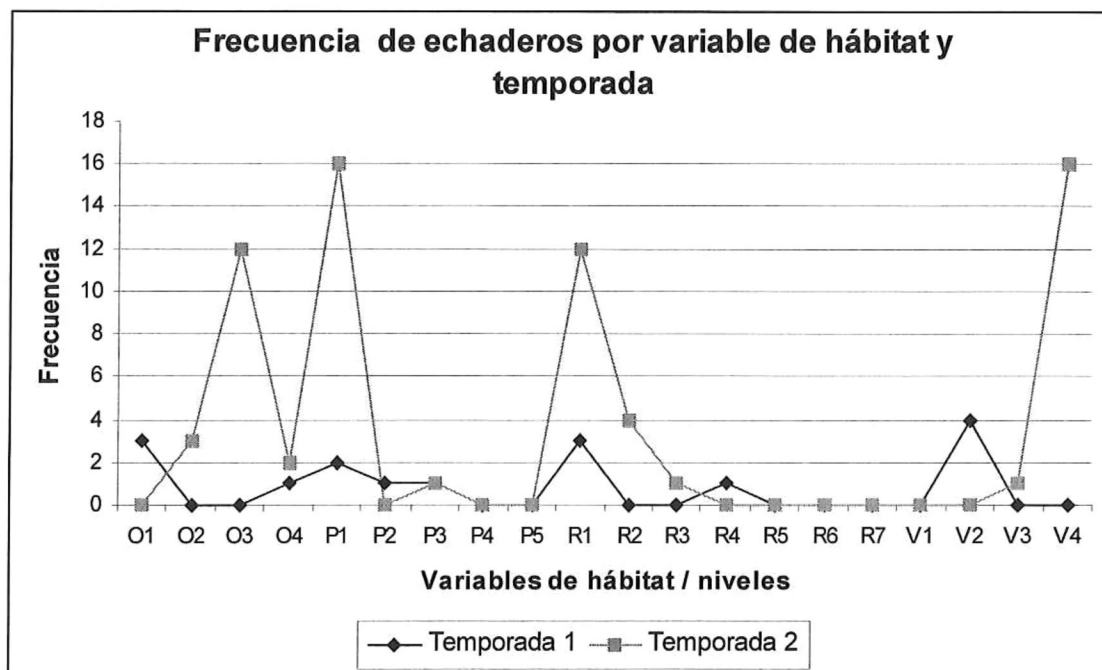
Se obtuvo el cruce de la información por separado, de los puntos geográficos que correspondían a evidencias de hembras, machos y echaderos con las variables de hábitat. Las figuras 11 y 12, presentan los resultados de estos análisis.



O1, O2, O3, O4	4 niveles de la variable Orientación
P1, P2, P3, P4, P5	5 niveles de la variable Pendiente
R1, R2, R3, R4, R5, R6,	7 niveles de la variable Rugosidad
V1, V2, V3, V4	4 niveles de la variable Vegetación

Figura 11.- Frecuencia de sexos por cada variable de hábitat.

En la figura anterior se puede apreciar, al comparar visualmente las barras que representan las frecuencias, que no hay una preferencia entre sexos hacia una variable de hábitat. Sin embargo se aprecia que en ambos sexos, dada una variable de hábitat, existe preferencia por alguno de sus niveles, así por ejemplo se encuentra que ambos sexos tienen preferencia por el tipo de vegetación 2 y 4, por la rugosidad 1 y 2 y por la pendiente 1.



O1, O2, O3, O4	4 niveles de la variable Orientación
P1, P2, P3, P4, P5	5 niveles de la variable Pendiente
R1, R2, R3, R4, R5, R6,	7 niveles de la variable Rugosidad
V1, V2, V3, V4	4 niveles de la variable Vegetación

Figura 12.- Frecuencia de echaderos por temporada y por cada variable de hábitat.

La figura anterior nos muestra una diferencia en el número de echaderos por temporada, siendo más abundantes en la temporada 2, que corresponde a los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre, estos sitios se caracterizan por presentar orientación 3 (sur-suroeste), pendiente tipo 1 (0-25%), rugosidad 1 y vegetación 4 (Bosque de Coníferas).

6.6.2 Caracterización biológica de los escenarios.

Con el objetivo de entender mejor e inferir los procesos biológicos que se podrían estar dando en cada uno de los escenarios, se trabajó con las imágenes de cada escenario, sobreponiendo una sobre otra. Se encontró que había varios escenarios que confluían en el espacio, por lo que se agruparon éstos y después de revisar la literatura especializada, se

procedió a dar una interpretación de su composición biológica y su convergencia espacial. Como resultado de lo anterior, se obtuvo la información que se presenta en el cuadro 11.

Cuadro 11.- Caracterización biológica de los escenarios.

Grupo	Escenario	Temporada *	Sexo	Edad	Tipo de hábitat	Posible interpretación
1	2	1	M	J	2	Grupo familiar
	6	1	H	J	2	
	8	1	H	A	2	
2	3	1	M	A	1 y 4	Grupo de pre-ruta O grupo de post-ruta
	1	1	M	J	1 y 4	
	7	1	H	A	1 y 4	
	5	1	H	J	1 y 4	
	14	1	H	J	1 y 4	
3	4	1	M	A	2	Grupo reproductivo Grupo de ruta
	8	1	H	A	2	
	6	1	H	J	2	
4	5	1	H	J	1 y 4	Grupo Familiar
	1	1	M	J	1 y 4	
	7	1	H	A	1 y 4	
5	6	1	H	J	2	Grupo solitario
	8	1	H	A	2	
6	14	2	H	J	1 y 4	Grupo de pre-ruta Grupo de post-ruta Grupo de ruta
	10	2	M	J	1 y 4	
	12	2	M	A	1 y 4	
	16	2	H	A	1 y 4	
7	16	2	H	A	1 y 4	Grupo Familiar Grupo de pre-ruta
	9	2	C	J	1 y 4	
	10	2	M	J	1 y 4	
	12	2	M	A	1 y 4	
8	17	2	H	A	3	Grupo de pre-ruta Grupo de post-ruta Grupo de ruta
	11	2	M	J	3	
	13	2	M	A	3	
	15	2	H	J	3	

* Temporada 1=Húmeda (de octubre a marzo) 2= Seca (abril a septiembre)

De los ocho grupos que se formaron, los primeros cinco pertenecen a la temporada 1 o húmeda y los otros tres a la temporada 2 o seca. La mayor parte de los grupos se presentan en el tipo de vegetación 2 y 5, y se agruparon todos los escenarios logrando definir, de acuerdo a la literatura, grupos familiares, de pre-ruta, post-ruta, reproductivo, de ruta y solitario.

VII. DISCUSIÓN

De acuerdo a la metodología seguida, y a los resultados obtenidos se discute lo siguiente:

7.1 Obtención de la información.

Los datos utilizados para la realización de este trabajo, consistieron casi en su totalidad de evidencias indirectas de la presencia del borrego en la zona de estudio. El uso de este tipo de datos resulta adecuado para el estudio de esta especie, ya que el terreno donde vive es agreste y los avistamientos son escasos. Al igual que lo afirman Montoya (1998) y Ayala (2000), la utilización de las evidencias indirectas sobre todo los grupos de excretas, resulta indispensable para el estudio del borrego cimarrón y su hábitat.

Sin embargo, para el tipo de estudios donde se involucran el uso de evidencias indirectas y Sistemas de Información Geográfica, es importante tomar en cuenta algunos aspectos adicionales, como: la escala de la información digital que se utilizará (variables ambientales), el hacer un buen diseño de muestreo para homogenizar el esfuerzo de muestreo en el área de estudio, conocer las características de identificación de la evidencia y el conocer el funcionamiento de los Geoposicionadores satelitales (GPS) para evitar errores en los parámetros de referencia geográfica (como el datum y la proyección).

Es importante considerar la fuente de información en el uso de evidencias directas, debido a que al analizar los datos de dichas fuentes se encontraron muchas inconsistencias y errores. Por ejemplo, los puntos geográficos provenientes de avistamientos realizados durante el censo poblacional por helicóptero en la SSPM en 1997 y 1999, no se utilizaron, ya que no correspondían a las coordenadas geográficas de la sierra y la información referente a las clases de edad, sexos e información de hábitat estaba incompleta; a pesar de que la generación de estos datos costo mucho dinero, no se han utilizado para la realización de un estudio específico o para tomar decisiones de manejo sobre la especie.

Con lo anterior se puede definir que el uso de evidencias indirectas contra directas, resulta más beneficioso, menos costoso y más confiable, y aunque se requiere invertir más tiempo a mediano plazo se puede obtener más información. Para ilustrar esto último, cabe

mentonar que los datos utilizados en este trabajo, se obtuvieron para realizar otros trabajos de tesis, que al analizarlos con otra metodología permitieron obtener los resultados antes descritos. La razón por la cual se utilizaron dichos datos, se fundamenta en que uno de los objetivos de un manejador de recursos naturales, debe ser no siempre generar la información, sino tener la habilidad de reunir, sintetizar y procesar información, que permita obtener resultados confiables que sirvan en la toma de decisiones. Por lo que creo que este último punto, se ha cumplido a satisfacción en el presente trabajo.

7.2 Organización y análisis de los datos.

El elemento crucial en la organización y análisis de los datos, fue la creación de escenarios por medio de la combinación de la información anexa a los puntos geográficos de las evidencias. El análisis de los escenarios con el GLIM, permitió encontrar los niveles de los factores que no presentaban diferencias, reagrupar los niveles de los factores y volver a generar escenarios. La herramienta de análisis "autofiltros" del programa Excel, fue muy importante para ahorrar tiempo y esfuerzo, así como para coadyuvar en la síntesis de la información. El uso coordinado de los autofiltros (que no es más que una herramienta simple de análisis de bases de datos), el GLIM y el SIG, resultó ser una herramienta metodológica muy poderosa para el análisis de los elementos del hábitat del borrego cimarrón y quizás para otras especies también.

El programa de cómputo SIG que se utilizó fue IDRISI32 versión Release two, este software resultó ser muy versátil debido a que contiene módulos independientes para el análisis de los datos y permite manejarlos coordinada o independientemente, eliminando las llamadas "cajas negras", que impiden saber como funcionan y que operaciones realizan los programas de cómputo al analizar los datos. Pese a que se recibieron diversas opiniones negativas acerca de este programa de cómputo, se considero adecuada su utilización para el desarrollo de esta metodología. Además la metodología que se aplicó, no depende de la utilización de algún software específico.

Respecto a los primeros resultados obtenidos al analizar y organizar los datos, se encontró que las frecuencias de los primeros 41 escenarios fueron muy variables¹, al igual

¹ Referencia cuadro 2

que las frecuencias que resultaron al reducir el número de escenarios a 17², lo que indica que la variabilidad de los datos se mantuvo, a pesar de que el número de escenarios se redujo. Esta reducción en el número de escenarios, se debió al no encontrar diferencias significativas entre las fechas 2 y 3, y 1 y 4; la edad 1 y 2; y el tipo de hábitat 1 y 4. La similitud entre las fechas 2 y 3, tiene fundamento en que esas fechas corresponden a los meses de temporada seca en la SSPM y las fechas 1 y 4, corresponden a los meses de la temporada húmeda, así los datos obtenidos son congruentes con los procesos climáticos en la SSPM.

La edad 1 (crías) y la edad 2 (jóvenes) tampoco mostraron diferencias en el análisis de t-student, lo anterior se pudo deber a 2 cosas: 1) posiblemente a que los indicadores de edad para las evidencias indirectas (que fue el tamaño de las excretas), y para las evidencias directas (que fueron pocas observaciones directas), no fueron adecuados; o 2) a que de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia en el área de estudio, estas evidencias se comportan de manera similar, reflejando así la utilización de sitios de hábitat similares o una baja mortalidad entre estas dos clases de edad, manteniéndose el número de individuos entre estas dos clases durante un ciclo reproductivo.

Esto último concuerda con los datos de varios investigadores que mencionan que el borrego sufre la mayor mortalidad en la edad de crías (Hansen, 1980b; Krausman, *et al.*, 1999;), y por otro lado otros estudios afirman que los jóvenes y los corderos que no son destetados, permanecen con sus madres en los terrenos más agrestes del sitio donde habitan evitando con ello la depredación (Bleich, *et al.*, 1997; Krausman y Shackleton, 2000; Shackleton, 1999), fortaleciéndose así la idea de que el número de individuos entre estas dos clases de edad se mantiene. Además de lo anterior, algunas poblaciones de borrego pueden presentar dos ciclos reproductivos en un año (Ayala, 2000) o pueden nacer corderos en cualquier mes del año (Gildard, 1999), brindando la oportunidad de que las clases de edad de crías y jóvenes se asemejen en frecuencia dentro de los grupos, durante alguna época del año.

Con respecto a la veracidad de las variables de hábitat obtenidas por medio de los MDET en el SIG, ésta no fue rigurosamente verificada en campo, sin embargo se

² Referencia cuadro 6

verificaron algunos puntos con la información de campo, encontrando congruencia entre los valores reales y los de las variables ambientales generadas.

La obtención de las variables ambientales a partir de la información digital, es un punto medular en la metodología que define la escala y la calidad de los resultados. Con lo anterior, se quiere enfatizar que en este trabajo se utilizó una escala aproximada de 1:250,000, de acuerdo a la extensión del área de estudio y de la movilidad de los borregos. Es posible modificar la escala de estudio, utilizando datos digitales con mayor resolución sin modificar la metodología propuesta, por lo tanto esta metodología tampoco depende de la escala. También es posible utilizar otras variables ambientales (por ejemplo pedregosidad, índice normal de vegetación, fuentes de agua, etc.) y la metodología tampoco cambiaría, solo cambiarían los resultados y el enfoque del estudio. Como ejemplo, en este trabajo se utilizó una escala, delimitación y clasificación de los tipos de vegetación, que puede variarse según convenga.

Si bien la obtención de las variables ambientales es importante y define varias características de los resultados, el modelaje cartográfico (que no es más que la combinación de la información de las variables ambientales) es lo más importante en el análisis, debido a que la relación de estas con la presencia del borrego y la temporalidad de su presencia, define el uso que hace del hábitat.

De acuerdo al análisis de la información digital y después de la obtención de las variables ambientales, se pudo comprobar que la parte central de la sierra, es decir en los cañones, existe una gran heterogeneidad ambiental, que brinda una gran oferta de condiciones a los borregos, proporcionando quizás sitios donde pueden "satisfacer" todas sus necesidades y evitar que los grupos se desplacen grandes distancias.

7.3 Caracterización de los escenarios.

Anteriormente se describió acerca de la organización de los datos en escenarios, pero ¿qué es un escenario? y ¿porqué construirlos?. De acuerdo al uso del GLIM se conceptualizó el arreglo de las matrices de entrada de los datos, como una combinación de los niveles de las variables involucradas en el análisis, y como variable de respuesta la frecuencia de ocurrencia de cada combinación.

Al caracterizar los escenarios de acuerdo a las variables ambientales, se encontró que algunos escenarios eran muy heterogéneos y otros muy homogéneos³. Lo anterior puede deberse en gran parte al área potencial que ocuparía cada escenario, por ejemplo, se encontró que el escenario 8 es el más heterogéneo y es el que ocuparía la mayor extensión (1669.75 Km²)⁴. Esto hace pensar que los escenarios con mayor extensión, tienen una mayor oferta de variables ambientales para los borregos. Sin embargo la heterogeneidad del escenario 8 también podría explicarse por tener una alta frecuencia de aparición y abarcar más sitios dentro del área de estudio, que abarcarían más condiciones ambientales, aunque el escenario 8 no fue el más frecuente⁵. Los escenarios que presentaron mayor frecuencia, también son heterogéneos pero no tienen una extensión mayor a la de éste. En resumen, los resultados obtenidos al respecto pueden indicar que la heterogeneidad de un escenario no esta en función al tamaño del área potencial, ni a la frecuencia del escenario, más bien responde a características de preferencia del borrego por esas condiciones, brindando veracidad a la formulación de escenarios y a la caracterización de estos en el trabajo. Si los borregos eligen los sitios por la presencia de una variable ambiental específica, indica que esta variable o nivel de ésta es o puede ser un factor promotor del movimiento del borrego a esa zona.

Los escenarios (11,13,15 y 17, y 10 y 14) que presentaron los mismos valores de variables ambientales, y que por resultado confluyen en el espacio y tienen la misma extensión, se presentan en la fecha 2 (temporada seca). Para el primer caso (11,13,15 y 17) se tiene que se presentan en el tipo de hábitat 3 y para el segundo caso (10 y 14) se presentan en el tipo de hábitat 1. La explicación a su similitud puede deberse a factores de tipo biológico (reproducción, cortejo, nacimientos) o a factores de tipo ambiental (fuentes de agua, fuentes de minerales, forraje específico). Se puede decir que el "primer conjunto" podría representar a grupos de ruta, pre-ruta o post-ruta⁶; mientras que el "segundo conjunto" podría representar a los mismos tipos de grupos, pero en otro tipo de hábitat,

³ Referirse al cuadro 7

⁴ Referirse al anexo 4

⁵ Referirse al cuadro 6

⁶ Referirse al cuadro 11

brindando indicios de una dinámica biológica simultánea, pero en diferentes sitios de la SSPM, pareciéndose esto un poco a las llamadas subpoblaciones de una metapoblación.

Particularizando sobre los niveles de las variables ambientales, fue notable que ningún escenario se presentara en el tipo de vegetación 3 (chaparral), lo anterior se debe a que los sitios de muestreo con este tipo de vegetación fueron pocos y a lo que mencionan Krausman, *et al.*, 1999; Krausman y Shackleton, 2000; Wilson *et al.*, 1980, que el borrego evita las áreas de vegetación cerrada como el Chaparral. La ocurrencia de un escenario en el tipo de vegetación 1 (Matorral Micrófilo), que se localiza en zona de valles desérticos y donde no hay pendientes pronunciadas o zonas rocosas (terreno de escape), pudo deberse a que en la parte sur de la sierra, este tipo de vegetación y topofomas que caracterizan este escenario, se pueden encontrar en gran parte de la extensión de los cañones, ya que estos son más abiertos y con pendientes menos pronunciadas que los cañones del norte de la SSPM.

El análisis de los resultados sobre los niveles de las variables de hábitat que caracterizaron a los escenarios, en conjunto con las imágenes obtenidas, define que las zonas más heterogéneas son aquellas que se encuentran en la parte media de la sierra, entre el parteaguas y la base de ésta en el desierto, es decir en la "zona de cañones". Lo anterior reviste importancia para la conservación de las poblaciones, debido a que estas zonas son casi inaccesibles, desde el este o el oeste, asegurando con ello un mínimo o nulo disturbio a las poblaciones que allí se distribuyen. Esto podría reflejar en un cierto sentido, la existencia de subpoblaciones en la SSPM, si esas zonas brindan refugio y una diversidad de condiciones ambientales a los borregos, estos se mantendrán ahí, moviéndose ocasionalmente a otras zonas con el propósito de aparearse, o colonizar otras zonas. Lo anterior se sustenta en los datos obtenidos mediante los recorridos de seguimiento de los animales marcados con radiocollares desde 1999, esta información aún no publicada, brinda evidencias de que los animales marcados no se han movido de la zona donde se capturaron a otras zonas de la SSPM; por ejemplo, animales marcados en el sur de la SSPM, no se han detectado en la parte central o en la parte norte, siendo que la distancia de recorrido a estas zonas es adecuada para una especie como el borrego.

Lo anterior se apoya también en el trabajo de Simmons (1980), quién menciona que un hábitat heterogéneo, puede proporcionar al borrego todos los "satisfactores", evitando que este se mueva a otras zonas, excepto cuando lo hace con fines de reproducción o colonización de nuevos ámbitos hogareños. Adicionalmente Gildart (1999), menciona que el borrego durante toda su vida, no se mueve a más de 5 a 10 millas de su lugar de nacimiento, aunque existen animales que han presentado movimientos excepcionalmente grandes.

7.4 Área potencial que ocupa cada escenario.

Las imágenes que representan el área potencial de cada escenario ponen en evidencia que varios escenarios se "traslapan", ya que al caracterizarlos obtuvieron valores similares de las variables de hábitat. El caso anterior se presenta con los escenarios 11, 13, 15 y 17, y 10 y 14, para el primer caso el área traslapada es de aprox. 43.7546 Km², mientras que para el segundo es de aproximadamente 277.6731 Km², lo que suma un total de 321.4277 Km², constituyendo el 10.1% del área total analizada. Como antes se mencionó, estos escenarios han presentado diversos grados de similitud en las características del hábitat y en el área que ocupan, sin embargo aunque presentan los mismos factores de hábitat, éstos no tienen la misma importancia en cada uno de estos escenarios debido a que al calcular sus probabilidades éstas no son similares.

Las áreas potenciales que representan cada escenario son muy disímiles, existiendo escenarios que son 2 o 3 veces más grandes que otros. Una consecuencia posible a la existencia de áreas de hábitat grandes, puede ser una mayor población de animales en el sitio, es decir, una relación lógica muy utilizada "Entre más hábitat, más borregos", sin embargo muchos estudios han demostrado que el borrego cimarrón no incrementa en proporción directa a la cantidad de hábitat disponible, a causa de la variación en la calidad del hábitat (Krausman y Leopold, 1986).

Los puntos geográficos de las evidencias del borrego en la zona representan el hábitat real del borrego en la SSPM, mientras que el área potencial de cada escenario representa el hábitat susceptible de ser usado por el borrego en la SSPM.

7.5 Áreas favorables o de mayor probabilidad.

El factor escenario explica principalmente la variación de los datos, esto debido a que era el factor más fragmentado de la matriz y el que tenía más grados de libertad, además esto apoyó la formulación de los escenarios, buscando con ello poder definir asociaciones de los datos que fueran diferentes entre sí y pudieran representar algún evento biológico de la especie en estudio.

El factor Rugosidad fue el segundo en explicar la variación de los datos, esto es razonable debido a que si se analiza la fórmula de rugosidad⁷, ésta contiene la orientación, la pendiente y la combinación de ambas; además en la literatura revisada, el término rugosidad es frecuentemente asociado al terreno de escape, y cuando la rugosidad tiene valores altos, se asocia a terreno favorable para el borrego. Lo anterior es importante, ya que no se tenía la seguridad de si el factor rugosidad debía ser incorporado al análisis, sin embargo con los recorridos de campo se comprendió que puede ser una variable medible en campo y un elemento de hábitat importante para el borrego. Es importante resaltar que los factores orientación y pendiente por sí solos, también tienen importancia en explicar la variación de los datos, es decir ciertos sitios pueden ser preferidos por el borrego debido a los valores que presentan esos factores (orientación norte, pendiente 50%, etc.).

En contraste con los anteriores, se observó que los factores sexo y edad, no explicaron la variación de los datos por sí solos, pero estaban incluidos en el factor escenario. Los factores que determinar mayormente la variación de los datos (frecuencia), pueden estar representando los factores que promueven el movimiento de los borregos a esas zonas.

Para apoyar lo anterior, se encontró que la interacción de factores que mejor explica la variación de los datos fue la de escenarios y rugosidad, los dos factores que por si solos explican mejor la variación de los datos.

De los 17 escenarios, el número 14 fue el que resultó con la mayor probabilidad de ocurrencia en el área de estudio⁸. Esta probabilidad que se presenta es con relación a 1 ó 100%, debido a que se buscó conocer cuales eran las áreas con la mayor probabilidad de

⁷ Referencia al índice, punto 5.3.3.

⁸ referencia al cuadro 10

ocurrencia de escenarios con respecto al área total de análisis. Es importante relacionar las probabilidades con sus características y la extensión que ocupa cada escenario, por ejemplo, el escenario 8 fue el más heterogéneo de todos y no fue el que tuvo la mayor probabilidad, aunque si es el que tiene la mayor extensión. Lo anterior indica que la probabilidad es independiente a la extensión y al número de niveles de la variable de hábitat que tenga cada escenario este resultado es similar al encontrado en el análisis de la heterogeneidad de los escenarios.

Esta probabilidad calculada es definida por la proporción de explicación que brindó cada nivel de la variable a la variación total dentro de cada escenario, el nivel de la variable determina la probabilidad de ocurrencia de los escenarios en la zona y en la medida de importancia del nivel, el escenario puede tener una probabilidad alta o baja, sin importar la extensión o el número de niveles. Debido a ello, escenarios "medianamente" heterogéneos, pueden tener probabilidades altas ya que alguno o varios de los niveles de las variables que los caracterizan, determinan en gran medida la existencia de ese escenario en esa zona.

La combinación de todos los escenarios y sus probabilidades, incluyendo las zonas de traslape, se combinaron para obtener una imagen⁹ en la que se observa que las zonas con mayor probabilidad no se encuentran en los cañones, y que estos presentan una gran heterogeneidad de probabilidades. Pero si a esa imagen se le hace un acercamiento en las zonas de cañones, se puede apreciar que es un gran entramado de probabilidades, lo que brinda nuevamente la posibilidad de plantear que en esas zonas existen subpoblaciones o grupos poblacionales de borregos, que pueden llevar una dinámica independiente unos de otros y que ocasionalmente intercambian individuos por razones de colonización o reproducción. Lo anterior concuerda con Bleich *et al.* (1990), quienes mencionan que los grupos de borregos se distribuyen naturalmente en fragmentos, y que estos fragmentos se localizan entre zonas de hábitat no adecuado, propiciando una distribución fragmentada y como una Metapoblación. Al respecto Simmons (1969), menciona que se puede considerar que el borrego en su distribución actual no es migratorio, aunque existe una migración gradual de algunos individuos entre los grupos.

⁹ referencia a la figura 10

Otros resultados que llaman fuertemente la atención, son que los sitios con probabilidad más alta se encuentran en la zona de bosque de coníferas, en la parte alta y hacia el oeste de la SSPM, precisamente donde no se han encontrado rastros de la presencia del borrego, sin embargo esta zona puede representar un hábitat susceptible de ser usado por el borrego. Tratando de interpretar estos resultados y de acuerdo a la información obtenida de los lugareños, se piensa que el borrego en el pasado se distribuía en esas zonas (Vallecitos, La Grulla, La Encantada, por citar algunos) y que por efecto de las actividades humanas (apertura de caminos, introducción de ganado, minería, etc.) el borrego movió su distribución restringiéndose a la porción este del parteaguas de la SSPM.

El argumento anterior puede ser apoyado con el trabajo de Chamudis (2001), quién encontró que los borregos presentaban evidencias de haber sufrido enfermedades propias del ganado; pensando en ese posible contacto entre las dos especies, lo más factible fue que se hubiera dado en abrevaderos y fuentes de agua permanentes que se encuentran en algunos de los valles que se ubican cerca del parteaguas. Se tienen reportes de que en el pasado (mediados del siglo pasado), estas zonas registraron gran actividad de ganadería, con los movimientos de hatos de borregos entre la frontera con Estados Unidos y la SSPM. Además, la ganadería en la parte este de la SSPM, donde se ubican los grandes valles desérticos y los cañones escarpados, no se ha realizado "cuesta arriba" es decir subiendo el ganado por los cañones a la sierra, ya que el forraje, el clima y la topografía son adversos para el ganado.

En la figura 10, las áreas sur y sureste tienen en general probabilidades de 4 (la más alta es 5), resultado similar al encontrado por Lara, *et al.* (1999), quienes mencionan que esas mismas zonas tienen probabilidad alta de presencia y movimiento del borrego. Sin embargo, durante los recorridos de campo no se encontraron evidencias de la presencia y movimientos de borrego en la zona, a pesar de que existen muchos relatos de lugareños y gente que ha estado en la zona por muchos años, que dicen que a mediados del siglo pasado ocurrían movimientos de borrego entre la SSPM y la Sierra de San Felipe, precisamente en esta zona sur-sureste de la SSPM.

La ausencia del borrego en estas zonas, se puede deber a la presencia constante de vehículos durante todo el año, llegándose a incrementar cuando la ruta de carreras de

vehículos fuera de carretera pasa por ahí, evitando quizás los posibles movimientos de borregos en el sitio. Además ésta "posible zona de paso" ha sido transformada con el desarrollo de cultivos agrícolas (hortalizas, forrajes, etc.), cercas para delimitación de ranchos y potreros, y zonas de pastoreo para ganado caprino y bovino, entre otros. Geist (1999) menciona que algunos de los disturbios para las poblaciones de borregos pueden ser los depredadores, la presencia de humanos, vehículos, aviones y las actividades cinegéticas, inclusive reporta que los grupos de borregos sometidos a una perturbación pueden ausentarse de los sitios, desde unos días a unas semanas o no regresar.

