


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a large, circular emblem. It features a central shield with a cross, surrounded by a wreath. The shield is flanked by two figures, possibly saints or historical figures, and topped by a crown. The entire emblem is encircled by a border containing text in Spanish.

**Impacto del cambio de uso del suelo sobre la diversidad de alacranes
(Arachnida:Scorpiones) en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua**

INFORME DE TESIS

Presentado por

RONY ESTUARDO TRUJILLO SOSA

Para optar al título de

Biólogo

Guatemala, marzo de 2009

“El conocimiento siempre va acompañado de ignorancia; no hay conocimiento completo y, por lo tanto, conocimiento e ignorancia van siempre juntos, como dos caballos atados con una cuerda”.

Jiddu Krishnamurti

JUNTA DIRECTIVA

Óscar Cobar Pinto, Ph.D. Decano

Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto Secretario

Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A. Vocal I

Licda. Liliana Vides de Urizar Vocal II

Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli Vocal III

Br. Andrea Alejandra Alvarado Álvarez Vocal IV

Br. Aníbal Rodrigo Sevillanos Cambronero Vocal V

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Roni Landelino Trujillo León y Alba Marisela Sosa Ordóñez.

AGRADECIMIENTOS

A Claudio Méndez, por toda la asesoría brindada durante la realización del presente trabajo, en especial en materia de diseño experimental.

A Mario Véliz, por las oportunas observaciones y correcciones realizadas al presente documento.

A Luis F. de Armas por sus valiosa colaboración en materia de taxonomía de alacranes.

A todas las personas que colaboraron durante el trabajo de campo, en especial a Carlos Ávila y Emanuel Agreda.

A los habitantes del valle del Motagua, en especial a Rudy del Cid y Sergio Salguero (Fundación Defensores de la Naturaleza), Hugo Paiz (Municipalidad de San Agustín Acasaguastlán), Neftalí Ayala (Rancho Los limones), Juan Manuel Alvarado (CONAP/ Parque Regional Municipal Niño Dormido), Juan Ramón Paz (Reserva Natural Privada Las Flores), Héctor España (Municipalidad El Júcaro), Víctor Hernández y a las familias Trujillo, León y Aldana (Huité, Zacapa).

A Eduardo Sacayón, por su colaboración en la fotografía y en el uso del programa ARC GIS 9.2. Asimismo a Pavel García, Roberto Garnica y al personal del laboratorio de SIG del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación., por su colaboración en sistemas de información geográficos.

ÍNDICE

	Páginas
1. RESUMEN.....	09
2. INTRODUCCION.....	10
3. ANTECEDENTES	
3.1. Características naturales del monte espinoso	
3.1.1. Localización.....	12
3.1.2. Geología y geomorfología.....	12
3.1.3. Suelos.....	12
3.1.3.1.Suelos subinal.....	13
3.1.3.2.Suelos del valle.....	13
3.1.4. Características climáticas.....	13
3.1.5. Vegetación.....	14
3.1.6. Fauna.....	15
3.1.7. Endemismos.....	16
3.2. Características de los alacranes	
3.2.1. Clasificación.....	16
3.2.2. Historia Natural.....	16

3.2.3. Ecología.....	17
3.2.4. Anatomía.....	18
3.2.5. Fluorescencia.....	19
3.2.6. Depredación y veneno.....	19
3.2.7. Alacranes de Guatemala.....	20
4. JUSTIFICACION.....	21
5. OBJETIVOS.....	22
6. HIPOTESIS.....	23
7. MATERIALES Y METODOS	
7.1. Universo	
7.1.1. Población.....	24
7.1.2. Muestra.....	24
7.2. Materiales	
7.2.1. Equipo.....	24
7.2.2. Reactivos.....	25
7.2.3. Material de apoyo.....	25

7.3. Métodos

7.3.1. Área de estudio.....	25
7.3.2. Sitios de muestreo.....	26
7.3.3. Colecta de especímenes.....	32
7.3.4. Análisis de datos.....	33
8. RESULTADOS.....	35
9. DISCUSION DE RESULTADOS.....	39
10. CONCLUSIONES.....	43
11. RECOMENDACIONES.....	44
12. REFERENCIAS.....	45
13. ANEXOS	
13.1. Ubicación de la cuenca del río Motagua.....	53
13.2. Ubicación de las localidades de estudio.....	54
13.3. Fotografías.....	55
13.4. Ortofotografías.....	60

