

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

EVALUACION DEL USO DE HABITAT POR EL BORREGO CIMARRON
(*Ovis canadensis*) EN LA SIERRA DE LA RUMOROSA, BAJA CALIFORNIA.

TESIS PROFESIONAL

QUE PRESENTA

MARTINEZ CORDOVA MONICA ERANDI

APROBADO POR:



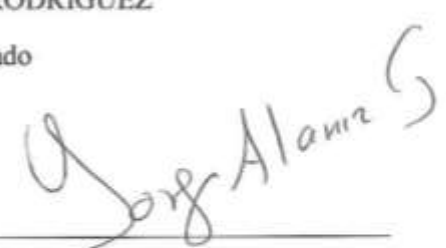
DR. JOSE DELGADILLO RODRIGUEZ

Presidente del Jurado



DR. GORGONIO RUIZ CAMPOS

SECRETARIO



M.C. JORGE ALANIZ GARCIA

IER. VOCAL

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Ignacio Martínez y Otilia Córdova, por todas sus enseñanzas, por ser un ejemplo de paciencia, esfuerzo y superación, por su cariño y por su inmenso apoyo en todo momento.

A mi profesor Dr. José Delgadillo, por fungir como mi director de tesis, por darme motivación a seguir esforzándome y por sus pláticas y consejos durante toda la carrera.

A mi maestro M.C. Jorge Alaniz, quien me dio la oportunidad de acercarme al proyecto y hacer esta tesis, por darme su confianza en la realización de esta y por su apoyo en el trabajo de campo.

Al Dr. Gorgonio Ruiz-Campos, por sus observaciones, su experiencia en el tema de estadística y sus recomendaciones al finalizar este trabajo.

A mis compañeros de campo Ramiro Santos y Gregorio Maldonado, por los momentos divertidos y agradables durante el trabajo de investigación y los senderos recorridos en campo.

A Oscar Alaniz, por tu ayuda en los problemas de técnicos al realizar esta tesis, por tu entusiasmo, comprensión y la fortaleza que me brindaste durante toda mi carrera.

A mis amigos y compañeros de la carrera, por brindarme su amistad y su trato, por ser un impulso a superarme, por las desveladas de estudio, la diversión en las salidas de campo, los momentos de café y vino, esas largas pláticas para relajarnos y por dejarme algo de cada uno de ustedes para seguir aprendiendo en el camino.

A mi casa de estudios, la Universidad Autónoma de Baja California, que me brindo conocimientos y oportunidades para realizar mi formación profesional.

Y a los proyectos

- "Instrumentación de líneas de acción de la estrategia estatal para la conservación y manejo sustentable del borrego cimarrón en Baja California: Línea 4.- Evaluar la distribución geográfica, histórica y actual del tamaño y composición de las poblaciones de borrego cimarrón". Apoyado por el Gobierno del Estado de Baja California, El Instituto de Estudios Para la Conservación del Zoológico de San Diego, Cambium Sustenta, A.C. y la Universidad Autónoma de Baja California.

- "Identificación de andadores y áreas de presencia de borrego cimarrón en Baja California". Con apoyo de la Convocatoria Interna de Investigación de la Universidad Autónoma de Baja California.

RESUMEN

El borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), como una especie emblemática en Baja California, tiene un alto valor de aprovechamiento, tanto en cacería deportiva como furtiva, y su vulnerabilidad poblacional ha promovido el inicio de estudios relacionados con su manejo y conservación. En el presente trabajo se analizó la preferencia y uso de hábitat del borrego cimarrón en una parte de la Sierra La Rumorosa, Baja California, cerca de la línea fronteriza. Basado en el método de Hansen (1980), se aplicó una metodología adaptada para el área de estudio, donde se evaluaron los componentes de hábitat en cuatro categorías de calidad. Se realizaron 68 muestreos con base en la presencia de evidencias directas e indirectas del borrego cimarrón. Las variables del uso de hábitat fueron composición de la vegetación, topografía, precipitación, evaporación, fuentes de agua, actividad del borrego cimarrón y actividad antropogénica. Los resultados del componente de hábitat indican que 30 de los 68 sitios de muestreo (cuadrantes) registraron una calificación de buena a muy buena en cuanto a uso y calidad de hábitat. Con respecto a los modelos de calidad de hábitat, el 48% del área de estudio fue calificada como Buena, 30% Mala y 22% Muy Mala. La información aquí generada podrá ser utilizada en futuros proyectos para la conservación de esta especie y sus hábitats.

ABSTRACT

The desert bighorn (*Ovis canadensis*) represents an emblematic species from Baja California with a high exploitation value for both legal and illegal hunting. The vulnerability of desert bighorn populations has promoted the development of studies for its population management and conservation. This study evaluates the habitat use and preference of desert bighorn in a study site at Sierra La Rumorosa, Baja California, near the USA border. An adaptation of Hansen (1980) method was performed in order to evaluate the quality of habitat in four categories. A total of 68 plots was sampled through the study area based on the indirect or direct evidence of desert bighorn. Habitat variables measured were vegetation composition, topography, precipitation, evaporation, water sources, activity of desert bighorn and anthropogenic activity. The components of habitat revealed that 30 from 68 sampling points (plots) had a qualification from good to very good. Based on habitat quality models, a 48% of the study area was qualified as good, 30% (bad) and 22% (very bad). This information could be useful for future management and conservation programs of this species and its habitats.

INDICE

1. INTRODUCCION.....	7
1.1 Objetivo General.....	9
2. ANTECEDENTES.....	10
2.1. Estudios de Borrego Cimarrón	10
2.2 Evaluación del hábitat	10
2.3. Uso y componentes del hábitat	11
2.3.1. Topografía	11
2.3.2. Vegetación	12
2.3.3. Fuentes de Agua	13
2.3.4. Impacto Humano	13
2.2.5 Competencia	14
3. AREA DE ESTUDIO	15
3.1. Área General	15
3.2. Unidades de estudio.....	15
3.3. Topografía y geología	18
3.4. Vegetación.....	18
3.5. Clima.....	20
4. METODOLOGIA	21
4.1. Trabajo de Campo.....	21
4.2. Variables Ambientales	21
4.3. Análisis de Datos	23
4.3.1. Determinación de la calidad de Hábitat.....	23
4.3.2. Análisis de relación de variables de hábitat mediante la prueba X^2 (Chi cuadrada) y prueba de Bondad de Ajuste	23
4.4. Análisis por uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)	26
4.4.1. Modelos de distribución de variables	26
4.4.2. Modelos de calidad de hábitat	26
5. RESULTADOS	28
5.1. Distribución de muestreos.....	28
5.2. Calidad del Hábitat	28
5.3. Relación de variables de hábitat por X^2 y prueba de Bondad de Ajuste	32
5.3.1. Pendiente	32
5.3.2. Altitud	32
5.3.3. Topografía	33
5.3.4. Vegetación	33

5.3.5. Actividad Antropogénica.....	34
5.4. Modelo de pendientes.....	39
5.5. Modelo de Hipsometría.....	39
5.6. Modelo de Vegetación	39
5.7. Modelo de Hábitat con y sin Intervención Humana.....	40
5.8. Análisis climático.....	44
5.8.1. Temperatura.....	44
6. DISCUSION.....	46
6.1. Calidad de hábitat.....	46
6.2. Relación de variables de hábitat y del borrego cimarrón por medio de la prueba X^2 y Bondad de Ajuste	48
6.3. Modelo del hábitat	52
6.3.1. Uso del Modelo de Hábitat con la variable Actividad Antropogénico.....	52
6.3.2. Uso del Modelo de Hábitat sin la variable Actividad Antropogénico.	56
7. CONCLUSIONES.....	57
8. RECOMENDACIONES.....	56
9. LITERATURA CITADA	56
10. APENDICE	57
ANEXO 1.- Tablas de Evaluación de Hábitat de Hansen (1980), adaptada a la zona de estudios.	57
ANEXO 2.-Formato de toma de datos: calidad de hábitat	56
ANEXO 3.- Conjunto de fotográfico de las Unidades de Estudio y sus características.....	56
ANEXO 4.-Información SIG de movilidad del Borrego Cimarrón por Maldonado (2015).	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Área de Estudio. Sierra Juárez, La Rumorosa	16
Figura 2.- Distribución de las cuatro Unidades en el Área de Estudio. Sierra Juárez, La Rumorosa.	17
Figura 3.- Mapa de distribución de los muestreos en el área de estudio, La Rumorosa, Sierra Juárez.....	30
Figura 4.- Modelo de pendientes en el Área de Estudio, La Rumorosa, Sierra Juárez.	41
Figura 5.- Modelo hipsográfico del área de estudio, La Rumorosa, Sierra Juárez. Los intervalos se distribuyen cada 200 metros.	42
Figura 6.- Modelo de Vegetaciones y la distribución de los cuadrantes realizados en el Área de Estudio, La Rumorosa, Sierra Juárez. Contempla tres tipos de vegetación delimitados por la altura.	43
Figura 7.- Modelo de calidad del Uso de Hábitat del borrego, en La Rumorosa, Sierra Juárez, considerando la calidad con Intervención Humana.....	44
Figura 8.- Modelo de calidad del Uso de Hábitat del borrego, en La Rumorosa, Sierra Juárez, considerando la calidad sin Intervención Humana.	45
Figura 9.- Grafica de los valores de temperatura obtenidos en el programa CLIMAJ, extrapolando los valores de altitud cada 50 metros.....	457

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Variables y valores de hábitat propuestos por Rose y Morgan (1964).....	22
Tabla 2.- Tabla de valores finales para determinar la calidad del hábitat descrita por Rose y Morgan (1964).	23
Tabla 3.- Tabla de ejemplo para presentar los valores de frecuencias observadas. En este caso se presenta la tabla para pendiente, propuesta por Lugo (1988).	24
Tabla 4.- Ejemplo de tabla de frecuencias para presentar los valores de presencia en la variable (altitud), utilizada en la prueba de Bondad de Ajuste.....	255
Tabla 5.- Valores obtenidos en el análisis de calidad de hábitat propuesto por Rose y Morgan (1964), adaptado al área de estudio.....	31
Tabla 6.- Valores de frecuencias observadas, según la calidad y rango de pendientes obtenida, de acuerdo a Lugo (1988).	355
Tabla 7.- Valores de frecuencias observadas, según la calidad obtenida y el intervalo de altitud cada 200 m, iniciando a los 200 y terminando en los 1400 m, que corresponden a la altitud mínima y máxima de los muestreos.....	355
Tabla 8.- Valores de frecuencias observadas de acuerdo a la calidad obtenida en el análisis y las categorías de topografía referidas y adaptadas en el área de estudio.	36
Tabla 9.- Valores de frecuencias observadas, según la calidad obtenida y las categorías de vegetación descritas, según la adaptación de la metodología de Hansen para el área de estudio.	37
Tabla 10.- Valores de frecuencias observadas en el área de estudio, de acuerdo a la calidad obtenida y las categorías del Actividad Antropogénico referida en la metodología de Hansen (1980).	38

1. INTRODUCCION

La Universidad Autonoma de Baja California (UABC) ha participado de manera significativa en los estudios de borrego cimarron peninsular, siendo esta especie emblema de esta casa de estudios. En la actualidad, podemos encontrar individuos de borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en montañas, cañones y laderas con terreno rocoso, comúnmente en el norte de México y sur de Estados Unidos. Siete subespecies han sido reconocidas: *O. c. californiana*, *O. c. canadensis*, *O. c. nelsoni*, *O. c. mexicana*, *O. c. cremnobates* y *O. c. weemsi*; de las cuales estas últimas dos se distribuyen en el norte y sur de la península de Baja California (Manterola y Piña, 2000).

La cabeza y los cuernos es la característica principal del cimarrón y puede representar un 10% del peso corporal total. La estructura de los cuernos se enrosca en espiral hacia atrás, alcanzando un diámetro en la base de hasta 15 cm, los machos tienen esta característica mucho más desarrollada que los cuernos de la hembra (García, 2014).

La naturaleza rumiante del borrego, debido al tipo de alimento, hace que requiera grandes cantidades de alimento para generar energía suficiente para vivir. El complejo digestivo de la especie permite aprovechar los nutrientes de la dieta herbívora que tiene el cimarrón.

Los componentes que conforman el hábitat del borrego son principalmente el alimento, agua, el terreno de escape y el espacio abierto (Valdez y Krausman, 1999). Otros autores también incluyen la topografía, vegetación, pendiente y elevación, considerándolos como componentes importantes que se relacionan con la supervivencia del Borrego.

La vegetación predominante en el hábitat del borrego es de tipo xerófila (desértica) que se distribuye en México (península de Baja California y Sonora) y en los Estados Unidos (California, Arizona y Nevada). El clima se ha caracterizado como extremófilo, teniendo temperaturas muy bajas en la noche y altas en el día, oscilando entre 10 y 30°C (Tapia, 2007).

Sánchez (1976), en su estudio sobre el contenido estomacal de individuos de borregos en la sierra de San Pedro Mártir, Baja California, concluye que la

dieta está constituida por 43% de pastos, 33% ramoneo (palo fierro, jojoba, palo verde, incluidas las cactáceas) y 24% de hierbas.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, sobre especies nativas y lista de especies en riesgo, *O. canadensis* está en la categoría de Protección Especial (Pr), definida como una especie que podría ser amenazada por factores negativos, siendo el principal la cacería deportiva y furtiva. En Baja California Sur y Sonora está permitida la caza del borrego con permisos especiales, mientras que en el estado de Baja California se mantiene una restricción de los permisos para su cacería desde el año de 1990.

En el caso de Sierra de Juárez se han encontrado evidencias de la presencia de la especie *O. canadensis*, la falta de información y el constante impacto de diversos factores ambientales recae en el desplazamiento y el comportamiento de la especie en cuestión. El estudio consta de recorrer parte de la zona de borde de la sierra, en La Rumorosa, llegando a la transición de la vegetación de coníferas con matorral desértico y mediante el registro de diversos factores de vegetación realizando una evaluación de la calidad del hábitat en un área donde no se ha investigado a fondo la relación de la especie con su hábitat.

1.1 Objetivo General

Determinación de preferencia y uso del hábitat por el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) mediante la valoración de factores abióticos, bióticos y antropogénicos en la zona de Sierra La Rumorosa, Baja California.

Objetivos específicos

- a) Desarrollar y aplicar una metodología apropiada para evaluar los componentes de hábitat más importantes para el borrego cimarrón en la región de La Rumorosa, Baja California.
- b) Comparación de la preferencia y uso del hábitat del borrego cimarrón por unidades fisiográficas/ambientales.
- c) Generar información que contribuya a futuros programas de conservación del hábitat del borrego.

2. ANTECEDENTES

2.1. Estudios de Borrego Cimarrón

Trabajos procedentes de la investigación del borrego cimarrón han permitido la colaboración de dos países como son México y Estados Unidos, esto debido al área de desplazamiento que cubre la especie en ambos países. Entre ellos están los estudios de dinámica poblacional de Lee y López-Saavedra (1994) sobre el avistamiento de borrego cimarrón de Sonora, México, donde se realizó un conteo de individuos, registrando crías y adultos, de las clases I, II, III y IV, que les permitió una comparación de las poblaciones entre los años 1992 y 1993, teniendo como resultado un aumento en el avistamiento de individuos por hora y una similitud en cuanto a la población de crías entre los lados de Sonora y Arizona.

En Baja California, se han realizado protocolos y estudios de población, hábitat y alimentación del borrego (e.g. Rodríguez-Meraz y Ruiz-Campos, 1993), quienes realizaron trabajo de campo para conocer la densidad y dinámica poblacional de la especie, así como un reconocimiento de la vegetación, caracterización de la dieta y una evaluación de hábitat, en este último se consideró un valor sobre especies competidoras acuerdo a Hansen (en Monson y Summer, 1980) e.g. ganado, fauna nativa, y uso exclusivo del borrego.