Por lo anterior es muy importante el análisis de las fuentes de disturbio para el borrego en futuros trabajos, para poder tener así una visión más clara de la relación del borrego con su hábitat y saber cuales zonas pueden perder su "calidad" debido a los disturbios ahí presentes.

7.6 Caracterización de las evidencias de machos y hembras con las variables de hábitat.

Se encontró que ambos sexos utilizan los niveles de las variables ambientales de forma similar así como también que existe preferencia por el uso de algunos de los niveles de la variable. Lo anterior indica que la respuesta de ambos sexos a los diferentes ambientes y condiciones en la SSPM es la misma, quizás porque los procesos de adaptación de esta especie a los ambientes particulares de la sierra, han generado que ambos sexos estén por igual adaptados, no inclinando las probabilidades de sobrevivencia hacia uno de los sexos.

Si existiera una condición de hábitat que favoreciera a alguno de los sexos, se evidenciaría en la preferencia de alguna variable o nivel de esta; el no encontrar una preferencia sugiere que la proporción de sexos en la SSPM es aproximadamente de 1:1 (1 macho por 1 hembra), esto concuerda con los resultados encontrados por Ayala (2000), en su estudio que se desarrollo en las mismas localidades de la SSPM. Lo anterior sugiere que los datos obtenidos mediante censos por helicóptero realizados en la SSPM en 1992, 1995 y 1999, donde reportan para la SSPM una proporción de sexos de 0.63 machos:1 hembra en 1992, 0.66 machos:1 hembra en 1995 y 2.55 machos:1 hembra en 1999 (DeForge, *et al.*, 1993; Lee y Mellink, 1996; Alaníz, *et al.*, 1999), pueden ser resultados no confiables y

que la técnica de censo por helicóptero quizás no sea la mejor para determinar estos parámetros poblacionales, ya que causa disturbio a las poblaciones de borregos y viola los supuestos fundamentales de los estimadores poblacionales comúnmente utilizados en los estudios de conservación de grandes mamíferos (Bleich *et al.*, 1994). Lo anterior no implica que este estudio brinde una opción de cálculo mejor, simplemente aporta un argumento de controversia a dichos resultados.

7.7 Frecuencia de echaderos por variable de hábitat y temporada.

La temporada 2 (de abril a septiembre) presenta una mayor frecuencia de echaderos que la temporada 1 y los sitios donde se ubican los echaderos se caracterizan por tener una orientación 3, pendiente 1, rugosidad 1 y vegetación 4. Esto indica que en esa temporada los sitios son elegidos por los borregos en las partes altas (que es donde se encuentra el bosque de coníferas = vegetación 4), para descanso y resguardo de las condiciones de clima extremos que se presentan en las zonas bajas durante esos meses. Este resultado es similar al que encuentran Shannon *et al.* (1975), quienes mencionan que los borregos se mueven a regiones alpinas en los meses cálidos y secos.

La relación entre la orientación y la temporada en la que fueron más frecuentes los echaderos, puede darse en los factores de posición geográfica y latitudinal de la sierra con respecto a la incidencia solar en el área de estudio (Faye, 1974), relación que sería interesante continuar investigando.

Otra explicación del porque se encontró mayor frecuencia de echaderos en la temporada 2 que en la 1, puede ser la toma de datos asociada a condiciones ambientales: regularmente en la época de calor y seca, se trabajó en la parte alta de la sierra ya que en las zonas bajas, las temperaturas son muy altas y dificultan el trabajo de campo; mientras que en la temporada 1, las partes altas se cubren de nieve y las temperaturas son muy bajas, además de que la nieve cubre gran parte de estas zonas, ocultando los echaderos existentes o promoviendo que los animales se muevan hacia las partes bajas. Por lo anterior y debido a lo particular del terreno o a que hay una mayor frecuencia de echaderos, la localización de echaderos en las zonas altas siempre fue mucho más sencilla, logrando así obtener una mayor cobertura del área y un mayor registro de echaderos en la temporada 2.

Referente a lo anterior Hansen (1980), menciona que los echaderos se eligen con cuidado, generalmente cerca de picos, de cordilleras o en algún lugar donde se pueda observar gran parte del territorio, así los animales pueden escapar, hacia arriba o hacia abajo. Haciendo relación de ésta afirmación con los sitios de estudio, se encuentra similitud en cuanto a que la mayoría de los echaderos localizados se ubicaron en las partes altas, donde se tenía una dominancia visual del terreno, y cerca de "bajadas" o senderos escarpados cuesta abajo, que los animales pueden utilizar para bajar rápidamente y escapar del lugar.

Los resultados obtenidos en este análisis sugieren, que los borregos pueden estar moviéndose en sentido altitudinal o longitudinal por los cañones, además es posible que un animal con las características del borrego cimarrón, pueda desplazarse sin problema alguno por todo un cañón de la SSPM, desde su parte baja o desértica hasta la más alta, donde se encuentra el bosque de coníferas; si esto resultara así, sería importante considerar al cañón o a la microcuenca hidrológica, como unidad de estudio para el borrego. Estos movimientos verticales han sido observados en California y Nevada (Simmons, 1980). Montoya (1998), también menciona la posibilidad de que se pueda estar presentando este fenómeno en la SSPM.

Este análisis permite conocer, de cierta manera, el patrón de movimientos espacio-temporales del borrego en la SSPM.

7.8 Caracterización Biológica de los escenarios.

La organización social del borrego incluye la formación de grupos de sexos, la composición de éstos en general consiste en grupos de machos, hembras, corderos y jóvenes del año o dos años anteriores, segregados sexual y espacialmente; durante la época de apareamiento los machos se unen a los grupos de hembras-jóvenes mientras dura la ruta, que usualmente sucede en el ámbito hogareño de las hembras. La segregación de sexos reduce la competencia intraespecífica por forraje y el estrés nutricional en la lactancia por la interacción de hembras y machos (Krausman *et al*, 1999).

Por lo anterior, el análisis que aquí se discute tiene implicaciones importantes para el manejo de la especie, además de que no existen antecedentes al respecto. Es importante

corroborar la información obtenida, con datos de campo y sobre todo mediante la realización de estudios de comportamiento del borrego en la SSPM. La determinación de la posible interpretación del evento biológico que sucede en cada escenario, se hizo con base al sexo y edad que representa cada escenario, definiendo así 8 grupos¹⁰. Estos grupos se pueden denominar como "grupos socialmente funcionales". El hecho de que los mismos grupos se presentan en ambas temporadas y en lugares distintos de la SSPM, indica que quizás existen grupos de animales con dinámicas similares y que debido a la heterogeneidad de ambientes anteriormente descrita, pueden constituir subpoblaciones o grupos poblacionales independientes.

Con base en la literatura revisada y en relaciones lógicas de organización social y comportamiento del borrego, se lograron definir grupos de escenarios, a los cuales se les asignó una función biológica. A continuación se discuten los argumentos que llevaron a la asignación de esa función biológica para cada grupo:

Grupos 1 y 4 = Grupos Familiares. Se determinó esto debido a que lo integran 3 escenarios donde se presentan machos y hembras jóvenes y hembras adultas.

Grupos 2, 6 y 8 = Grupos de pre-ruta o de pos-ruta. En este grupo se encontraron hembras y machos jóvenes y hembras y machos adultos. La presencia de machos adultos indica que la época de ruta va a comenzar, ya que estos están reuniéndose con las hembras, o que la ruta está terminando y que los machos están por retirarse.

Grupo 3 = Grupo reproductivo o de ruta. El encontrar en este grupo a hembras jóvenes y adultas con machos adultos, indica que están en el periodo de apareamiento. Las hembras jóvenes pueden aparearse antes que los machos jóvenes, tomando partida en la ruta o manteniéndose cerca de las hembras adultas cuando esta sucede.

Grupo 5 = Grupo solitario. En él se presentaron solo hembras jóvenes y adultas. Este grupo puede representar un grupo familiar sin machos o un grupo familiar del cuál se acaban de separar los machos jóvenes que van a comenzar a participar en actividades de apareamiento (Leslie y Douglas, 1979).

Grupo 7 = Pre-ruta o familiar. Aquí se agruparon hembras jóvenes y adultas, machos jóvenes y adultos y crías. La definición como de pre-ruta se debe a que se

¹⁰ Referencia al cuadro 11.

encuentran machos adultos, que solo se unen a los grupos de hembras-jóvenes cuando se va a dar comienzo y durante la ruta, y a que es el único grupo que contiene crías, que posiblemente fueron concebidas en el periodo de ruta anterior por algunas de las hembras del grupo; esto se apoya con el trabajo de Ayala (2000), quién sugiere la existencia de 2 picos reproductivos en la SSPM. La definición como grupo familiar se puede dar considerando que los machos adultos que ahí se encuentran, son machos que ya son socialmente maduros, pero que aún no se han disociado de sus madres (Krausman *et al*, 1999).

Es notable que no se encontraron grupos compuestos únicamente por machos, y se pudo deber a que los sitios de muestreo no se ubicaron en los lugares donde se encuentran la mayor parte del año los machos sexualmente activos, lugares que pueden ser muy agrestes y lejanos a los de las hembras. La interpretación anterior se apoya con lo que menciona Geist (1999): "Los machos adultos pueden utilizar áreas que las hembras y corderos no pueden", afirmando además que: "Las hembras y jóvenes siempre están más asociados a las áreas cercanas al terreno de escape que los machos, y tienen ámbitos hogareños más pequeños"; "A causa de que los machos adultos son corredores muy capaces, pueden vagar más lejos e ir a sitios de alimentación menos seguros que los que utilizan las hembras".

Montoya (1998), menciona también esta diferente distribución espacial de los grupos de hembras y jóvenes y los de machos, encontrando que en las zonas de altitud mayor a 920 m.s.n.m. se pueden encontrar grupos mixtos, que pueden ser grupos familiares, y por debajo de estas áreas, se encuentran grupos de machos adultos.

Algunas de las afirmaciones anteriores, pueden explicar el porque no se encontraron grupos compuestos por puros machos e inclusive definir que los sitios de muestreo en este estudio, incluyen en gran parte los ámbitos hogareños de las hembras. Sería interesante incluir más sitios de muestreo en la parte central de los cañones, zonas descritas anteriormente como muy heterogéneas de acuerdo a los elementos de hábitat que contienen, ya que en estos lugares se pueden estar concentrando los grupos de machos adultos. Cabe resaltar, que estas zonas son las de más difícil acceso en la zona y es en donde los

lugareños, reportan grupos de machos y el mayor número de avistamientos de machos en la SSPM.

La relación del tipo de hábitat¹¹ con los "grupos socialmente funcionales" definidos, refleja de nuevo que existen grupos de individuos que están realizando actividades similares en sitios diferentes, y que de acuerdo a la temporada del año (húmeda o seca), ciertas actividades se realizan en el tipo de hábitat (TH) 3 o 4, en los TH 1 y 4 se presentan "grupos socialmente funcionales" en ambas temporadas del año.

De todo lo anterior, se puede resumir que el análisis de la caracterización biológica de los escenarios, brinda elementos importantes para el manejo de la especie en la zona y permite formular supuestos sujetos a comprobarse en futuras investigaciones. Sin embargo, se puede concluir en este análisis que los escenarios están brindando información, en su mayoría, de los sitios donde se encuentran los grupos de hembras y jóvenes, donde se pueden estar desarrollando las principales actividades involucradas con el desarrollo de las poblaciones de borrego, estas actividades son: zonas de parto, zonas de crianza, zonas de aprendizaje, zonas de apareamiento, zonas de descanso y terreno de escape, actividades realizadas en su mayoría dentro de los "terrenos de hembras".

Siguiendo la línea de discusión anterior y mediante un análisis visual comparativo entre las imágenes del área potencial que ocupa cada escenario¹², la imagen que representa las áreas favorables o de mayor probabilidad¹³ y el análisis de caracterización biológica de los escenarios¹⁴, es notable que los grupos de pre-ruta y post-ruta (grupos 2, 6 y 8), se encuentran en las áreas que resultaron con las probabilidades más altas, adyacentes a áreas con probabilidad heterogénea. Esto puede tener una explicación fundamentada en que estas áreas son las más favorables en cuanto a los elementos de hábitat, permitiendo a los borregos desarrollar actividades muy demandantes como el apareamiento, además como ya se señaló, la ruta se lleva a cabo en los ámbitos hogareños de las hembras, zonas donde también se deben de desarrollar actividades como las pariciones, el aprendizaje, etc.

¹¹ Referencia al cuadro 11.

¹² Referirse al anexo 4

¹³ Referirse a la figura 10

¹⁴ Referirse al cuadro 11

Los grupos definidos y la función biológica asignada a cada uno de ellos, están representados espacialmente por cada uno de los escenarios, y de acuerdo al área potencial definida para cada uno de ellos, se puede predecir el evento biológico que puede ocurrir en alguna zona en la SSPM. Esto es importante debido a que diversos autores definen que el hábitat del borrego es permanente y distribuido ampliamente en pequeños fragmentos, a través de los cuales el borrego migra predeciblemente (Geist, 1999). Siendo el hábitat, los fragmentos de este o los ámbitos hogareños de los grupos de animales "ancestrales o heredados", la definición de zonas de importancia debido a los eventos biológicos que ahí se están presentando, permite aplicar acciones de manejo adecuadas al pasado y futuro de la especie en el área, y asume que la pérdida de una de estas áreas puede significar la pérdida de un evento biológico en la población o un impedimento al movimiento entre grupos, ocasionando la existencia de grupos aislados, la endogamia y la extinción.

7.9 Aplicación de los resultados para el manejo de la especie.

Después de todo lo anteriormente discutido surge una pregunta básica ¿Aporta este trabajo información nueva y relevante para la especie en particular o para el manejo en general?, para contestar esto valdría la pena recapitular un poco sobre los últimos programas de manejo o recuperación, que se han tratado de implementar para las poblaciones de borrego cimarrón en México.

En particular para la subespecie *cremnobates*, en 1990 se emitió una veda total a su aprovechamiento hasta que no se completaran los estudios poblacionales necesarios, que demostrarán que las poblaciones estaban en buen estado y aptas para aprovecharse. Sin embargo, no se implementó ningún programa específico para la especie.

En 1994 se emite la NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección, determinando que el borrego cimarrón, subespecie *cremnobates*, era una especie en protección especial, la cual solo podía ser aprovechada en su medio natural, con autorización de la autoridad competente y sujetándose a las tasas de aprovechamiento con base en un estudio de las poblaciones (D.O.F., 16-05-1994). Fue hasta 1997 cuando lo anterior cobra sustento legal

y administrativo, ya que en ese año la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca emite el "Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural", donde se plasmaron muchas buenas ideas y estrategias, proyectos y acciones para el manejo y conservación de la vida silvestre, pero 2 fundamentales para el borrego cimarrón:

1. La creación del sistema de unidades de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (SUMA), que permite y reglamenta el establecimiento de Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAs). El manejo en estas unidades se realiza a través de un plan de manejo autorizado y registrado, que permite obtener beneficios derivados de las actividades productivas y garantiza la viabilidad de las poblaciones que se encuentran en el área sujeta a manejo (SEMARNAP, 1997).

2. Menciona un Proyecto de Conservación y Recuperación de especies prioritarias, donde se incluye al borrego cimarrón y para el cual se establecen los siguientes objetivos: Consolidar un comité consultivo técnico; aplicar recursos a partir del Fideicomiso Nacional para la Vida Silvestre; Desarrollar un manejo integral de las poblaciones por estado y por *conjunto de sierras*; Instrumentar un programa de reproducción en UMA dentro de su área de distribución actual; Repoblar los estados de Chihuahua, Coahuila y Nuevo León; Expedir permisos de aprovechamiento cinegético a propietarios; Promover la cooperación internacional para fomentar el desarrollo del proyecto y Declarar Santuarios en Baja California Sur o Sonora (Eaton y Martínez, 2002).

El programa no pudo ser concretado y tuvo muchos problemas en su aplicación, sobre todo a nivel administrativo. De los puntos mencionados, el SUMA fue el que evidentemente se concretó y logró comenzar su operación.

Sin embargo en el 2000, el Instituto Nacional de Ecología a través de la Dirección General de Vida Silvestre prepara el "Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México", documento que se sustenta en los preceptos, proyectos y estrategias ya planteados en 1997, e incluye algunos nuevos e interesantes como:

1. Incorpora un esquema de administración integral basado en: Información científica y de campo sólida; El manejo sustentable de las poblaciones; La conservación, manejo y restauración del hábitat; La diversificación productiva; La creación de mecanismos de financiamiento propios; El desarrollo tecnológico y la capacitación; La adecuación de instrumentos jurídicos y la integración de un Subcomité Técnico Consultivo Nacional para la Recuperación del Borrego Cimarrón.

2. En la instrumentación de este programa se propone considerar como unidad de manejo a cada sierra o conjunto de éstas que mantenga poblaciones de borrego cimarrón, sitios donde a través de las UMA, se promuevan esquemas de gestión orientados al cuidado y seguimiento espacio-temporal (monitoreo) de las poblaciones y manejo del hábitat. Lo anterior se define como unidades naturales de manejo de poblaciones.

3. Se propone no necesariamente llevar a cabo un manejo confinado e intensivo de ejemplares, sino de preferencia, un manejo integral del hábitat que permita lograr la conservación de las poblaciones silvestres en su medio natural.

4. Declara que en gran medida la problemática que enfrenta la especie está limitada por la calidad y cantidad de conocimiento acerca de sus poblaciones.

5. Identifica que la conservación de esta especie requiere del desarrollo de múltiples conocimientos y técnicas que permitan definir políticas adecuadas para su manejo y conservación.

6. Reconoce que las vedas han resultado contraproducentes ya que han elevado el valor del trofeo de caza y con ello la cacería furtiva (SEMARNAP, 2000).

Todos los puntos anteriormente mencionados fundamentan lo realizado en el presente trabajo, ya que éste considera al hábitat como punto focal del manejo de la especie, permitiendo conocer los elementos que lo componen más importantes para el borrego, la estructura social de la población en un área determinada y la delimitación zonas de importancia debido a que presentan altas probabilidades de la presencia de la especie, pudiéndose definir así las "unidades naturales de manejo de poblaciones". También contribuye al aumento de la "calidad y cantidad" del conocimiento que se tiene sobre la especie, apoyando a su vez el desarrollo tecnológico y la capacitación, adicionalmente brinda información científica encaminada al manejo y conservación de las poblaciones y

ayuda a definir políticas adecuadas para ello. Además la técnica utilizada puede emplearse para definir zonas aptas para reintroducción de hatos o el manejo de grupos en condiciones de cautiverio o semi-cautiverio.

También este trabajo puede aportar información para el manejo de cualquier especie de vida silvestre. La afirmación anterior se basa en que al inicio del estudio, se tenía un escenario de información dispersa, generada mediante varios trabajos sobre la especie con base en objetivos muy diversos, que se pudo concentrar, cruzar y analizar para obtener resultados muy concretos que permitirán obtener conclusiones y plantear una estrategia para el manejo de la especie en la SSPM. La aportación de este trabajo puede ser una manera parsimoniosa, económica y rápida de obtener información para la toma de decisiones al conservar o aprovechar especies de vida silvestre.

VIII. CONCLUSIONES

8.1 Metodológicas.

❖ La utilización del GLIM, el modelaje cartográfico y las funciones del análisis de Bases de Datos (Autofiltros), resulta una herramienta muy robusta para la síntesis de información y análisis de ésta, que permite obtener resultados adecuados para el manejo de Vida Silvestre. Además, esta metodología permite que los resultados sean comparables entre diferentes sitios.

❖ El método es económico en tiempo y dinero.

❖ Para la metodología propuesta, la utilización de evidencias de la presencia de borrego, en particular los grupos de excretas, resultó ser una muy buena opción para obtener información de campo sobre la especie, con la cual se pueden obtener resultados aplicables al manejo de la especie.

❖ La metodología permitió encontrar más resultados de los propuestos en los objetivos iniciales, y la elaboración de varias hipótesis a comprobar en futuros estudios.

8.2 Sobre el contenido del trabajo.

8.2.1 De los objetivos.

❖ Se lograron elaborar propuestas de acciones y estrategias para el manejo y conservación del borrego cimarrón en la SSPM, basadas en los resultados obtenidos mediante la metodología desarrollada.

❖ La obtención de las imágenes del área potencial y las probabilidades de cada escenario, representan el hábitat real y susceptible de ser utilizado por el borrego.

❖ Por medio de los elementos estructurales del hábitat (características de cada escenario) y el uso de estos (frecuencia de ocurrencia de cada escenario), se lograron determinar los eventos poblacionales (biológicos) de los grupos de borregos en la SSPM.

❖ La determinación de la importancia de cada variable ambiental y sus niveles, indica cual es el factor biótico o abiótico más importante en cada zona, y a su vez, que ese factor es el que determina la presencia de los animales en esa área o promueve el movimiento de los animales hacia ahí.

❖ El patrón de movimientos espacio-temporales del borrego en la SSPM se concreta a movimientos cortos, generalmente en sentido altitudinal.

8.2.2 En General.

❖ De acuerdo a que no hubo diferencias entre las fechas 1 y 4 y 2 y 3, se puede concluir que en la SSPM se presentan 2 temporadas bien definidas, la húmeda y la seca.

❖ La obtención de variables ambientales mediante los MDET, es una opción económica y rápida para obtener información de campo, sin embargo es necesario tomar datos en campo y verificar la información obtenida por medio de los MDET, para confirmar que la información es adecuada al nivel de enfoque del estudio.

❖ El resultado más importante fue la caracterización de los escenarios, ya que permitió obtener las probabilidades y la caracterización biológica de éstos.

❖ La diversidad de los niveles de las variables de hábitat que caracterizaron a los escenarios, no tuvo relación directa con la probabilidad del escenario, lo que indica que los borregos eligen los sitios por la presencia de 1 o más elementos de hábitat importantes para ellos.

❖ Los borregos evitan el tipo de vegetación 3 (Chaparral), debido quizás a los factores de visibilidad o cobertura.

❖ La extensión del área potencial que ocupa cada escenario, está directamente relacionada con la diversidad de niveles de las variables ambientales que lo caracterizan.

❖ Los escenarios que presentan los valores más altos de probabilidad, indican que están constituidos por elementos de hábitat favorables para el borrego en la SSPM.

❖ Las zonas de los cañones (entre el parteaguas y el desierto), resultaron ser las más importantes para la conservación de los grupos de borregos en la SSPM, debido a que presentan una gran "oferta ambiental" y son zonas de difícil acceso para el humano.

❖ Aunque en este trabajo no se aplicó una metodología específica para conocer el uso del hábitat, con los resultados obtenidos se pudo determinar que no hay preferencia por algún nivel de las variables de hábitat entre los sexos, es decir, machos y hembras prefieren por igual los niveles de las variables ambientales.

❖ Fueron más abundantes los echaderos en la temporada 2 (seca y calurosa), lo que indica que los sitios son elegidos para el resguardo de las condiciones de clima extremo y descanso.

❖ Es posible definir o al menos inferir con un alto grado de certidumbre, los eventos biológicos que representa cada escenario, y a través de esto, conocer las zonas de importancia para la población de borregos.

❖ Se propone que la unidad de estudio para el borrego cimarrón en una zona como la SSPM, que presenta una gran oferta ambiental, debe ser la cuenca hidrológica o el cañón.

❖ Con el análisis bibliográfico y los resultados encontrados, se puede concluir que el borrego en la SSPM utiliza zonas de bosque y de desierto. La utilización de estas zonas de bosque, difiere de lo comúnmente considerado para el borrego de Baja California, que se considera es un borrego de desierto.

❖ Los resultados obtenidos indican que la SSPM es una zona de distribución del borrego cimarrón, que presenta buenas condiciones de conservación y de desarrollo de proyectos de investigación y fomento a las poblaciones de borrego en Baja California. El único factor adverso que puede estar afectando a la población en algunas zonas de la SSPM, es la cacería furtiva de individuos de todas las edades, no solo de machos adultos.

❖ La existencia del Parque Nacional "Sierra San Pedro Mártir" y del Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir, brinda condiciones propicias para el mantenimiento y conservación de las poblaciones de borrego en la SSPM.

❖ Los resultados obtenidos indican que el borrego cimarrón en la SSPM, debido a la distribución y dinámica espacio-temporal de los grupos sociales y los elementos de hábitat, se ajusta a el modelo de metapoblación.

De acuerdo a las discusiones y conclusiones anteriores, se elabora la siguiente propuesta de manejo para el borrego cimarrón en la SSPM.

IX. RECOMENDACIONES

9.1 Metodológicas.

Se debe adicionar a la metodología presentada, una prospección de campo en las áreas potenciales, para verificar la presencia de borregos y tratar de relacionarla con las probabilidades encontradas.

Es importante equilibrar el esfuerzo de muestreo en los sitios de estudio al aplicar la técnica, para minimizar la variación de los datos entre los sitios.

La metodología se debe aplicar al estudio de otras especies, para probar su generalidad.

Los programas de cómputo utilizados permiten la creación de macros, por lo que se sugiere trabajar en el desarrollo de estos para simplificar el proceso metodológico propuesto, optimizando el tiempo de análisis.

9.2 Investigación.

Varios proyectos de investigación podrían plantearse a partir de los resultados de este trabajo, con este propósito se hacen las siguientes recomendaciones de investigación:

La realización de estudios etológicos y de movimiento del borrego por temporadas en la SSPM, ayudaría a corroborar la utilización del hábitat y la existencia de los grupos sociales o eventos biológicos identificados a partir del análisis.

Es indispensable realizar trabajo de prospección en campo en las áreas potenciales definidas, con el fin de verificar la ocurrencia de borrego en ellas.

Se podría establecer un proyecto de monitoreo permanente en las áreas que resultaron con más alta probabilidad, para el monitoreo se pueden emplear métodos directos como las estaciones con dispositivos fotográficos o métodos indirectos como el conteo de grupos de excretas o echaderos en áreas delimitadas.

Se recomienda obtener datos sobre las fuentes de disturbio (humano y natural) identificadas durante los trabajos de campo, información que puede incluirse en la evaluación como un factor adicional en los análisis.

Con respecto a los echaderos, es indispensable hacer un seguimiento más detallado de ellos para conocer la frecuencia de utilización, temporada y hora. Se pueden marcar físicamente con señales no llamativas o por medio de un posicionador geográfico. Estos sitios son importantes considerarlos en el proyecto de monitoreo.

Es necesario contar con información de temporalidad, abundancia y localización de las fuentes de agua, para conocer su importancia para el borrego en la SSPM.

Se debe investigar el efecto del aprovechamiento cinegético o ecoturístico, sobre grupos o poblaciones "naturalmente fragmentadas".

Es necesario realizar estudios sobre búsqueda y seguimiento de enfermedades epizooticas, ya que poblaciones pequeñas tienen solo un 5% de probabilidades de recuperarse ante eventos de este tipo (Singer, 2001).

Como última recomendación en el rubro de investigación, se conmina a todos los interesados en el borrego a participar en esta labor, uniendo esfuerzos en el trabajo de campo y la aportación de recursos económicos; lo anterior se recomienda debido a que con la experiencia obtenida en la realización de este trabajo, se encontró que existe un gran acervo de información sobre la especie, que es indispensable rescatar, en la gente que ha convivido con el borrego por muchos años. Para esta labor se recomienda la utilización de esta metodología y algunos instrumentos o técnicas de las Ciencias Sociales, en las diferentes sierras del estado, para obtener resultados comparables entre sierras.

9.3 Manejo de la especie.

Anteriormente ya se han presentado y discutido las diversas acciones y programas propuestos para el manejo de la especie en México, pero tomando en consideración los antecedentes sobre el tópico en Estados Unidos, se presenta lo siguiente como un punto de partida y/o referencia:

Smith y Krausman (1988), mencionan que el manejo del borrego (en Estados Unidos) se ha desarrollado en 3 fases:

1. Fase de custodia, caracterizada por la restricción en la cacería y el establecimiento de refugios para la especie.

2. Obtención de mejores inventarios y experimentación con los desarrollos de aguajes y manejo animal.

3. Apertura de cacería limitada. Aunque una fase adicional puede ser el reestablecimiento de la especie en todo su rango histórico de distribución. Algunos esfuerzos adicionales de manejo deben enfocarse al incremento en la calidad de forraje, reducción de competencia y mejoramiento de hábitat.