1. RESUMEN

Se evaluaron las diversidades alfa (riqueza de especies a nivel local), beta (recambio de especies entre sitios) y gamma (riqueza de especies en todo el paisaje) de alacranes en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua, específicamente en la porción comprendida entre El Rancho (El Progreso) y Río Hondo (Zacapa), con el propósito de determinar el efecto que presenta el cambio de uso de suelo sobre la diversidad de especies y de establecer el grado de influencia de los componentes alfa y beta de la diversidad sobre la riqueza de especies del paisaje. Entre los meses de julio y agosto de 2008 se muestrearon ocho localidades del paisaje con distinto porcentaje de cambio de uso del suelo. Cada localidad fue muestreada dos veces durante el estudio. Cada muestreo consistió en recorrer cada sitio por 45 minutos (2 colectores a la vez) utilizando lámparas portátiles de luz ultravioleta para localizar a los alacranes. En todo el paisaje se registraron 3 especies, pertenecientes a 2 familias y 2 géneros. Las especies fueron *Centruroides margaritatus* y *Centruroides schmidtii*, familia Buthidae y *Diplocentrus* sp., familia Diplocentridae. En los tres fragmentos con mayor porcentaje original de cobertura boscosa, es decir, los sitios con menor porcentaje de cambio de uso del suelo, se encontraron las tres especies. En el resto de fragmentos, se encontró una o dos especies. Al parecer, el cambio de uso del suelo es la variable que mejor explica la diversidad de alacranes obtenida. La correlación entre las dos variables produjo un $r = 0.95103$ ($p = 0.000993$). La diversidad de especies del paisaje (diversidad gamma) está determinada en mayor forma por la riqueza de especies a nivel local (diversidad alfa) que por el recambio de especies (diversidad beta). Por lo tanto, la distribución original de las especies de alacranes en el monte espinoso de la cuenca del Motagua, previo a los procesos de fragmentación, era homogénea.

2. INTRODUCCION

Los valles secos intermontanos, como el valle del Motagua, comparten entre sí una serie de características que los distinguen de otros ecosistemas. Entre ellas podemos mencionar las altas temperaturas y las bajas precipitaciones anuales, además de que se encuentran a sotavento de las principales cadenas montañosas de Guatemala (Stuart, 1954). Las condiciones descritas han permitido que para algunos grupos se haya propiciado el aislamiento suficiente para que en ellos existan centros importantes de endemismo (Monroy & Marroquín, 2001).

El potencial agrícola de las tierras planas del valle del Motagua ha sido la causa de que la mayor parte de dichas áreas hayan sido deforestadas y convertidas en campos agrícolas dedicados a la siembra de diversos cultivos. Asimismo, la ganadería y la extracción selectiva de leña, han provocado que las áreas de ladera estén bastante degradadas, siendo pocos los remanentes de vegetación natural en buen estado de conservación (FDN & TNC, 2003).

Los efectos de la fragmentación del paisaje sobre la diversidad de especies se pueden evaluar a través del estudio de las diversidades alfa (local), beta (entre localidades) y gamma (del paisaje) mediante el uso de un grupo indicador (Halffter, 1998). Los alacranes son artrópodos que debido a su baja capacidad de dispersión y fidelidad a condiciones medioambientales de rangos limitados, resultan ser organismos promisorios como indicadores ecológicos (Polis, 1990).

El siguiente trabajo pretende evaluar la diversidad alfa, beta y gamma de alacranes del monte espinosos de la cuenca del río Motagua, con el fin de determinar el efecto que presenta el cambio de uso del suelo sobre la riqueza de especies. Asimismo, se pretende

establecer la influencia que tienen los componentes alfa y beta de la diversidad sobre la totalidad de especies del paisaje.

El estudio contó con ocho localidades comprendidas entre El Rancho (El Progreso) y Río Hondo (Zacapa), las cuales presentan distintos porcentajes de cambio de uso del suelo. Cada localidad fue muestreada dos veces entre los meses de julio y agosto del 2008. Cada muestreo consistió en recorrer cada sitio por 45 minutos durante la noche, colectando todos los alacranes que se encontraran durante el período de muestreo. Para localizar a los alacranes fueron utilizadas lámparas portátiles de luz ultravioleta.

3. ANTECEDENTES

3.1. Características naturales del monte espinoso

3.1.1. Localización

El monte espinoso del valle del Motagua se encuentra en el nororiente de Guatemala, en porciones extensas de los departamentos de El Progreso, Zacapa y Chiquimula. Se encuentra ubicada al pie de la Sierra de las Minas, la cual sirve de barrera natural para la humedad proveniente del Atlántico, provocando la extrema condición seca de la región (FDN & TNC, 2003).