2.2. Evaluación del hábitat

Pocos estudios se han realizado enfocados a evaluación del hábitat en el noroeste de México y suroeste de los Estados Unidos. Hansen (1980), evaluó el hábitat de poblaciones de borrego en Arizona a partir del método y nomenclatura propuesto por Rose y Morgan (1964), el cual considera algunos componentes, tales como la cobertura vegetal, agua y la alimentación.

En el trabajo de investigación de Montoya (1998) sobre evaluación de hábitat del borrego en Sierra San Pedro Mártir (SSPM), clasificó el área en cinco tipos de hábitat (TH1, TH2, TH3, TH4, TH5), donde compara la incidencia del borrego y los principales componentes característicos de cada tipo que

explican la presencia de la especie. Una de las principales variables fue la altitud, concluyendo que diferentes factores del hábitat influyen en el comportamiento del borrego en el área de la Sierra de San Pedro Mártir.

Otro estudio también realizado en la SSPM sobre evaluación de los componentes estructurales de hábitat, fue realizado por Eaton (2002), quien basándose en un análisis de Sistemas de Información Geográfica (SIG), elaboró modelos para visualizar la fragmentación de hábitat de la zona, así como de los componentes estructurales, tales como topografía, vegetación, etc. Concluye que uno de los resultados más importantes fue la caracterización de los escenarios, ya que permitió obtener las probabilidades y caracterización biológica de estos.

2.3. Uso y componentes del hábitat

Para el estudio de una especie, es primordial conocer su comportamiento y relación con el hábitat, es decir, que componentes bióticos y abióticos influyen en la biología de la especie (e.g. disponibilidad de agua, topografía, especies para alimentación). Conocer esta información es de gran importancia para la conservación y manejo de la especie elegida. Comparando los estudios y resultados de varios autores, la mayoría han coincidido en ciertos componentes que son preferidos en el hábitat por el borrego cimarrón.

Por ejemplo, Rodríguez *et al.* (1993) mencionan que ciertos factores básicos del hábitat son requeridos para la supervivencia del borrego y estos son: alimento, agua y terreno de escape, además incluye un cuarto factor que no siempre es considerado en la evaluación, es el espacio. Por otra parte, para el borrego cimarrón del desierto, la topografía y la vegetación perenne se reconocen como las principales variables que determinan el aspecto estructural del hábitat (Ferrier y Bradley, 1970; Krausman y Leopold, 1986; en Álvarez *et al.* 2009).

2.3.1. Topografía

Este componente se relaciona con algunos caracteres esenciales del borrego. Por ejemplo, es sabido que los terrenos escabrosos son preferibles por el

borrego, esto porque permite una vía de escape que es fácilmente manejable, permitiéndole escapar de los depredadores. Rodríguez *et al.* (1995) concluyeron que el estado ocupado por el borrego consiste en un hábitat irregular, discontinuo y escarpado corredor localizado de norte a sur. Así mismo, enlistan una serie de características topográficas que son preferibles por el borrego, como son terrenos muy escarpados (>60%) y de pendiente pronunciada.

2.3.2. Vegetación

Al igual que la topografía, la vegetación también relaciona características que son básicas para la supervivencia del borrego; proporciona alimento y en ocasiones agua cuando se encuentra en temporada de sequía.

La vegetación determina la cobertura que proporciona protección y forraje, así como la visibilidad que ofrece el hábitat, aspecto también fundamental en la estrategia para evadir la depredación de los borregos de montaña; ha sido considerada como uno de los componentes más importantes del hábitat usado por el borrego (Krausman y Leopold, 1970; Risenhoover y Balley, 1985; en Alvarez *et al.* 2009).

Así, la estructura de la vegetación es muy importante para la supervivencia, como la vegetación baja del desierto que permite una buena visibilidad en su entorno, ya que según la dinámica del rebaño, estas características dan lugar a un mejor campo de observación para localizar y evadir a los depredadores.

En relación a los estudios sobre la vegetación y florística en el área de estudio, solo se cuenta con el reciente trabajo de Santos (2015), quien describe diferentes comunidades vegetales donde habita el borrego cimarrón al norte de La Rumorosa (chaparral-pino, matorral micrófilo, aluvial, basaltos y oasis) Además, refiere de principales especies con ramoneo, así como algunas consideraciones a la calidad del hábitat.

2.3.3. Fuentes de Agua

El agua es vital para la vida de cualquier especie, por lo tanto no es sorprender que sea uno de los componentes principales del hábitat del borrego. Existe lo que son las fuentes de agua, permanentes o temporales, son importantes de tomar en cuenta en la evaluación de calidad de hábitat. La cantidad de agua y la perduración de ésta serán determinadas por la precipitación anual, la tasa de evaporación y en pocas palabras, el clima que resida durante cada temporada. Es relevante considerar también la posible competencia con otras especies silvestres o domésticas. Según Rodríguez *et al.* (1995), en condiciones óptimas el agua deberá estar disponible durante todo el tiempo para mantener una población saludable.

2.3.4. Impacto Humano

Debido a que es una especie con alto valor económico, la interacción humana con el borrego es un factor importante de tipo negativo, ya que por las mismas actividades realizadas son una de las principales causas en la fragmentación del hábitat. La cacería ilegal y excesiva es un ejemplo de lo anterior, principalmente por la alta estimación que tiene la cornamenta del borrego como trofeo para la caza deportiva (Rosenberg *et al.*, 1997; Bangs *et al.*, 2005; en Álvarez *et al.*, 2009). La fragmentación del hábitat a menudo conduce al aislamiento de poblaciones pequeñas con altas tasas de extinción (Rosenberg *et al.*, 1997; en Álvarez *et al.*, 2009). El nulo disturbio de origen antropogénica también es descrito como un componente que es preferible por el borrego (Rodríguez, 1995).

Campbell y Remington (1981), en su estudio sobre el uso de agua del borrego y la influencia de la actividad minera, observaron que el borrego tenía un patrón de incidencia en los cuerpos de agua cuando la actividad en las minas era nula o muy baja (por las mañanas), y también en las horas que requería de un gasto energético mayor por las altas temperaturas (por las tardes).

Otro estudio realizado por Hicks y Elder (1979) sobre la perturbación de las actividades humanas en Sierra Nevada, California, observaron de manera directa que en los senderos hechos por el hombre no afectó la movilidad del borrego hacia las praderas

2.2.5 Competencia

Este punto se refiere más a la introducción de especies domesticas de rancherías que compitan por alimento, agua y ocupen una deliberada parte del hábitat preferente por el borrego. Sin, embargo, la fragmentación del hábitat, la introducción de especies domésticas y la cacería excesiva e ilegal, son algunas de las principales causas de su declinación en gran parte de su distribución (Álvarez 1974; Monson y Summer, 1980; en Álvarez *et al.* 2009). Rodríguez *et al.* (1995) concuerda que una área con baja incidencia de especies competidoras, como el ganado vacuno y ferales, son de características de alto valor para el hábitat del borrego.

3. AREA DE ESTUDIO

3.1. Área General

El área de estudio se localiza en el norte de la Sierra Juárez, específicamente en la zona de La Rumorosa (Figura 1). El trabajo de campo incluye la participación en diferentes puntos estratégicos relacionados con la especie *Ovis canadensis*.

3.2. Unidades de estudio

Para un mejor manejo de los datos, el área de estudio se dividió en cuatro unidades, las cuales se encuentran dentro del polígono trabajado (Figura 2).

Unidad- Carretera Rumorosa

Contempla los muestreos realizados mientras se recorrió a pie y en vehículo la carretera Rumorosa, esta unidad incluye la zona del centro eco-turístico “Casa de piedra”; la carretera antigua La Rumorosa y el camino asociado a la Comisión Estatal del Agua (CEA). Elegido como área de estudio debido al registro indirecto y avistamiento del borrego en diferentes puntos de esta unidad.

Unidad- Rancho Picachos

Correspondiente al área de recreación eco-turística en las afueras del poblado, donde se permiten actividades al aire libre como campismo, montañismo, rappel, senderismo, etc. El lugar cuenta con algunas características ambientales favorables para el cruce del borrego.

Unidad – Planicie

Zona ubicada cerca del paso de frontera. Como dice su nombre, la topografía corresponde a planicies con un suelo arenoso y de escasa vegetación. Elegido por el registro de borrego mediante uso de telemetría.

Unidad- Basalto

Es el área más lejana de todas las unidades, correspondiente a montañas formadas por roca basáltica. Se encontraron registros del borrego en estas montañas por medio del uso de telemetría.

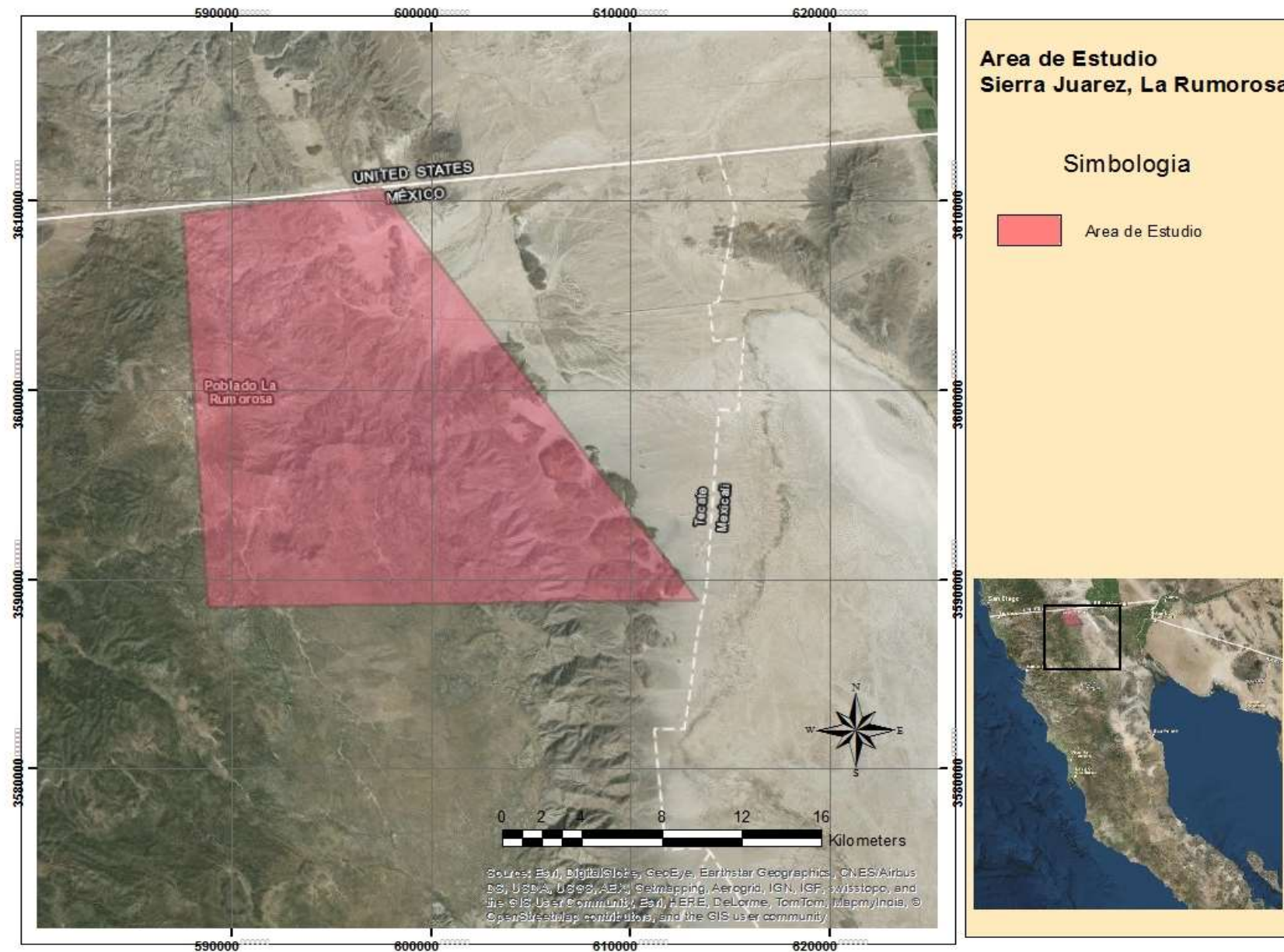


Figura 1.- Área de Estudio. Sierra Juárez, La Rumorosa.

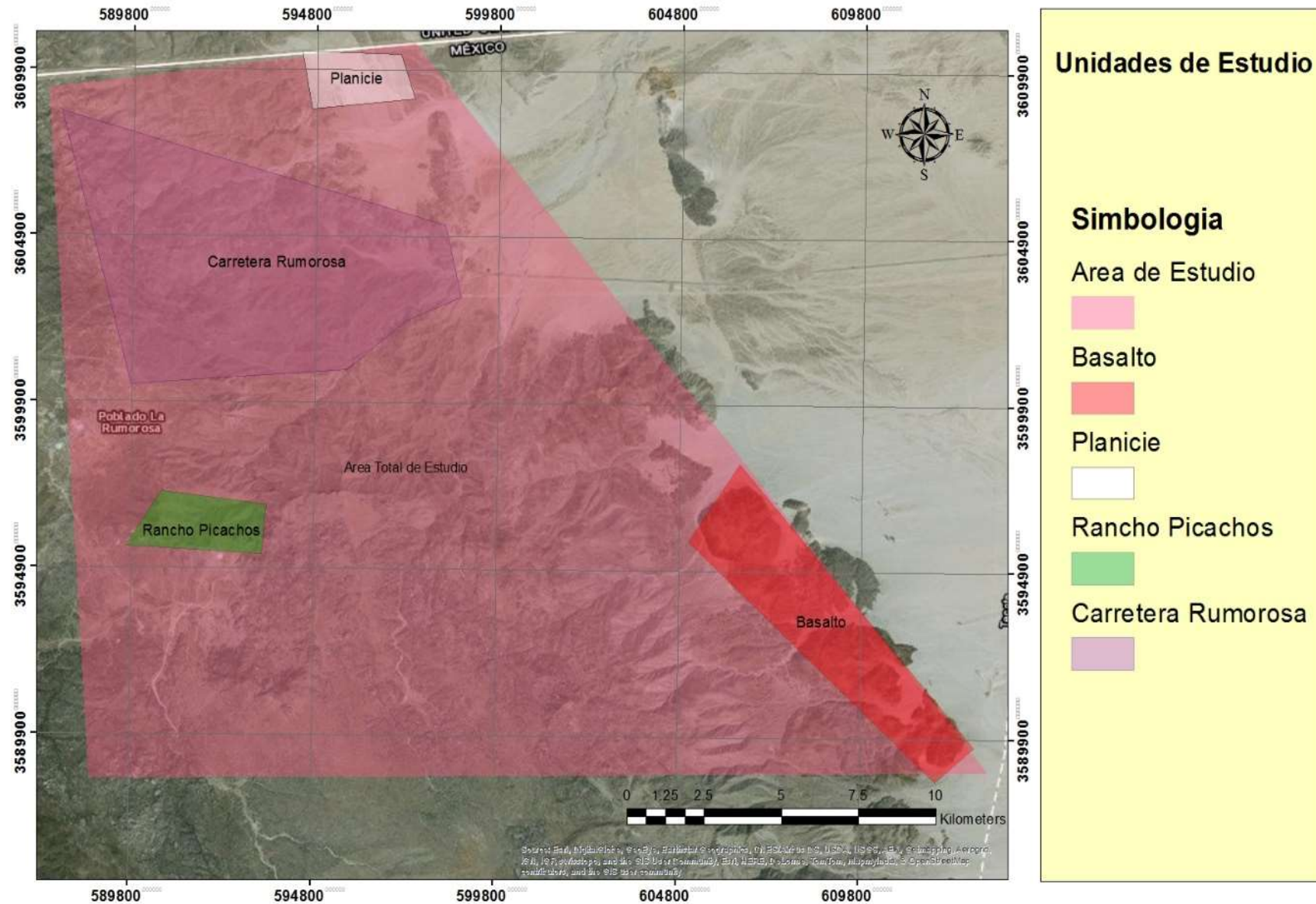


Figura 2.- Distribución de las cuatro Unidades en el Área de Estudio. Sierra Juárez, La Rumorosa.