Wilson, *et al.* (1980), mencionan que la clave en el manejo del borrego es la protección, mantenimiento y/o mejoramiento del hábitat.

Bleich *et al.* (1990), mencionan que el concepto de que el hábitat del borrego está restringido a masas montañosas que proveen comida, cobertura y agua, y que mantienen poblaciones permanentes de borrego, actualmente no es adecuado.

9.3.1 Propuesta de una estrategia de manejo.

Por lo anterior y de acuerdo a los resultados encontrados y a lo planteado en el objetivo general de este trabajo, se elabora la siguiente propuesta de una estrategia de manejo de la especie:

Siguiendo el modelo de manejo antes presentado, se puede recomendar para la SSPM que el manejo del borrego sea en 4 fases iniciales:

1. Identificación de actores e interesados en el aprovechamiento o conservación del recurso.
2. Síntesis de información actual e identificación de vacíos críticos de información, que permitirán el desarrollo de proyectos específicos.
3. Establecimiento de programas limitados de aprovechamiento cinegético o ecoturístico, que generen recursos económicos para los tenedores del recurso y para la continuación de los programas de investigación en la zona. Esta fase requiere necesariamente de un desglose detallado del destino de los recursos económicos que se generarán.
4. Determinación de un estado actual de las poblaciones de borrego y su hábitat. Esto permitiría definir si se debe continuar un aprovechamiento o no, y el tipo de aprovechamiento más adecuado para la zona.

La existencia del Parque Nacional "Sierra San Pedro Mártir" en la SSPM, brinda condiciones especiales para el manejo y aprovechamiento de la especie, haciéndose indispensable la coordinación de acciones entre las autoridades del Parque y los responsables e interesados en investigar, aprovechar o conservar el borrego de la SSPM.

Respecto al manejo de la especie en el parque nacional, existe antecedente de un esfuerzo aislado de las autoridades del Parque, quienes plantearon un proyecto para establecer un criadero intensivo de borrego cimarrón para la repoblación de sierras de Baja California, proyecto que *no sería recomendable* realizar debido a que:

- La mayoría de la información que se propone obtener de la especie y su hábitat ya ha sido generada, lo que indica que no existe una coordinación entre el sector oficial y el sector académico, pudiendo ocasionar un desgaste de recursos económicos y humanos.

- Casi la totalidad de las evidencias de borrego utilizadas en este trabajo, se ubicaron fuera de los límites del Parque Nacional, sin embargo el área comprendida dentro de este, es la que presentó probabilidades altas de la presencia del borrego en la zona, lo que lo hace un hábitat potencial importante. El inconveniente es que la zona antes indicada, corresponde a áreas donde se realizan actividades de recreación por los visitantes del parque, por lo tanto estas actividades tendrían que restringirse o eliminarse de esas zonas.

- Se ha sugerido que en la SSPM existe hábitat favorable para el borrego que no requiere el desarrollo de bebederos, comederos, etc.

- De acuerdo con el trabajo de Ayala (2002), se ha encontrado que el manejo del borrego en condiciones de cautiverio o semicautiverio, ocasiona un gran estrés fisiológico a los animales, impidiendo su reproducción bajo estas condiciones.

Es recomendable también que el objetivo de cualquier programa actual para el manejo de la especie, deba ser integral y tener como metas a corto plazo la obtención, síntesis y análisis de la información disponible sobre la especie, y la identificación de todos los interesados en el borrego, para involucrarlos en los programas o proyectos propuestos.

Las recomendaciones principales para el manejo de la especie en la zona, se podrían resumir en:

1. Regular y limitar las actividades de visitantes en las áreas potenciales con mayor probabilidad, para conocer la respuesta del movimiento de la población de borregos hacia esa zona. Lo que se pretendería con esto, es buscar que el borrego amplíe su distribución hacia la vertiente oeste del parteaguas, coadyuvando al incremento natural de las poblaciones de borrego cimarrón en la SSPM.

2. Establecer un programa de monitoreo de las poblaciones de borrego en la SSPM y de la respuesta del borrego a lo planteado en el párrafo anterior.

3. Continuar las investigaciones sobre los temas ya mencionados.

4. Realizar actividades de educación ambiental con el objetivo de concienciar a los actores dentro de la zona, acerca de la importancia de conservar y manejar “en grupo” las poblaciones y hábitat del borrego en la SSPM.

5. La administración del borrego cimarrón, debe ser un esfuerzo conjunto entre los 3 niveles de gobierno, el sector académico y privado (tenedores del recurso, prestadores de servicios, ONGs, etc.), esta debe ser encabezada por un grupo o comité con participación equitativa de los actores antes mencionados.

Como parte final al capítulo de recomendaciones, es importante puntualizar que gran parte de las propuestas ya tienen antecedentes en alguna acción, programa, interés, comité, reunión o investigación realizadas sobre el borrego, lo que hace que estas propuestas tengan buenas posibilidades de llevarse a cabo.

X. ASPECTOS INTERESANTES DEL TRABAJO CON EL BORREGO

Sin duda el trabajo con cualquier especie de vida silvestre es interesante, sin embargo el trabajar con el borrego cimarrón, exige un mayor esfuerzo físico y de interacción con la sociedad interesada en el tema, debido a todos los factores sociales, económicos, políticos, biológicos y ecológicos alrededor de él. Lo anterior se complica al tomar en cuenta que el manejador de recursos, debe tener una visión amplia de la información actual del recurso y de la información que le interesa conocer a la sociedad acerca del recurso.

Debido a lo anterior y a que siempre que mencionaba que el tema de mi trabajo de tesis era el borrego cimarrón, me hacían ciertas preguntas básicas, por lo que pensé indispensable plasmar las opiniones propias al respecto, tomando en consideración el contexto de este trabajo. Las preguntas y respuestas usualmente fueron:

¿Hay muchos borregos?

Actualmente se tiene información de los censos por helicóptero de los años de 1992, 1995 y 1999 realizados para contar poblaciones. Sin embargo estos estudios fueron realizados en temporadas del año diferentes y por diferentes observadores, lo que impide la comparación de resultados, además de que personalmente se han detectado inconsistencias en la información presentada, principalmente de ámbito geográfico. A pesar de lo anterior, y teniendo en cuenta que este trabajo no aplica una metodología específica para estimación de población y basándose únicamente en los recorridos de campo, se puede decir que en la SSPM si existe una buena población de borrego, a pesar de encontrar evidencias de furtivismo.

¿Se puede cazar el borrego en la actualidad?

Sí. En 1990 se decretó una veda total para su aprovechamiento en la temporada 1990-1991 y en 1994 la subespecie que tenemos en Baja California se incluyó en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-1994), como especie en protección especial. Para poder aprovechar especies de este tipo, se requiere de mucha investigación y cumplir con muchos

requisitos que pide la autoridad en la materia; por lo tanto, sí se puede cazar al borrego siempre y cuando se cumpla con todos los requisitos que marcan las leyes y reglamentos respectivos.

¿Qué se esta haciendo por el borrego?

A nivel federal esta trabajando el subcomité consultivo técnico del borrego cimarrón, dentro del Programa Nacional para la Recuperación de Especies Prioritarias, que se encargará de establecer los proyectos y estrategias a seguir para el manejo y conservación del borrego. A nivel local, desde 1997 la UABC ha establecido una línea de investigación que ha generado información constante sobre la subespecie en el estado.

¿Cuál es la importancia del borrego y por qué hay que conservarlo?

Hasta la fecha en México, la importancia real del borrego cimarrón es económica y como trofeo de cacería. Teóricamente la importancia del borrego en el ecosistema, radica en que representa la base de la cadena trófica, ya que es un consumidor primario; sin embargo y en la SSPM, se han realizado varios trabajos de hábitos alimentarios de los principales carnívoros (Puma, Gato Montés y Coyote), y hasta hoy reflejan que el borrego cimarrón no es su principal presa, lo que indica que la función ecológica principal “no la esta cumpliendo” en la SSPM. A pesar de lo anterior, el borrego puede tener funciones importantes como dispersor de semillas o ramoneador de un gran número de especies vegetales, que merecen ser investigadas. Por lo anterior, la conservación del borrego cimarrón debe de orientarse hacia el mantenimiento de la biodiversidad y a los valores estético, cultural y económico que la especie representa para los dueños de la tierra donde se distribuye y en general para todos los habitantes de Baja California.

XI. LITERATURA CITADA

- * Ahumada, R. 2000. Propuesta de plan de manejo para el venado bura (*Odocoileus hemionus fuliginatus*) en la sierra San Pedro Mártir. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Tesis de Posgrado. Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Ensenada, México.
- * Alaníz, J., J. Ramírez y R. Lee. 2000. Estimación poblacional de borrego cimarrón, *Ovis canadensis* (ARTIODACTYLA: BOVIDAE) en Baja California, México. Libro de Resúmenes. V Congreso Nacional de Mastozoología, 6 al 10 de noviembre. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. Mérida, Yucatán.
- * Andrew, N. y V. Bleich. 1999. Habitat selection by mountain sheep in the sonoran desert: Implications for conservation in the United States and Mexico. California Wildlife Conservation Bulletin, No. 12. Department of Fish and Game. California, E.U.A. 30 pp.
- * Ayala, S., E. Galindo, y R. Martínez. Análisis del Tamaño de Excretas como un Método para la Evaluación de la Distribución Espacial del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. En Prensa.
- * Ayala, S. 2000. Desarrollo de una metodología para determinar los niveles de hormonas esteroidales (Progesterona, Estradiol y Testosterona) en excretas de la población de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*), en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Tesis de licenciatura. Biología. Ensenada, México.
- * Ayala, S. 2002. Comunicación Personal.
- * Ávila, S. 2000. Impacto del puma (*Puma concolor*) en la actividad pecuaria del Ejido El Bramadero, B. C. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Tesis de Posgrado. Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Ensenada, México.
- * Bates, J. W. 1983. Desert Bighorn Sheep Habitat Utilization in Canyonlands National Park. Desert Bighorn Council Transactions. 27:25-28.

* Bleich, V., J. Wehausen y S. Holl. 1990. Desert-dwelling Mountain Sheep: Conservation Implications of a Naturally Fragmented Distribution. *Conservation Biology*, vol. 4, no. 4, diciembre 1990. Págs. 383-390.

* Bleich, V., M. Nicholson, A. Lombard y P. August. 1992. Preliminary test of a mountain sheep habitat model using a geographic information system. *Proceedings of Biennial Symposium of North American Wild Sheep and Goat Council*. 8:256-263.

* Bleich, V., T. Bowyer, A. Pauli, M. Nicholson y R. Anthes. 1994. Mountain Sheep *Ovis canadensis* and Helicopter Surveys: Ramifications for the Conservation of Large Mammals. *Biological Conservation*, 70: 1-4. Elsevier Science Limited. Great Britain.

* Bleich, V., J. Wehausen, R. Ramey II, y J. Rechel. 1996. Metapopulation Theory and Mountain Sheep: Implications for Conservation. En: McCullough, Dale (ed.). *Metapopulations and wildlife conservation*. Island Press, Inc. Washington, DC. Págs. 353-374.

* Bleich, V., T. Bowyer & J. Wehausen. 1997. Sexual Segregation in Mountain Sheep: Resources or Predation?. *Wildlife Monographs*, no. 134.

* Boyd, R., A. Cooperrider, P. Lent y J. Bailey. 1986. Capítulo 25: Ungulates. En: *Inventory and monitoring of wildlife habitat*. Cooperrider, A., R. Boyd y H. Stuart editores. U. S. Department of Interior, Bureau of Land Management. E.U.A.

* Bueno, A. 2001. Hábitos alimentarios del puma *Puma concolor* (CARNIVORA: FELIDAE) en la sierra San Pedro Mártir (SSPM), Baja California, México. Benemérita Universidad de Puebla. Escuela de Biología. Tesis de licenciatura. Biología. Puebla, México.

* Byers, C.R., R. K. Steinhorst y P. R. Krausman. 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management*, 48: 1050-1053.

* Clark Labs. 2001. IDRIS32: Release Two, Ver. I32.20. Clark University, Worcester, MA. USA.

* Colodner, A. 2001. Evaluación del estado de salud de la población de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates* ELLIOT, 1903) en la sierra San Pedro

Mártir, Baja California, México. Benemérita Universidad de Puebla. Escuela de Biología. Tesis de licenciatura. Biología. Puebla, México.

* Comisión Nacional del Agua. 1995. Programa estatal hidráulico 1995-2000. CONAGUA, Gerencia estatal en Baja California. Mexicali, Baja California. 144 pp.

* Cowan, I., McT. 1940. Distribution and Variation in the native Sheep of North America. *The American Midland Naturalist*, 24 (3): 505-580.

* Crawley, M. 1993. *Glim for Ecologists*. Blackwell Science, Ltd. 379 pp.

* Cunningham, S.C. & R. D. Ohmart. 1986. Aspects of the Ecology of Desert Bighorn Sheep in Carrizo Canyon, California. *Desert Bighorn Council Transactions*. 30:14-19.

* Davenport, A. 1998. Endangered and threatened wildlife and plants; Endangered Status for the Peninsular Ranges Population Segment of the Desert Bighorn Sheep in Southern California. Fish and Wildlife Service, Department of Interior. Página electrónica: <http://frwebgate1.access.gpo.gov/cgi-bin/waisgate.cgi?WAISdocID=4016518785+0+0+0&WAISSaction=retrieve>

* De Forge, J., S. Ostermann, D. Toweill, P. Cyrog y E. Barrett. 1993. Helicopter Survey of Peninsular Bighorn Sheep in Northern Baja California. *Desert Bighorn Council Transactions*. 37:24-28.

* De La Cueva, H. y C. Montes. 1998. La Sierra de San Pedro Mártir. Ecológica – Baja California. Página electrónica: <http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/ecologica/98/0698baja6.html>

* Delgadillo, J. 1998. Florística y ecología del norte de Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México. 413 pp.

* Diario Oficial de la Federación (D.O.F.). 16 de mayo de 1994. Secretaría de Gobernación. Poder Ejecutivo. México.

* Douglas Ch. y D. Leslie. 1999. Management of bighorn sheep. En: Mountain sheep of North America. Valdez, R. y P. Krausman eds. The University of Arizona Press. Arizona, E.U.A. 351 pp.

* Eastman, R. 1992. Idrisi version 4.0: technical reference. Clak Labs, Clark University. Worcester, MA., E.U.A. 229 pp.

- ✱ Eastman, R. 1999. Idrisi32: Guide to GIS and image processing, volume 1 y 2. Clak Labs, Clark University. Worcester, MA., E.U.A. 193 pp. (Vol. 1) y 170 pp. (Vol. 2).
- ✱ Eaton, R. 1999. Borrego Cimarrón de Baja California, Faculta de Ciencias. Página electrónica del Proyecto "Ecología y Biología del Borrego Cimarrón en el Estado de Baja California". Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias. Página electrónica: <http://ciencias.ens.uabc.mx/~proycim>.
- ✱ Eaton, R. y R. Martínez. 2002. Análisis de la situación actual del conocimiento sobre Borrego Cimarrón Peninsular (*Ovis canadensis cremnobates*) y sus implicaciones para la conservación y el manejo en el estado de Baja California. En Prensa.
- ✱ Escoto, M. 1994. Balance del agua del suelo en tres sitios de estudio en la sierra de San Pedro Mártir, Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Tesis de licenciatura. Biología. Ensenada, México.
- ✱ Espinoza, P. 1983. Estudio de resistividad en los valles de San Pedro Mártir y Valle Chico, B. C. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Tesis de Maestría. Ensenada, México.
- ✱ Faye, M. 1974. Measurement of utilization of Bighorn Sheep habitat in the Santa Rosa Mountains. Desert Bighorn Council Transactions. 18: 4-17.
- ✱ Forman, R. 1995. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 632 pp.
- ✱ Galindo, E. 2000. Hábitos alimentarios del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Tesis de Posgrado. Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Ensenada, México.
- ✱ Gerardo, A. 1993. Composición sistemática y ecológica de la ornitofauna del hábitat del noroeste de Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Tesis de licenciatura. Biología. Ensenada, México.
- ✱ Geist, V. 1971. Mountain Sheep: A Study in Behavior and Evolution. The University of Chicago Press. Chicago, Ill. 383 pp.

- * Geist, V. 1999. Adaptative strategies in American Mountain Sheep: Effects of Climate, Latitude and Altitude, Ice Age Evolution, and Neonatal Security. En: Mountain sheep of North America. Valdez, R. y P. Krausman eds. The University of Arizona Press. Arizona, E.U.A. 351 pp.
- * Gildart, B. 1999. Mountain Monarchs: Bighorn Sheep. NorthWord Wildlife series. North Word Press, Minnetonka, MN. 127 pp.
- * Hansen, Ch. 1980a. Population Dynamics. En: The Desert Bighorn: Its Life History, Ecology & Management. Monson, G. y L. Sumner, eds. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- * Hansen, Ch. 1980b. Habitat. En: The Desert Bighorn: Its Life History, Ecology & Management. Monson, G. y L. Sumner, eds. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- * Hanski, I. y M. Gilpin. 1997. Metapopulation Biology: Ecology, Genetics, and Evolution. Academic Press, Inc. San Diego, Ca., E.U.A.
- * Hanski, I. y D. Simberloff. The Metapopulation approach, Its history, conceptual domain, and aplication to conservation. En: Hanski, I. y M. Gilpin (eds.). 1997. Metapopulation Biology: Ecology, Genetics, and Evolution. Academic Press, Inc. San Diego, Ca., E.U.A. Págs. 43-68.
- * Holl, S. A. 1982. Evaluation of Bighorn Sheep Habitat. Desert Bighorn Council Transactions. 26:47-49.
- * Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1993. Curso sobre uso y manejo de la cartografía del INEGI (Aplicación y lectura de mapas).
- * Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1997. Anuario estadístico del estado de Baja California. Aguascalientes, Ags. 347 pp.
- * Johnston, C. 1998. Geographic Information Systems in Ecology. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK. 239 pp.
- * Jones, F. 1980. Sign reading and field identification. En: The Desert Bighorn: Its Life History, Ecology & Management. Monson, G. y L. Sumner, eds. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 370 pp.

- * Krausman, P. y Leopold, B. 1986. Habitat Components for Desert Bighorn Sheep in the Harquahala Mountains, Arizona. *Journal of Wildlife Management*. 50 (3): 504-508.
- * Krausman, P., A. Sandoval y R. Etchberger. 1999. Natural history of desert bighorn sheep. En: *Mountain sheep of North America*. Valdez, R. y P. Krausman eds. The University of Arizona Press. Arizona, E.U.A. 351 pp.
- * Krausman, P. y D. Shackleton. 2000. Bighorn Sheep. En: *Ecology and Management of Large Mammals in North America*. Demarais, S., y P. Krausman, eds. Prentice-Hall, Inc.
- * Lara-Tejeda, J., R. Martínez-Gallardo, M. Montoya-Lizárraga y J. Alaníz-García. 1999. Estudio de la dinámica poblacional del borrego cimarrón en la sierra de San Pedro Mártir, Baja California Norte, como un proceso estocástico. *Memorias del XVIII Foro Nacional del Estadística*.
- * Lee, R. y E. Mellink. 1996. Status of Bighorn Sheep in Mexico – 1995. *Desert Bighorn Council Transactions*, 40: 35-39.
- * Leslie, D. y Ch. Douglas. 1979. Desert bighorn sheep of the River Mountains, Nevada. *Wildlife Monographs* No. 66. The Wildlife Society, Inc.
- * López, E., R. Lee, J. De Vos, R. Schweinsburg y G. Luna. 1999. Relación uso-disponibilidad de componentes topográficos y un modelo de calidad del hábitat para el borrego cimarrón, en Sonora. México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 76:17-34.
- * McCarty, C. y J. Bailey. 1994. Habitat requirements of desert bighorn sheep. Colorado Division of Wildlife. *Terrestrial Wildlife Research. Special Report* No. 69. Colorado, E.U.A.
- * Mellink, E. 1991. Mamíferos conocidos de la sierra de San Pedro Mártir. En: *Memoria de la III Semana de la Exploración y la Historia. Sierra de San Pedro Mártir en homenaje a Beleser Bernáldez Garza*. Lazcano, C. coordinador. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México.
- * Minnich, R., E. Franco-Vizcaíno, J. Sosa-Ramírez, M. Barbour, J. Burk y W. Barry. 1994. The Potential of the sierra San Pedro Mártir as a Biosphere Reserve. Report to the project on Natural Protected Areas of Mexico.

- * Minnich, R. y E. Franco-Vizcaíno. 1999. La protección de la vegetación y los regímenes de incendios de la sierra de San Pedro Mártir en Baja California. Fremontia. California Native Plant Society. Edición Especial, julio 1999. Págs. 28-38.
- * Monson, G. 1980. The Desert Bighorn. University of Arizona Press. 370 pp.
- * Montoya, M. 1998. Evaluación del hábitat del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903) con fines de manejo en la sierra de San Pedro Mártir, Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Tesis de Posgrado. Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Ensenada, México.
- * Neu, C., C. Byers, y J. Peek. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. Journal of Wildlife Management, 38: 541-545.
- * Numerical Algorithms Group. 1985. The Generalised Linear Interactive Modelling System: Release 3.77 Manual. Royal Statistical Society. Oxford, UK.
- * Oberbauer, T. 1999. La Sierra de San Pedro Mártir. Fremontia. California Native Plant Society. Edición Especial, julio 1999. Págs. 23-27.
- * Pérez-Gil, R., F. Jaramillo, A. Ma. Muñoz y M. Torres. 1996. Importancia económica de los vertebrados silvestres de México. PG-7 consultores S.C. y CONABIO. México, D.F. Págs.. 51-57.
- * Ponce, I. 1999. Determinación de la dieta de lince (*Lynx rufus*) en la sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Baja California, México.
- * Rodríguez, M. 1991. Las Aves de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. En: Memoria de la III Semana de la Exploración y la Historia. Sierra de San Pedro Mártir en homenaje a Belestes Bernáldez Garza. Lazcano, C. coordinador. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México.
- * Salmón, Eva. 1999. Variación morfométrica de cráneos de borrego cimarrón *Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903 y *Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Baja California, México.

- * San Diego Natural History Museum. 2000. San Pedro Mártir. Ocean Oasis Field Guide. Página electrónica: <http://www.oceanoasis.org/fieldguide/sanpedromartir.html>.
- * Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)-Dirección General de Vida Silvestre del Instituto Nacional de Ecología (DGVS-INE). 1997. Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural: 1997-2000, México. México. 207 pp.
- * Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)-Gobierno del Estado de Baja California, Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir. 1999. Proyecto para establecer un criadero intensivo de borrego cimarrón para repoblación de sierras de Baja California. 5 pp.
- * Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)-Dirección General de Vida Silvestre del Instituto Nacional de Ecología (DGVS-INE). 2000. Proyecto para conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. México. 86 pp.
- * Shackleton, D. 1985. *Ovis canadensis*. Mammalian Species, 230: 1-9. The American Society of Mammalogists.
- * Shackleton, D., Ch. Shank y B. Wikeem. 1999. Natural History of Rocky Mountain and California bighorn sheep. En: Mountain sheep of North America. Valdez, R. y P. Krausman eds. The University of Arizona Press. Arizona, E.U.A. 351 pp.
- * Shannon, N., R. Hudson, V. Brink y W. Kitts. 1975. Determinants of spatial distribution of Rocky Mountain Bighorn Sheep. Journal of Wildlife Management. 39 (2): 387-401.
- * Simmons, N. 1969. Heat Stress and bighorn behavior in the Cabeza Prieta Game Range, Arizona. Desert Bighorn Council Transactions. 13:56-63.
- * Simmons, N. 1980. Behavior. En: The Desert Bighorn: Its Life History, Ecology & Management. Monson, G. y L. Sumner, eds. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. Págs. 124-144.
- * Singer, F., L. Zeigenfuss y L. Spicer. 2001. Role of Patch Size, Disease, and Movement in Rapid Extinction of Bighorn Sheep. Conservation Biology, Vol. 15, No. 5. Págs. 1347-1354.

- * Smith, N. y P. Krausman. 1988. Desert bighorn sheep: A guide to selected management practices. A literature review and synthesis including appendixes on assessing condition, collecting blood, determining age, constructing water catchments, and evaluating bighorn range. U.S. Fish Wildl. Serv., Biol. Rep. 88(35). 27 pp.
- * Tarango, L. y P. Krausman. 1997. Desert bighorn sheep in Mexico. Desert Bighorn Council Transactions, 41: 1-7.
- * U.S. Fish and Wildlife Service. 1999. Draft recovery plan for bighorn sheep in the Peninsular Ranges. U.S. Fish and Wildlife Service, Portland, OR.
- * Valdez, R. y P. Krausman. 1999. Description, Distribution, and Abundance of Mountain Sheep in North America. En: Mountain sheep of North America. Valdez, R. y P. Krausman eds. The University of Arizona Press. Arizona, E.U.A. 351 pp.
- * Welsh, H. 1988. An ecogeographic analysis of the herpetofauna of the sierra San Pedro Martir Region, Baja California, with a contribution to the biogeography of the Baja California Herpetofauna. Proceedings of the California Academy of Sciences. Vol. 46, No. 1, Págs.. 1-72.
- * Wiens, J. Wildlife in patchy environments: Metapopulations, Mosaics, and Management. En: McCullough, Dale (ed.). 1996. Metapopulations and wildlife conservation. Island Press, Inc. Washington, DC. Págs. 53-84.
- * Wilson, L., J. Blaisdell, G. Welsh, R. Weaver, R. Brigham, W. Kelly, J. Yoakum, M. Hinks, J. Turner & J. DeForge. 1980. Desert Bighorn Habitat Requirements and Management Recommendations. Desert Bighorn Council Transactions. 24:1-7.
- * Zúñiga, W. 1995. Obtención de una metodología de ordenamiento ambiental para un plan de manejo de la cuenca de Santo Domingo, B. C. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias. Tesis de Posgrado. Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Ensenada, México.

Anexo 1 "Imágenes del área de estudio"



Zona cercana al Observatorio



Bajando del bosque de coníferas hacia el desierto



Grupo de hembras y corderos



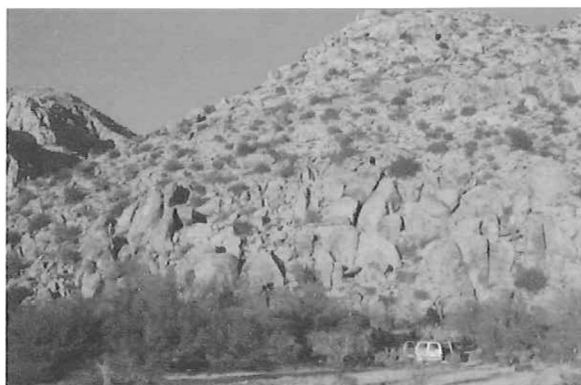
Pendientes pronunciadas y pedregosidad alta



Zonas nevadas en las partes altas de la SSPM



Transición entre Bosque de Coníferas y Chaparral



Base de la SSPM, en el desierto de San Felipe



Entrada a uno de los cañones



Pendientes pronunciadas. Al fondo el Picacho del Diablo.



Terreno difícil, con valores altos de Rugosidad.



FOTO: Ricardo Eaton G.

Hembras con corderos en las áreas con bosque de coníferas.



Fuertes pendientes y terreno de escape cerca del agua.



Pedregosidad y zonas de refugio.



Cerca de alambre aladaña a zonas de movimiento.

Anexo 2. Descripción de los módulos, de los programas de cómputo utilizados.

Aspect. Es la orientación de la pendiente máxima. La orientación es dada en grados decimales y usa valores de azimut estándares. Los valores van de 0 a 360, de acuerdo a las manecillas del reloj, a partir del norte. En regiones donde la superficie es perfectamente plana (pendiente = 0), la orientación obtiene un valor de -1. El formato de los datos es de tipo real. El cálculo de los valores se realiza mediante la comparación del valor de altura entre las celdas aledañas, así el valor de la orientación de la pendiente máxima es calculado para la celda central.