3.1.2. Geología y geomorfología

El valle del Motagua es formado por el desplazamiento lateral-izquierdo entre la Placa de Norte América y la Placa del Caribe. Al sur de Guatemala se encuentra ubicada la Placa de Cocos, que por subducción bajo la placa del Caribe ha causado la formación de una cadena de volcanes de continua actividad. Los productos extrusivos de estos volcanes han aportado sedimentos al valle del Motagua (Ligorria, 2004).

La evolución del Bloque Maya (formado por la península de Yucatán y las planicies del Petén) es la que más influencia ejerce sobre el valle del Motagua. Ha habido plegamiento y colapso de las secuencias ofiolíticas durante el Terciario temprano (hace 60 millones de años), que han causado condiciones extremas de presión y temperatura, dando lugar a la formación de rocas metamórficas. El metamorfismo regional ha originado también la formación de productos minerales asociados (Ligorria, 2004).

3.1.3. Suelos

Los suelos del área tienen su origen en tres grandes grupos: aluviones cuaternarios, rocas ultrabásicas de edad desconocida (serpentinitas generalmente) y rocas volcánicas. La región

presenta una diversidad de suelos en cuanto a textura, estructura, profundidad y fertilidad, por lo que se encuentran suelos muy pobres y suelos con buenas características físicas y químicas (Castañeda, 1997).

3.1.3.1. Suelos subinal

Son suelos desarrollados sobre materiales sedimentarios o metamórficos. Su extensión abarca 24,168 ha. en el departamento de El Progreso y 11,875 ha. en el departamento de Zacapa. Son suelos poco profundos localizados sobre piedra caliza y esquisto arcilloso. Ocupan pendientes inclinadas al sur del río Motagua, y no son buenos para cultivos limpios, pero como son fértiles y carecen de piedras grandes, gran parte del área se utiliza para la producción de maíz con labor manual. La erosión es seria en muchas partes (Simmons *et al.*, 1959).

3.1.3.2. Suelos del valle

Son suelos clasificados como clases misceláneas de terreno. Son áreas en donde no domina ninguna clase particular de suelo. Abarcan 8,738 ha. en el departamento de El Progreso y 43,766 ha. en el departamento de Zacapa. Gran parte del terreno arable de El Progreso y Zacapa está incluida dentro de esta categoría. Este tipo de suelo se encuentra a lo largo del río Motagua. Casi todo es terreno de buena calidad adaptable al cultivo, pero es necesario proveer regadío para utilizarlo a cabalidad. Es imposible al presente hacer declaraciones definitivas sobre la naturaleza, el uso y el manejo de estos suelos, pues es necesario estudiar cada área individual detalladamente (Simmons *et al.*, 1959).

3.1.4. Condiciones climáticas

Las características climáticas del valle del Motagua están altamente influenciadas por la sombra montañosa de la Sierra de las Minas y la Sierra del Merendón, que le circundan (FDN & TNC, 2003).

En el monte espinoso, las condiciones climáticas están representadas por días claros la mayor parte del año, y una escasa precipitación, que generalmente se presenta durante los meses de agosto a octubre, alcanzando valores entre 400 y 600 mm. anuales. La evapotranspiración potencial puede estimarse en un promedio de 130%, el cual es mayor a la cantidad total de lluvia anual (De la Cruz, 1982), lo que explica el déficit de agua en la región (FDN & TNC, 2003).

En ésta parte del país, la temperatura oscila entre 24 y 26 grados Celsius. Los datos meteorológicos fueron tomados a partir de estaciones ubicadas en El Progreso, El Rancho, Teculután, Zacapa, La Fragua y Chiquimula (Holdridge, 1979; De la Cruz, 1982).

3.1.5. Vegetación

Las condiciones climáticas han causado el desarrollo de comunidades vegetales caducifolias, cuyas hojas caen al inicio de la estación seca y brotan al inicio de la estación lluviosa (FDN & TNC, 2003). A excepción de los bosques de galería, en donde el flujo constante de agua permite el desarrollo de comunidades muy distintas y siempre verdes, las partes bajas de la región están dominadas por especies con espinas como cactáceas, acacias y arbustos leguminosos (Powell & Palminteri, 2002). Los procesos geológicos han creado condiciones de aislamiento que han favorecido la formación de especies vegetales nuevas, algunas con distribución restringida al valle del Motagua, como es el caso de algunas cactáceas, euforbiáceas y mimosáceas (Morales, 2003).