3.3. Topografía y geología

El área de estudio tiene una topografía diversa ya que se encuentra en la parte noroeste de la cadena montañosa de Sierra Juárez, que principalmente está formada por rocas de granito y suelos arenosos, posteriormente se encuentra la montaña rocosa característica de la Rumorosa, compuesta por roca granítica, metamórfica y sedimentaria.

La geomorfología es diversa con colinas, paredes, cañadas, planicies. Un gran número de cañones que en ciertas ocasiones da lugar a pequeños oasis debido al escurrimiento de agua; laderas escabrosas que juegan un papel importante dentro del hábitat del borrego; planicies con suelos aluviales que se encuentran en la parte baja de la montaña (e.g. Laguna Salada).

3.4. Vegetación

La vegetación y composición florística del área de estudio se obtuvo a partir de los muestreos, así como de la consulta bibliográfica y de material de herbario. La descripción fitogeográfica se basó en la propuesta de Peinado *et al.* (1994) en la zona de Sierra Juárez, La Rumorosa que se encuentra en la provincia V colorada. Sobre los tipos de vegetación en Baja California, La Rumorosa cuenta principalmente con una vegetación de Matorral desértico y/o Matorral Xerófilo (Delgadillo, 1998), que engloba diferentes tipos de asociaciones vegetales que se dan por las características bioclimáticas del lugar en el que se encuentran.

El matorral desértico es característico de las zonas Áridas y su vegetación depende de los factores climáticos que lo rodean. Así mismo, en el área de estudio se encuentra la transición de una pequeña parte de bosque de coníferas-chaparral, correspondiente a las zonas alejadas de Sierra Juárez; transición Chaparral-Matorral xerófilo y conforme desciende la altura propiamente queda en Matorral desértico.

La vegetación de Bosque de coníferas (Bosque de *Juníperus*) se encuentra principalmente en las zonas más altas del área de estudio, aproximadamente a 1300 metros. La flora se caracteriza por asociaciones de *Pinus monophylla*, *P. quadrifolia* y *Juniperus californica* que ha sido catalogada

como una especie endémica. Además de especies arbustivas que contribuyen a la transición con el chaparral de montaña como especies del género *Quercus*.

El chaparral de montaña corresponde al siguiente nivel por debajo del Bosque de *Juniperus*, habiendo una transición entre ambos pisos, es parte de las zonas más altas del conjunto rocoso y oscila entre los 1000 y 1300 metros de altura. Cuenta con un componente florístico compuesto principalmente por especies arbustivas de tamaño mediano-grande como son *Arctostaphylos glauca*, *Baccharis sergiloides*, *Eriodictyon trichocalyx*, *Quercus cornelius-mulleri*, *Rhus ovata*, *Salvia apiana*, entre otras. Esta descripción está basada principalmente en la unidad Rancho Picachos.

Al noreste de la península se encuentra la región desértica, que es predominante en el área de estudio. Así mismo, el desierto sonorense se clasifica en eco-regiones que son delimitadas por su posición a lo largo de la línea latitudinal norte-sur. Una extensión desértica que se presenta en el sureste de California; suroeste de Arizona y noroeste de Sonora. La eco-región dentro de la localidad Rumorosa pertenece al desierto bajo del Colorado, mismo que incluye al desierto de San Felipe (Rebman, 2012).

La flora característica del matorral desértico son plantas arbustivas de tamaño chico-mediano resistentes a sequías que comúnmente presentan hojas microfilas, esclerófilas o modificadas, por ejemplo encontramos especies como *Larrea tridentata* (gobernadora) y *Ambrosia dumosa*; así como plantas con estrategias para conservar la humedad y almacenar agua, especies como *Ferocactus cylindraceus* (biznaga), *Cylindropuntia echinocarpa*, *Echinocereus engelmannii*, *Mammillaria dioica*, etc.; además de plantas con modificaciones morfológicas como la forma de roseta del *Agave deserti* y la peculiar forma de vida de *Fouquieria splendens* (ocotillo); también se encuentran formas arbóreas como *Prosopis glandulosa* var. *Torreyana* (mezquite), *Olneya tesota* (palo fierro), *Acacia greggii* (uña de gato), entre otras.

3.5. Clima

Baja California tiene una diversidad de climas debido a gradientes de altitud, orografía y a la influencia marina en ambas costas.

La mayor parte de la península corresponde al llamado desierto sonorense, conocido como uno de los más áridos de Norteamérica, con temperaturas que alcanzan los 50°C y precipitación promedio anual de 50mm. En algunos casos puede ocurrir que se presenten sequías que pueden durar años (Rebman, 2012).

En el área de estudio, las temperaturas varían en promedio .5°C conforme a un gradiente de altitud desde las planicies cercanas a la Laguna Salada (200 m) hasta las cumbres de La Rumorosa. De acuerdo a los datos de la estación meteorológica “La Rumorosa” (periodo de 20 años) localizada a una altitud de 1232 m. El patrón de temperaturas y precipitaciones que registra en la zona son: temperaturas bajas en otoño-invierno con posibles heladas, precipitaciones mayores en invierno y algunas lluvias de verano, cuando se incrementan las temperaturas, siendo los meses más calurosos del año. Cabe destacar que estas mediciones corresponden a la zona más alta del área de estudio, donde podemos encontrar la transición del bosque de coníferas con el chaparral de montaña.

4. METODOLOGIA

4.1. Trabajo de Campo

El trabajo de campo consistió en la realización de recorridos en algunas zonas accesibles del área de estudio, y donde se observó alguna evidencia directa (avistamiento) o indirecta (heces, ramoneo de plantas o huellas) de borregos. Dichos recorridos se hicieron en la temporada de primavera del 2014 al verano del 2015.

Se realizaron 68 muestreos con cuadrantes de 100m², obteniendo de los mismos los componentes del hábitat, así como los siguientes datos: fecha, coordenadas, altitud, inclinación, suelo, orientación, especies vegetales encontradas, cobertura del cuadrante, cobertura general, cuerpos de agua, vegetación, topografía, uso del borrego, actividad antropogénica, competencia, precipitación y evaporación. Para el trabajo de muestreo se elaboró un formato de campo para la captura de la información, y con ello facilitar el procesamiento y análisis de la información obtenida.

Las evidencias directas e indirectas se complementaron con información de técnicas de telemetría obtenidas en campo. Además, se utilizaron imágenes obtenidas de cámaras foto trampa, las cuales están instaladas en diferentes sitios del área de estudio, y no precisamente en cada cuadrante muestreo. Así mismo, se hicieron algunas recolectas de ejemplares botánicos haciendo uso de una prensa de campo, esto para, en su caso identificación en laboratorio y registro de evidencia de las especies en el área de estudio.

4.2. Variables Ambientales

Para la evaluación del uso de hábitat se utilizó como base la metodología propuesta por Rose y Morgan (1964) realizado en Arizona-Nevada, dicho método considera las variables ambientales del hábitat (Tabla 1), tales como: la topografía natural; tipo de vegetación; precipitación; evaporación; agua, uso y tipo; uso del borrego cimarrón y la actividad antropogénica. Sin embargo, debido a las diferencias en algunas condiciones del territorio, el método propuesto se adaptó a las condiciones del área de estudio.

Tabla 1.- Variables y valores de hábitat propuestos por Rose y Morgan (1964).

I	Topografía natural	0 a 20 puntos
II	Tipo de vegetación	0 a 20 puntos
III	Precipitación	1 a 5 puntos
IV	Evaporación	1 a 5 puntos
V	Agua, tipo y uso	2 a 20
VI	Uso del Borrego cimarrón	2 a 20 puntos
VII	Actividad Antropogénica	0 a 20 puntos

Cada variable estudiada cuenta con un valor numérico total relacionado con la influencia que tiene en el uso del borrego. De igual modo, cada variable incluye un listado de categorías (Anexo 1) con un puntaje determinado, esto permitió la ponderación adecuada mediante la comparación y similitud de características de cada muestreo.

La obtención de la información de las variables de topografía, vegetación, uso del borrego cimarrón y actividad antropogénica fue a partir de los datos de campo, incluyendo imágenes fotográficas. El valor de cada variable puede ser de 0 a 20 puntos.

Las variables de precipitación y evaporación, obtenidas de la estación La Rumorosa, tuvieron valores de tres y cuatro, respectivamente. Por otra parte, se usó el programa CLIMAJ para la obtención de la variable evaporación a partir de la extrapolación de los datos de temperatura y precipitación anual cada 50 metros, a manera de pisos climáticos, a partir de una altitud 200m (altitud mínima de muestreo) hasta los 1350 m (altitud máxima de muestreo).

Para los valores de precipitación mensual se utilizaron los mismos pisos climáticos aplicados en la variable evaporación. Cada piso climático tiene uno o varios muestreos, con su valor de precipitación mensual promedio considerando el número de muestreos. Se omitió el mes de julio debido a que no se realizó trabajo de campo por las altas temperaturas.

Por último, los valores de la variable “agua, tipo y uso”, se determinaron a partir de una circunferencia con origen en el punto/centro del cuerpo de agua, tanto natural como artificial, hasta aproximadamente 2 km. Esto con la finalidad de conocer la distancia a la que se encuentra cada muestreo y localización dentro del intervalo en el que un borrego puede desplazarse y obtener agua la

mayor parte del tiempo. Lo anterior se propone para ponderar su puntuación adecuadamente.

4.3. Análisis de Datos

4.3.1. Determinación de la calidad de Hábitat

La determinación de la calidad de hábitat consistió en realizar una matriz con los diferentes valores de las variables (Anexo 2), a partir de la cual se realizó la sumatoria de los valores de cada muestreo, obteniéndose un valor total de cada componente. El resultado final definirá la calidad del hábitat de acuerdo a la tabla de valores descrita por Rose y Morgan (1964) (Tabla 2).

Tabla 2.- Tabla de valores finales para determinar la calidad del hábitat descrita por Rose y Morgan (1964).

Puntaje	Clasificación
0 - 50	Muy Mala. Sin importancia para el borrego o alto valor para el uso humano.
51 - 64	Mala. Zona amortiguadora o deficiencia para el borrego; área de valor económico; moderada actividad humana
65- 79	Buena. Uso periódico o deficiente por el borrego; área con valor económico potencial o uso ocasional por humanos.
80 - 100	Muy Buena. Importante para el borrego cimarrón
100 >	Excelente. Vital para el borrego cimarrón.

4.3.2. Análisis de relación de variables de hábitat mediante la prueba X^2 (Chi cuadrada) y prueba de Bondad de Ajuste

Se realizó un análisis de datos de X^2 para determinar la relación de la calidad de hábitat tomando en cuenta las principales variables propuestas por otros autores. Se tomaron en consideración cinco variables para este análisis: altura, pendiente, topografía, vegetación y uso antropogénico.

Este análisis determinó si existe alguna relación entre las variables con respecto a la calidad del hábitat, por lo que se podrá deducir que variables son las que influyen más en los movimientos del borrego, considerando las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula: *La variable es independiente de la calidad del hábitat.*

Hipótesis alterna: *La variable es dependiente de la calidad del hábitat.*

El primer paso para el análisis de X^2 fue la elaboración de una tabla de frecuencias para cada una de las variables, tomando en cuenta el tipo de calidad resultante. Con este paso se obtuvieron los datos de frecuencia observadas. Por ejemplo, para la variable pendiente (Tabla 3) se utilizaron los cinco rangos de pendiente propuestos por Lugo (1988).

Tabla 3.- Tabla de ejemplo para presentar los valores de frecuencias observadas. En este caso se presenta la tabla para pendiente, propuesta por Lugo (1988).

Variable		Muy Mala	Mala	Buena	Muy Buena	Total
PENDIENTE						
Intervalo	Descripción					
1	0 a 3	-	-	-	-	-
2	3 a 12	-	-	-	-	-
3	12 a 30	-	-	-	-	-
4	30 a 45	-	-	-	-	-
5	> 45	-	-	-	-	-

El segundo paso consistió en obtener los datos de frecuencia esperados, para esto se multiplicó el total de los muestreos en cada calidad por el total de muestreos obtenidos en cada intervalo, esto dividido entre el total de muestreos.

Como tercer paso se obtuvo el valor de X^2 calculada, utilizando la siguiente formula:

$$X^2 = \sum \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e}$$

F_o = Frecuencias observadas

F_e = Frecuencias esperadas

Una vez obtenido el resultado se determinaron los grados de libertad para cada variable y el valor de p (.95).

Por último, con los resultados calculados, se prosiguió a buscar el valor estandarizado mediante la tabla de valores críticos de distribución de X^2 .

Dependiendo el resultado calculado y el valor estandarizado, se determinó si ambas variables se relacionan considerando lo siguiente:

- Si el valor crítico es $>$ que el valor calculado, entonces las variables son independientes.
- Si el valor crítico es $<$ que el valor calculado, entonces las variables son dependientes.

El análisis de Bondad de Ajuste se aplicó a las cinco variables utilizadas en la prueba X^2 . Con los datos obtenidos en campo y ordenados en la matriz de información, se realizaron tablas de frecuencia comparando la presencia del borrego en cada una de las categorías establecidas (Tabla 4), para obtener las frecuencias esperadas y las frecuencias observadas respectivamente.

Tabla 4.- Ejemplo de tabla de frecuencias para presentar los valores de presencia en la variable (altitud), utilizada en la prueba de Bondad de Ajuste.

Altitud (m)	200 – 600	601-1000	1001-1400
Frec. esperadas	#	#	#
Frec. observadas	#	#	#

Posteriormente se prosiguió a realizar los cálculos correspondientes para obtener valor calculado de X^2 utilizando la formula antes mencionada, comparándolo con las tablas de valores críticos estandarizados y considerando lo siguiente:

- Si el valor crítico es $>$ que el valor calculado, las frecuencias son similares, por lo tanto no existe preferencia en las categorías
- Si el valor crítico es $<$ que el valor calculado, las frecuencias no son similares, por lo tanto existe una preferencia en las categorías.

4.4. Análisis por uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)

La elaboración de los modelos del territorio utilizó el Software de Sistemas de Información Geográfico (SIG), ArcGIS. Y para el sistema de coordenadas aplicado en todos los mapas, se usó el sistema estándar *Universal Transverse Mercator* (UTM) con Datum 1984-WGS84 Zona 11N para Baja California.

4.4.1. Modelos de distribución de variables

Se elaboró un mapa de ubicación de los sitios de muestreo a partir de una hoja de cálculo tipo Excel con los datos de cada muestreo, principalmente: coordenadas (UTM), altitud, vegetación, pendiente, y las variables de calidad. Esta información se exportó al programa ArcGIS.

Con la información obtenida de los formatos de campo, se realizaron mapas para visualizar las variables en un modelo de relación espacial. Se utilizó como base el metadato: Curvas de Nivel para la República Mexicana. Escala 1:250,000. Extraído del Modelo Digital del Terreno. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEG) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

El formato *.shape* se cambió a *.raster* con el propósito de reclasificar los valores de altura con rangos menores para obtener un mapa hipsográfico adaptado a la zona de estudio. De igual manera el archivo *.raster* de altura se utilizó para realizar los modelos de vegetación y pendiente, complementándola con la información obtenida en campo.

4.4.2. Modelos de calidad de hábitat

El mapa de calidad de hábitat se realizó mediante el uso del archivo *.KML* generado en la herramienta Google Earth y posteriormente convertido a formato *.layer* en ArcGIS para visualizar la delimitación general del área de estudio.

Una vez activada la capa *.layer*, se agregaron y visualizaron todos los muestreos, los cuales se dividieron en grupos de acuerdo al análisis de calidad de hábitat obtenido, resultando cuatro grupos identificados por diferentes

colores: rojo (Muy Mala); naranja (Mala); morado (Buena), y verde (Muy Buena).