Autofiltros. Aplicar filtros es una forma rápida y fácil de buscar y trabajar con un subconjunto de datos de una lista. Una lista filtrada muestra sólo las filas que cumplen el criterio que se especifique para una columna. Microsoft Excel proporciona dos comandos para aplicar filtros a las listas: 1) Autofiltro, que incluye filtrar por selección, para criterios simples y 2) Filtro avanzado, para criterios más complejos. Cuando se utiliza el comando Autofiltro, aparecen las flechas de Autofiltro a la derecha de los rótulos de la columna de la lista filtrada. Haciendo clic en una de las flechas de Autofiltro se muestra una lista de todos los elementos visibles y únicos de la columna, incluidos los espacios en blanco (todos los espacios) y los que no están en blanco. Si se selecciona un elemento de una lista de una columna específica, puede ocultar instantáneamente todas las filas que no contengan el valor seleccionado.

Concat. Permite pegar varias imágenes para formar una sola imagen grande. Las imágenes pueden traslaparse en la concatenación, por eso se puede elegir que el proceso se haga opacando o transparentando las imágenes. Si se elige opacar, una imagen opaca a la otra; mientras que en el proceso por transparentación, una imagen cubre a la otra, excepto en las áreas donde hay valores de cero.

Crosstab. Crosstab realiza dos operaciones. La primera es la tabulación cruzada de imágenes en la que las categorías de una imagen son comparadas con las de una segunda

imagen, el resultado de esto es una tabla con los resultados de la tabulación cruzada, que contiene la frecuencia de ocurrencia de cada combinación posible de las categorías de las dos imágenes y varias medidas de asociación entre las imágenes. La segunda operación, es la clasificación cruzada, que puede describirse como el traslape múltiple de imágenes, mostrando todas las combinaciones lógicas del operador "AND"; el resultado es una nueva imagen que ilustra los sitios de todas las combinaciones posibles, entre las categorías de las imágenes originales. Automáticamente se produce una leyenda que muestra esas combinaciones.

Extract. Genera un resumen de estadísticas de una tabla o de un archivo de valores de atributos de una imagen. Puede calcular los valores mínimos y máximos, la sumatoria, el promedio, rango y la desviación estándar de todas las celdas de la imagen que se analiza.

Filter. Crea una imagen nueva, donde el valor que toma cada píxel, se calcula a partir del valor original y los valores de los píxeles aledaños. La operación se efectúa mediante el análisis de los datos en matrices de 3×3 , 5×5 , 7×7 o una matriz cuadrada definida por el usuario que se centra sobre cada píxel que se procesa; efectúa la operación matemática indicada, como promedio o desviación estándar, asignando al píxel central el valor calculado.

Flip. Se utiliza cuando el orden byte de las imágenes de formato integer (imágenes compuestas por números enteros), requiere ser invertido.

Image Calculator. Es una herramienta interactiva de modelaje matemático, que permite ingresar un modelo como una ecuación algebraica, utilizando una interfase tipo calculadora.

MDET. Los Modelos de Elevación de Terreno, son la representación gráfica del terreno, expresada en valores de altitud. Los utilizados en el presente trabajo, son los que elaboró el

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), escala 1:250,000 y con una resolución de pixel de 70 x 70 metros aproximadamente.

Pattern. Realiza un análisis basado en una "ventana" de 3 x 3, 5 x 5 o 7 x 7 pixeles. El análisis se basa en la comparación de los valores de un pixel central con los pixeles que lo rodean, brinda como resultado medidas de riqueza relativa, diversidad, índice de dominancia, índice de fragmentación, número de clases diferentes, centro & vecino, y una matriz binaria de comparación. Estas medidas son comúnmente utilizadas en estudios de Ecología del Paisaje.

Pointras. Convierte datos vectoriales de puntos a formato raster, asignando un nuevo valor a todas las celdas en el que el punto vectorial esta ubicado. Este valor nuevo puede ser el identificador del punto vectorial, un valor booleano de 1 o 0 que simplemente indica la presencia o ausencia de uno o más puntos, o un identificador igual al numero de puntos que se ubican en el pixel.

Polyras. Convierte polígonos a formato raster, asignando a todos los pixeles cubiertos por el polígono, el valor del identificador del polígono.

Protocolo MDET. Se presenta el proceso de Normalización de los Modelos de Elevación de Terreno del INEGI.

COPY/B Archivo.A + Archivo.B Archivo.C

FLIP

Imagen de Entrada	(Archivo.C)
Imagen de Salida	(Archivo.Img)
No. de Bytes del Encabezado a Remove	(0)
No. de Columnas	1207
No. de Reglones	1201
Sistema de Referencia	Plane
Unidades	M

Min X	0
Max X	1
Min Y	0
Max Y	1
Unidades de Distancia	1.0
Valor de las Unidades	M

WINDOW

Imagen de Entrada	(Archivo.Img)
Imagen de Salida	
Recorte por Coordenadas	Row/Col, UTM ó Lat-Log
Columna de la Esquina Superior Izquierda	4
Renglón de la Esquina Superior Izquierda	0
Columna de la Esquina Inferior Derecha	1204
Renglón de la Esquina Inferior Derecha	1200

Reclass. Genera una imagen nueva mediante la clasificación o reclasificación de los valores de una imagen. La operación la realiza mediante intervalos fijos o por limites definidos por el usuario.

Slope. Es determinada por el calculo de la pendiente máxima alrededor de cada pixel, solamente los pixeles que están arriba, abajo y a ambos lados del pixel, se cuentan para el cálculo. A este método se le conoce con el nombre de "rook's case". La pendiente es calculada como el vector resultante de la pendiente en X y en Y, por ejemplo:

$$\text{Pendiente} = \left[\frac{\text{derecha} - \text{izquierda}}{\text{Resolución} * 2} \right]^2 + \left[\frac{\text{arriba} - \text{abajo}}{\text{Resolución} * 2} \right]^2$$

Donde:

Pendiente = es la tangente del ángulo que tiene la pendiente máxima.

Derecha, Izquierda, Arriba y Abajo = son los atributos de los pixeles vecinos.

Resolución = es la resolución de los pixeles de la imagen.

La Pendiente multiplicada por 100, genera un resultado en porcentaje y el Arco tangente de Pendiente, genera un resultado en grados. Una pendiente de 45° equivale a una pendiente de 100%, mientras que una pendiente de 90° equivale a un porcentaje infinito.

Window. Extrae una subárea rectangular de una imagen original, para crear una nueva imagen más pequeña. La misma área, definida por posición de columna y renglón o con referencia en el sistema de coordenadas, puede ser extraída de múltiples imágenes en una sola operación. Puede ser utilizado para separar un área de estudio, o para dividir imágenes grandes en partes pequeñas para procesarlas.

Anexo 3 “Descripción de los tipos de hábitats, basada en el trabajo de Montoya, 1998”.

Tipo de Hábitat 1. El tipo de hábitat 1 ubicado al este de la SSPM, se ubica entre los 550 y 700 m.s.n.m. Tiene valores de pendiente variados y aunque la mayoría se encuentra entre 1.8 y 9° (moda = 2.7°), también hay algunos valores extremos como 76.5°, debido a que algunos cañones tienen laderas con fuertes pendientes. La pedregosidad también es variada, tiene una moda de 5%, una media de 22.46% y una desviación estándar de 30.58, debido a que las diferentes cañadas evaluadas tienen diferentes tipos de suelo, y por consiguiente diferente porcentaje de pedregosidad. La cobertura oscila entre valores de 30 y 60% en su mayoría, con una media de 54.75%, tiene un valor extremo de 88%, el cual se dio por el tamaño de los árboles que predominaron en este transecto. En este tipo de hábitat, la frecuencia de ocurrencia de árboles y arbustos es similar, mientras que las hierbas dominan con un 55.82%. Dependiendo de la localidad, se pueden encontrar arroyos con agua hasta casi la base de la sierra. En su mayoría son arroyos provenientes de los deshielos.

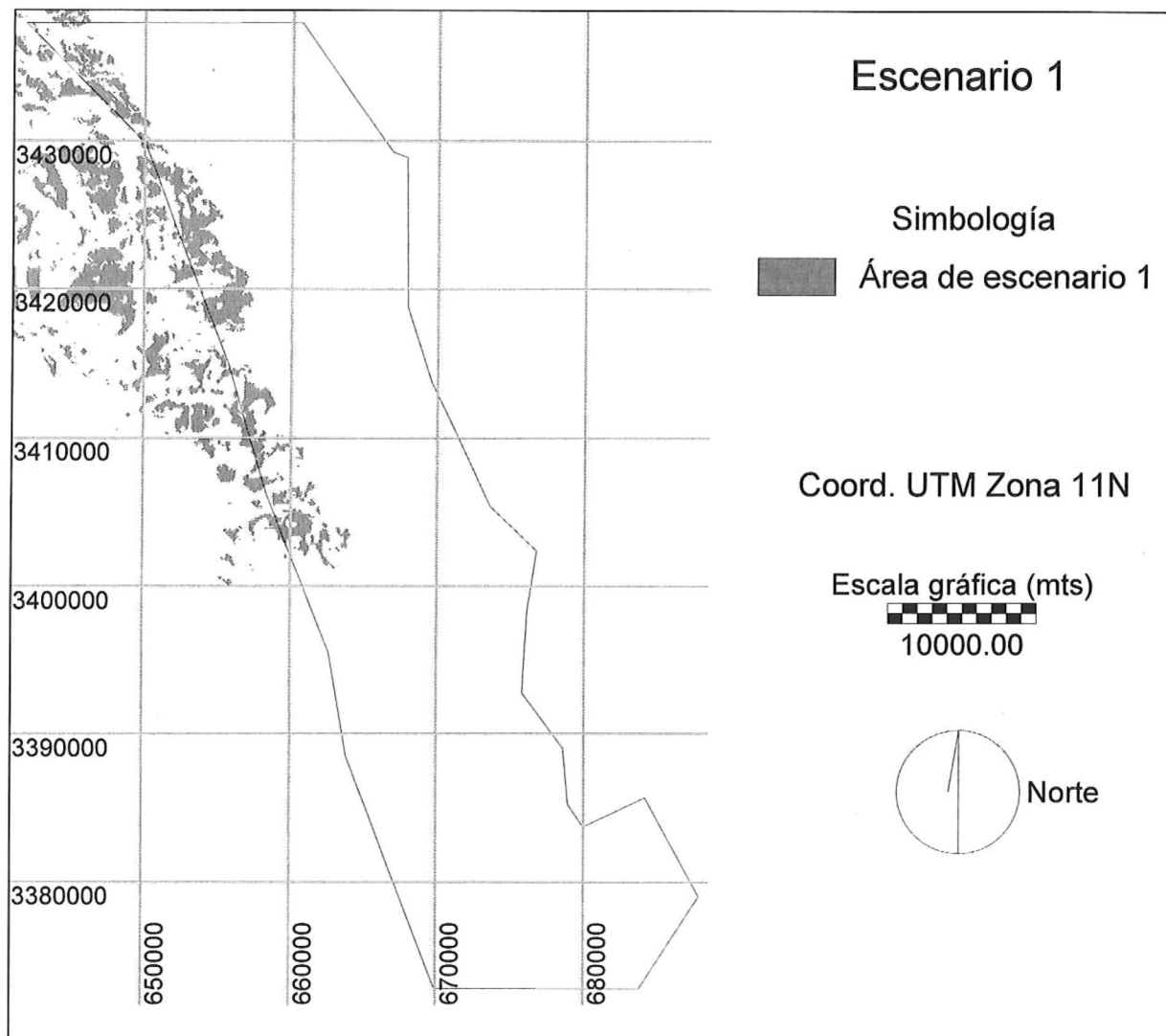
Tipo de Hábitat 2. En el tipo de hábitat 2, el matorral xerófilo y el ecotono entre este y el bosque de pinos, son las formaciones vegetales que dominan. Ocupa la parte este de la sierra, con elevaciones entre los 700 y 1500 m.s.n.m. La pendiente tiene un promedio de 50.5° y una moda de 63°, con valores que se concentran entre 63 – 72°; también se presenta un valor extremo de 9° que se debe a un transecto hecho en la base de la ladera. La pedregosidad tiene una media de 13.87%, una desviación estándar de 18.42 y una moda de 5%, su variación se debe a los diferentes sitios muestreados en la sierra. La cobertura vegetal a pesar de que tiene valores desde 29 hasta 107%, la mayor parte se agrupa entre 30 y 60%, con un promedio de 57.84% y una desviación estándar de 22.43. La cobertura está dada en su mayor parte por arbustos y hierbas, que sumadas tienen una frecuencia de ocurrencia de 86.43%. En este tipo de hábitat, los animales tienen buena disponibilidad de agua, ya que a estas altitudes los arroyos cuentan con un volumen considerable de agua.

Tipo de Hábitat 3. La parte oeste es la que ocupa el tipo de hábitat 3. Está conformada por un matorral de especies como *Arctostaphylos* sp., *Malosma* sp., *Lycium californica*, *Adenostoma fasciculatum* y otros arbustos que son susceptibles a incendios. En este caso, las pendientes tienen una moda de 45°, sin embargo se tienen valores de hasta 4.5°, debido

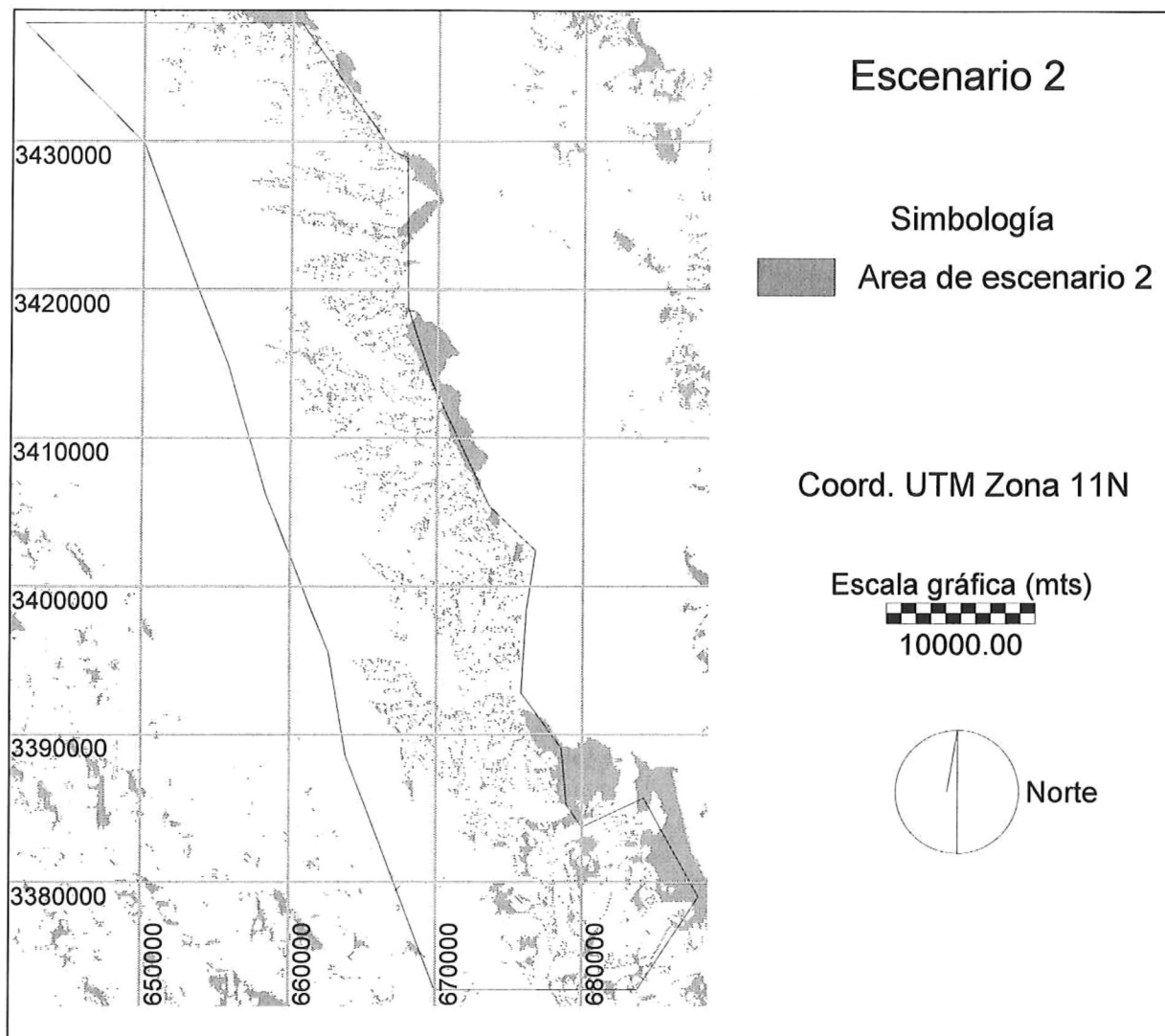
a que algunos transectos se hicieron a lo largo del parteaguas, que es casi plano. La pedregosidad tiene valores altos, con un promedio de 68% y una desviación estándar de 10.95. La cobertura es variable, en su mayoría con valores sobre 40%; sin embargo esta cobertura disminuye en lugares que sufrieron algún incendio. En este tipo de hábitat, los arbustos fueron los dominantes en un 68.57%. En este rango de altitud, se tienen algunos arroyos, y además se puede tener disponibilidad de agua en forma de nieve, que cae en las partes más altas de este tipo de hábitat.

Tipo de Hábitat 4. El bosque de pino es la formación dominante del tipo de hábitat 4. Hay variación entre los datos de la pendiente, debido a que se evaluaron zonas de laderas y lugares a lo largo del parte aguas. Esta zona por ser la parte más alta, es muy agreste y se tienen laderas con fuertes pendientes, hacia el oeste las zonas tienen pendientes más moderadas. La pedregosidad oscila entre 0 y 90%, uniformemente distribuida. En algunos lugares no se observa pedregosidad, por la cantidad de material vegetal (hojas en su mayoría) que está sobre el piso; en lugares donde no se presenta esta acumulación, la pedregosidad es más visible. El promedio de cobertura es de 66.08%, pero se tienen valores de 15 hasta 100% porque a pesar de que todo es bosque de pino, hay algunos lugares como por ejemplo sobre el parteaguas, en donde el bosque es más abierto y por estar los árboles más dispersos no cayeron dentro de los transectos. En este tipo de hábitat, la proporción entre la ocurrencia de árboles, arbustos y hierbas, es más homogénea. Los valores son muy variados, pero también se debe a la diferente densidad que se presenta en el bosque. En la época en que se hizo el presente trabajo (Montoya, 1998), este tipo de hábitat tenía una gran oferta de agua en forma de nieve, ya que desde el mes de diciembre hasta marzo, cayeron fuertes nevadas. También existen arroyos en este rango altitudinal.

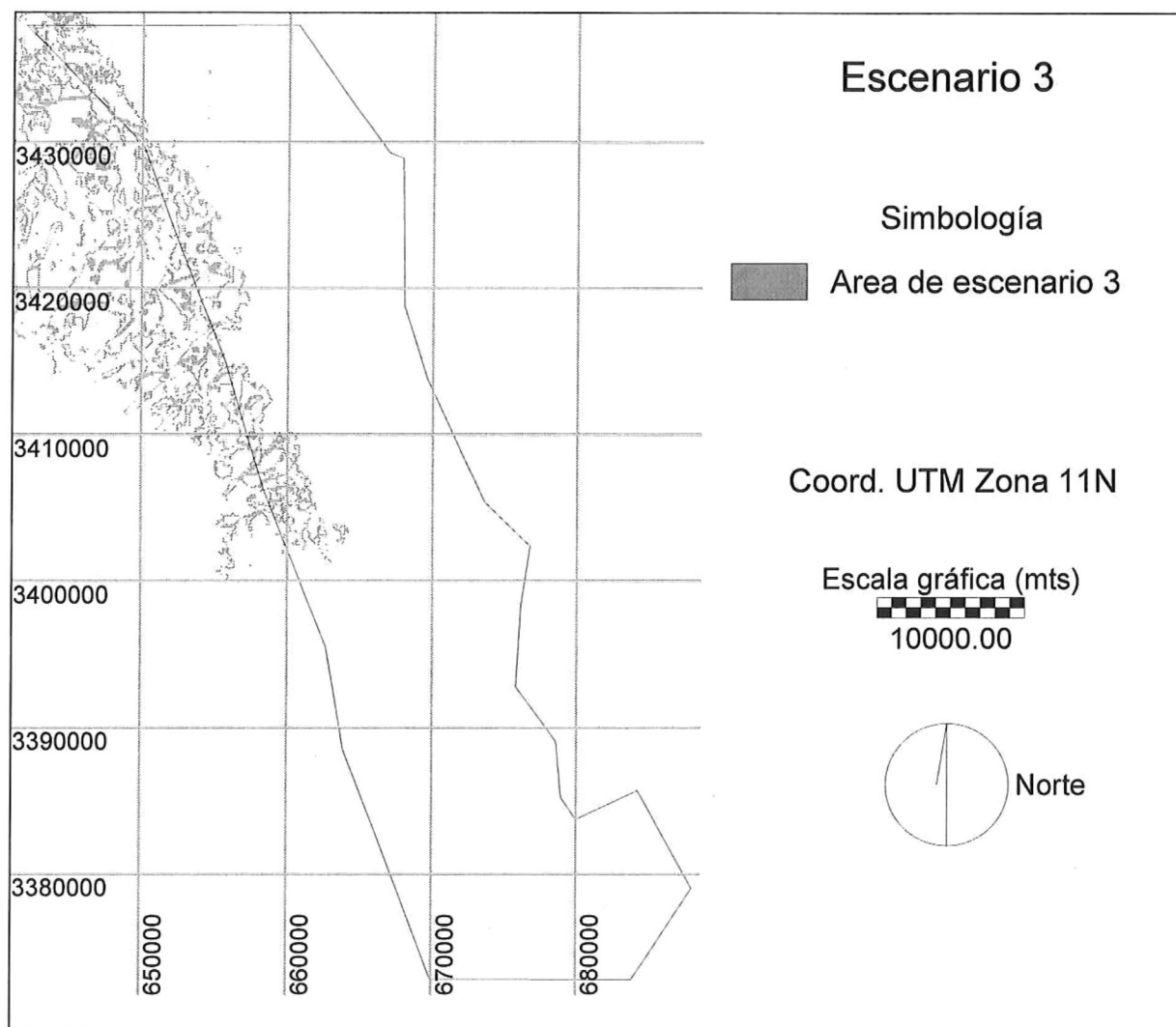
Anexo 4.- "Imágenes del área potencial para cada escenario"



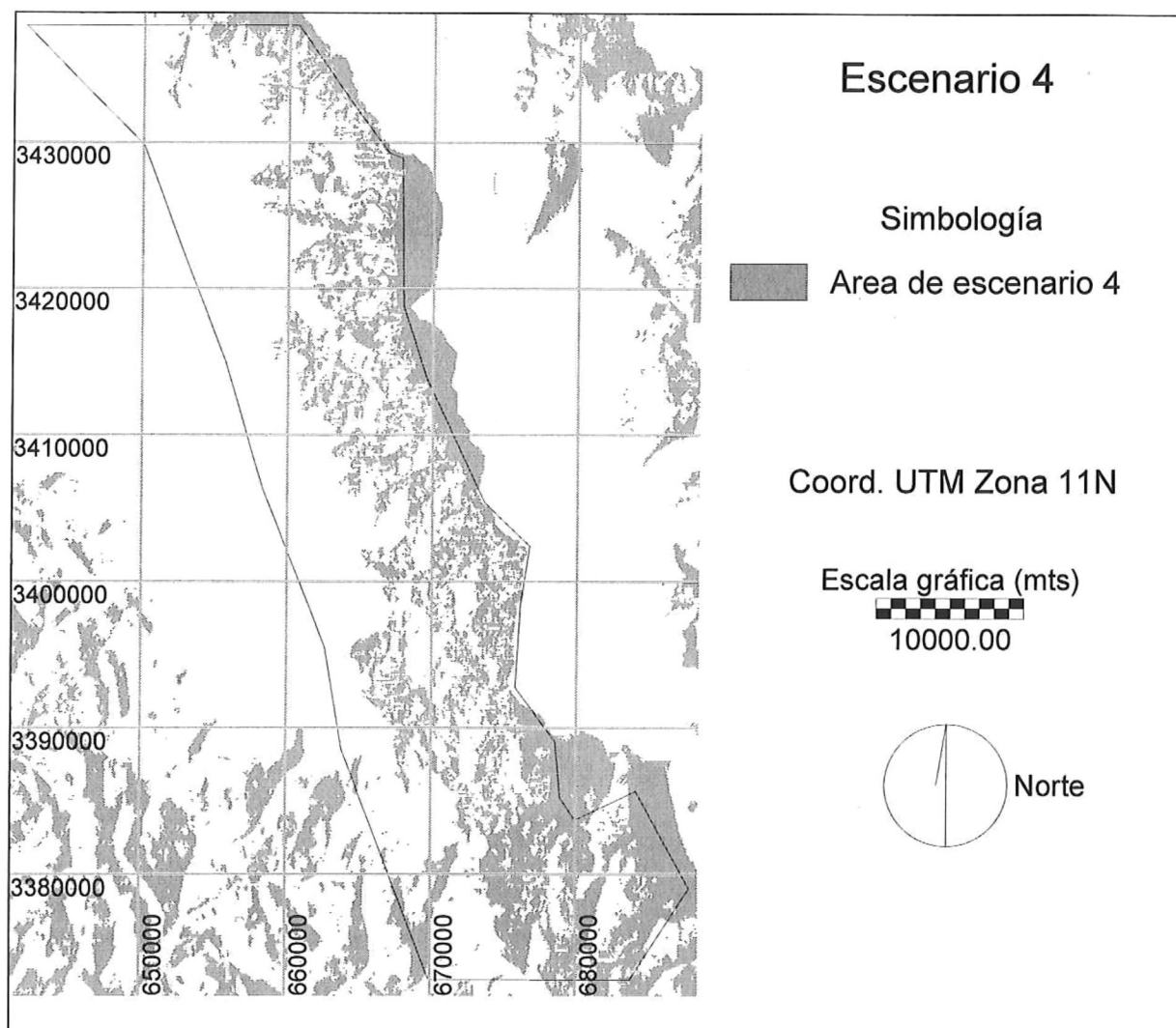
Área potencial que ocuparía el escenario 1 es de aprox. 119.69 Km²



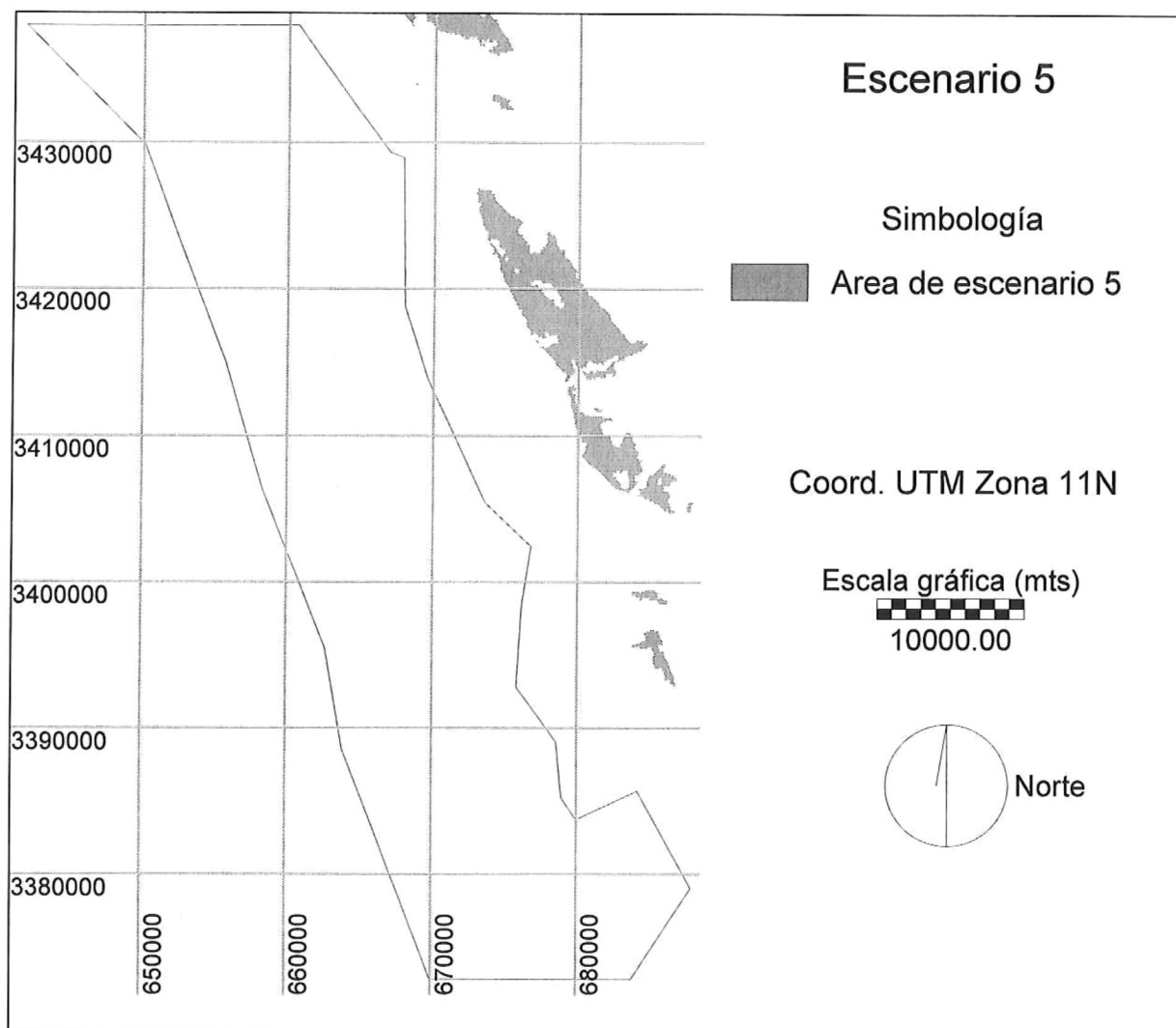
Área potencial que ocuparía el escenario 2 es de aprox. 219.38 Km²