Estudios recientes en el monte espinoso del valle del Motagua, han determinado la existencia de 107 familias y 598 especies de plantas, de las cuales 140 son árboles, 89 arbustos, 273 hierbas, 74 lianas, 12 epífitas, 4 parásitas y 3 especies de plantas acuáticas (Véliz *et al.*, 2003).

Las familias más diversas en el monte espinosos son Asteraceae y Euphorbiaceae con 46 especies cada una, Fabaceae con 41, Poaceae con 39, Mimosaceae con 28, Caesalpinaceae con 20, Convolvulaceae con 18, y Boraginaceae, Cactaceae y Solanaceae con 15 especies cada una (Véliz *et al.*, 2003).

Las especies más comunes y que tipifican al monte espinoso de Guatemala, son: *Guaiacum sanctum*, *Caesalpinia velutina*, *Cassia emarginata*, *Cassia skinneri*, *Haematoxylon brasileto*, *Leucaena collinsii* subsp. *zacapa*, *Ximenia americana*, *Bursera schlenthendali*, *B.graveolens*, *Acacia farnesiana*, *Prosopis juliflora*, *Juliania adstringens*, *Stenocereus pruinosus*, *Pereskia lychnidiflora*, *Nopalea guatemalensis*, *Pilosocereus leucocephala*, *Cordia dentata* y *Cordia truncatifolia* (Veliz *et al.*, 2003).

Los efectos de la construcción de carreteras y caminos vecinales han sido factores determinantes en la fragmentación del hábitat, pues facilitan el acceso para la conversión del monte espinoso a sistemas agrícolas, ganaderos y áreas urbanas (FDN & TNC, 2003). En un bosque fragmentado, tanto los remanentes de hábitat original, como la matriz de ambientes transformados, participan en la dinámica de especies del paisaje (Gascon *et al.*, 1999).

3.1.6. Fauna

La región semiárida del valle del Motagua presenta, en algunos grupos de vertebrados, una mayor diversidad de especies que otros tipo de bosque, debido a las interacciones entre el bosque ribereño y los bosques con adaptaciones a ambientes semiáridos (FDN & TNC, 2003).

Para la región, se reportan 48 especies de mamíferos y 101 especies de aves (Valle, 1999). En cuanto a las aves, las familias Columbidae, Tyrannidae, Icteridae y Fringilidae son suficientemente abundantes como para ser consideradas características de la región (Land, 1970). Algunas de las especies amenazadas de mamíferos en la región son los murciélagos *Pteronotus dhabi*, *P. parnelli* y *Leptonycteris curasoae*; el armadillo (*Dasypus novemcintus*), los zorrillos (*Conepatus semistriatus*, *Mephitis macroura*), el micoleón (*Potos flavus*), el cacomiztle (*Bassariscus sumichrasti*) y el tacuazín de agua (*Chironectes minimus*) (Valle *et al.*, 1999).

Se han reportado 16 especies de anfibios y 54 de reptiles (Acevedo, 2004). En cuanto a endemismos de anfibios se refiere, se tiene la rana *Craugastor inachus*, recientemente descrita (Campbell & Savage, 2000), y la salamandra *Oedipina taylori* también endémica regional (Acevedo, 2004). Dentro de los reptiles, sobresale la presencia de *Heloderma horridum charlesbogerti*, subespecie endémica del valle del Motagua, que se encuentra en grave peligro de extinción (FDN & TNC, 2003).

3.1.7. Endemismos

Dentro del valle del Motagua son reconocibles una serie de eventos que pueden ser factores de endemismos. Las glaciaciones provocan movimientos altitudinales que propician la mezcla de genes y el inicio de los procesos de especiación, probablemente muy afectados con la última glaciación del Pleistoceno (Coates, 1997). La ubicación del valle entre dos sistemas montañosos (Sierra de las Minas y Sierra del Merendón), aísla esta porción de suelo respecto de los bosques secos del altiplano y el oriente del país. La orientación de los sistemas montañosos este-suroeste, bloquea los vientos húmedos provenientes del Océano Atlántico, llevando el valle del Motagua a condiciones semiáridas (CECON, 1993).

3.2. Características de los alacranes

3.2.1. Clasificación

Los alacranes (orden Escorpiones) son artrópodos quelicerados miembros de la clase Arachnida (Brownell & Polis, 2001).