El siguiente paso fue crear una gradilla adaptada al área de estudio, elaborada con la herramienta Feature Class/ Create Fishnet, resultando una red de 15x15 parcelas con una área cada una de 1.6x1.6 km. Se editó la red para eliminar aquellas parcelas no incluidas en el área de estudio.

Con la sobre-posición de los grupos de datos sobre calidad y la gradilla creada, se realizó un cambio de color (según la calidad) en el área de cada parcela que estuviera sobre algún cuadrante. La calidad de la parcela fue determinada por la calidad de los cuadrantes que tuvieron una mayor frecuencia dentro de la parcela.

En una nueva hoja de Excel se modificaron los datos de campo y se realizó un segundo modelo con respecto a la Actividad Antropogénica, procurando que no hubiera este factor en los muestreos. Una vez obtenida la matriz se volvió a hacer los pasos correspondientes al modelo de calidad de hábitat descrito anteriormente.

Por último, para ambos modelos, se obtuvo una vista general del área de estudio delimitando las áreas, por colores, según la calidad de hábitat para el borrego.

5. RESULTADOS

5.1. Distribución de muestreos.

Se realizaron 68 muestreos, incluyendo uno fuera del área de estudio en donde se observó la presencia del borrego de manera directa.

Sobre la distribución de los muestreos en las cuatro unidades (Figura 3), 45 corresponden a La Rumorosa; 12 en Rancho Picachos; cuatro en Planicie y siete en Basaltos. Concentrándose la mayoría cerca de la carretera, esto debido a la accesibilidad del terreno.

5.2. Calidad del Hábitat.

La asignación de valores para determinar la calidad de uso del hábitat por el Método de Hansen requirió de la observación de 10 variables que fueron topografía, vegetación, precipitación, evaporación, agua (disponibilidad, uso y competencia), uso del borrego y actividad antropogénica.

De los 68 muestreos, 13 tienen resultados de calidad Muy Mala o con un alta Actividad Antropogénica; 25 como Mala, o amortiguadora o con valor económico para el humano; 26 con calidad Buena y uso periódico por parte del borrego; cuatro con calidad Muy Buena para el borrego y ninguno de calidad Excelente para el borrego (Tabla 5).

Se observa que 38 muestreos quedaron por abajo de la media aproximada para una buena calidad, siendo estas las áreas de Muy Mala y con un uso moderado humano. Con esto se puede deducir que si es por parte de la Actividad Antropogénica, estos podrían localizarse cerca de la carretera, algún centro recreativo o en algún proyecto de gran escala. Mientras que si depende de las variables bióticas, podría haber deficiencia en el terreno de escape, en la vegetación prioritaria o poca cantidad de agua.

De igual manera, 30 muestreos superan la media aproximada para una calidad “buena”, las cuales son áreas de Muy Buena y Buena, que son de uso periódico por el borrego. Infiriendo que si existe una relación con el humano, los muestreos tienen un bajo flujo de presencia humana, o se encuentran

alejados de las construcciones, o tiene un bajo valor económico. Considerando los factores bióticos y abióticos, los muestreos por arriba de la media tienen una disponibilidad de agua suficiente, además de vegetación y topografía que les provee lo suficiente para su uso y supervivencia.

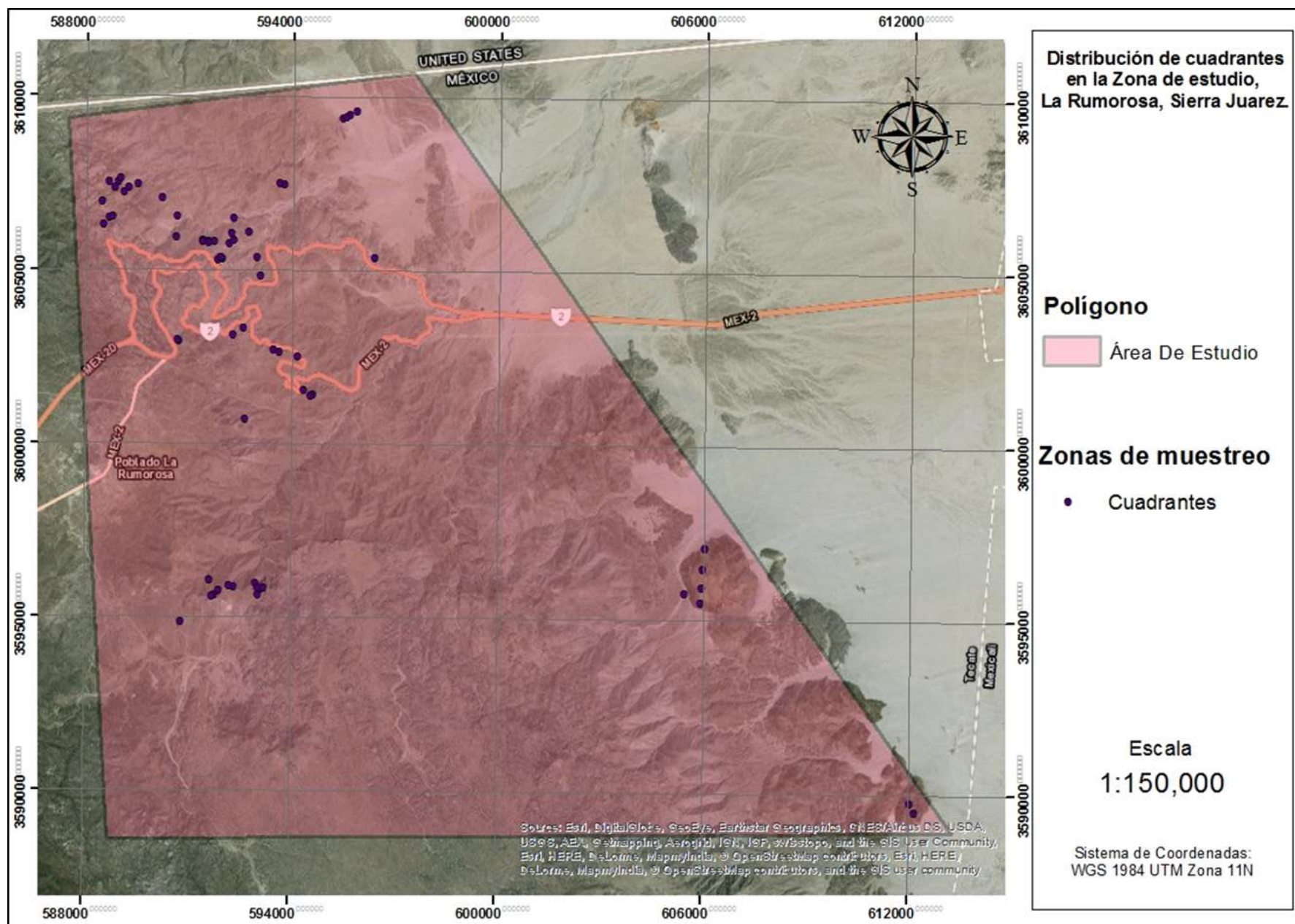


Figura 3.- Mapa de distribución de los muestreos en el área de estudio, La Rumorosa, Sierra Juárez.

Tabla 5.- Valores obtenidos en el análisis de calidad de hábitat propuesto por Rose y Morgan (1964), adaptado al área de estudio.

Puntaje	Descripción	Numero de Muestreos
0-50	<i>Muy Mala. Sin importancia para el borrego, o alto valor para el uso humano. Zona amortiguadora o deficiencia para el borrego; área de valor económico, moderado uso humano</i>	13
51-64	<i>Mala. Zona amortiguadora o deficiencia para el borrego; área de valor económico, moderado uso humano</i>	25
65-79	<i>Buena. Uso periódico o deficiente por el borrego; área con valor económico potencial o uso ocasional por humanos.</i>	26
80-100	<i>Muy Buena. Importante para el borrego cimarrón</i>	4
100>	<i>Excelente. Vital para el borrego cimarrón</i>	0
TOTAL		68

5.3. Relación de variables de hábitat por X^2 y prueba de Bondad de Ajuste

5.3.1. Pendiente

El análisis de relación entre la variable de pendiente y calidad del hábitat (Tabla 6) demuestra que el hábitat con calidad Buena, el borrego tiene una preferencia en las pendientes que están entre 12 y 30°, correspondiente a una superficie de deslizamiento de acuerdo a Lugo (1988). Por otra parte, también se encontró una preferencia por las pendientes en el intervalo de 0 a 3°, que son clasificadas como planicie, sin embargo se presentan tanto en las zonas de Mala como en las de Buena calidad.

El resultado de la prueba de bondad de ajuste ($X^2 = 51.85$, 4 g.l., $p < 0.05$) determinó que existe preferencia del borrego cimarrón por al menos una categoría de la variable pendiente.

Las categorías de pendiente y categorías de calidad de hábitat obtuvieron ($X^2 = 13.19$, 12 g.l., $p > 0.05$), determinando que ambas variables actúan de manera independiente.

5.3.2. Altitud

El factor de altitud se relacionó la variable calidad del hábitat (Tabla 7). Con respecto a la calidad Buena, la mayoría se encontraron en el intervalo de altitud entre los 600 y 800 m, no habiendo una preferencia con respecto a la calidad Muy Mala. Estos resultados pueden estar influenciados por el tipo de topografía y vegetación que varía conforme la altitud.

La prueba de bondad de ajuste obtuvo un resultado que acepta la hipótesis nula ($X^2 = 7.00$, 5 g.l., $p > 0.05$), determinando que las categorías evaluadas son similares y no existe una preferencia por el borrego.

En el análisis de X^2 para altitud y calidad de hábitat resultó con $X^2 = 15.71$, 15 g.l., $p > 0.05$. Dicho resultado determinó que la altitud y la calidad del hábitat no están relacionados directamente y son independientes entre sí.

5.3.3. Topografía

En la variable de topografía (Tabla 8) se destaca la preferencia por el intervalo 4, correspondiente a terrenos empinados, rocosos y tramos de planicies y colinas. Respecto a la variable de calidad, tres tipos de esta variable están con mayor frecuencia en la categoría 4, mientras que la calidad Mala es frecuente en colinas y mesetas. En la variable de calidad de hábitat Muy Buena, todos los muestreos presentaron las características del intervalo 4.

Respecto a la prueba de bondad de ajuste, el resultado ($\chi^2 = 43.76$, 4 g.l., $p < 0.05$) determinó la existencia de una preferencia en alguna de las cinco categorías.

En el análisis de χ^2 calculado para topografía y calidad de hábitat obtuvo un valor de $\chi^2 = 19.50$, 12 g.l., $p > 0.05$ demostrando que la calidad del hábitat es independiente de la topografía.

5.3.4. Vegetación

Los valores de frecuencia observada en la variable de vegetación (Tabla 9), mostraron que los tipos de calidad Buena y de Muy Buena se caracterizan en áreas de matorral desértico medio, pasto y arbustos piñoneros (categoría 6). Del mismo modo, en la calidad Mala y Muy Mala se presenta una frecuencia alta en el intervalo 4 con matorral desértico bajo con comunidades de los género *Larrea* y *Ambrosia*.

Además, se puede observar la ausencia de muestreos en la categoría 1 y 2, con vegetación de Bosque de Coníferas y Lecho de Lago Seco, sin evidencias de borregos durante los muestreos.

El análisis de bondad de ajuste obtuvo un resultado $\chi^2 = 50.82$, 7 g.l., $p < 0.05$ aceptando la hipótesis alterna y demostró una preferencia del borrego por al menos una categoría de las ocho establecidas.

El resultado del análisis de χ^2 calculada para las variables de vegetación y calidad de hábitat fue $\chi^2 = 28.93$, 21 g.l., $p > 0.05$. Por lo tanto, se aceptó la hipótesis nula que determina que la calidad del hábitat es independiente de la vegetación que presenta.

5.3.5. Actividad Antropogénica

Los datos de frecuencias observadas para Actividad Antropogénica, con respecto a la calidad de hábitat (Tabla 10), indican que la mayor parte de los muestreos con calidad de Buena y Muy Buena tienen una densidad mediana, baja o prácticamente sin Actividad Antropogénica. Por otro lado, en la calidad Muy Mala se presentan zonas con alta densidad humana y alto potencial económico.

La prueba de bondad de ajuste obtuvo un resultado que aceptó la hipótesis alterna ($\chi^2 = 32.10$, 5 g.l., $p < 0.05$) determinando que existe preferencia del borrego por al menos una de las seis categorías establecidas en la variable de Actividad Antropogénica.

Con respecto al valor de χ^2 calculada para las variables de Actividad Antropogénica y calidad de hábitat ($\chi^2 = 32.32$, 15 g.l., $p < 0.05$) se aceptó la hipótesis alterna, la calidad del hábitat es dependiente de la Actividad Antropogénica.

Tabla 6.- Valores de frecuencias observadas, según la calidad y rango de pendientes obtenida, de acuerdo a Lugo (1988).

Variable		Muy Mala	Mala	Buena	Muy buena	Total
PENDIENTE						
Categoría	Descripción					
1	<i>0° a 3°</i>	5	12	10	0	27
2	<i>3° a 12°</i>	6	5	2	2	15
3	<i>12° a 30°</i>	2	8	14	2	26
4	<i>30° a 45°</i>	0	0	0	0	0
5	<i>> 45°</i>	0	0	0	0	0

Tabla 7.- Valores de frecuencias observadas, según la calidad obtenida y el intervalo de altitud cada 200 m, iniciando a los 200 y terminando en los 1400 m, que corresponden a la altitud mínima y máxima de los muestreos.

Variable		Muy Mala	Mala	Buena	Muy Buena	Total
ALTURA (m)						
Categoría	Descripción					
1	<i>200-400</i>	3	5	2	1	11
2	<i>401-600</i>	3	4	2	0	9
3	<i>601-800</i>	2	4	7	3	16
4	<i>801-1000</i>	1	5	4	0	10
5	<i>1001-1200</i>	4	4	8	0	16
6	<i>1201-1400</i>	0	3	3	0	6

Tabla 8.- Valores de frecuencias observadas de acuerdo a la calidad obtenida en el análisis y las categorías de topografía referidas y adaptadas en el área de estudio.

Variable		Muy Mala	Mala	Buena	Muy Buena	Total
TOPOGRAFIA						
Categoría	Descripción					
1	<i>Planicie</i>	0	0	0	0	0
2	<i>Planicie cerca de terreno rocoso</i>	3	2	1	0	6
3	<i>Colinas, Mesetas</i>	4	12	6	0	22
4	<i>Empinado, rocoso con tramos planos y ondulados</i>	6	9	11	4	30
5	<i>Empinado, rocoso con camino de escurrimiento de agua</i>	0	2	8	0	10

Tabla 9.- Valores de frecuencias observadas, según la calidad obtenida y las categorías de vegetación descritas, según la adaptación de la metodología de Hansen para el área de estudio.

Variable		Muy Mala	Mala	Buena	Muy Buena	Total
VEGETACION						
Categoría	Descripción					
1	<i>Lecho lago seco</i>	0	0	0	0	0
2	<i>Bosque Juniperus y Pinos</i>	0	0	0	0	0
3	<i>Matorral desértico, Atriplex, arbustos salinos</i>	2	4	2	0	8
4	<i>Yucca, arbustos desérticos, Larrea</i>	6	9	4	0	19
5	<i>5% pasto, matorral bajo desértico, Nolina, piñoneros</i>	4	3	1	0	8
6	<i>5% pasto, herbáceas y arbustos desérticos y/o bosque de coníferas</i>	1	6	10	4	21
7	<i>10% pasto, hierbas de piñoneros y/o Juniperus</i>	0	2	6	0	8
8	<i>20% pasto, matorral microfilo y arbustos de Juniperus; Coleogyne</i>	0	1	3	0	4

Tabla 10.- Valores de frecuencias observadas en el área de estudio, de acuerdo a la calidad obtenida y las categorías del Actividad Antropogénico referida en la metodología de Hansen (1980).