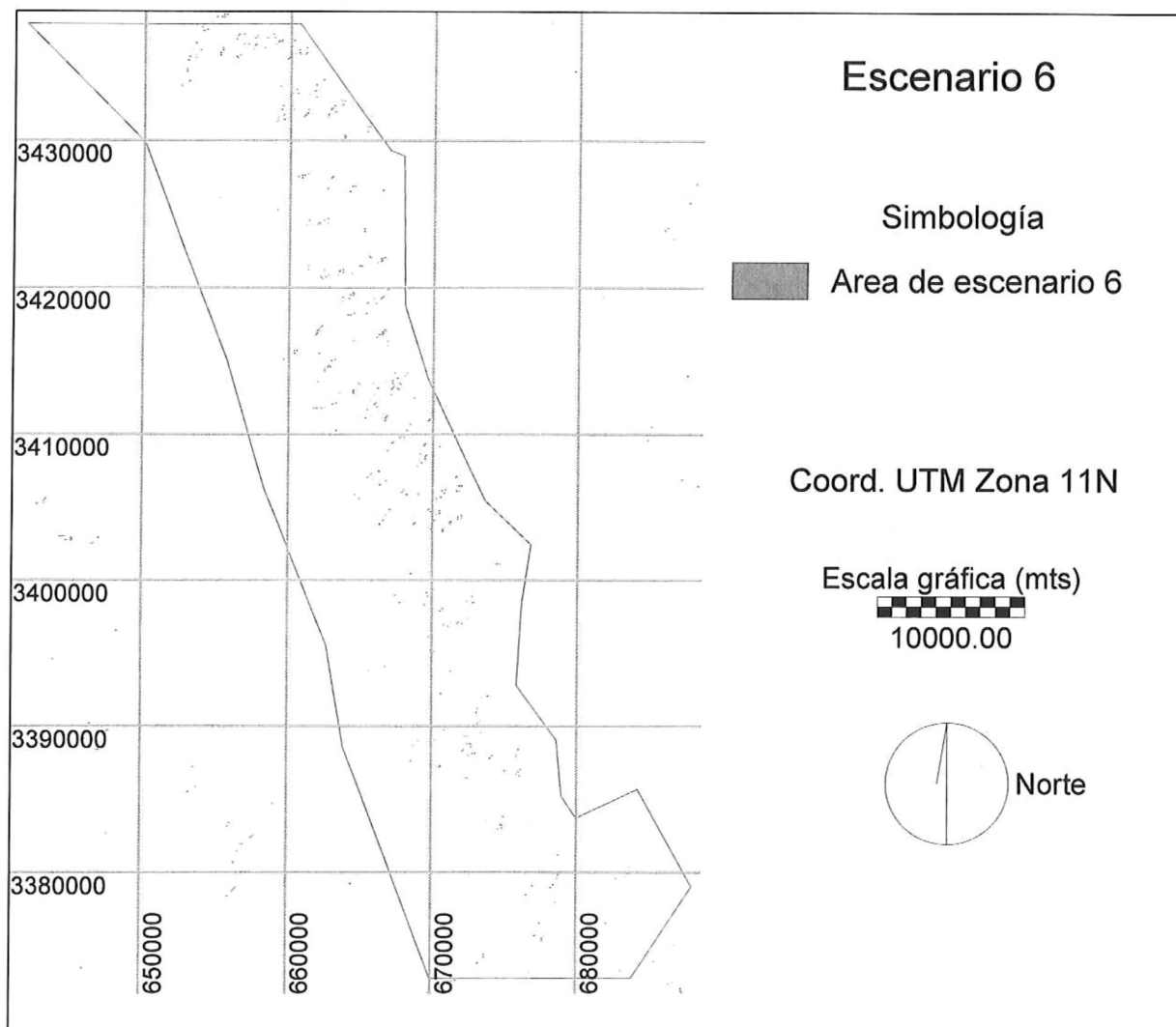
Área potencial que ocuparía el escenario 3 es de aprox. 87.59 Km²



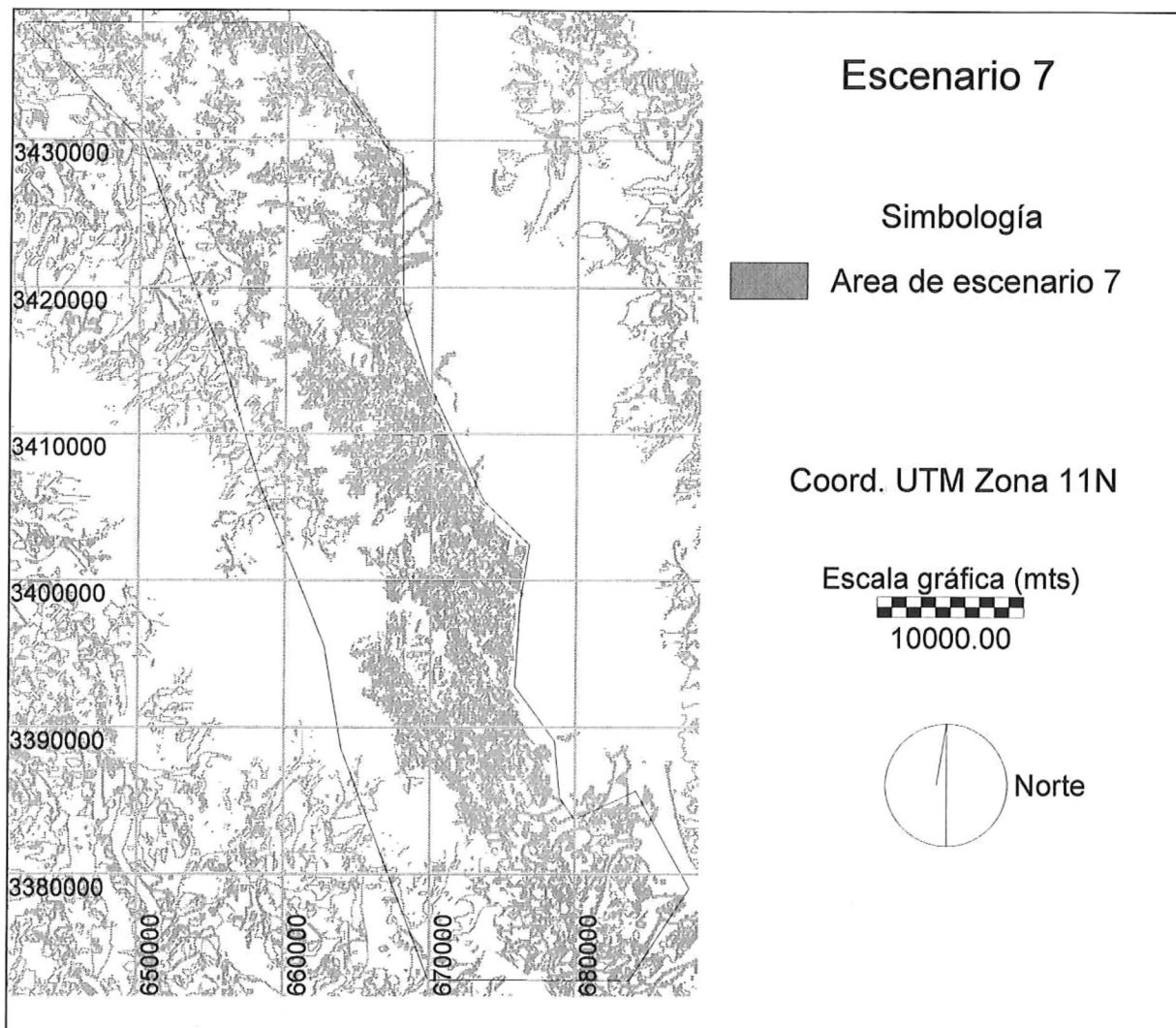
Área potencial que ocuparía el escenario 4 es de aprox. 660.81 Km²



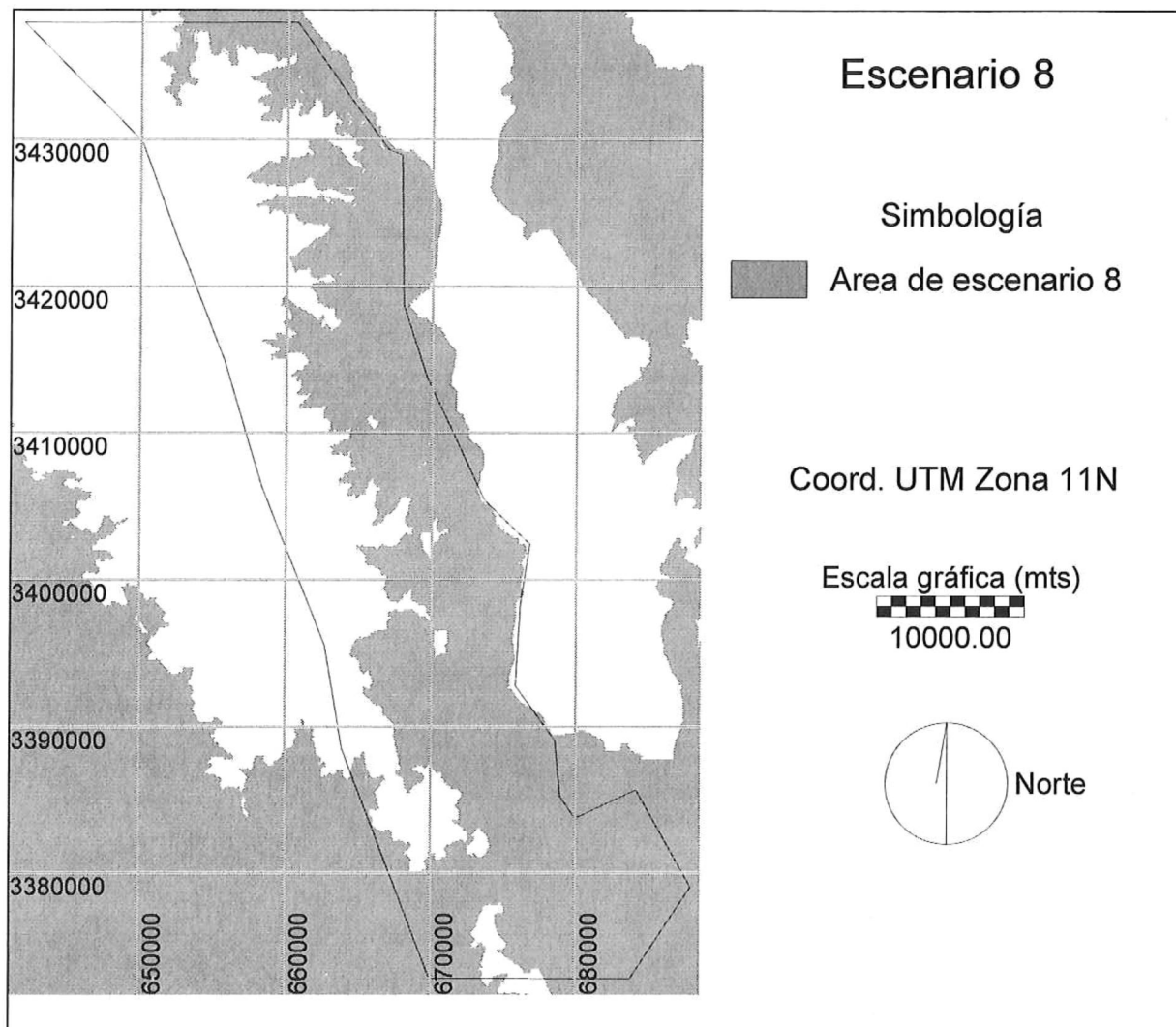
Área potencial que ocuparía el escenario 5 es de aprox. 82.12 Km²



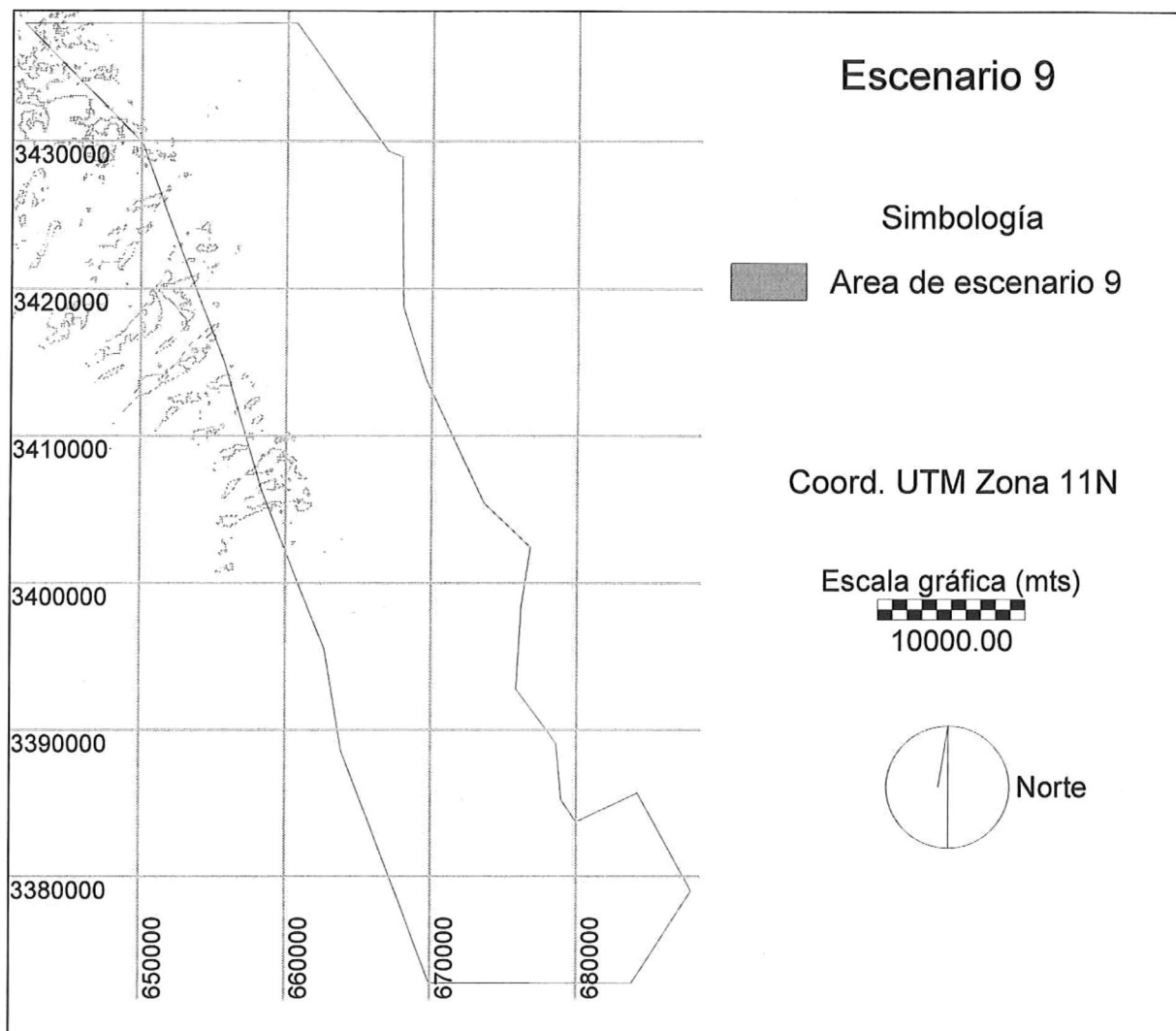
Área potencial que ocuparía el escenario 6 es de aprox. 6.71 Km²



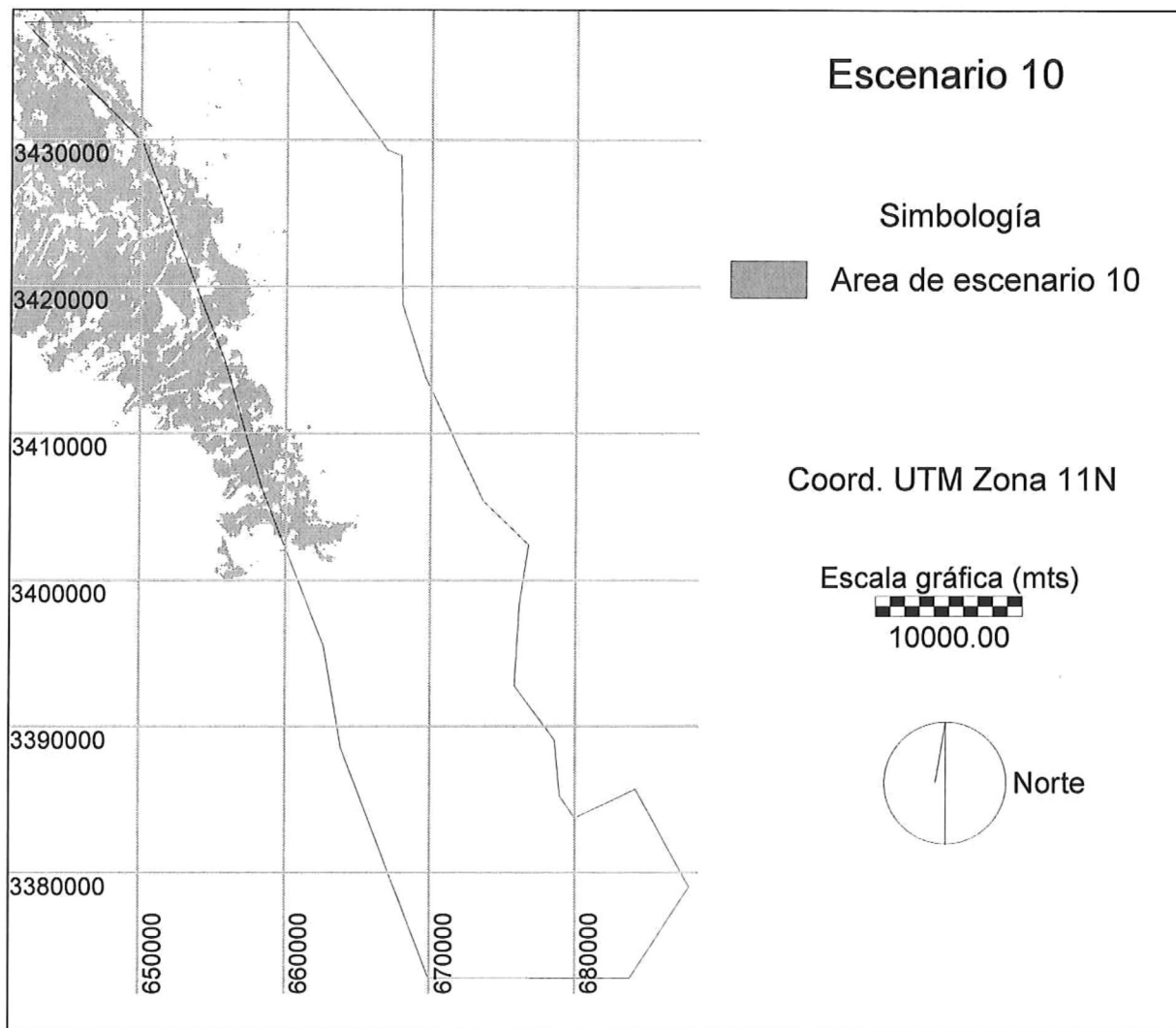
Área potencial que ocuparía el escenario 7 es de aprox. 852.09 Km²



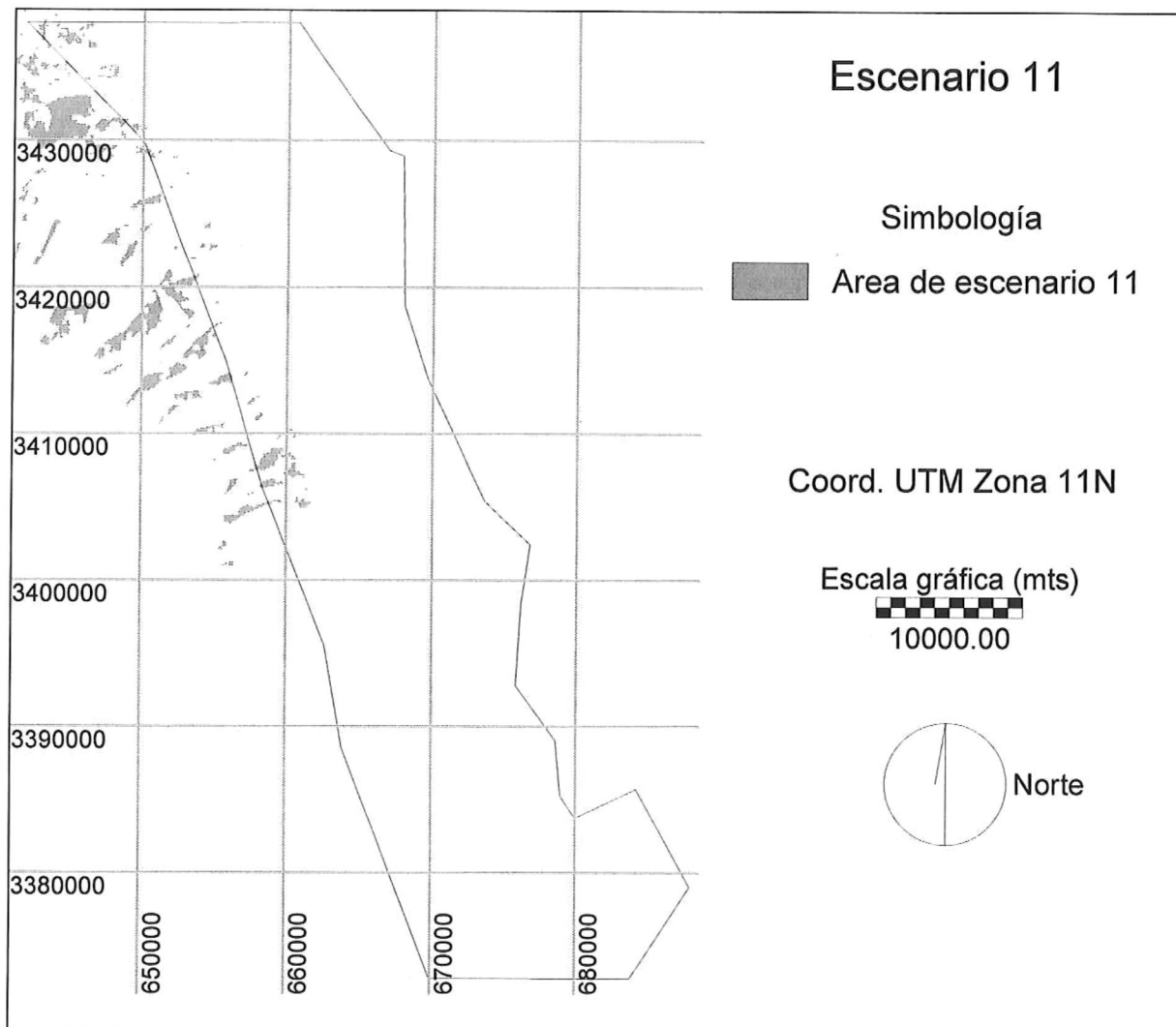
Área potencial que ocuparía el escenario 8 es de aprox. 1669.75 Km²



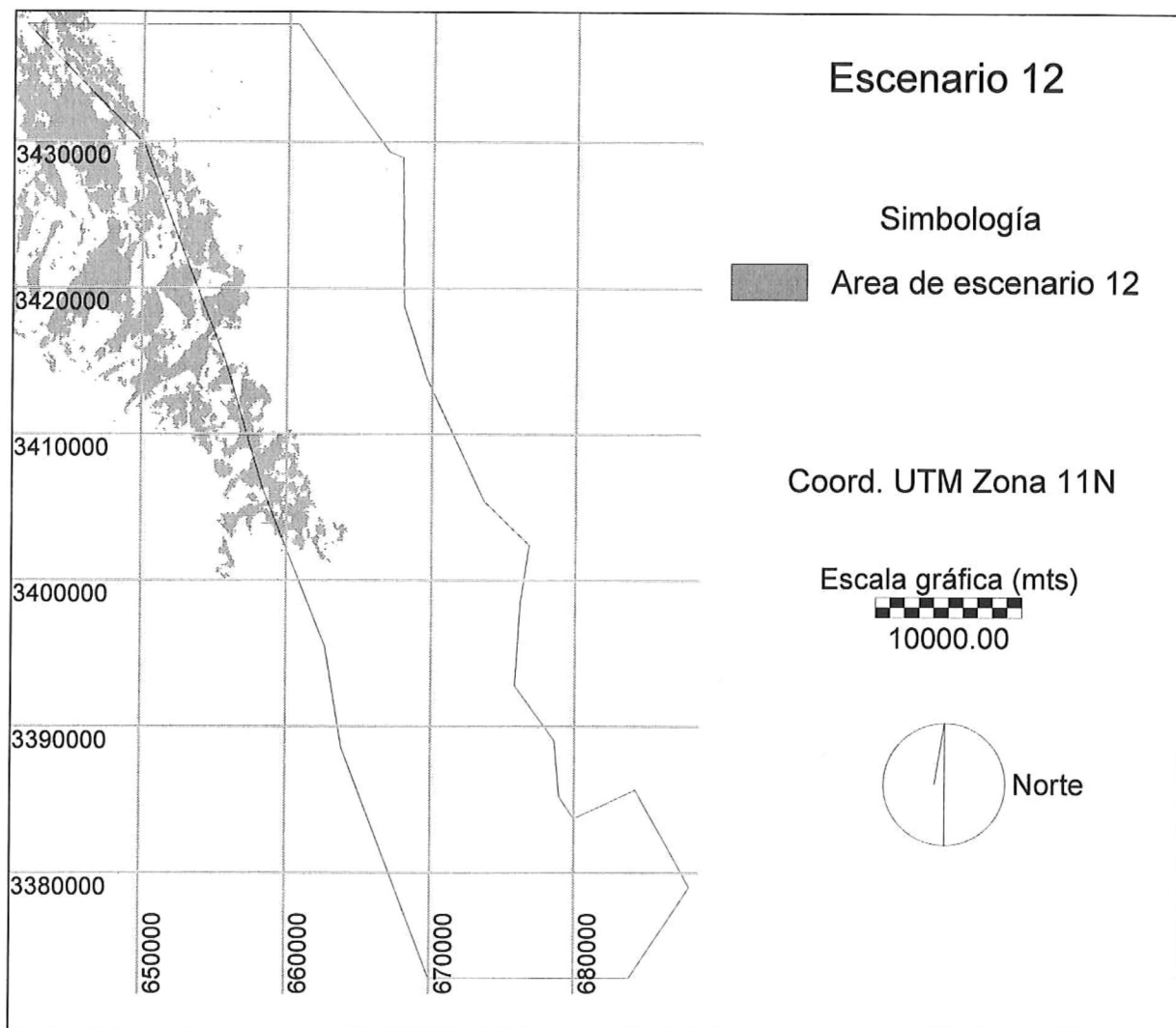
Área potencial que ocuparía el escenario 9 es de aprox. 36.38 Km²