3.2.2. Historia Natural

Considerados por algunos autores como fósiles vivientes, los alacranes son artrópodos muy antiguos que aparecieron en el planeta hace 450 millones de años, siendo además de los primeros animales en colonizar el medio terrestre (Kjellesvig- Waering, 1986). La palabra alacrán deriva del árabe *al- agrab*, que quiere decir escorpión, por lo que ambas palabras se

refieren al mismo animal (Polis, 1990). Los escorpiones se encuentran ampliamente distribuidos en todos los continentes y regiones faunísticas del planeta, aunque la mayoría de las especies se circunscriben a las regiones tropicales y subtropicales del planeta (Polis 1990). Actualmente, este grupo está representado por 16 familias y 155 géneros (Fet *et al.*, 2000).

Los escorpiones son artrópodos que revisten importantes particularidades desde el punto de vista de su biología, ecología y comportamiento. Es reconocida su resistencia a alteraciones climáticas y radiaciones, las cuales han sido adquiridas a través de su proceso evolutivo que lleva cerca de 500 millones de años sobre el planeta. El plan corporal de los escorpiones es altamente exitoso, guardando mucha semejanza con sus parientes del Paleozoico (Polis, 1990).

Las mismas características que hacen a los alacranes excepciones interesantes a la norma de los artrópodos, también favorecen su uso como modelos en investigaciones de campo. La mayoría de artrópodos son animales oportunistas, estrategias tipo r, que optan por una rápida reproducción y numerosas crías, a manera de maximizar la asimilación de recursos en ambientes fluctuantes. En contraste, los escorpiones poseen características más parecidas a los vertebrados (estrategas tipo k). Tienden a vivir en ambientes estables, en donde los recursos son predecibles, aunque limitados por el crecimiento poblacional. Su reproducción es lenta, con desarrollo interno de los embriones, que da lugar a un número pequeño de crías de un tamaño considerable (Brownell & Polis, 2001).

3.2.3. Ecología

Debido a su baja capacidad de dispersión y fidelidad a condiciones medioambientales de rangos limitados, resultan ser organismos promisorios como indicadores ecológicos y en estudios biogeográficos (Polis, 1990). Los escorpiones tienen hábitos sigilosos y nocturnos, y durante el día se ocultan bajo piedras, troncos, grietas, o en galerías que cavan ellos mismos en el sustrato. La mayor parte del tiempo se encuentran en sus refugios de donde salen solo para alimentarse y reproducirse (Polis, 1990).

Ensamblajes con riquezas de 4 a 13 especies ocurren en hábitats tan diferentes como desiertos (Williams, 1980) y bosques tropicales (Gonzales-Sponga, 1996). Varios factores ecológicos influyen la distribución espacial de los escorpiones, incluyendo la temperatura, precipitación, características del suelo, tipo de refugio, vegetación, topografía y fisonomía ambiental (Polis, 1990). Algunos de estos factores podrían ser determinantes en la evolución dentro del grupo, y podrían sustentar amplios patrones de distribución geográfica (Prendini, 2006). Por ejemplo, la naturaleza sedentaria de la mayoría de escorpiones y su restringida tolerancia ecológica y fisiológica, ha limitado su dispersión, y propiciado eventos de especiación alopátrica por vicarianza durante períodos de cambio climático (Lamoral, 1978; Prendini, 2006), creando altos niveles de endemismo en ciertas áreas (Williams, 1980). Se ha observado una mayor diversidad de alacranes en regiones semidesérticas (Polis, 1990).

3.2.4. Anatomía

El cuerpo de los escorpiones está dividido en tres partes principales: el prosoma, el mesosoma y el metasoma. El plan corporal básico de los escorpiones evolucionó durante el Silúrico y permanece sin cambios en la actualidad (Brownell & Polis, 2001).

El prosoma, está formado por los pedipalpos, los quelíceros y los ojos. Los pedipalpos están formados por 6 segmentos, es decir, la cadera (coxa), el trocánter, el fémur, la patela, la tibia (mano y dedo fijo) y el tarso (dedo móvil), y se utilizan sobre todo para agarrar a las presas, mantenerlas con el fin de pincharlas, y aportarlas a los quelíceros, además de tener función durante la cópula. Los quelíceros están formados por tres segmentos, la cadera (o coxa), la tibia y el tarso, y sirven esencialmente para destrozarse y machacar las presas con el fin de volverlos asimilables. Poseen dos clases de ojos. Un par de ojos medianos, en la cumbre del cefalotórax, y de uno a cinco pares de ojos laterales (Polis, 1990).