Variable		Muy mala	Mala	Buena	Muy Buena	Total
ACTIVIDAD ANTROPOGENICA						
Categoría	Descripción					
1	<i>Alta densidad, alto potencial económico</i>	9	5	1	0	15
2	<i>Mediana densidad y potencial económico</i>	0	1	2	0	3
3	<i>Mediana o alta densidad; restrictivo uso humano, uso limitado por recreación.</i>	0	0	0	0	0
4	<i>Mediana densidad, bajo potencial económico, uso tomando en cuenta fauna silvestre.</i>	1	2	6	1	10
5	<i>Mediana densidad, restrictivo uso humano; Baja Densidad, no restrictivo al uso humano.</i>	0	9	11	0	20
6	<i>Sin uso humano o desarrollo exclusivo para Borrego Cimarrón</i>	3	8	6	3	20

5.4. Modelo de pendientes

Los resultados del modelo de pendientes usando los rango propuestos por Lugo (1988), muestran que el intervalo de pendiente de 12° a 30° que corresponden a terrenos de deslizamiento está ubicado entre dos extensas áreas de planicie (intervalo de 0 a 3°) (Figura 4). De igual modo, se observa que el área de estudio carece de pendientes de más de 45° (color rojo) que describe a un terreno con caída libre.

5.5. Modelo de Hipsometría

El modelo hipsográfico se representó en los pisos climáticos cada 200 m, siendo este el punto más bajo, y el más alto a 1300 m aproximadamente. Dividir el área en estos pisos permite apreciar el rápido descenso de altitud en un transecto corto, además, es posible una visualización detallada de la pendiente en la zona y una mejor representación de la sierra La Rumorosa (Figura 5).

Así mismo, con el perfil de altitud se observa la rápida transición de la sierra (chaparral y bosque de juníperos), con la zona de matorral desértico y planicies (e.g. Laguna Salada).

5.6. Modelo de Vegetación

Con respecto a los datos de vegetación obtenidos en campo, se describen tres tipos de vegetación predominantes en el área de estudio, las cuales están delimitadas por la altitud (Figura 6).

Comenzando en el intervalo de 0 a 400 m (color Beige), se describe la vegetación de matorral desértico bajo, perteneciente a las zonas de planicies con suelo predominante de tipo arenoso y donde se encuentran especies como *Larrea tridentata* y *Ambrosia dumosa*. Mientras que en el intervalo entre los 400 a 1000 m (color Rosa) se encuentra la vegetación de matorral desértico medio, descrita como una zona de deslizamientos con suelo rocoso y arenoso, con especies tales como *Agave deserti* y *Fouquieria splendens*.

El último intervalo descrito está entre 1000 a 1300 m de altitud, con vegetación de chaparral de montaña y/o desértico, que de igual manera presenta zonas de planicie con suelo arenoso y poca rocosidad. En esta vegetación se pueden encontrar especies arbóreas bajas como *Juniperus*

californica y arbustos altos en el caso de *Quercus*. En algunos cañones se encuentran comunidades riparias y de oasis.

5.7. Modelo de Hábitat con y sin Intervención Humana

En el primer modelo se presenta la información sin modificaciones con respecto a la Intervención Humana (Figura 7). Del área total de la zona de estudio (~380 km²) se cubrió con los muestreos el 15% (~57.5 km²). De la superficie muestreada, el 48% tuvo una calidad Buena; aproximadamente el 30% con una calidad Mala, mientras un 22% con calidad Muy Mala.

Por otra parte, se observa en el área de estudio que no hay parcelas con calidad Muy Buena. Sin embargo, existe una superficie extensa que es usada periódicamente por el borrego. Así mismo, las zonas con calidad Mala y Muy Mala se localizan cerca de la carretera y de los aerogeneradores.

El segundo modelo de hábitat, elaborado con una matriz donde se ha modificado la variable de Actividad Antropogénica, con valores que indicaron que no existe uso o interés económico en el área por el humano (Figura 8).

De la superficie muestreada, el 61% tiene una calidad Buena; el 22% con calidad Mala, 4% con calidad Muy Mala. Comparándose con el modelo con Actividad Antropogénica, en este modelo se observan parcelas (13%) con calidad Muy Buena para el borrego.

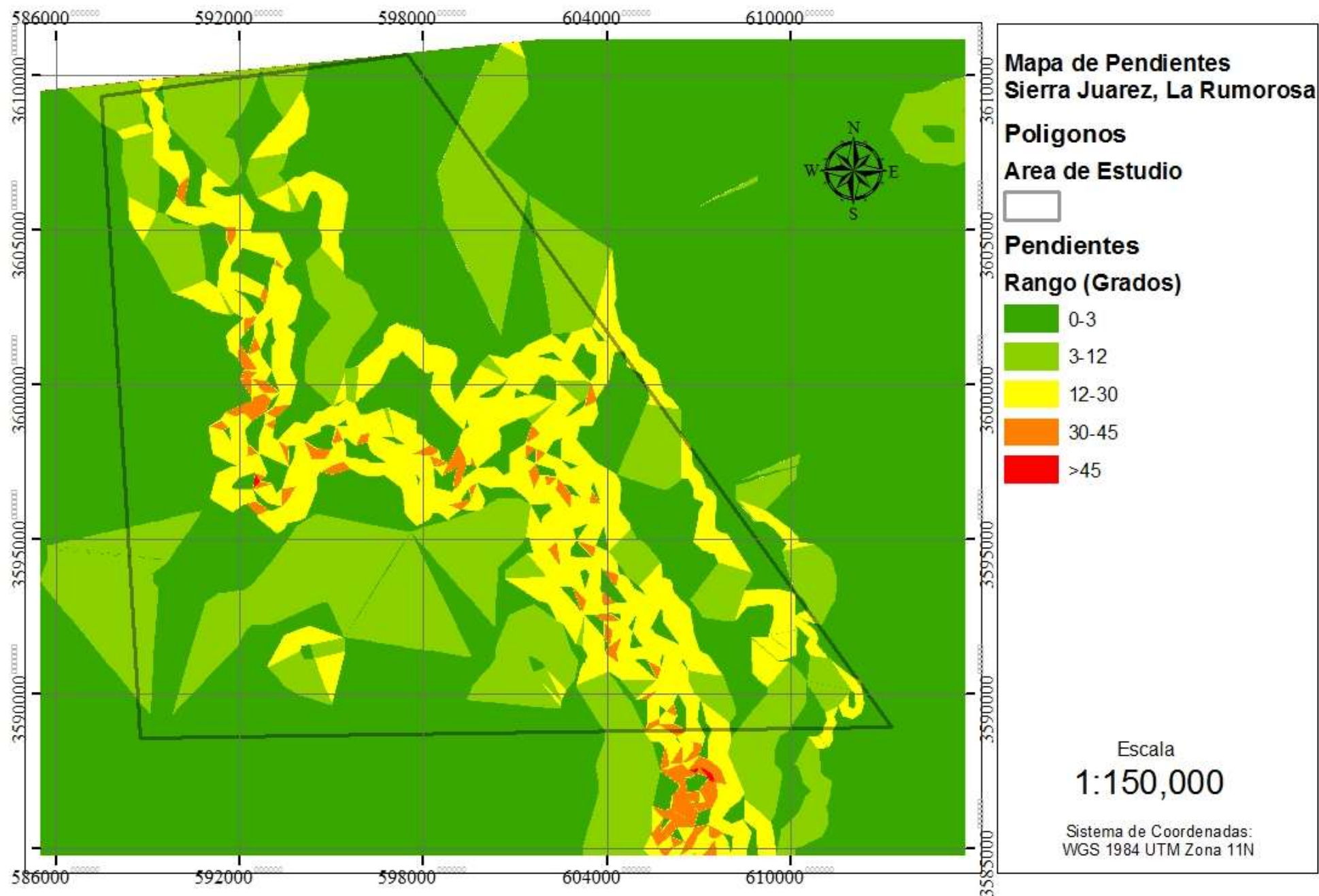


Figura 4.- Modelo de pendientes en el Área de Estudio, La Rumorosa, Sierra Juárez.

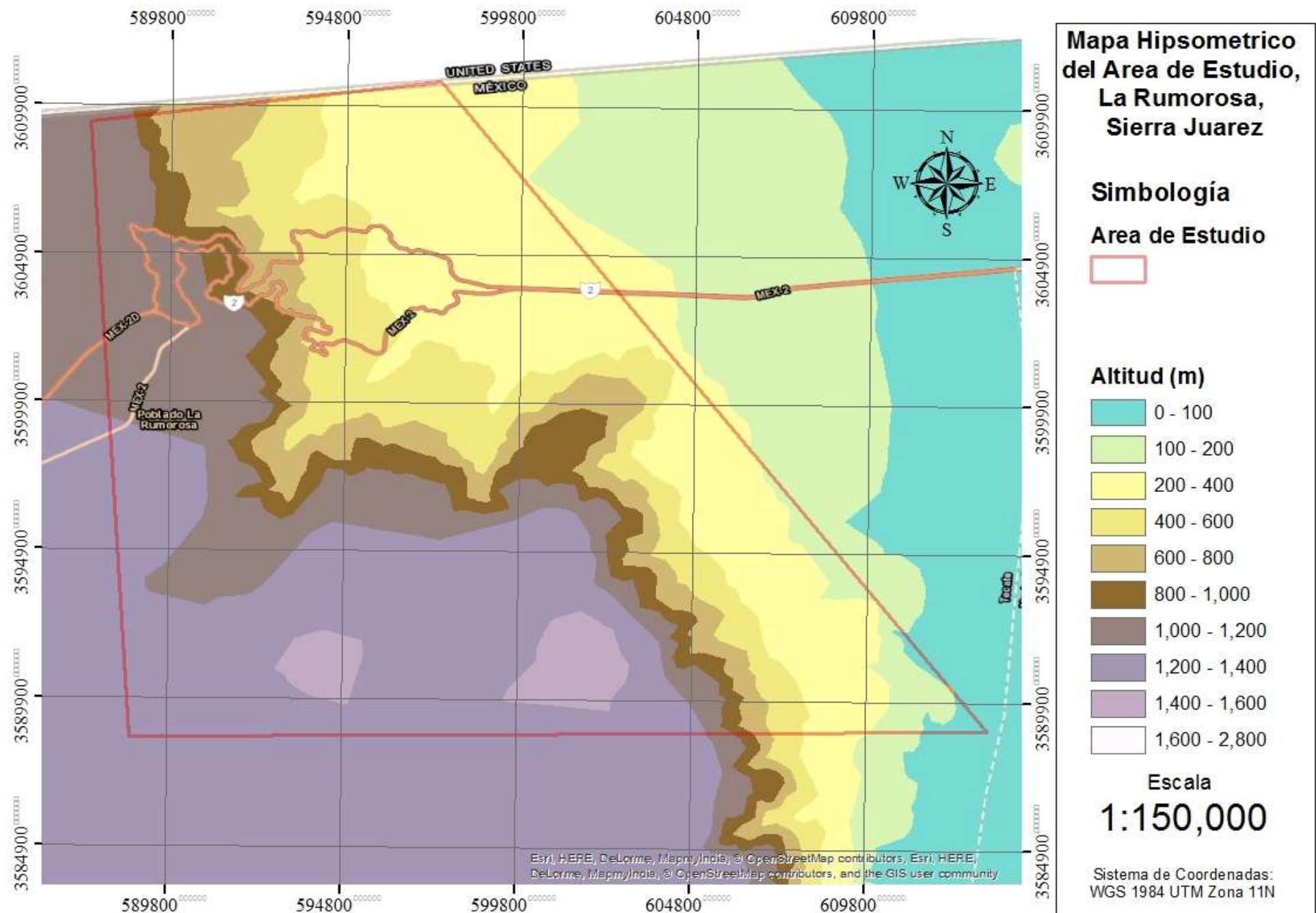


Figura 5.- Modelo hipsográfico del área de estudio, La Rumorosa, Sierra Juárez. Los intervalos se distribuyen cada 200 metros.

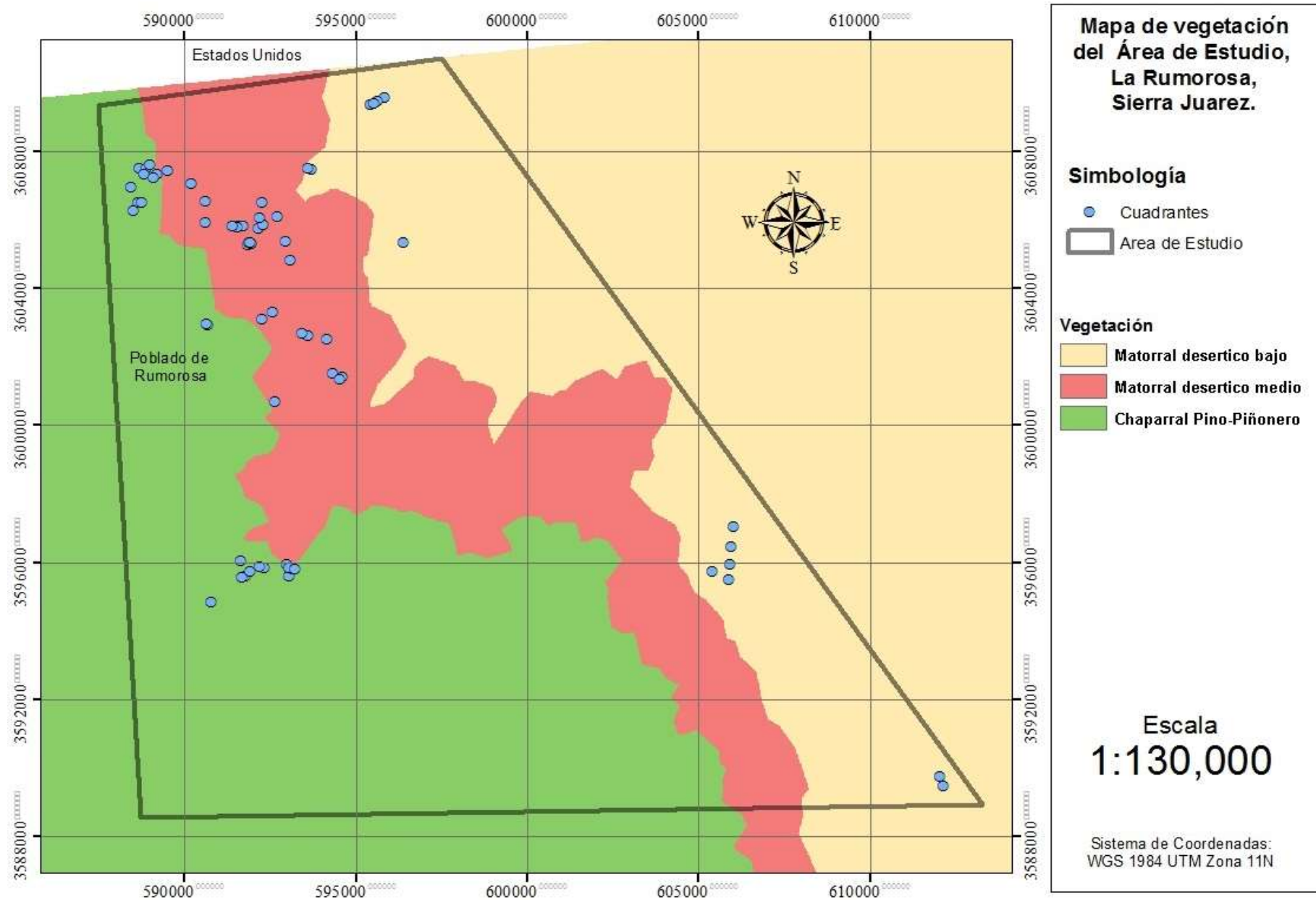


Figura 6.- Modelo de Vegetaciones y la distribución de los cuadrantes realizados en el Área de Estudio, La Rumorosa, Sierra Juárez. Contempla tres tipos de vegetación delimitados por la altura.