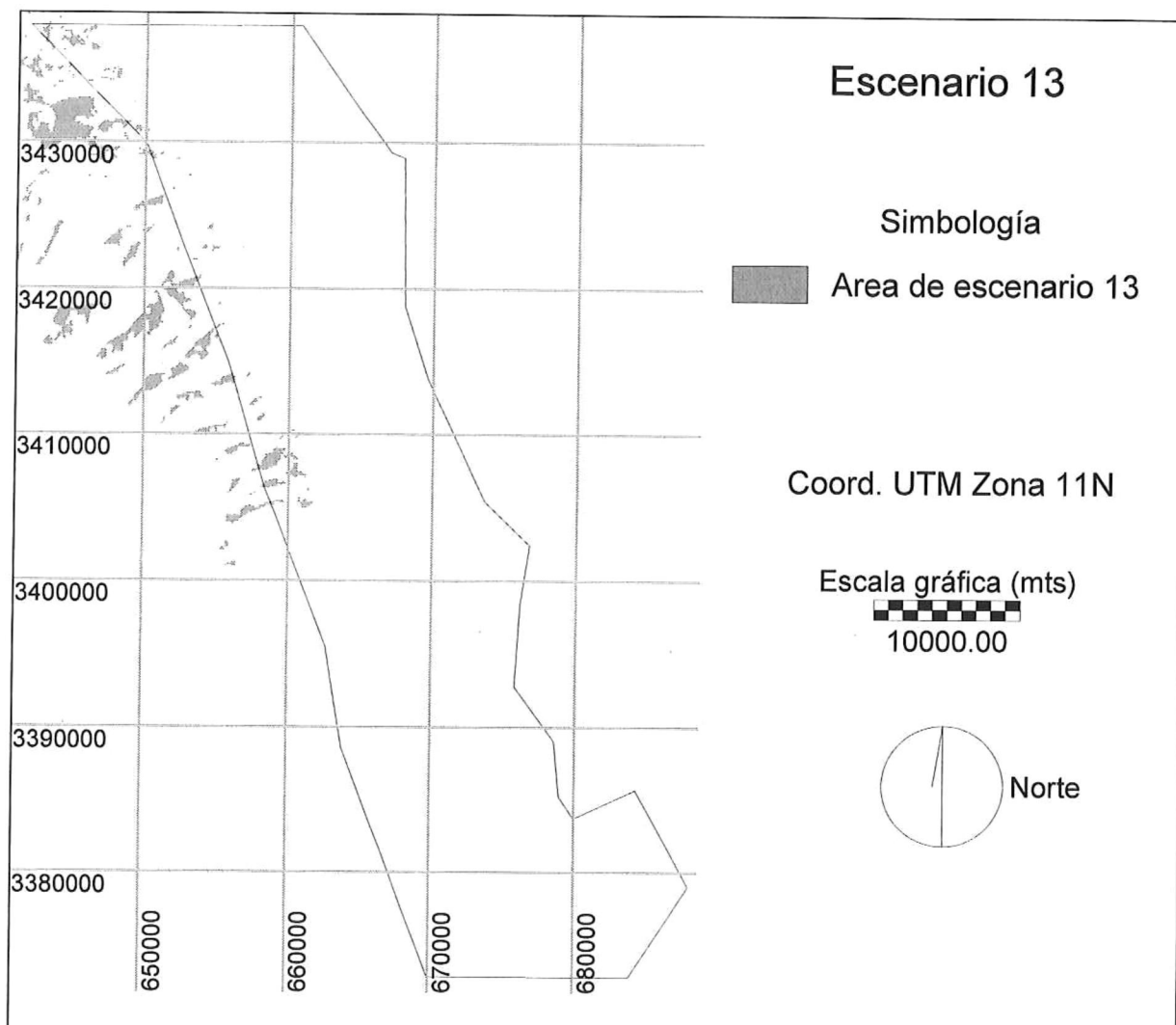
Área potencial que ocuparía el escenario 10 es de aprox. 277.67 Km²



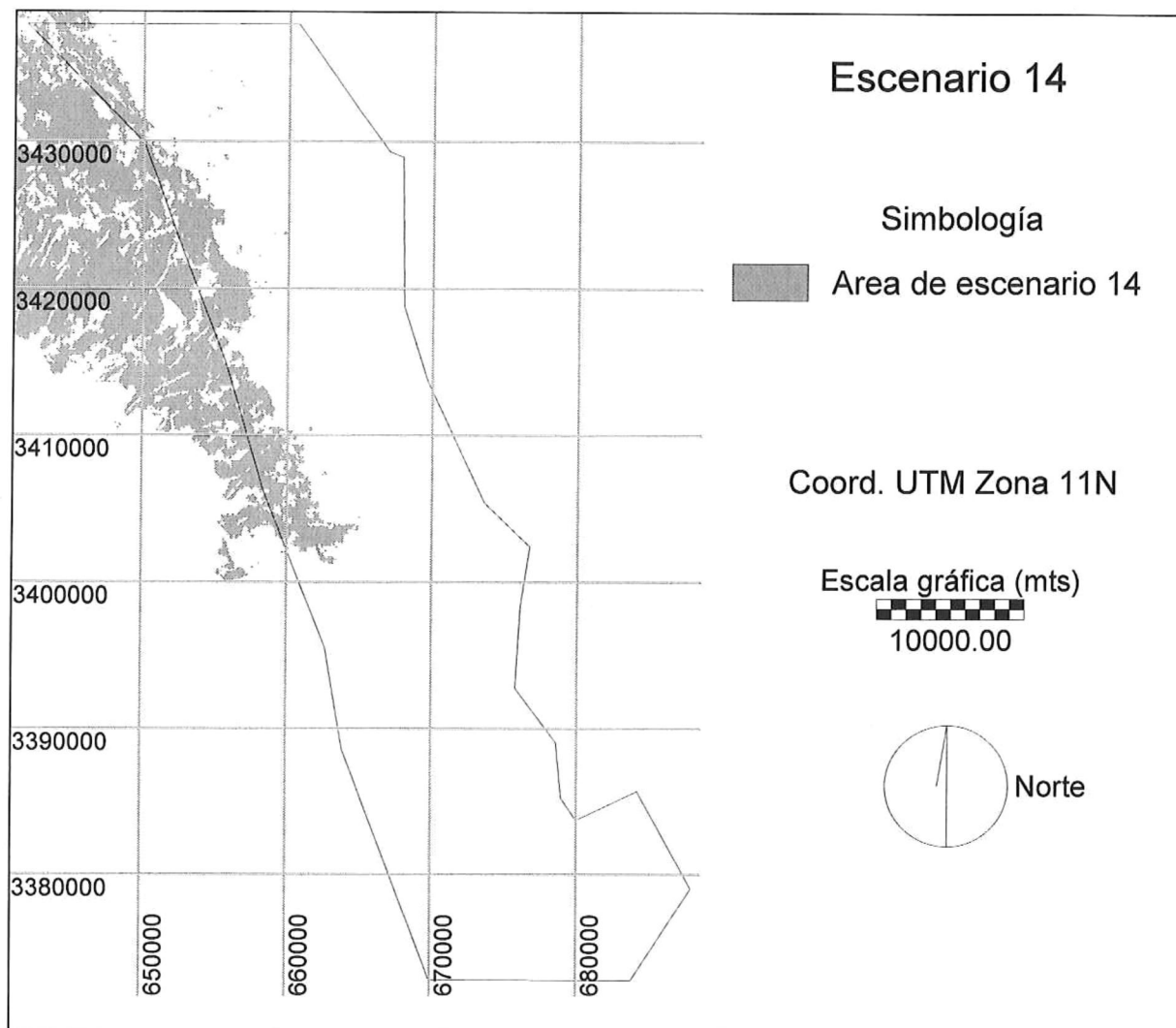
Área potencial que ocuparía el escenario 11 es de aprox. 43.75 Km²



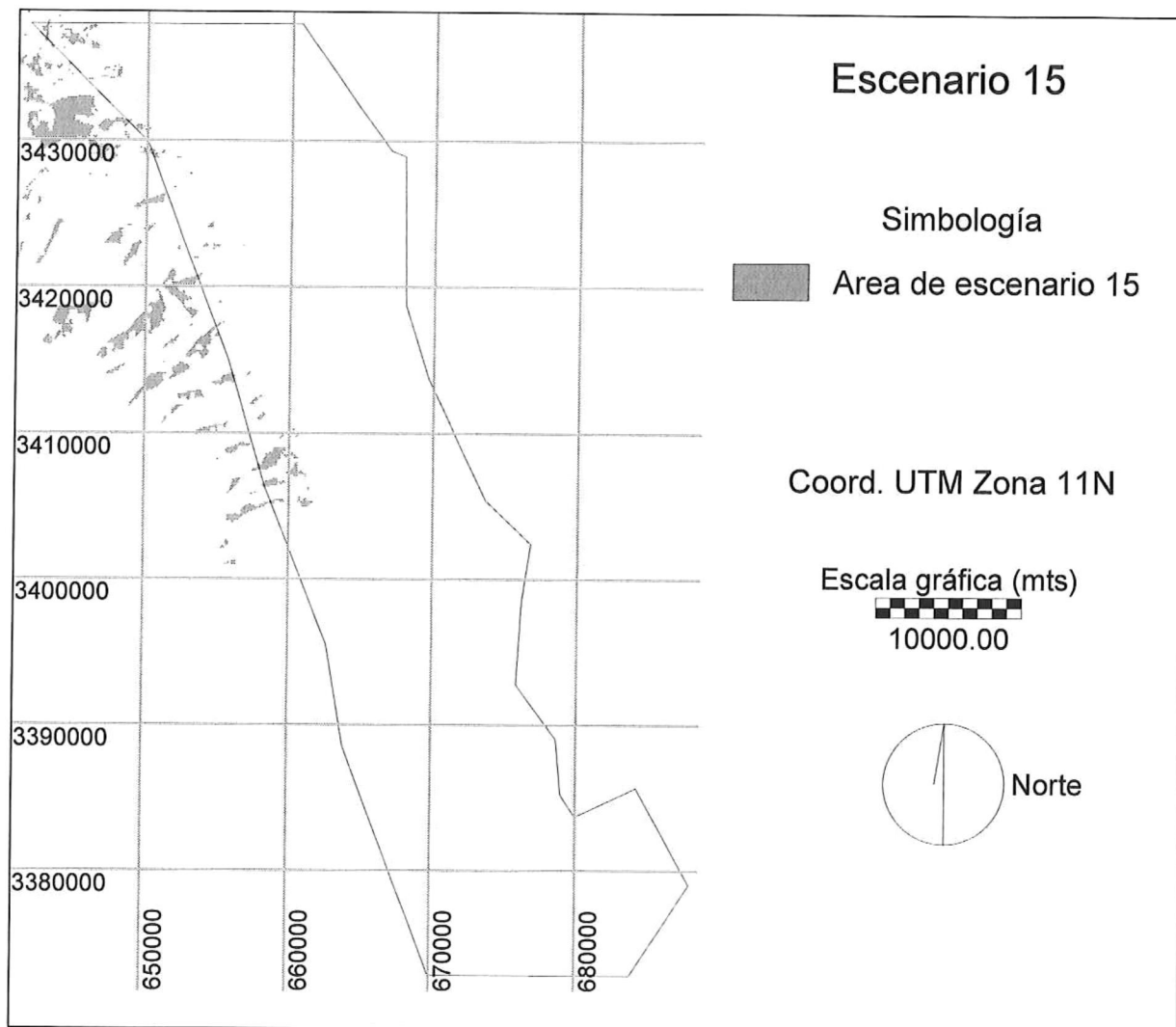
Área potencial que ocuparía el escenario 12 es de aprox. 199.83 Km²



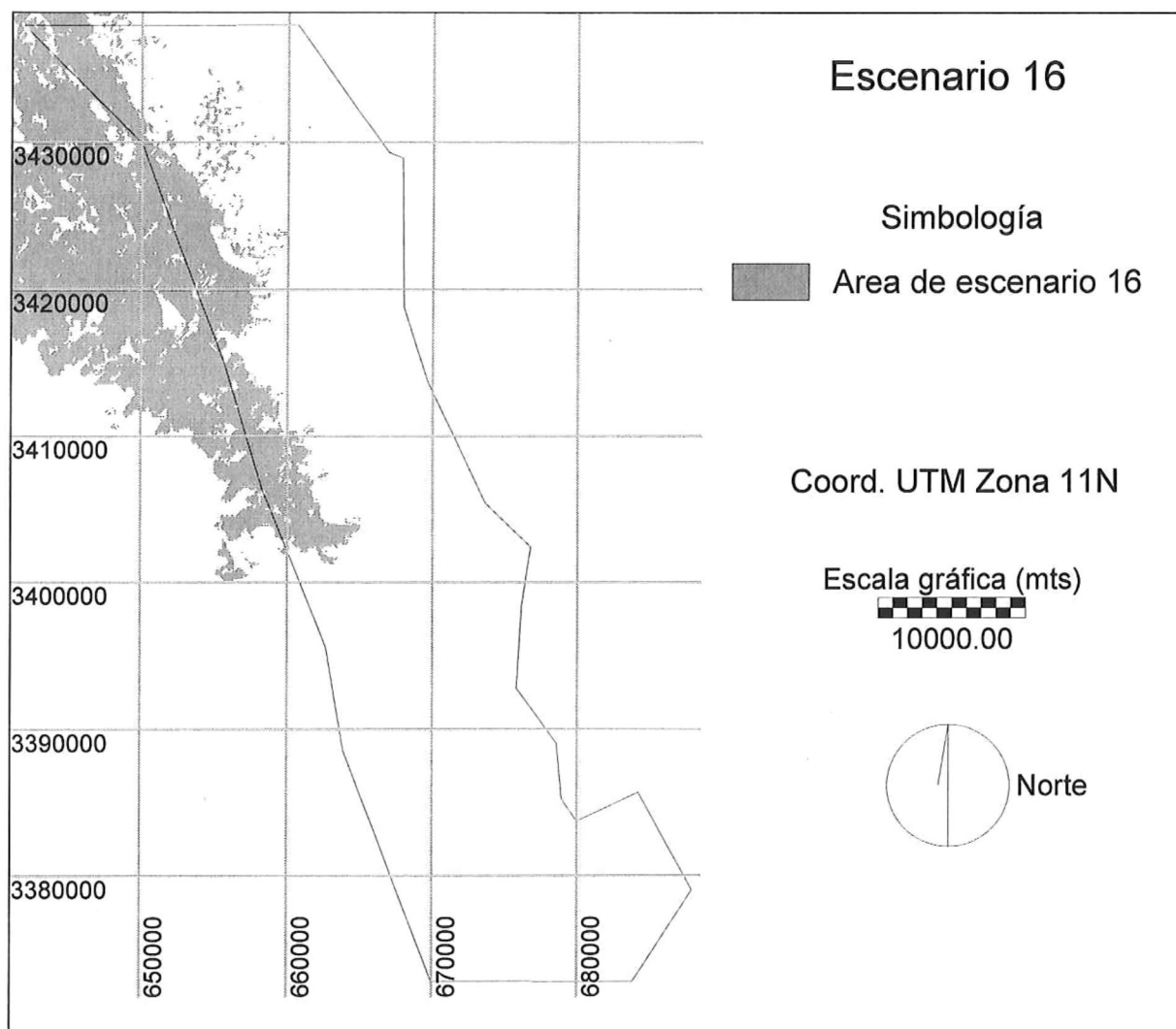
Área potencial que ocuparía el escenario 13 es de aprox. 43.75 Km²



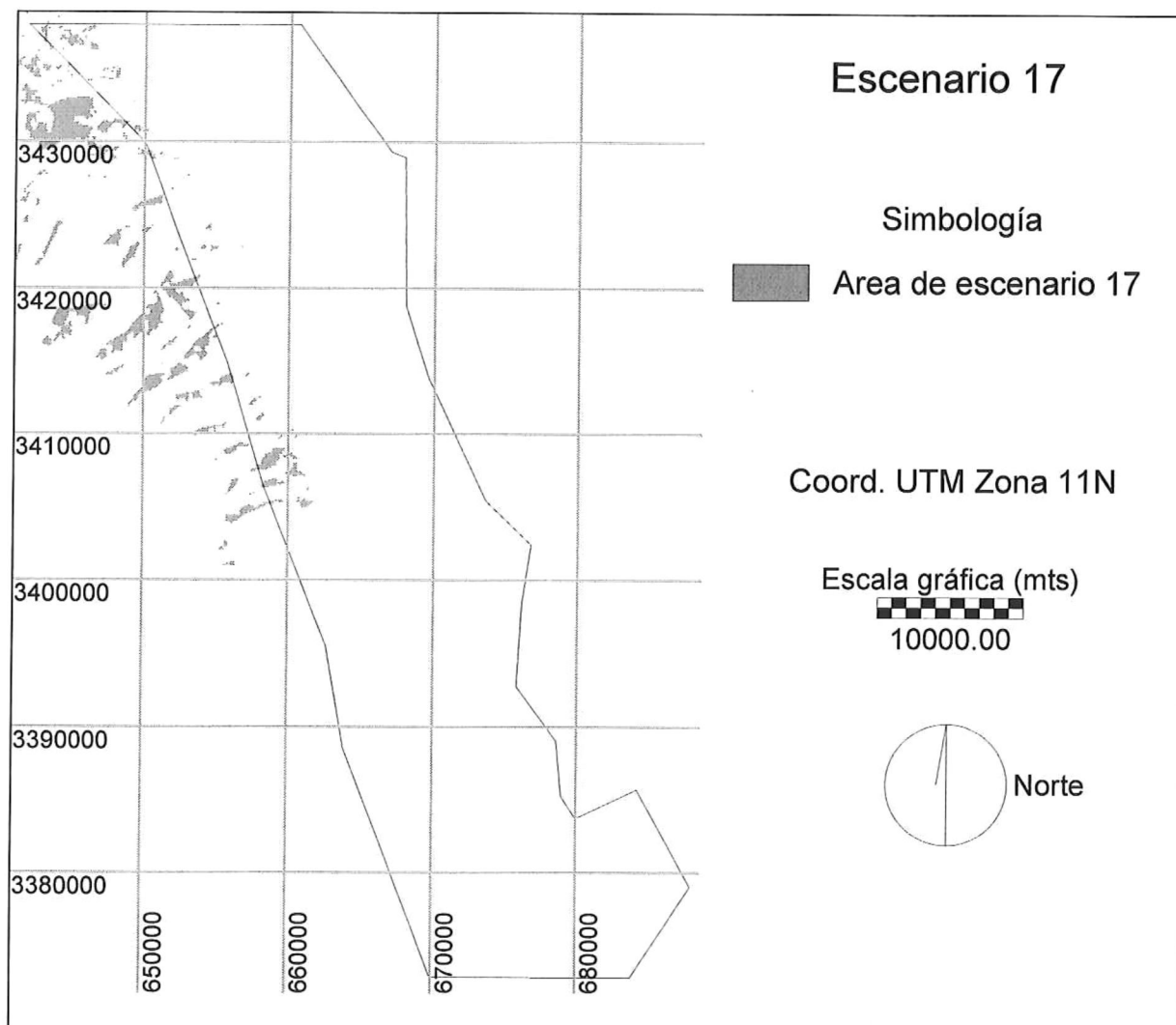
Área potencial que ocuparía el escenario 14 es de aprox. 277.67 Km²



Área potencial que ocuparía el escenario 15 es de aprox. 43.75 Km²

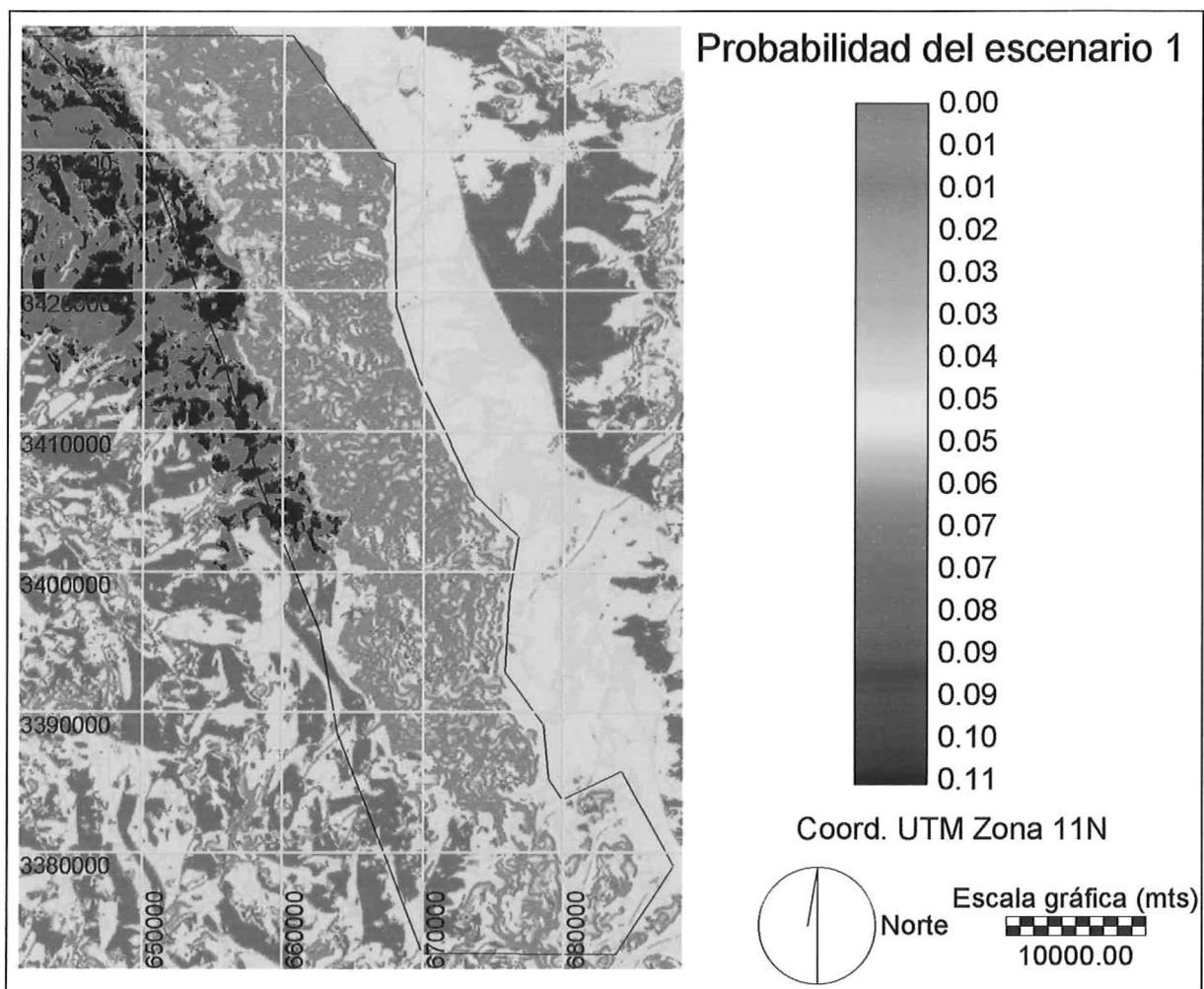


Área potencial que ocuparía el escenario 16 es de aprox. 343.22 Km²

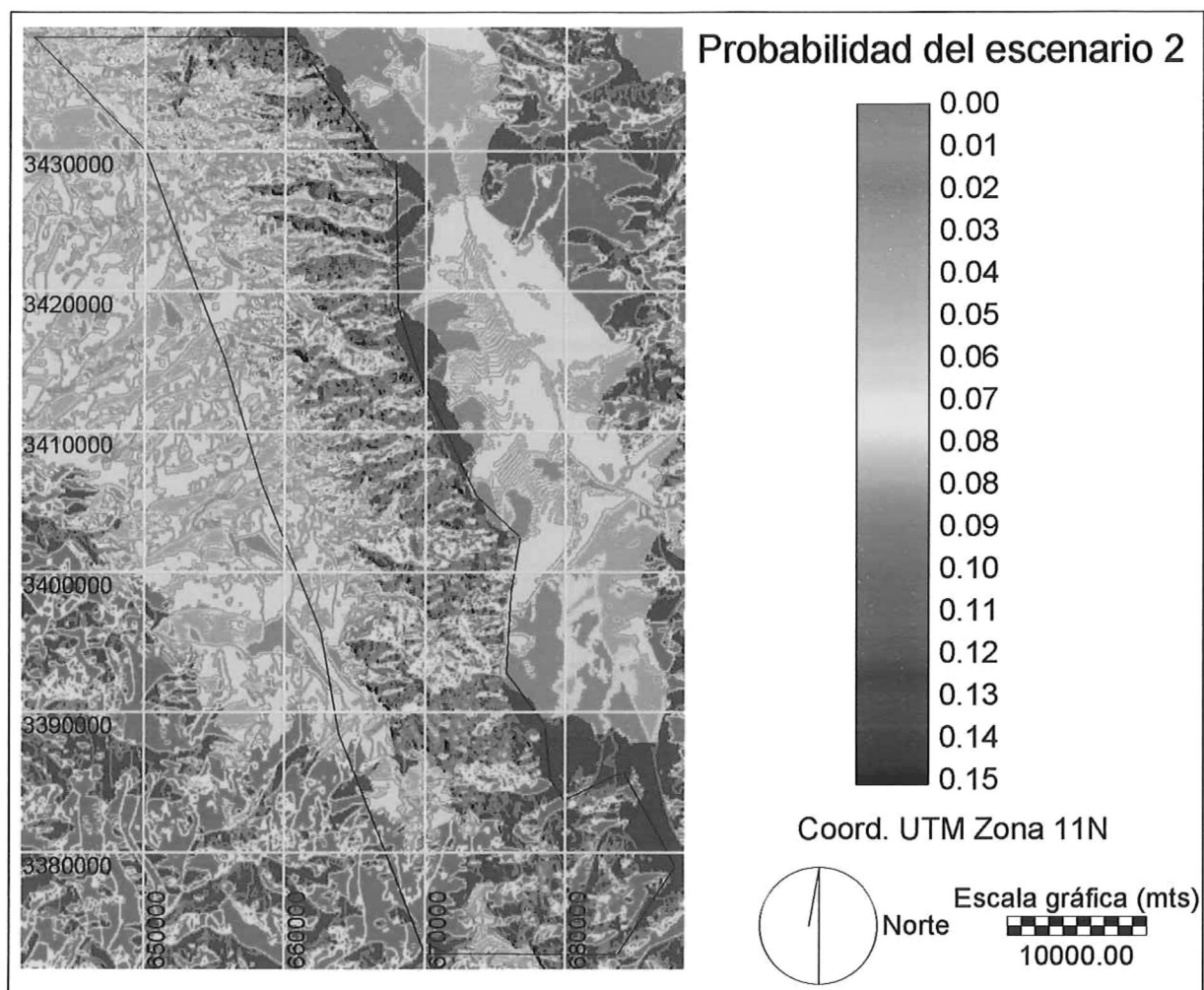


Área potencial que ocuparía el escenario 17 es de aprox. 43.75 Km²

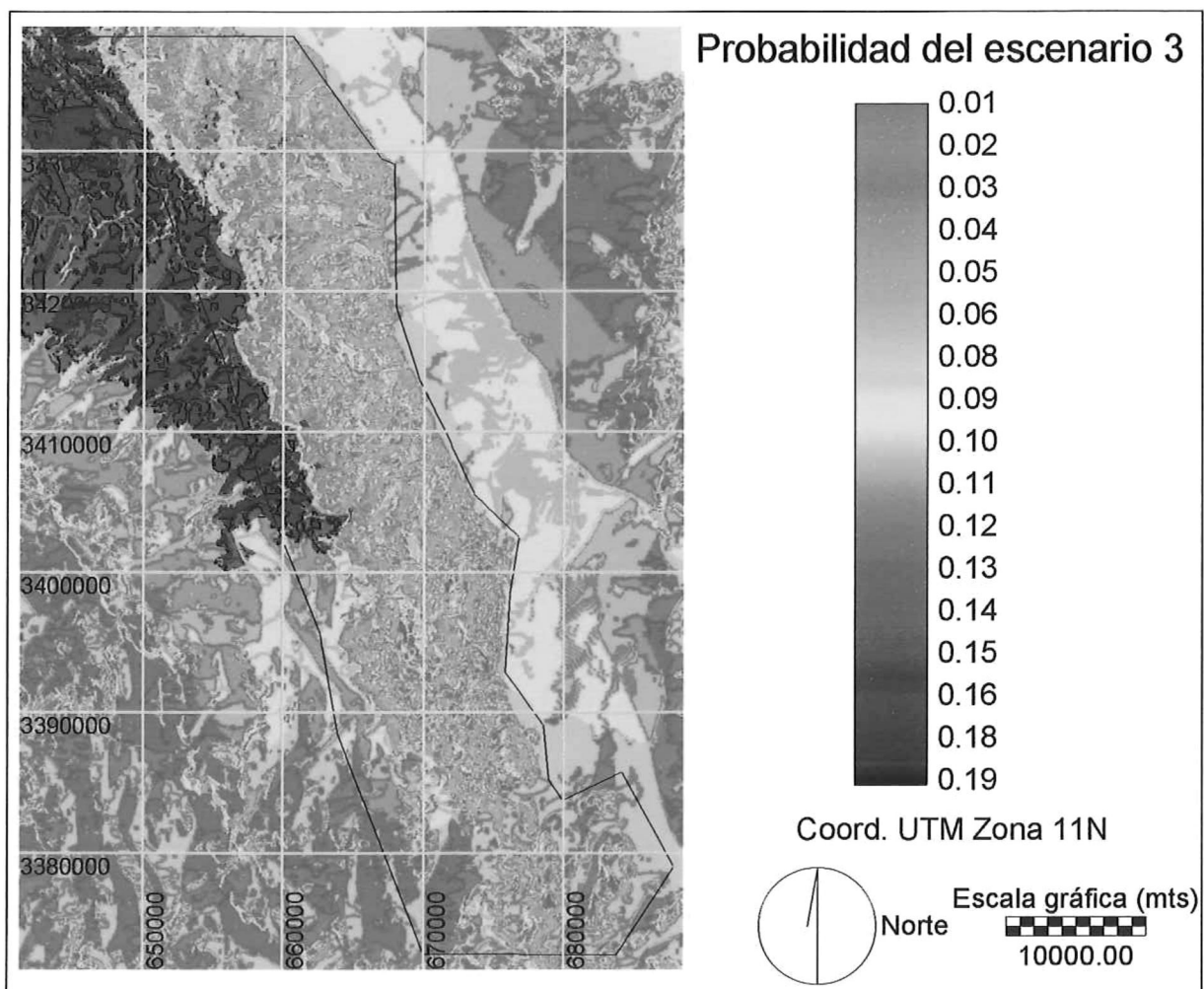
Anexo 5.- "Imágenes de Probabilidad de ocurrencia de cada escenario"