El mesosoma está formado por terguitos en la espalda y esternitos en el vientre, los cuales son placas quitinosas que cubren el cuerpo del escorpión. Se encuentran siempre 7 terguitos y 7 esternitos. Poseen cuatro pares de patas formadas por siete segmentos: coxa, trocánter,

fémur, patela, tibia, basit y tarso. Las utilizan para locomoción, para cavar y a la hembra le sirven para recoger a sus crías al salir del opérculo genital (los escorpiones son vivíparos). El opérculo genital se encuentra sobre el primer esternito y en los machos son visibles los ganchos del espermatóforo (los escorpiones presentan reproducción externa por medio de espermatóforos). Las pectinas son órganos específicos de los escorpiones. Se les encuentra sobre la cara ventral del abdomen, sobre el segundo esternito, exactamente por debajo del orificio genital. Son dos, de importancia y forma diferente según las especies y el sexo. Estas pectinas son captadores sensitivos químicos (Polis, 1990). En el mesosoma, se encuentran cuatro pares de pulmones libro (Brownell & Polis, 2001), que realizan el intercambio gaseoso en el cuerpo del escorpión.

El metasoma, a menudo llamado "cola", siempre está formado por 5 elementos articulados. El último segmento (el quinto) es muy a menudo más largo que los otros y es al final de éste que se encuentra el telson. El telson está formado por la vesícula de veneno y el aguijón. Entre la vesícula de veneno y el quinto segmento se encuentra el ano del escorpión (Polis, 1990).

3.2.5. Fluorescencia

Una de las propiedades más notables de los escorpiones es su capacidad de fluorescencia cuando son iluminados por luz ultravioleta. Hasta el momento, se desconoce el mecanismo que permite la fluorescencia en estos animales, como también desconocida es la función ecológica de esta asombrosa propiedad (Brownell & Polis, 2001).

3.2.6. Depredación y veneno

Todos los alacranes son organismos netamente depredadores, que emplean las poderosas pinzas (quelas) de sus pedipalpos y las potentes toxinas de sus venenos para dominar a sus presas. Esta última característica los ha hecho merecedores de sentimientos mezclados entre temor y fobia. Sin embargo, debe considerarse que los venenos producidos por los

escorpiones han sido desarrollados para inmovilizar a insectos y otros invertebrados, y que solo ocasionalmente, y como respuesta a contactos accidentales, interactúan con el hombre (Flórez, 2001). La cantidad de veneno utilizada depende del tamaño de la presa y de la toxicidad del veneno, que está compuesto básicamente de proteínas y péptidos de bajo peso molecular, aminoácidos libres, sales orgánicas, lípidos y hialuronidasa (IMSS-BIOCLON, 1996).

3.2.7. Alacranes de Guatemala

La riqueza de escorpiones de Guatemala es poco conocida. Para el país (Francke 1977; Armas & Maes, 1998) se reportan nueve especies de alacranes en cuatro familias: Vaejovidae (*Vaejovis chiapas*), Chactidae (*Plesiochactas mitchelli*), Diplocentridae (*Diplocentrus taibeli*, *Diplocentrus maya* y *Diplocentrus ornatus*) y Buthidae (*Centruroides gracilis*, *Centruroides margaritatus*, *Centruroides schmidti* y *Centruroides thorelli*).

En relación a la investigación científica sobre alacranes de Guatemala, existen algunos trabajos, como es el caso de la obra de Pocock (1902), que trata de manera global la fauna de escorpiones de Centro América, reportando 4 especies para Guatemala, de las 13 especies centroamericanas conocidas en el año de su publicación. A pesar del aporte significativo de esta obra, es poco lo que se ha avanzado en la comprensión de los alacranes guatemaltecos en los últimos 100 años. Solo las obras de Sissom (1989) y Stockwell (1988) tratan de alguna manera con los escorpiones guatemaltecos, en sus trabajos sistemáticos de los géneros *Vaejovis* y *Diplocentrus*, respectivamente (Armas & Maes, 1998).

4. JUSTIFICACION

La escasa investigación científica que existe en el país provoca que una gran cantidad de grupos taxonómicos, como el Orden Scorpiones, reciban mucho menos atención de la que por su complejidad merecen. En relación a la diversidad de alacranes de Guatemala, es poco lo que se conoce, reportándose nueve especies en cuatro familias (Francke, 1977; Armas & Maes, 1998). Asimismo, no existen trabajos sobre la ecología de los alacranes que habitan el territorio nacional. Todo lo anterior refleja con nitidez la necesidad de realizar investigaciones sistemáticas sobre el tema.