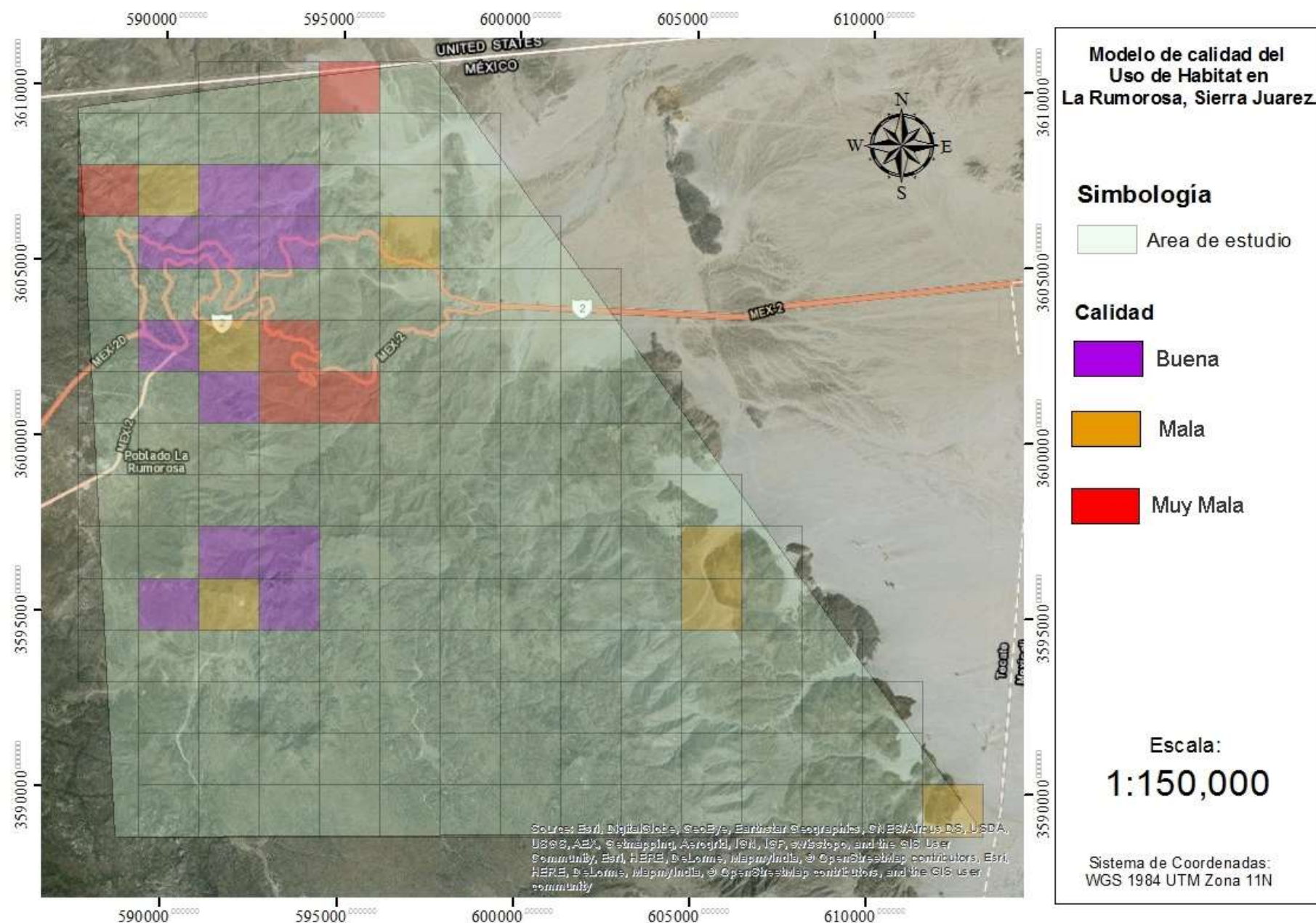


Figura 7.- Modelo de calidad del Uso de Hábitat del borrego, en La Rumorosa, Sierra Juárez, considerando la calidad con Intervención Humana.

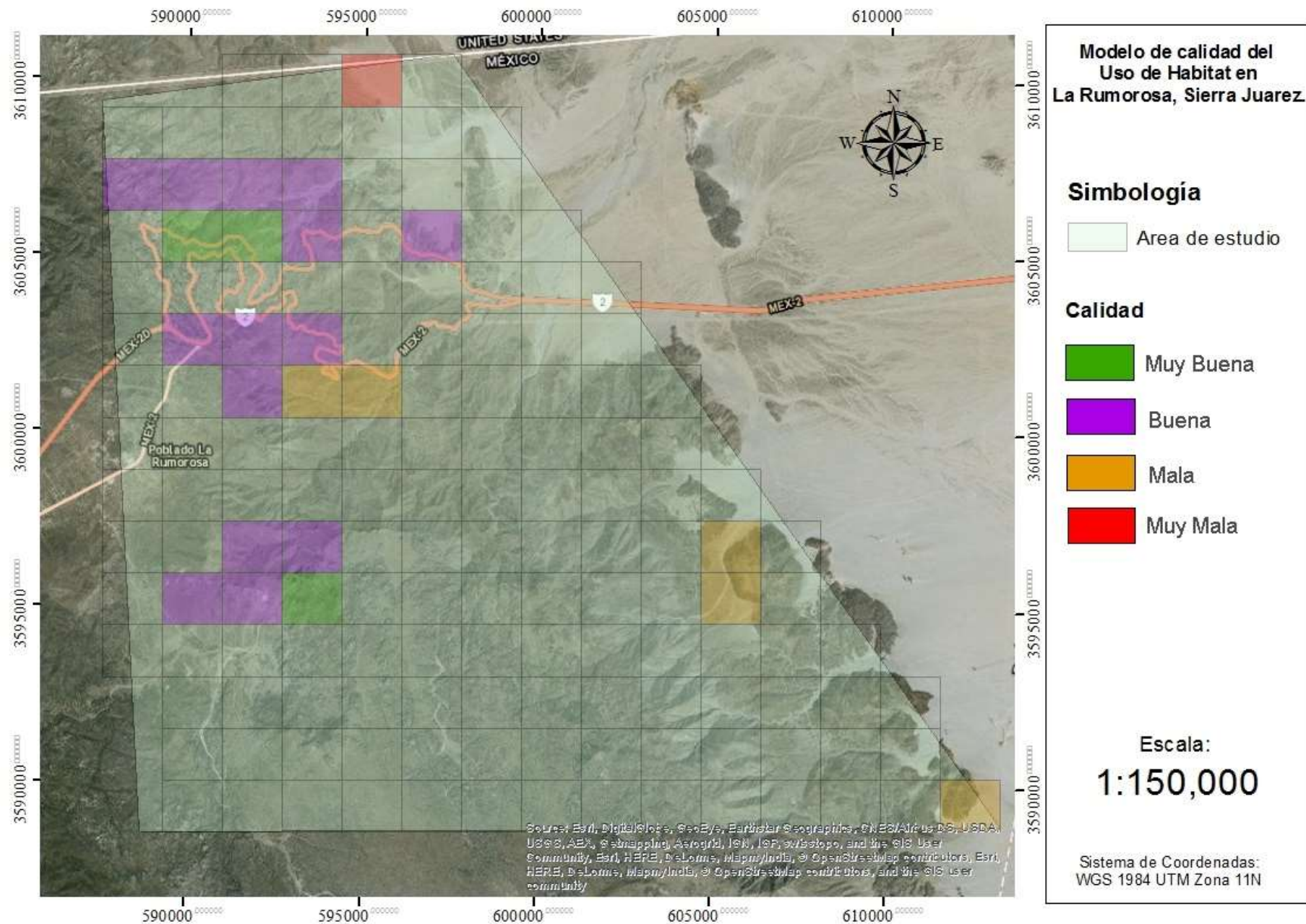


Figura 8.- Modelo de calidad de Uso de Hábitat del borrego, en La Rumorosa, Sierra Juárez, considerando la calidad sin Intervención Humana.

5.8 Análisis climático

Un análisis climático, considerando la temperatura y precipitación, se aplicó con el propósito de deducir sus valores en los sitios de muestreo. En el caso de la temperatura fue para cada piso climático, mientras que para la precipitación el análisis fue temporal (meses).

5.8.1 Temperatura

Para la relación de temperatura/altitud, se extrapolaron los datos de la estación meteorológica de La Rumorosa, utilizando el programa CLIMAJ. La grafica resultante muestra un descenso térmico promedio de $.7^{\circ}\text{C}$ cada 50 metros, en un gradiente de altitud a partir de los 200 m hasta 1350 m (Figura 9).

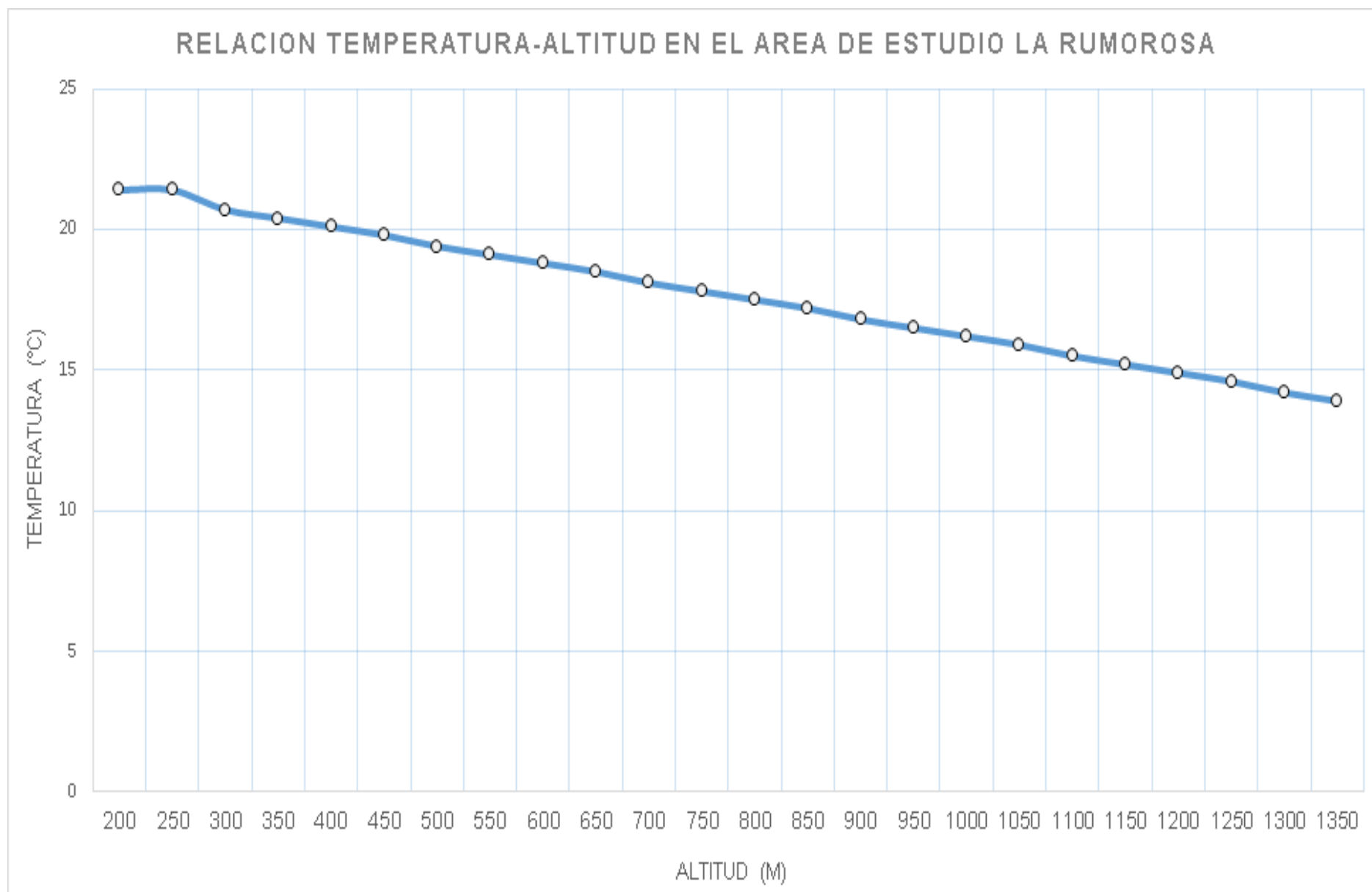


Figura 9.- Grafica de los valores de temperatura obtenidos en el programa CLIMAJ, extrapolar los valores de altitud cada 50 metros.

6. DISCUSION

A continuación se discuten los resultados de este estudio, siguiendo los criterios del Método de Hansen (1980), el cual se modificó y se adaptó con base al área de estudio, en este caso las variables poseen una valoración diferente, siendo la precipitación y evaporación los más bajos (cinco puntos); agua, uso y competencia; y por último la topografía, vegetación, uso del borrego y del humano (veinte puntos). Así, un valor menor en las últimas cinco variables sería suficiente para describir una zona hasta calidad “Mala”.

6.1. Calidad de hábitat

Considerando la máxima puntuación de 20 para los valores de la matriz para topografía y vegetación, aproximadamente la mitad de los muestreos tuvieron como resultado una valoración mayor a 10, lo cual se consideran ambas variables de buena calidad, tomando en cuenta que el valor promedio de cada variable supera la media del valor total. Sin embargo, en la matriz se obtuvieron valores menores en las variables de Uso del Borrego y Actividad Antropogénica en más de la mitad de los muestreos, contribuyendo en gran parte a que el 56% de la zona muestreada estuviera por debajo de la media con respecto a Buena Calidad.

Los 13 muestreos con calidad Muy Mala hacen referencia a la alta densidad humana y su relación con la infraestructura establecida, tales como: Carretera Federal 2D Mexicali-Tijuana, acueducto de la Comisión Estatal del Agua (CEA) y Parque Eólico La Rumorosa II, y que sin duda es una variable antropogénica que está influyendo en las poblaciones del borrego cimarrón. Smith *et al.* (1991) en su procedimiento de evaluación de hábitat para el borrego cimarrón, consideran como barreras antropogénicas estructuras como: canales de agua, acueductos, cercas delimitantes, carreteras de alto y bajo uso, así como los centros de actividad humana (centros ecológicos, zonas de acampar), justificando que estas actividades frecuentemente invaden las zonas del borrego, limitando el hábitat y contribuyendo a su fragmentación.

Los 25 muestreos con calidad Mala presentaron una baja valoración en las variables de agua, competencia y uso del borrego. Es decir, no se encuentran cuerpos de agua cercanos, existe una competencia alta con otros animales (domésticos o silvestres) o son áreas de uso ocasional transitorio. Considerando la variable de competencia Rodríguez *et al.* (1995) mencionan que una zona con baja incidencia de especies competidoras como son ganado vacuno y ferales, son características de alto valor para el hábitat del borrego. Para la variable agua, Leslie y Douglas (1979) en Dolan (2006) registraron que el 84% del borrego encontrado en su área de estudio, Nevada, durante los meses de verano, estaban dentro de una distancia de 1.9km a los cuerpos de agua.

Las zonas con calidad Buena refieren áreas con un valor económico potencial (carreras) o un uso moderado humano (zonas de recreación, campismo, senderismo). Sin embargo los muestreos presentan valores altos en vegetación, uso de borrego y topografía. Con excepción de las carreras, las actividades de bajo impacto como caminatas y campismo podrían no representar un problema grave en la distribución del borrego. Hicks y Elder (1979) observaron el comportamiento del borrego caminando en las zonas donde hacía uso la especie, el estudio registró que la actividad humana de este tipo no afectaba a la movilidad del borrego. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la frecuencia y densidad de este tipo de actividades para evitar cambios en el comportamiento del borrego. Dunaway (1971), Light (1971), Hicks y Elder (1979), Gionfriddo y Krausman (1986) en Smith *et al.* (1991) definen las actividades de baja o moderada actividad humana como algunos caminos, carreteras, viviendas y áreas de campamento.