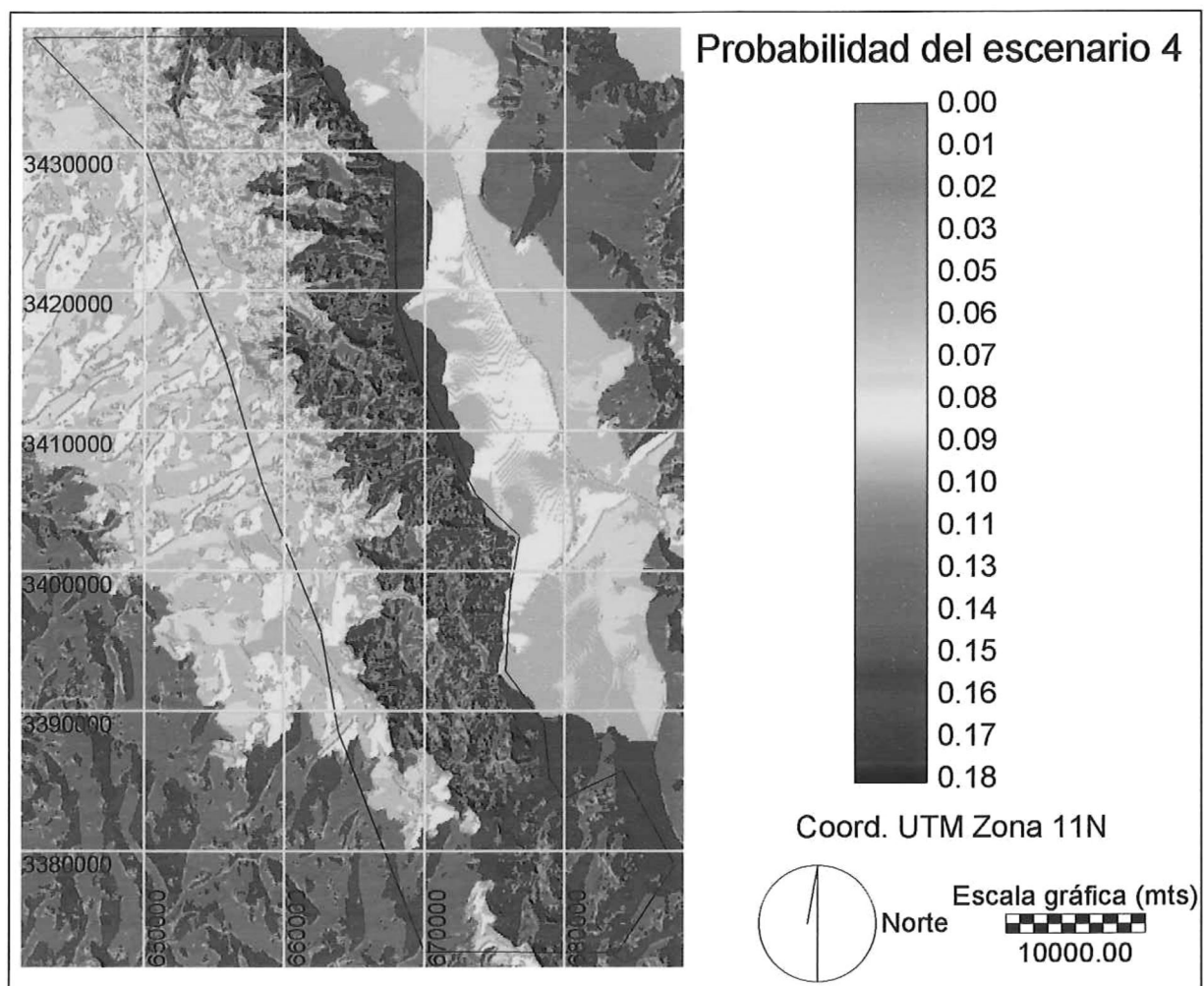
Probabilidades de ocurrencia del escenario 1.



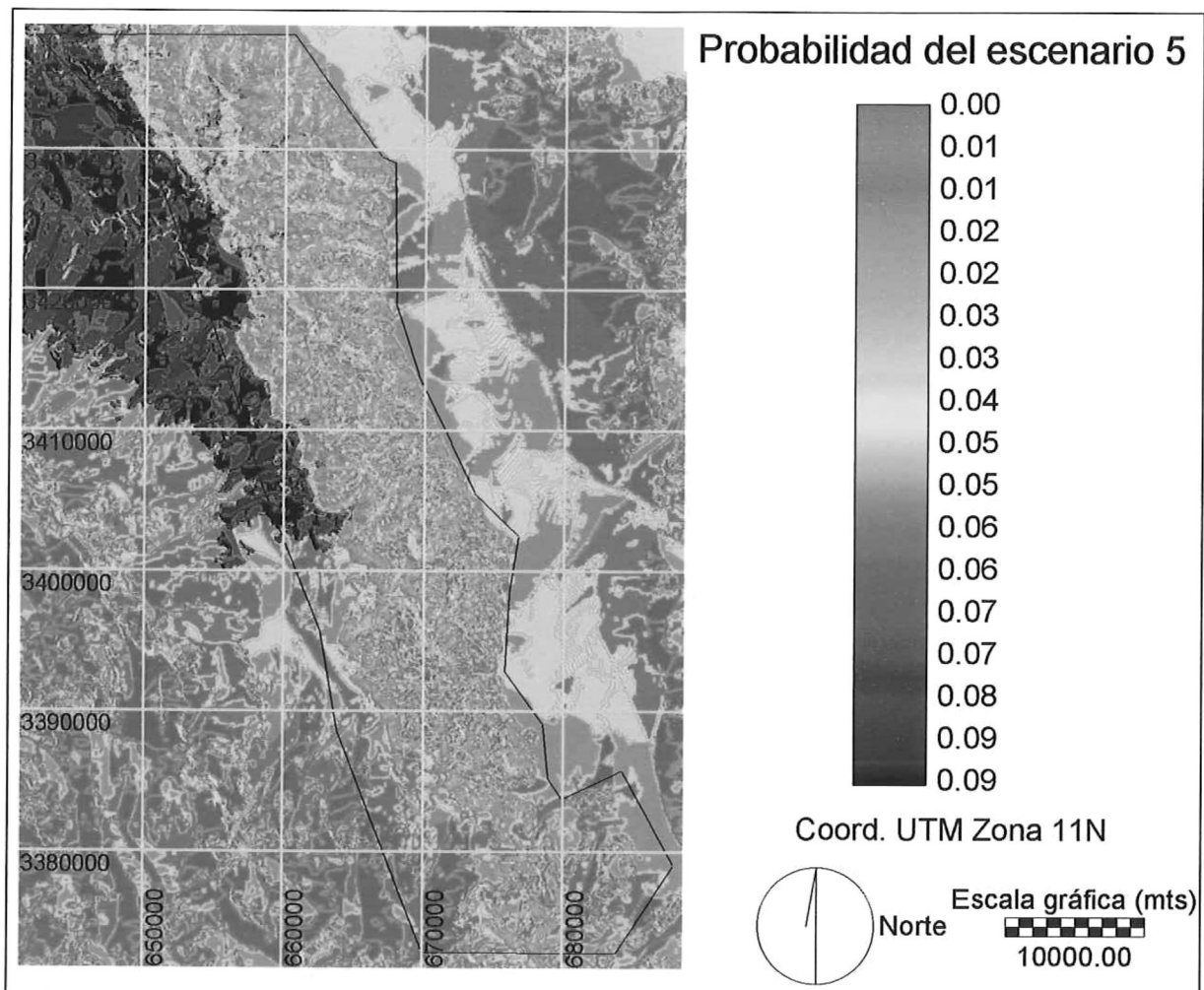
Probabilidades de ocurrencia del escenario 2.



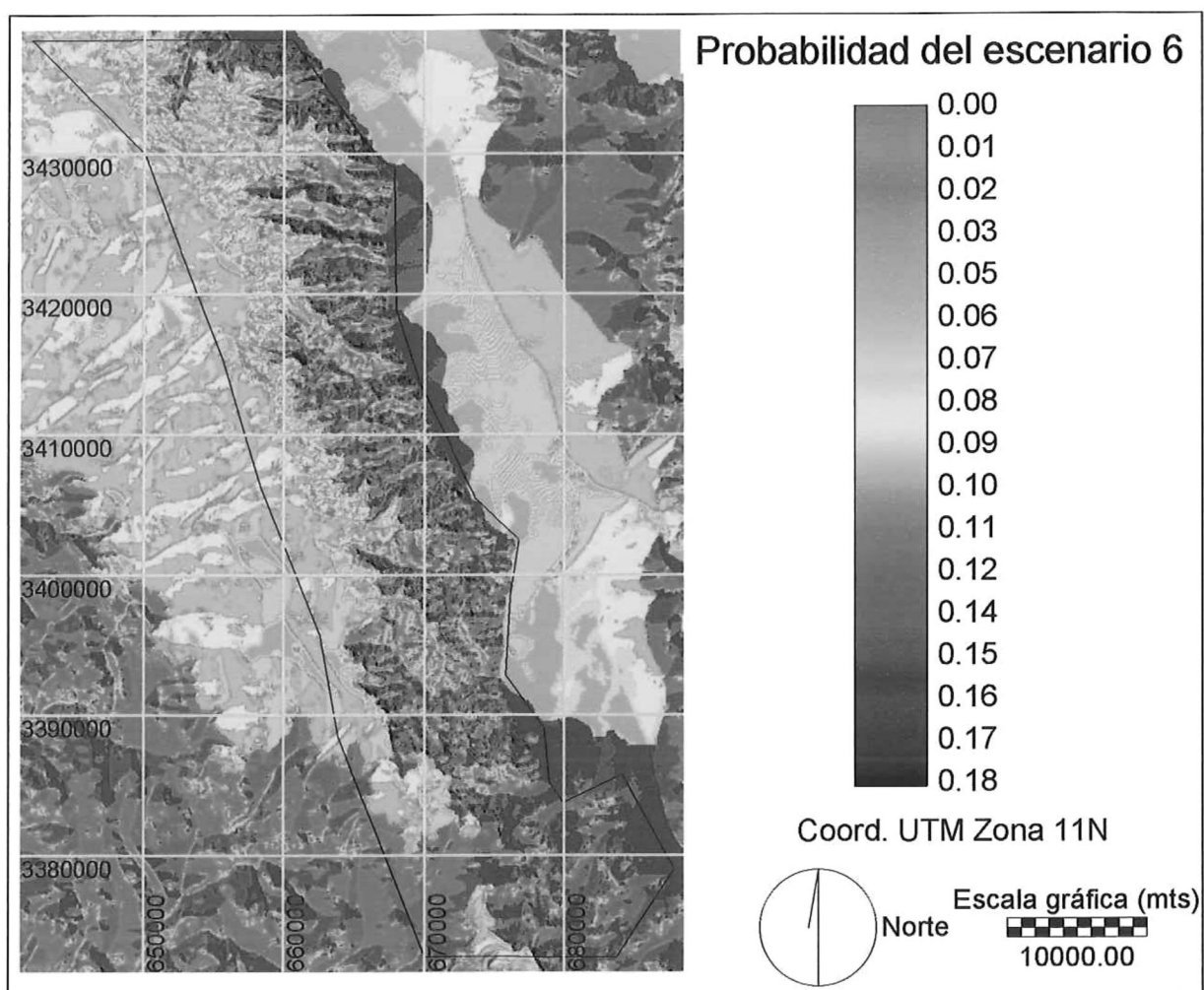
Probabilidades de ocurrencia del escenario 3.



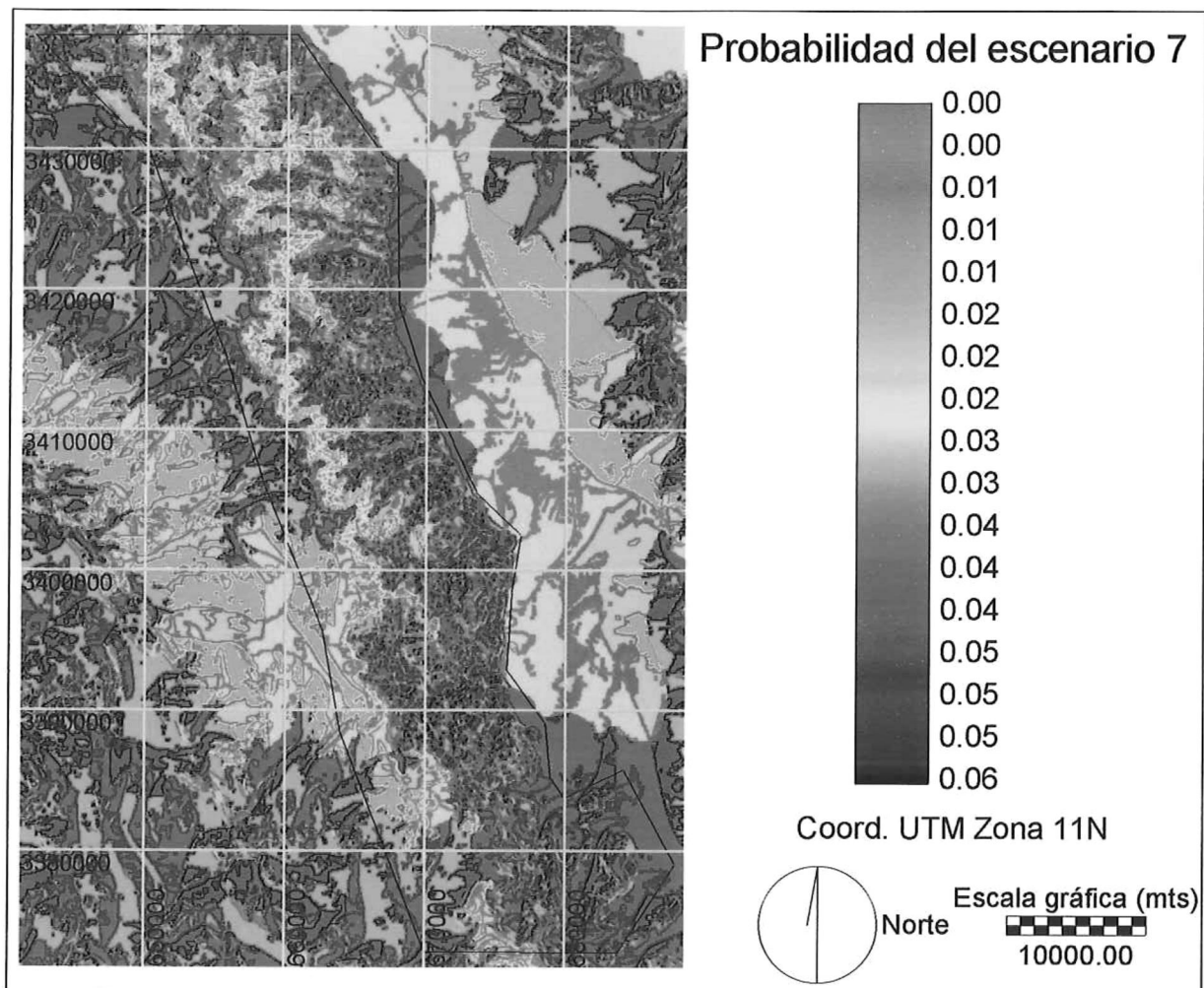
Probabilidades de ocurrencia del escenario 4.



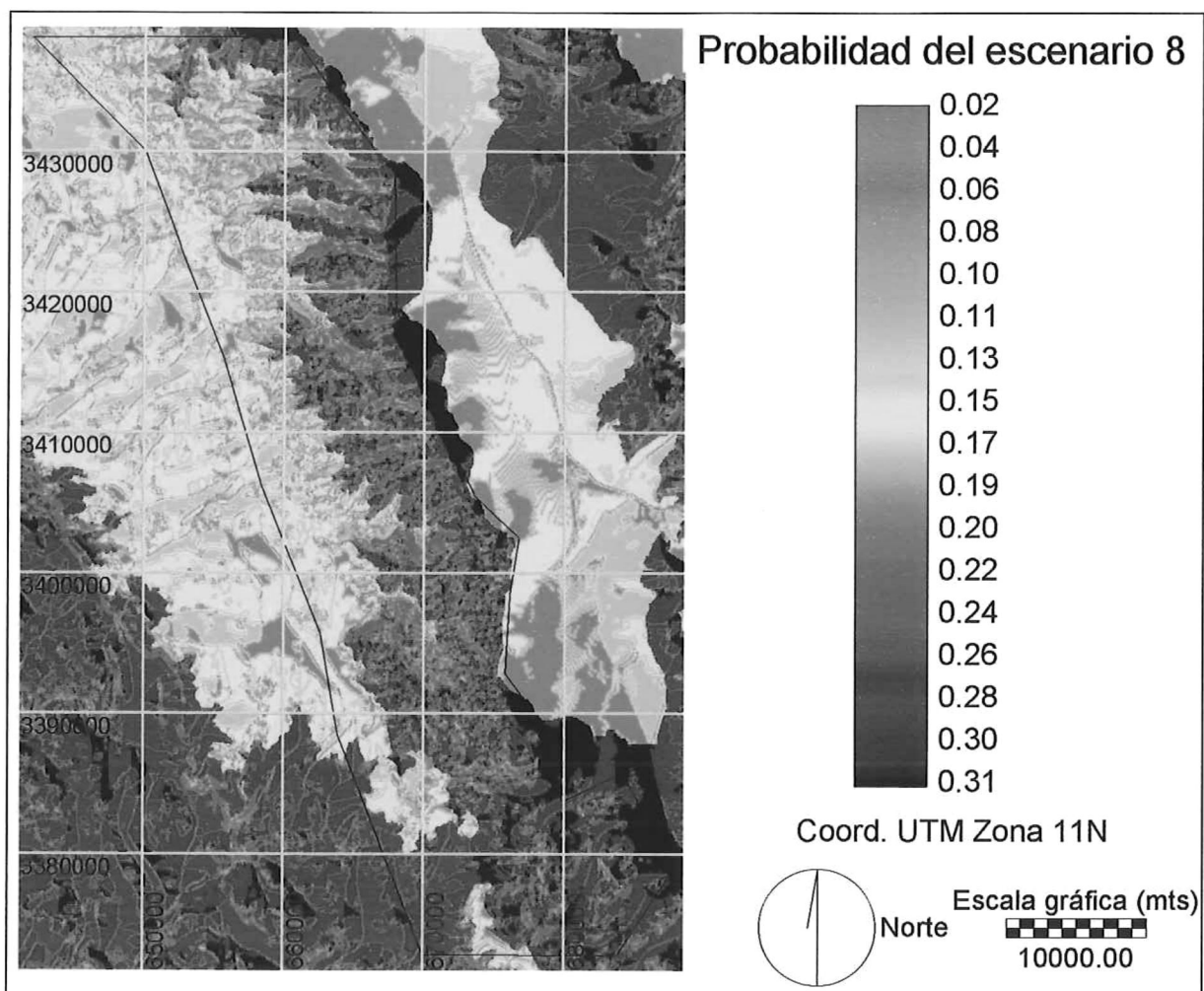
Probabilidades de ocurrencia del escenario 5.



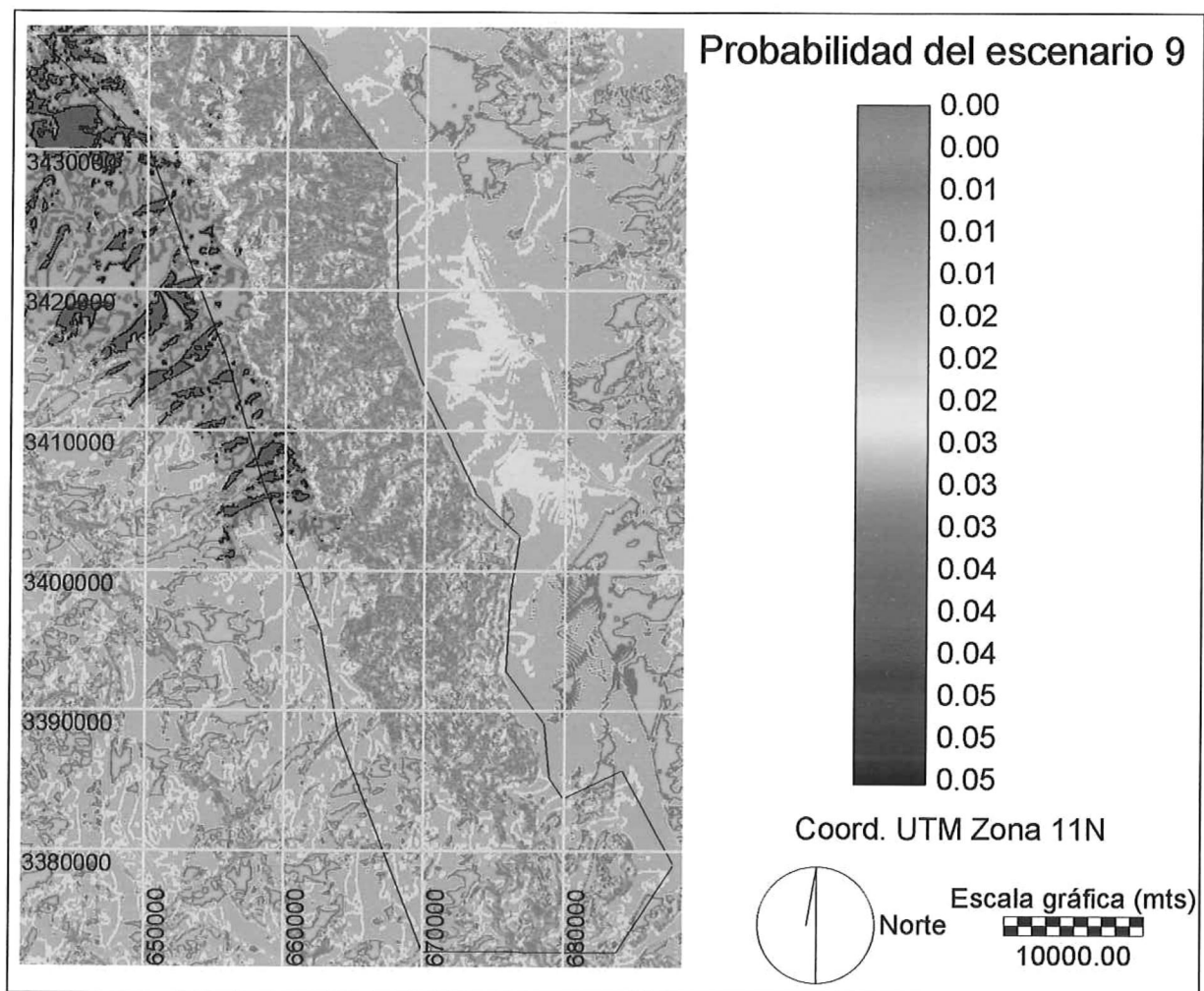
Probabilidades de ocurrencia del escenario 6.



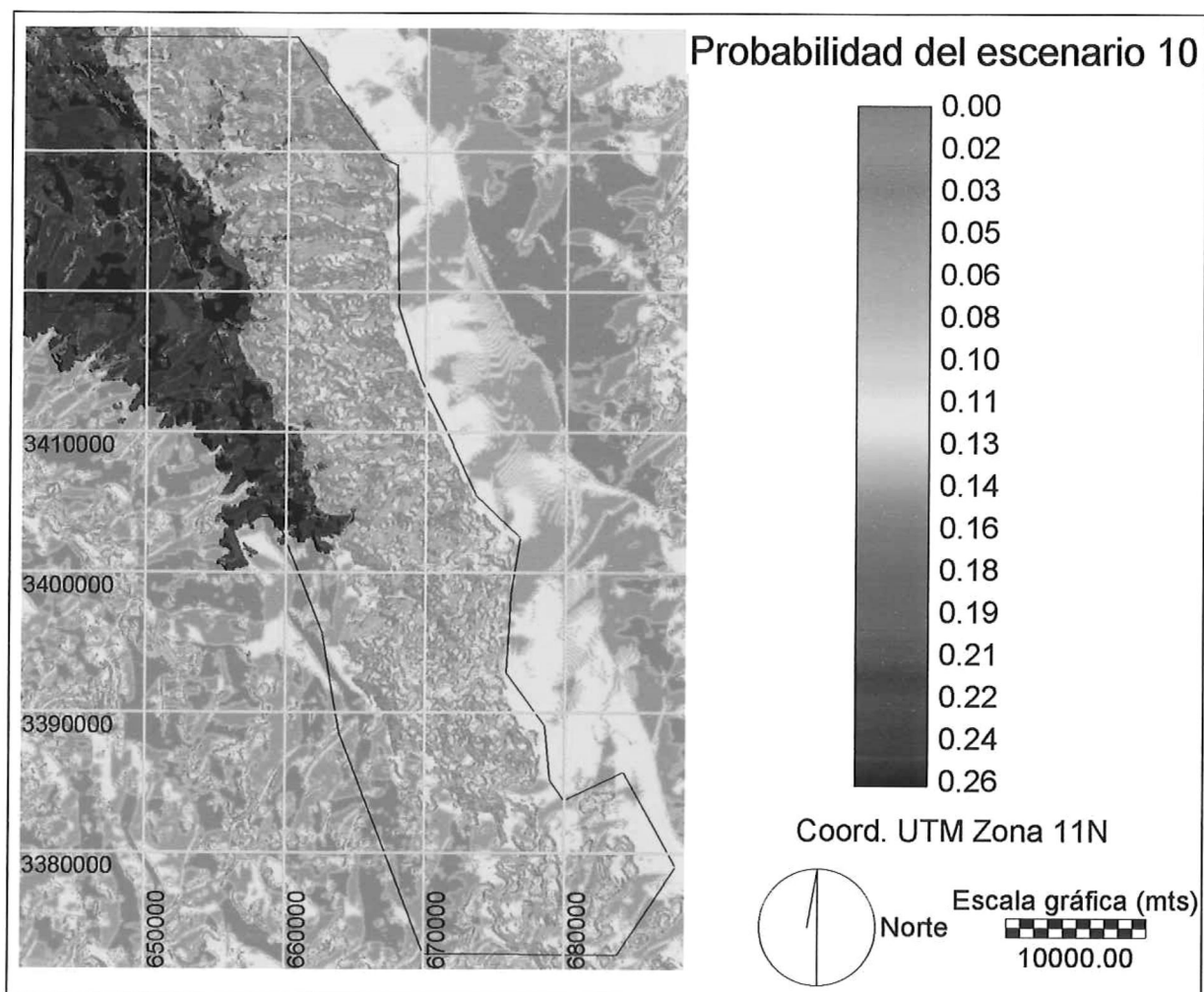
Probabilidades de ocurrencia del escenario 8.