El valle del Motagua, por su complicada historia geológica, su actual geomorfología, biodiversidad y características climáticas, constituye un ecosistema de mucha importancia a nivel nacional. Sin embargo, se encuentra escasamente representado en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) y existen grandes vacíos de información en cuanto a diversidad biológica se refiere.

Debido a su alto potencial agrícola, gran parte de las tierras planas y de ladera del valle del Motagua han sufrido severos cambios de uso del suelo, siendo pocos los remanentes de vegetación natural en buen estado de conservación (FDN & TNC, 2003).

Siendo los escorpiones organismos promisorios como indicadores ecológicos (Polis, 1990), es posible evaluar los efectos que tiene el cambio de uso del suelo en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua, a través del estudio de los componentes alfa, beta y gamma de la diversidad, utilizando a los alacranes como grupo indicador.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar si el cambio de uso del suelo tiene un impacto sobre la diversidad de especies de alacranes en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua.

5.2. Específicos

5.2.1.

Evaluar a través del estudio de las diversidades alfa (local), beta (entre localidades) y gamma (del paisaje) los efectos del cambio de uso de suelo sobre la diversidad de alacranes en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua.

5.2.2.

Establecer la magnitud de influencia de la diversidad alfa (local) y de la diversidad beta (entre localidades) sobre la riqueza de alacranes del monte espinoso de la cuenca del río Motagua (diversidad gamma).

6. HIPOTESIS

El cambio de uso del suelo tiene un impacto sobre la diversidad de especies de alacranes en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua.

7. MATERIALES Y METODOS

7.1. Universo

7.1.1. Población

Los alacranes (Arachnida:Scorpiones) del monte espinoso de la cuenca del río Motagua.

7.1.2. Muestra

Los alacranes (Arachnida:Scorpiones) colectados durante el período entre julio y agosto de 2008 , dentro de las ocho localidades de muestreo en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua.

7.2. Materiales

7.2.1. Equipo

- Lámparas portátiles de luz ultravioleta
- Baterías de regulador de voltaje UPS
- Pinzas quirúrgicas grandes
- Frascos plásticos de 250 ml
- Linterna
- GPS Garmin
- Computadora
- Cinta Forestal
- Ortofotos MAGA

- Automóvil Toyota Corolla 1996
- Bolsas Zip-lock
- Cinta Forestal
- Lupa
- Machete
- Estereoscopio.

7.2.2. Reactivos

- Alcohol etílico 88%.

7.2.3. Material de apoyo

- Claves taxonómicas de alacranes de Centro América.

7.3. Métodos

7.3.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra en la cuenca del río Motagua [véase Anexos, página 53] específicamente en el monte espinoso [véase Anexos, página 59] comprendido entre El Rancho (El Progreso) y Río Hondo (Zacapa) [véase Anexos, página 54]. Los efectos de la fragmentación del paisaje sobre la diversidad de especies se pueden evaluar a través del estudio de las diversidades alfa (local), beta (entre localidades) y gamma (del paisaje) mediante el uso de un grupo indicador (Halffter, 1998). Para evaluar el efecto del cambio de uso del suelo sobre la diversidad de alacranes, fueron seleccionadas ocho localidades de muestreo para el siguiente estudio, las cuales presentan distintos porcentajes de cambio de uso del suelo. La selección de los sitios se realizó de manera preferencial. Por medio del

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación fueron solicitadas las ortofotos digitales que ubican cada uno de los sitios de muestreo en el valle del Motagua. Al obtenerlas, fueron rectificadas utilizando el programa ARC GIS 9.2 para ubicar exactamente cada punto de muestreo y poder inferir el contexto paisajístico en el cual ocurre. Alrededor de cada punto se trazó un polígono, el cual corresponde al área real de muestreo. Dentro de cada polígono se cuantificó el porcentaje de cobertura boscosa original (monte espinoso) para cada sitio mediante el programa ARC GIS 9.2 y verificaciones de campo (a mayor porcentaje de cobertura boscosa original, menor porcentaje de cambio de uso del suelo). Asimismo, fueron clasificados los sitios de muestreo conforme a su tipo de material geológico, utilizando el mapa geológico de la República de Guatemala escala 1:50000 (IGN, 1970), y a su tipo de suelo, según la hoja de suelos de la República de Guatemala escala 1:50000 (Simmons, *et al.*, 1959). También fueron tomados *in situ* las coordenadas de latitud y longitud, así como la altitud sobre el nivel del mar. A continuación se presenta la información detallada de cada uno de los sitios de muestreo conforme a los parámetros mencionados con anterioridad.