La calidad Muy Buena se caracteriza por tener una valoración favorable para la mayoría de las variables necesarias para el hábitat del borrego, siendo cuatro los muestreos que resultaron con esta calidad. Los resultados de la matriz dieron valores medios y altos en Topografía y vegetación, valores favorables en Uso del Borrego, puntuación alta en agua, competencia y uso, y desfavorables para Actividad Antropogénico. La presencia de fuentes permanentes de agua influye en la presencia del borrego y la calidad de

hábitat, Rodríguez *et al.* (1993) mencionan que el agua es una variable que debe estar disponible todo el tiempo para tener una población sana.

Conforme a las observaciones anteriores, se concluye que aunque la valoración de las variables puede ser diferente (favorables y escasos en algunos muestreos), existe una selección de componentes de hábitat por el borrego dependiendo de las necesidades que éste requiera en el momento.

6.2. Relación de variables de hábitat y del borrego cimarrón por medio de la prueba X^2 y Bondad de Ajuste

El análisis en la relación de las variables consideradas en el Uso Importante para el borrego (pendiente, altitud, topografía, vegetación y actividad antropogénica), determinó que la calidad del hábitat depende directamente de la variable Actividad Antropogénica. La pregunta a razonar es ¿Por qué no depende directamente de las otras variables, si proporcionan alimento, refugio, agua y una topografía que permite el fácil escape de sus depredadores?

En la variable de pendiente por medio del análisis de X^2 no mostró una preferencia del borrego, a diferencia de la prueba de bondad de ajuste que determinó una preferencia por dos categorías (planicies e inclinaciones). Por lo tanto la calidad del hábitat no depende de esta variable, pero la movilidad del borrego si se ve influido por el tipo de pendiente. Algunos autores han indicado que la pendiente es un componente que influye en la calidad, como lo que se conoce como terreno de escape, conformado por terrenos quebrados, de gran pendiente y altitud (Dood y Smith, 1988; Cunningham, 1989; en López *et al.*, 1999). Estos últimos autores, además han referido que la topografía también forma parte del terreno de escape. Escobar-Flores *et al.* (2015), en su estudio en la Sierra Santa Isabel, refieren que los borregos observados prefieren sierras mediana y altas con cañones, en cambio categorías de rugosidad planas fueron evitadas por los borregos en sus dos localidades de estudio.

El análisis de X^2 para la variable topografía determina que ésta es independiente de la calidad del hábitat, a diferencia del análisis de bondad de ajuste que obtuvo una preferencia por al menos una categoría, como se

observa claramente (Tabla 8), resultaron 30 muestreos en la categoría con topografía de terreno inclinado y rocoso. En altitud, la calidad es independiente de la variable y la prueba de Bondad de Ajuste determina que las categorías analizadas son similares (Figura 5 y Tabla 7). Observando el modelo y la tabla de análisis de pendiente, en ésta las pendientes oscilan entre 0 a 30° (Figura 4 y Tabla 6). Sobreponiendo las tres variables, se determinó que este nivel de altitud tiene tres de las cinco variables analizadas. Esto concuerda con las observaciones de Ferrier y Bradley (1970), Krausman y Leopold (1986; en Álvarez *et al.* 2009), quienes refieren que La Rumorosa cuenta con la topografía y las características favorables para el uso del borrego cimarrón.

En cuanto a la vegetación, es importante hacer notar su valor en el movimiento del borrego en su hábitat. También ha sido referido en varios estudios que la vegetación poco densa proporciona visibilidad en el hábitat, un aspecto fundamental en la estrategia para evadir la depredación (Krausman y Leopold, 1970); Risenhoover y Balley 1985; en Álvarez *et al.* 2009; Smith, 1991).

Aplicando la variable de vegetación en el área de estudio, la prueba de bondad de ajuste determinó que de las ocho categorías distribuidas existe preferencia por el borrego en dos de ellas, que se destacan por presentar estratos bajos (matorral desértico) de tipo arbustivo, herbáceo, incluidos los pastos (Tabla 9), sin embargo obtuvo un resultado no dependiente con la calidad del hábitat en la prueba de X^2 .

Escobar-Flores *et al.* (2015) en su trabajo de detección de las preferencias de hábitat del borrego en la Sierra Santa Isabel, seleccionaron sitios de baja y alta cobertura vegetal a partir del índice de vegetación derivados con imágenes de satélite, variando estacionalmente en relación con la cobertura vegetal en periodos de sequía, encontrando que el borrego selecciona sitios con menor disponibilidad de alimento (menor cobertura vegetal), pero con alta rugosidad en su terreno. Hansen, 1982; Van Dyke *et al.* 1983 (en Smith *et al.* 1991), refieren que la cantidad, calidad y yuxtaposición del forraje, agua y terreno de escape, interactúan a determinar la salud y tamaño de las poblaciones del borrego.

A pesar de que se han llevado a cabo varios estudios sobre el borrego cimarrón (e.g. poblacional, hábitat) (Rodríguez, 1995), en ninguno se han realizado muestreos de flora y vegetación que contribuyan a una mejor información sobre el hábitat del borrego. Sin embargo, hay que hacer notar que el más reciente trabajo sobre el borrego cimarrón en el área de estudio realizado por Santos (2015), si consideró la vegetación y flora realizando muestreos y recolectas de plantas, además haciendo referencia de aquellas especies vegetales indicadoras de ramoneo.

Como se explicó anteriormente, el matorral desértico (=matorral xerófilo) es característico de las zonas áridas y semiáridas, siendo esta vegetación dependiente de los factores climáticos limitantes (poca lluvia y altas temperaturas). De acuerdo al modelo (Figura 9), la temperatura desciende conforme a una mayor altitud, estando en las zonas más frías la vegetación de chaparral de montaña, y en las zonas bajas con temperaturas más altas se presenta el matorral desértico medio y bajo. Analizando este patrón del modelo, se concuerda que las especies del matorral desértico tienen una mayor resistencia a la sequía, mientras que las de mayor altitud poseen resistencia al frío.

Con respecto a la precipitación, la estación de La Rumorosa registra lluvias invernales (noviembre-abril), además de nevadas las cuales no están cuantificadas. Por otra parte, las lluvias de verano son esporádicas tipo monzónicas en los meses de julio a septiembre, coincidiendo con los meses de mayor índice de evaporación y transpiración. Estas precipitaciones bimodales, ocasionan escurrimientos por los cañones hacia la zona de desierto, originando algunos oasis y por lo tanto fuentes de aguas temporales y permanentes para el borrego.

Con respecto a la primera incógnita y analizando lo comentado en cada análisis de variable, el resultado de independencia de estas podría deberse a que las variables de alta calidad se encuentran disponibles en la mayor parte del área de estudio, por lo tanto, esto no representa un problema para el borrego con tratar de conseguir alimento o terreno de escape.

Un resultado destacable en la prueba X^2 , fue la relación de calidad con respecto a la Actividad Antropogénica (Tabla 10), que demuestra que esta variable influye en la calidad del hábitat y como consecuencia, en la distribución del borrego. Sin embargo, los resultados de la prueba de bondad de ajuste concuerdan en que existe una preferencia por las zonas con una menor actividad humana. Cabe resaltar que el modelos de hábitat, una vez ausente la variable de Actividad Antropogénica, la calidad aumento para las principales áreas de transito humano y del borrego (Figura 7 y 8). Sin embargo, a pesar de ser zonas de mediana y alta densidad de Uso Humano, el borrego continúa su presencia en dichos lugares. Lo anterior es contrario a lo observado por Rodríguez *et al.* (1995), quienes concluyeron que el nulo disturbio de origen antropogénico son características consideradas de alto valor en el hábitat del borrego.

Este comportamiento podría explicarse por la presencia de cuerpos de agua permanentes, incluidos los artificiales, tal es caso de la liberación de agua que hace frecuentemente la CEA. Smith *et al.* (1991) refieren que los cuerpos de agua son una barrera natural en el hábitat del borrego, y una delimitante en su área territorial (Graham 1980, Wilson *et al.*, 1980; Smith y Flinders, 1991; en Smith *et al.*, 1991).

A pesar de encontrarse cerca de la carretera, el borrego tiene un comportamiento evasivo a esta infraestructura (salvo escasas ocasiones), en parte por presentar laderas con superficie de roca suelta y suelo arenoso, siendo de difícil acceso para el borrego (Figura 4 y Anexo 3 [Fotografía 3.3]). En el procedimiento de Smith *et al.* (1991) sobre evaluación de hábitat del borrego, refiere que las laderas muy pronunciadas, tales como acantilados, no califican como un componente del característico terreno de escape, convirtiéndose en una barrera para su movimiento. Por lo tanto, el borrego recurre a vías alternas con la topografía adecuada para su desplazamiento y poder comunicarse entre las unidades descritas en este estudio.

Alaníz *et al.* (2014), al monitorear 10 borregos con collares de telemetría, refieren que hasta mayo de 2014 todos los animales permanecieron en el área general de la ubicación de captura y no se observaron movimientos de larga distancia, dos de ellos cruzaron regularmente la frontera entre Estados Unidos

y México en múltiples lugares, pero ninguno de ellos cruzó la carretera federal de cuota; de estos dos borregos, uno pasó un tiempo significativo muy cerca de la carretera sin cruzar (ANEXO 4). En el presente se encontraron evidencias (excretas y huellas) que permite inferir el tránsito de borregos sobre los bordes de la carretera hacia las partes bajas de La Rumorosa, probablemente donde tienen puntos accesibles para cruzar la antigua carretera de terracería. Sin embargo, estas rutas utilizadas por el borrego son perturbadas cada cierto tiempo por actividades antropogénicas con alto y bajo impacto (e.g. carreras de autos, senderismo tumultuoso); estas actividades estresan y limitan el movimiento del borrego.

Igual comportamiento se observó cerca de las instalaciones del CEA y el Parque Eólico Rumorosa II, ya que a pesar de ser áreas con alta Actividad Antropogénica, el borrego permanece en los alrededores. Respecto a lo anterior, se puede inferir el borrego se ha ido adecuando a las nuevas condiciones del área de estudio, esto mientras las variables básicas existan y no haya una amenaza para la supervivencia del borrego. En el trabajo de Bristow (1996) sobre uso de hábitat y movimiento del borrego cerca de la mina Silver Bell, Arizona, se obtuvieron resultados similares, ya que el borrego permaneció en el área a pesar de la actividad minera.

Como se mencionó anteriormente, los cuerpos de agua en estas zonas influyen en la presencia del borrego. En el estudio de Campbell y Remington (1981), sobre la influencia de actividades de construcción y los patrones de uso del agua por el borrego, observaron que su presencia cerca de los cuerpos de agua fue a determinadas horas, evadiendo la actividad humana. A pesar de las referencias en el comportamiento de los borregos.

6.3. Modelo del hábitat

6.3.1. Uso del Modelo de Hábitat con la variable Actividad Antropogénico.

Los resultados obtenidos en la unidad de Rancho Picachos muestran que la parte baja de esta zona es potencial para la conservación del hábitat del borrego. Como se observa en el modelo de su hábitat con intervención humana (Figura 8), la zona con calidad Mala se clasifica debido a que hay un paso

frecuente de grupos de campismo y senderismo. Sin embargo, el borrego sigue utilizando las áreas alrededor de la unidad ya que tiene una topografía adecuada para su acceso.

La unidad de Planicies fue muestreada debido a la necesidad de buscar un collar telemétrico perdido. Con cuatro muestreos realizados, el modelo de uso de hábitat dio como resultado una calidad Muy Mala, esto debido a las características topográficas y vegetación de baja cobertura (dunas y matorral desértico bajo. Rodríguez *et al.* (1993) menciona que la parte del área ocupada por el borrego consiste en un hábitat irregular, discontinuo y escarpado, por lo que las áreas de planicies no presentan estas características para el uso frecuente del borrego.

Por otra parte, Escobar-Flores *et al.* (2014), refieren para la Sierra Santa Isabel que la selección que realiza el borrego de la cobertura vegetal no se relaciona con los sitios con alta cobertura, que indican una mayor disponibilidad de alimento. Otros autores han encontrado que los borregos evitan sitios con alta cobertura, pues obstruye su visibilidad y no permite detectar a sus depredadores a distancia (Valdez y Kruasman, 1999 y Tarango *et al.* 2002; en Escobar-Flores *et al.*, 2014).

En la unidad Basalto se obtuvo una calidad Mala principalmente por no observarse cuerpos de agua a su alrededor y la escasa presencia de especies arbustivas y pastizales. Destaca en esta comunidad la abundancia de "biznagas" (*Ferocactus cylindraceus*), especies que ha sido referida como un suplemento de podría explicar la presencia del borrego en esta unidad. Por las características de esta unidad, así como por las imágenes de satélite (Google Earth) se infiere que este tipo de terreno puede ser área importante de echaderos. López *et al.* (1999), mencionan que los borregos al seleccionar sitios para echarse obtienen una mayor protección y visibilidad con depredadores.

La calidad de la unidad Rumorosa resultó con un 50% de calidad Buena, siendo esta unidad la más influenciada con respecto a las Actividades Antropogénicas. El 21.5% de las zonas con calidad Muy Mala y el 28.5% con

calidad Mala, se encuentran cercanas a la carretera y el parque eólico (Figura 7).

6.3.2. Uso del Modelo de Hábitat sin la variable Actividad Antropogénico.

Por otro lado, al aplicar el modelo de hábitat sin la variable de Actividad Antropogénica, se obtuvieron zonas con calidad Muy Buena para el borrego, como son áreas de conservación y el incremento de la calidad de hábitat en las unidades rancho Picachos y La Rumorosa (Figura 8).

La calidad de Buena aumentó y cubrió el 61% del área muestreada, con esto se observa la influencia que el uso humano tiene sobre el hábitat potencial para el borrego, por lo tanto un aumento en las actividades humanas podría promover un comportamiento evasivo del borrego en estas áreas con influencia humana. Esta conducta fue observada por Graham (1971) quien realizó un análisis del ambiente, representando los componentes principales del hábitat en un modelo gráfico y comparando ambos usos, el humano y del borrego.

Por otro lado, las áreas con calidad Muy Mala se restringen a las zonas de planicies, lo que significa que la Actividad Antropogénica no es la única variable que influye en su calidad. Sin embargo, las evidencias de presencia de borregos en esta unidad indican que el área se usa como una zona transitoria.

El 30% de las áreas con calidad Mala se distribuyen las unidades La Rumorosa y Basalto, en esta última la calidad de hábitat no es influida por la variable de Actividad Antropogénica, sino por otras variables. Por otra parte, los muestreos en la unidad La Rumorosa dieron como resultado una calidad Muy Buena y, en consecuencia, un aumento en la calidad del área.

7. CONCLUSIONES

- La metodología usada en el presente trabajo, la cual es una propuesta de Hansen (1980) se adaptó de acuerdo a las características de la sierra La Rumorosa, y que podría usarse en otras áreas de similares condiciones donde se distribuye el borrego en nuestro estado.
- El agua es uno de los componentes limitantes que influyen de manera directa en el desplazamiento de la población de la especie.
- El borrego cimarrón se está “habituando” a la presencia humana, así como a la infraestructura erigida en el área de estudio (aerogeneradores, planta de bombeo, autopista).
- En el modelo de calidad de hábitat con actividad antropogénica, una alta puntuación y frecuencia de esta variable en las parcelas con calidad Muy Buena, disminuye la calidad de hábitat en el área de estudio.
- En las unidades La Rumorosa y Picachos se obtuvo una calidad Muy Buena (sin considerar la variable de Actividad Antropogénica) y, en consecuencia, un aumento en la calidad del área.
- El borrego cimarrón hace elección de las zonas con las variables de hábitat de manera temporal.
- Las temporadas son un factor que influye en el desplazamiento de la especie.
- Con la información obtenida de los modelos de hábitat y el análisis de variables (con o sin Actividad Antropogénica), se concluye que la actividad humana sí tiene influencia sobre la calidad de hábitat del borrego.