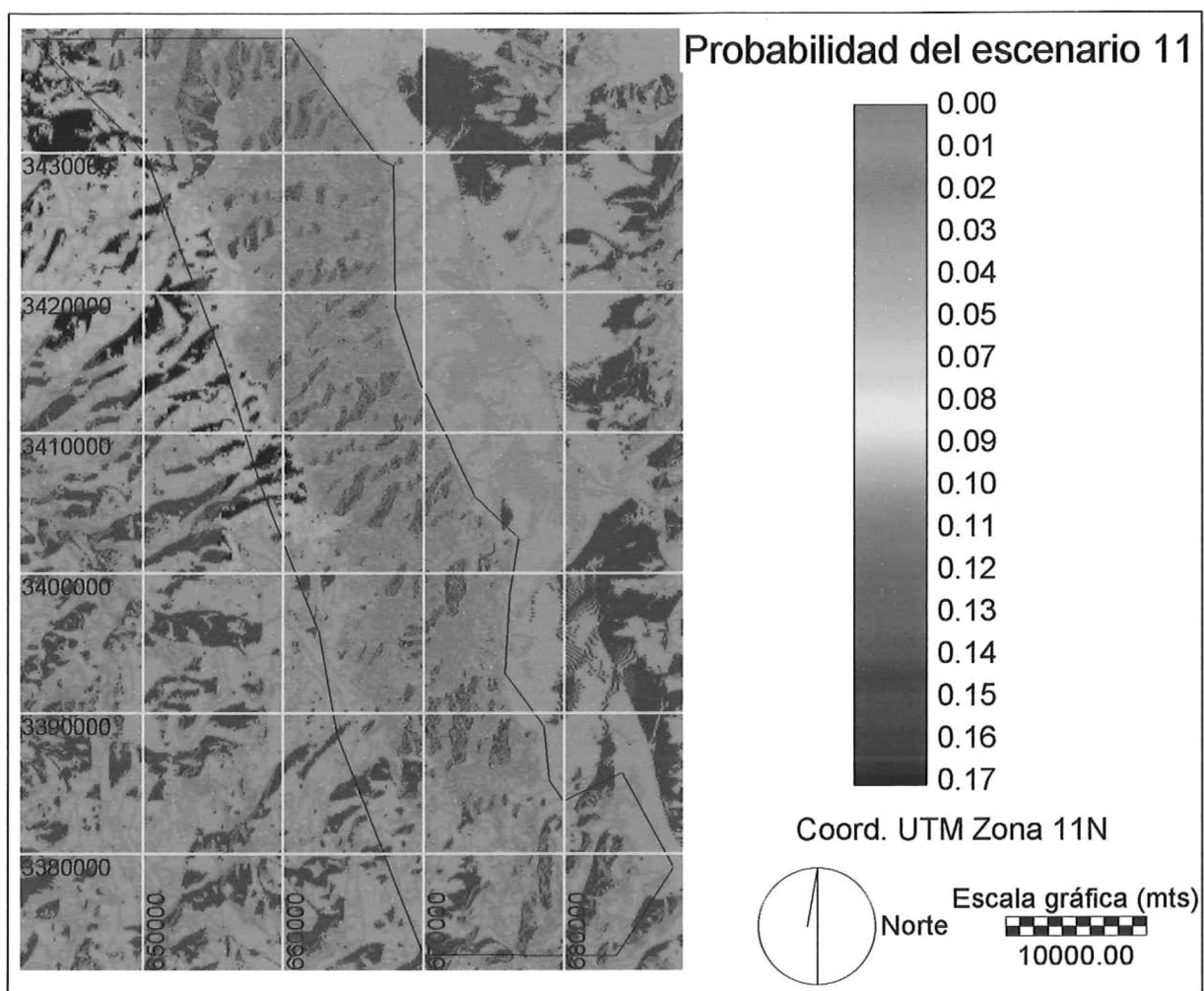
Probabilidades de ocurrencia del escenario 8.



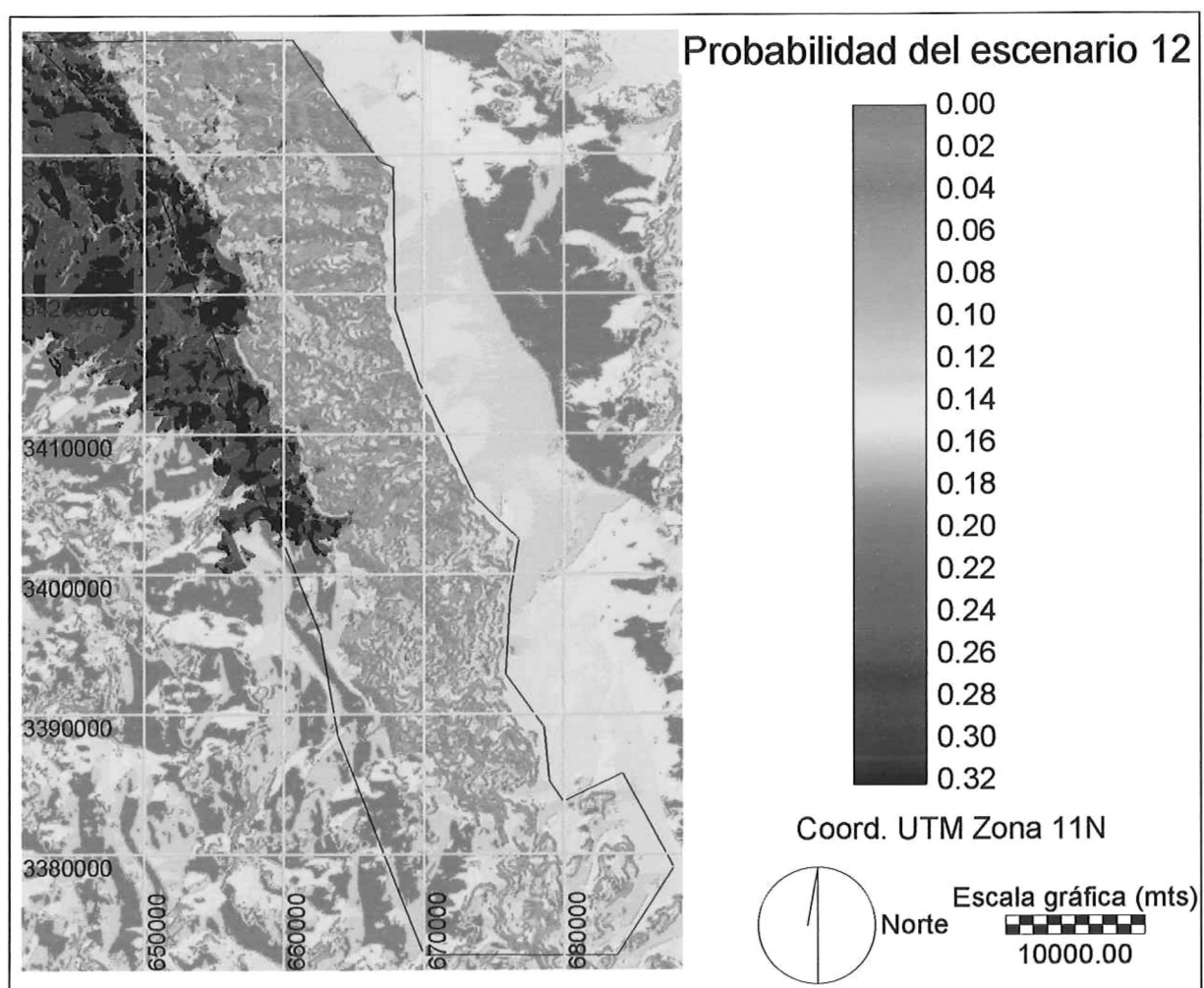
Probabilidades de ocurrencia del escenario 9.



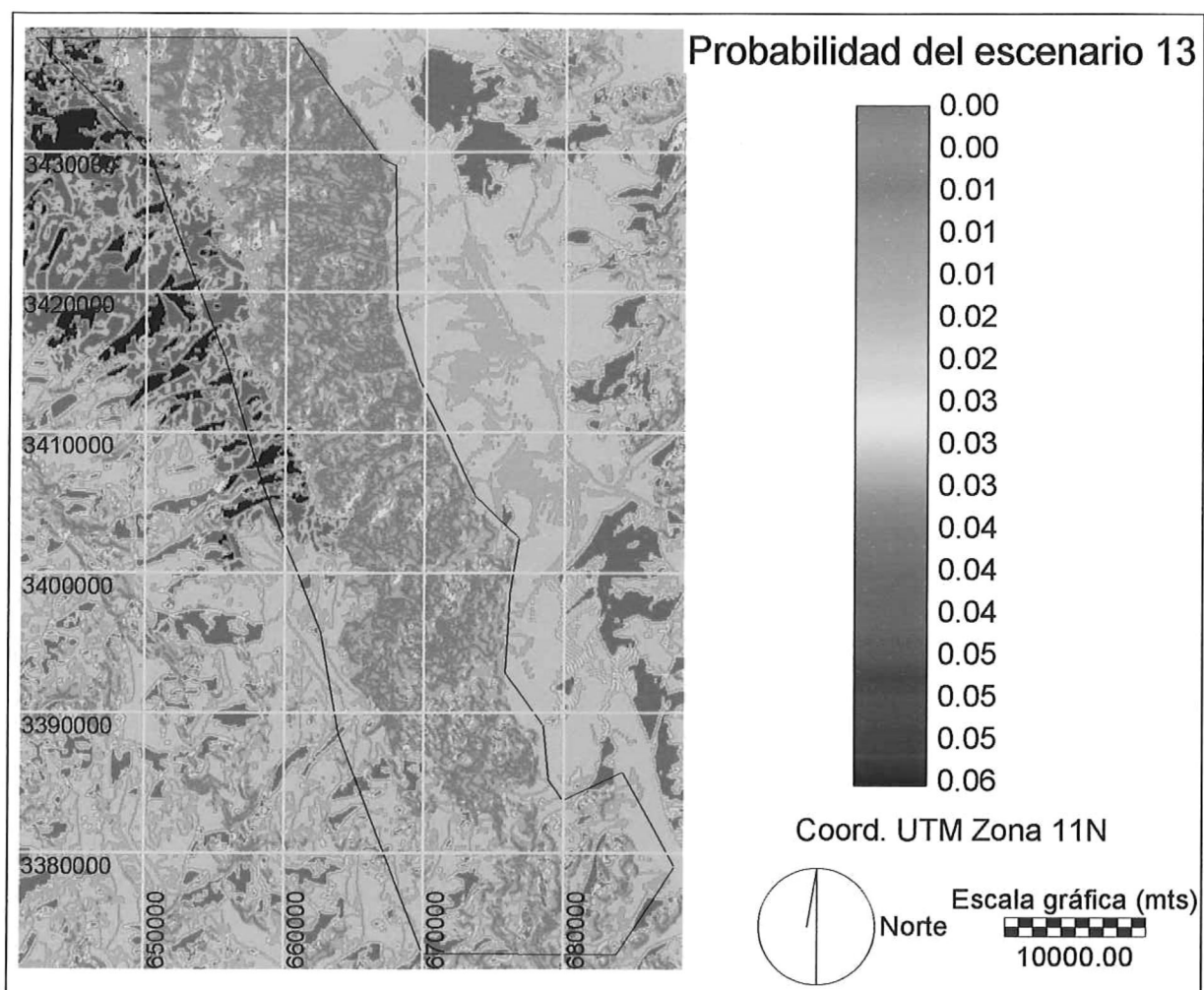
Probabilidades de ocurrencia del escenario 10.



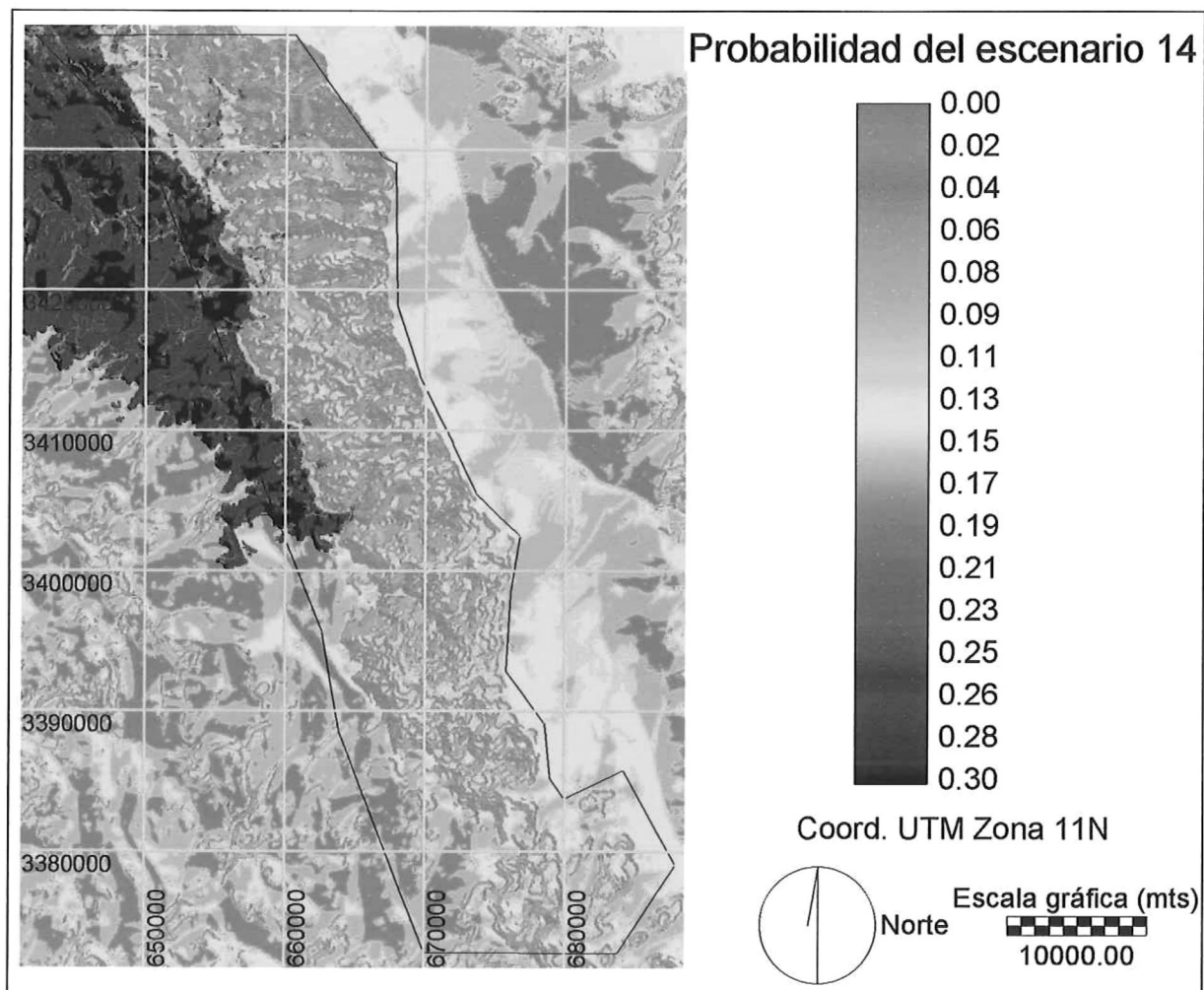
Probabilidades de ocurrencia del escenario 11.



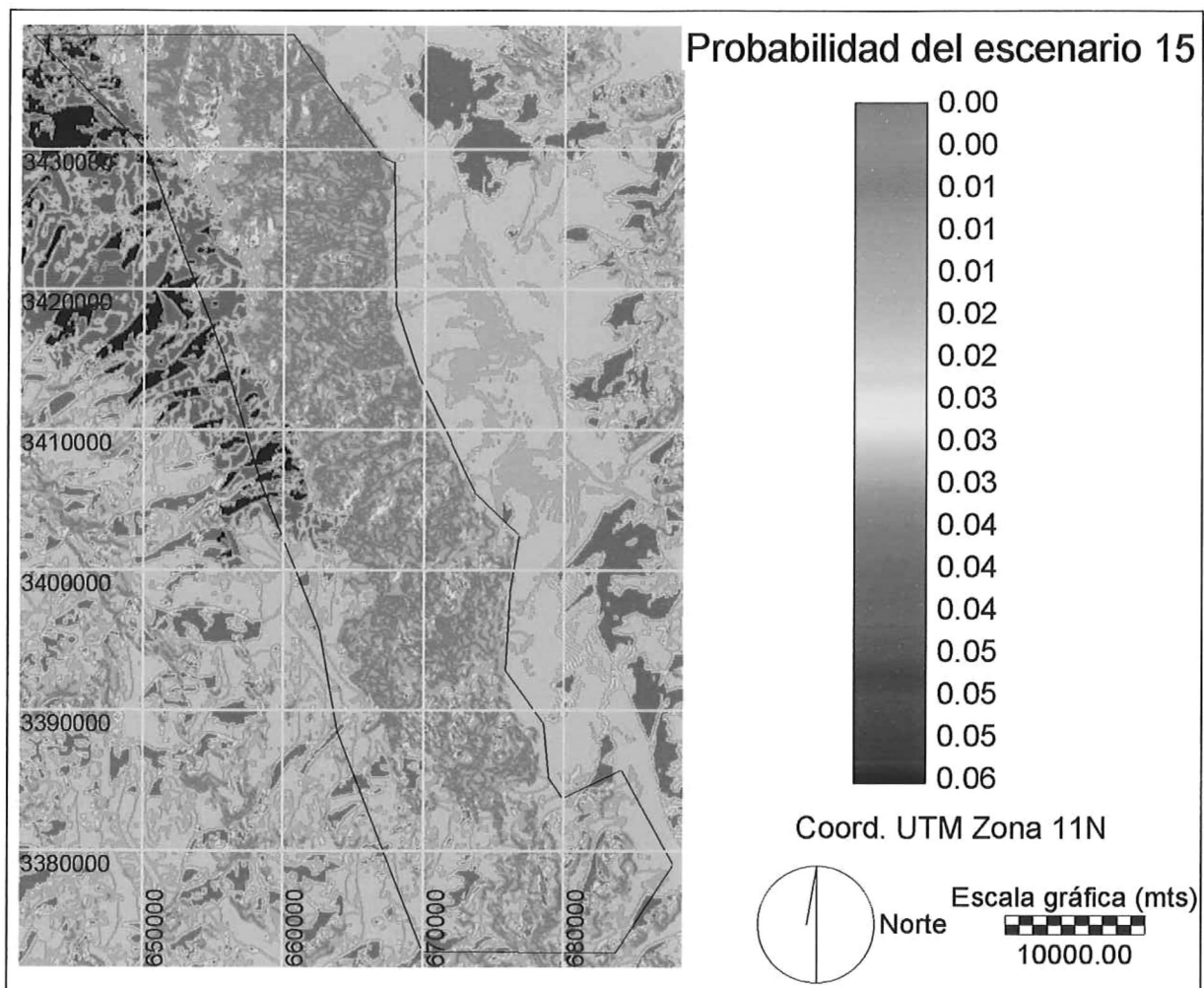
Probabilidades de ocurrencia del escenario 12.



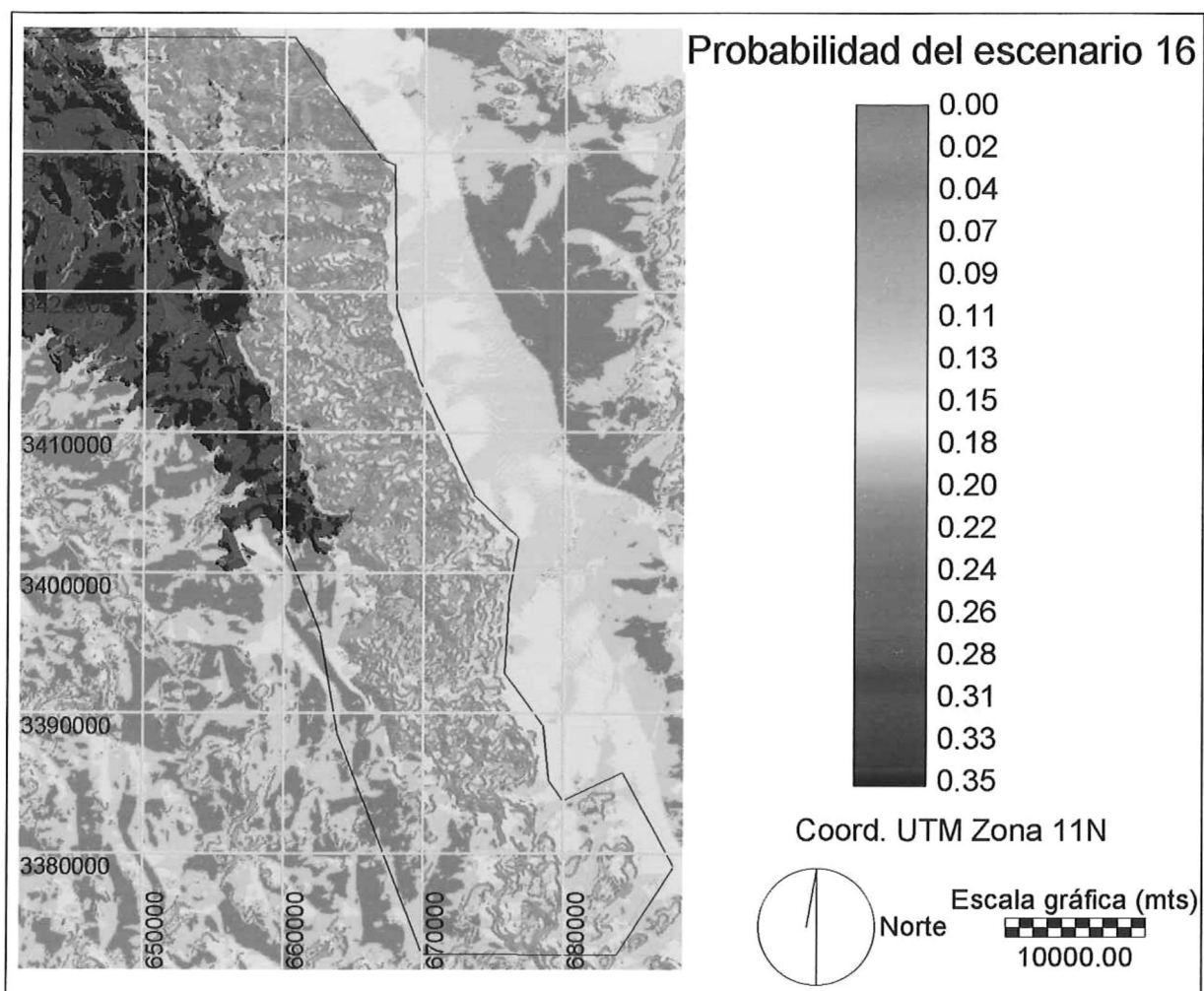
Probabilidades de ocurrencia del escenario 13.



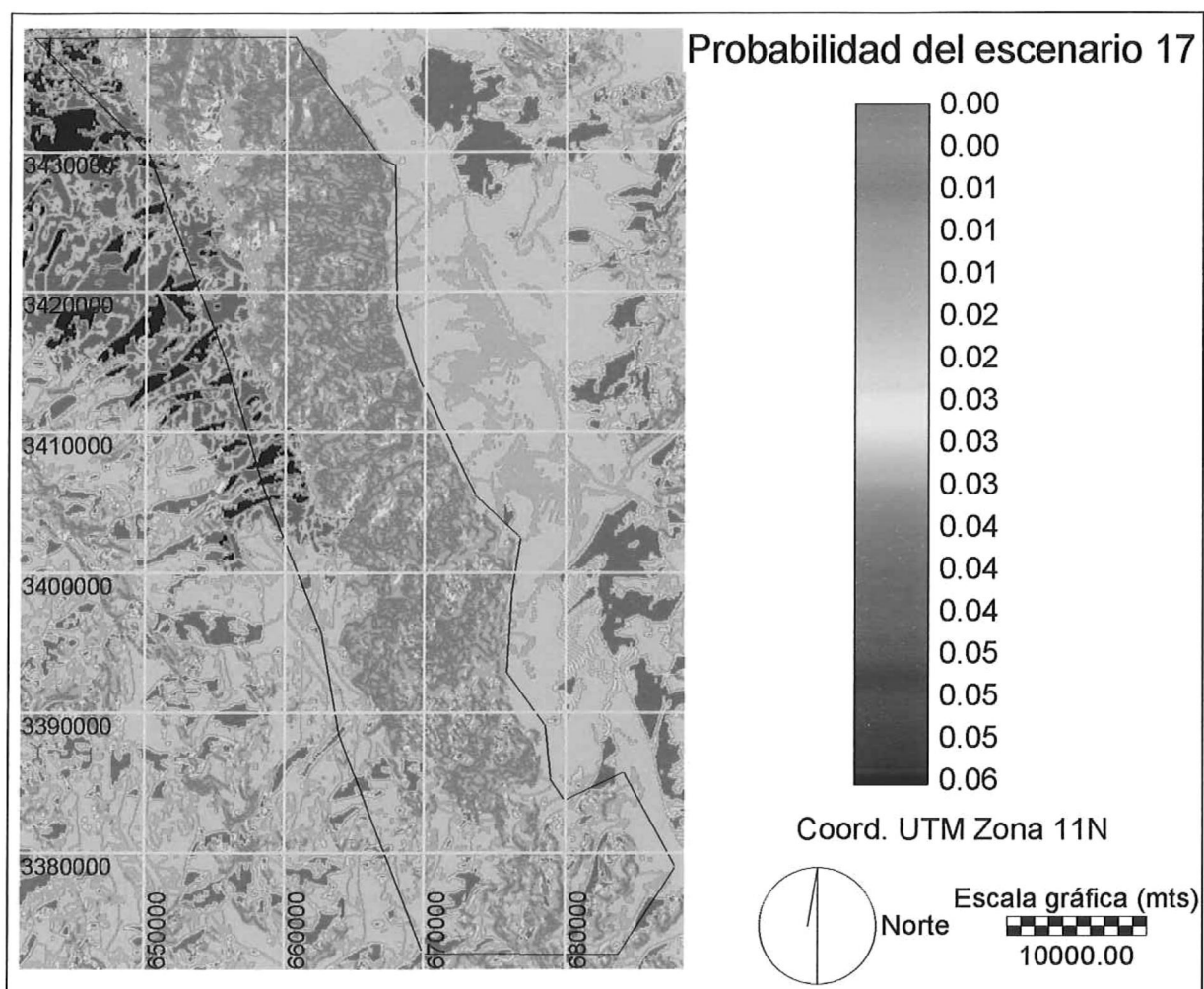
Probabilidades de ocurrencia del escenario 14.



Probabilidades de ocurrencia del escenario 15.



Probabilidades de ocurrencia del escenario 16.



Probabilidades de ocurrencia del escenario 17.