8. RECOMENDACIONES

- Realizar un mayor número de muestreos, en áreas accesibles, con la finalidad de obtener más datos y realizar análisis de mayor precisión en área de La Rumorosa.
- Perfeccionar la metodología para evaluación de hábitat del borrego cimarrón.
- Considerar el impacto que la variable de Actividad Antropogénica tiene sobre el borrego cimarrón.
- Monitoreo o seguimiento de la actividad antropogénica, actual y futura, que pudieran afectar las poblaciones de borrego en el área de La Rumorosa, así como en otras zonas hacia sur donde se tienen programadas la instalaciones de docenas de aerogeneradores.
- Es necesario que en futuros estudios, además de variables físicas, se realicen muestreos de flora y vegetación que brinden información a detalle sobre el hábitat y alimentación del borrego, a partir de trabajo en campo.
- Proponer ante las instancias correspondientes, se considere las áreas resultantes como “Buena” y “Muy Buena”, para futuros proyectos de creación de áreas de conservación.

9. LITERATURA CITADA

- Alaníz, G. J.; González, G. S.; Camarena, R. F.; Loaiza y V. H. F. 2014. Instrumentación de líneas de acción de la estrategia estatal para la conservación y manejo sustentable del borrego cimarrón en Baja California: Línea 4- Evaluar la distribución geográfica histórica y actual del tamaño y composición de las poblaciones del borrego cimarrón. Reporte técnico. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada.
- Alvarez-Cardenas S.; Galina-Tesaro P.; Díaz-Castro S.; Guerrero-Cárdenas I.; Castellanos-Vera A. y Meza-Zavala E. 2009. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science*, 2 (2): 189-203.
- Bristow, K. D.; Wennerlund, J. A.; Schweinsburg, R. E.; Olding, R. J. y Lee R. E. 1996. *Habitat Use and Movements of Desert Bighorn Sheep Near the Silver Bell Mine, Arizona*. Arizona Game and Fish Department. Technical Report Number 25. Phoenix. 57pp.
- Campbell, B. M., y R. Remington. 1981. Influence of construction activities on water-use patterns of desert bighorn sheep. *Wildl.Soc.Bull.*, 9:63-65.
- Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEA). Acueducto Rio Colorado-Tijuana.
- Delgadillo, J. 1998. *Florística y ecología del Norte de Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California. 407 pp.
- Dolan, F.B. 2006. Water developments and desert Bighorn Sheep: Implications for conservation. Arizona. *Wildl. Soc. Bull.*, 3:642-646.
- Eaton, G. B. R. 2002. *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 de Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zona Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California.
- Garcia, O. 2014. *Caracterización de Habitat del Borrego Cimarron (Ovis canadensis) en la Sierra de Juarez, Baja California, Mexico*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro.Salttillo, Coahuila.
- Graham, H. 1971. Enviromental analisys procedures for bighorn in the San Gabriel mountains. *Desert Bighorn Council Trans.*, 15:38-45.

- Hansen, Ch. 1980. Habitat evaluation. En: Monson, G y L. Summer (eds.). *The Desert Bighorn: its life history, ecology y management*. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. Pp. 322-342.
- Hicks, L. L., and J. M. Elder. 1979. Human disturbance of Sierra Nevada bighorn sheep. *J. Wildl. Manage.*, 43:909-915.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). *Curvas de Nivel para la República Mexicana*. Escala 1:250,000. Extraído del Modelo Digital del Terreno. México.
- Lee, M. y Lopez-Saavedra E. 1994. A second Helicopter survey of desert bighorn sheep in Sonora, Mexico. Technical Report, *Desert Bighorn Council Trans.*
- López, S. E.; Lee, R. M.; De Vos J. C.; Schweinsburg, R. E., y Luna, S. G. 1999. Relación uso-disponibilidad de componentes topográficos y un modelo de calidad del hábitat para el borrego cimarrón, en Sonora, México. *Acta Zool. Mex.*, 76: 17-34.
- Maldonado-Aguilar, 2015. Estudio de Manejo y Conservación del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en Sierra Juárez, Baja California. 3er. Congreso Dra. Meredith Gould. Facultad Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada. B.C.
- Monson, G. y L. Summer (eds.) 1980. *The desert bighorn: its life history, ecology and management*. The University Arizona Press, Tucson.
- Montoya, L. M. 1998. *Evaluación de hábitat del borrego cimarrón (Ovis canadensis cremnobates Elliot, 1903) con fines de manejo en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México*. Tesis de Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zona Áridas, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California.
- Navarro, M. M. y Ambriz, G. D. A. 2008. El borrego cimarrón: una especie amenazada por la ignorancia del hombre. *Contactos*, 69:16-22.
- Rebman, J. P y Roberts N. C. 2012. Baja California Plant Field Guide. *Third edition. San Diego Natural History Museum Publication*.
- Rose y Morgan. 1964. Categories and values of the tools used to evaluate deserts bighorn habitat. En: Monson, G y L. Summer (eds.). *The Desert Bighorn: Its life history, ecology y management*. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. p. 322.
- Rodriguez, M. M. y Ruiz-Campos G. 1993. *Estudio poblacional y de habitat del borrego cimarron (Ovis canadensis, Elliot 1904) en canada jaquejel y arroyo grande, verano y otono de 1992*. Universidad Autonoma de Baja California. Ensenada, Baja California.

- Rodríguez, M. M.; López, G.; Alanís, G. J.; Castellón, O. J. y Carrillo, M. M.H. 1995. *Estudio poblacional de hábitat y alimentación del borrego cimarrón (Ovis canadensis cremnobates Elliot 1904) en Baja California*. Informe técnico. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C.
- Santos, C. R. 2015. Descripción de las comunidades vegetales en el norte de Sierra Juárez, Baja California, zona de distribución de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada.
- SEMARNAT. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf (consultada el 12 octubre 2015).
- Smith, T., J. T. Flinders, y D. S. Winn. 1991. A habitat evaluation procedure for Rocky Mountain Bighorn Sheep in the intermountain west. *The Great Basin Naturalist*, 51(3): 205-225.
- Tapia, A. 2007. *Homo-Ovis: el borrego cimarrón en México*. Universidad Autónoma de Baja California Mexicali, Baja California.

10. APENDICE

ANEXO 1.- Tablas de Evaluación de Hábitat de Hansen (1980), adaptada a la zona de estudios.

1.1.- Factores de hábitat propuestos por Rose y Morgan (1964), junto con sus valoraciones.

1. I	Topografía natural	0 a 20 puntos
2. II	Tipo de vegetación	0 a 20 puntos
3. III	Precipitación	1 a 5 puntos
4. IV	Evaporación	1 a 5 puntos
5. V	Agua, tipo y uso	2 a 20
6. VI	Uso del Borrego cimarrón	2 a 20 puntos
7. VII	Actividad Antropogénica	0 a 20 puntos

1.2.- Componente I: Topografía natural

Valor	Característica
0	Nivel u ondulación
4	Nivel, dentro de 1.6km de terreno rocoso y empinado
12	(a) Rcoso y empinado (100%)
	(b)Colinas cerca de caminos rocosos y empinados
	(b)Terreno tipo meseta
16	Empinado y rocoso intercaladas con tramos de nivel o caminos ondulados
20	Empinado y rocoso, fracturado con camino de escurrimiento de agua

1.3.- Componente II: Vegetación

Valor	Característica
0	Lecho de lago seco con arcillas
4	Bosque de juníperos o bosque de pinos; < 1% de pastos
6	Matorrales desérticos, comunidades de <i>Atriplex</i> , arbustos salinos.
8	Yuca y otros arbustos del desierto, medios de <i>Larrea</i> , con < 1% de pastos
10	Con 5% de pastos, matorral bajo desértico, <i>Nolina</i> y piñóneros
16	Con 5% de pastos, Hierbas-arbustos del desierto o hierba del bosque de coníferas
18	Con 10% de pastos, Hierbas- piñoneros o juníperos.
20	Con 20% de pastos, Transición entre matorral micrófilo y arbustos de juníperos; con <i>Coleogyne</i> .

1.4.- Componente III: Precipitación anual

Valor	Característica
1	Precipitaciones intensas , 5 a 7.5cm (50-75mm)
2	Precipitaciones intensas, 7.5 a 20cm (75-200mm)
3	Principalmente en Invierno, 20 a 30cm (200-300mm)
4	Mitad en invierno y mitad en verano, 7.5 a 20cm (75-200mm)
5	Mitad en invierno y mitad en verano, 20 a 50cm (200-500mm)

1.5.- Componente IV: Evaporación por semana

Valor	Característica
1	13 o más cm (130mm o más)
2	9 o más cm (90 mm o más)
3	7.5 o más cm (75mm o más)
4	5 o más cm (50mm o más)
5	2.5 cm o menos (25mm o más)

1.6.- Componente V: Fuentes de Agua.

Agua bebible.

Valor	Característica
1	Húmedo, agua presente principalmente en invierno
2	A menudo seca,
3	A veces se seca
4	Rara vez se seca, disponible durante verano
5	Suficiente, siempre presente

Terreno y obstáculos para el Borrego Cimarrón

Valor	Característica
1	Plano con obstrucciones
2	Lomeríos con obstrucciones
3	Terreno fracturado con obstrucciones naturales
4	Terreno rocoso con obstrucciones naturales
5	Agreste y sin obstrucciones

Competencia con otros animales

Valor	Característica
0	Mucho ganado (ganado abundante)
2	Algo (poca) ganado (ganado escaso)
5	Otro tipo de caza mayor nativa (competencia alta)
7	Rara vez con otra caza mayor nativa (competencia baja)
10	Solo borrego cimarrón

1.7.- Componente VI: Uso del Borrego Cimarrón

Valor	Característica	Época del Año
2	Irregular transitorio	
4	Alimentación de adultos (carneros)	
6	Otoño y primavera transitoria	Otoño y Primavera
8	Áreas de alimentación en	Verano y Otoño
9	Pozos de agua (pozas, arroyos, etc.)	Verano
10	Comida y cobertura para crías y hembras	Verano
20	Mayor tránsito, para uso de agua o para alimentación	Todo el año

1.8.- Componente VII: Actividad Antropogénico

Valor	Característica
0	Alta densidad y alto potencial económico
4	Media densidad, medio potencial económico y no restrictivo al uso humano
7	Mediana densidad, restrictivo uso humano; uso económico limitado por la recreación general (parques, refugios)
7	Alta densidad, restrictivo uso humano (parques de fauna salvaje, refugios)
10	Mediana densidad, no restrictivo al uso humano, y bajo potencial económico
10	Uso planeado económico y humano tomando en cuenta la fauna silvestre
15	Mediana densidad y potencial económico, pero restrictivo uso humano (parques de Borrego Cimarrón, refugios).
15	Baja densidad, y bajo o ningún potencial económico; no restrictivo al uso humano
20	Relativamente no tiene uso económico o humano
20	Desarrollo planeado para el Borrego Cimarrón con el uso humano, siempre y cuando sea consistente con el primer objetivo (característica).

ANEXO 2.-Formato de toma de datos: calidad de hábitat

[illegible]

- 1.- Topografía natural
- 2.- Tipo de vegetación
- 3.- Precipitación
- 4.- Evaporación
- 5.- Agua, tipo y uso
- 6.- Uso del Borrego cimarrón
- 7.- Actividad Antropogénica

ANEXO 3.- Conjunto de fotográfico de las Unidades de Estudio y sus características.



Fotografía 1.- Hábitat en Unidad Rancho Picachos.



Fotografía 1.1- Hábitat en Unidad Rancho Picachos (Cañón).



Fotografía 2.- Hábitat en Unidad Basalto.



Fotografía 2.1- Hábitat en Unidad Basalto.



Fotografía 3.- Hábitat en Unidad La Rumorosa, topografía



Fotografía 3.1.- Vegetación en Unidad La Rumorosa.



Fotografía 3.2.- Cañones en Unidad La Rumorosa.



Fotografía 3.3.- Laderas en Unidad La Rumorosa.



Fotografía 4.- Hábitat en Unidad Planicies.



Fotografía 4.1- Hábitat en Unidad Planicies.

ANEXO 4.-Información SIG de movilidad del Borrego Cimarrón por Maldonado (2015).

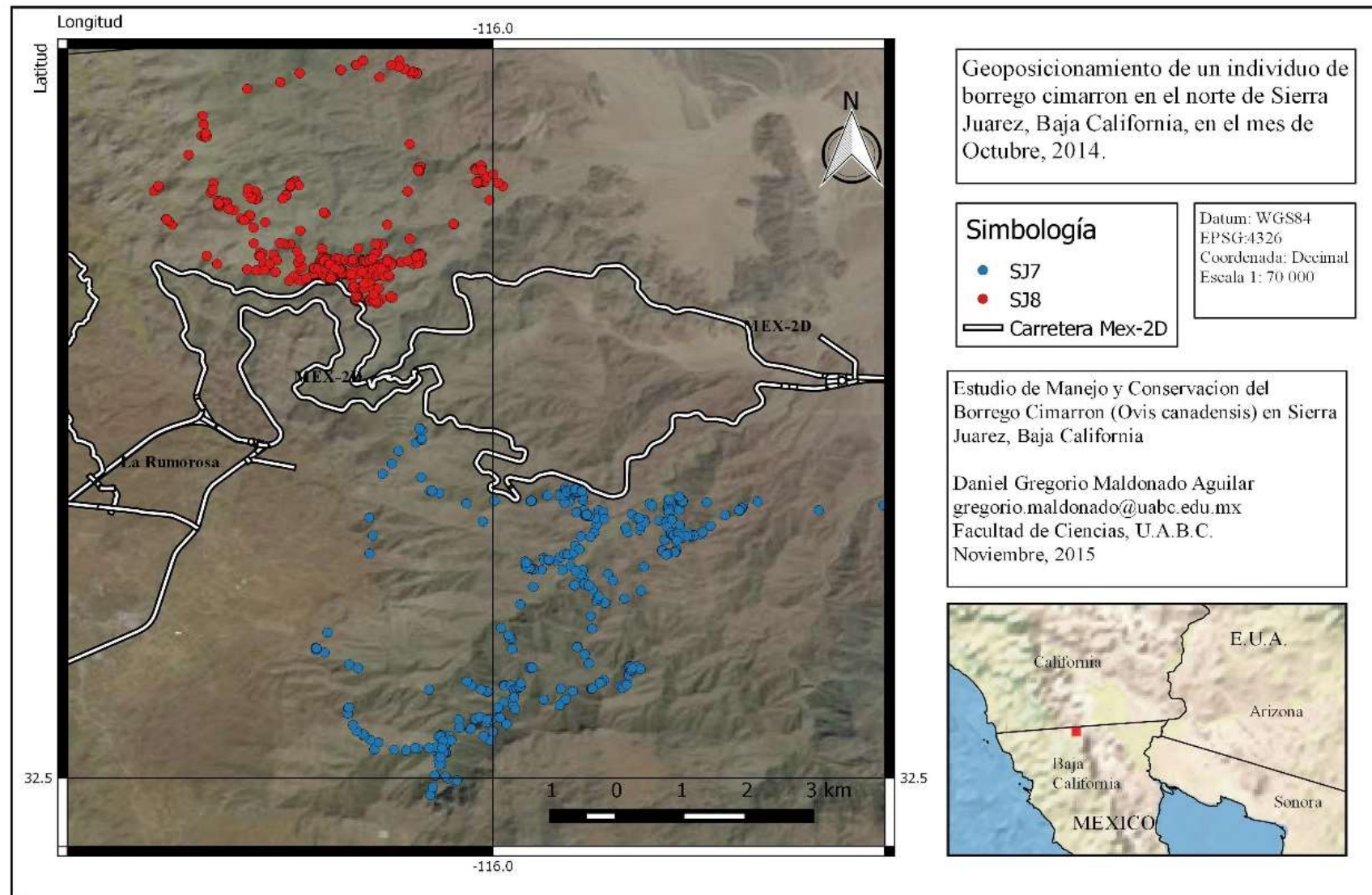


Figura 1.- Estudio de manejo y conservación del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en sierra Juárez, Baja California. Monitoreo por Telemetría.