7.3.2. Sitios de muestreo (Véase Anexos, páginas 60-67)

Sitio 1.

Nombre: el llano de la negra.

Ubicación: aldea El Rancho, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

Latitud: N 14°55'00.5''

Longitud: W 89°59'14.2''

Altitud: 274 msnm.

Material geológico: rocas sedimentarias.

Serie de suelos: suelos del valle.

Uso del suelo: área industrial utilizada para secado de limón

Contexto paisajístico: grandes extensiones de lona negra que cubre al limón en el proceso de deshidratación del mismo para su exportación. Alternan parches de monte espinoso y algunas bodegas. Se encuentra a pocos metros del río Motagua..

Área: 51,993 m²

Perímetro: 965 m

Porcentaje de cobertura original: 36%

Sitio 2.

Nombre: rancho los limones.

Ubicación: aldea Tulumaje, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

Latitud: N 14°55'25.7''

Longitud: W 90°02'22.9''

Altitud: 316 msnm.

Material Geológico: rocas sedimentarias.

Series de suelos: suelos del valle.

Uso del suelo: extracción de materiales de construcción.

Contexto paisajístico: zona dedicada a la extracción de arena y materiales de construcción. En muchos lugares el suelo se encuentra removido. Alternan pequeños parches de monte espinoso y un pequeño aserradero. En los alrededores del sitio hay monte espinoso.

Área: 14,437 m².

Perímetro: 747 m.

Porcentaje de cobertura original: 23%.

Sitio 3.

Nombre: Parque Regional Municipal Lo de China.

Ubicación: El Jícaro, El Progreso.

Latitud: N 14°54'16.6''

Longitud: W 89°52'27.8''

Altitud: 361 msnm.

Material geológico: rocas ígneas y metamórficas.

Series de suelos: suelos de Subinal.

Uso del suelo: monte espinoso

Contexto paisajístico: el monte espinoso se encuentra sobre la ladera de un cerro y presenta abundancia de cactáceas como *Stenocereus pruinosus* y *Nopalea guatemalensis*, así como la leguminosa *Haematoxylon brasiletto*. Gran parte de la ladera ha sido deforestada y cultivada con maíz, típico de los suelos subinal de ésta zona.

Área: 69,081 m²

Perímetro: 1,142 m.

Porcentaje de cobertura original: 74%.

Sitio 4.

Nombre: terreno del Sr. Jorge Ramírez.

Ubicación: El Jícaro, El Progreso.

Latitud: N 14°54'31.6''

Longitud: W 89°53'09.7''

Altitud: 298 msnsn.

Material geológico: rocas sedimentarias.

Series de suelos: suelos del valle.

Uso del suelo: cultivo de limón/cultivo de sorgo.

Contexto paisajístico: el área se encuentra a la orilla de la carretera que conduce a Cabañas y presenta además de los dos tipos de cultivo un pequeño potrero. Se encuentra en los alrededores de la cabecera municipal. Remanentes de *Pereskia lychnidiflora* y *Guaiacum sanctum*.

Área: 24,960 m²

Perímetro 621 m.

Porcentaje de cobertura original: 8%.

Sitio 5.

Nombre: Parque Regional Municipal Niño Dormido.

Ubicación: Cabañas, Zacapa.

Latitud: N 14°54'15.1''

Longitud: W 89°48'59.4''

Altitud: 313 msnsn.

Material geológico: rocas ígneas y metamórficas.

Series de suelos: suelos de Subinal.

Uso del suelo: monte espinoso.

Contexto paisajístico: el parque se encuentra en la ladera de un cerro frente a la carretera que conduce a San Diego. Se encuentra en la subcuenca del río El Tambor. Presencia de roble (*Bucida macrostachya*), guayacán (*Guaiacum sanctum*), leguminosas y cactáceas. Este es un sitio bastante conservado, que forma parte de un fragmento mucho más grande de monte espinoso.

Área: 49,657 m².

Perímetro: 1,012 m.

Porcentaje de cobertura original: 96%.

Sitio 6.

Nombre: Vega de chicos.

Ubicación: Cabañas, Zacapa.

Latitud: N 14°56'24.4''

Longitud: W 89°48'15.0''

Altitud: 250 msnsn.

Material geológico: rocas sedimentarias.

Series de suelos: suelos del valle.

Uso del suelo: Huerto frutal (chico, zapote, mango, coco).

Contexto paisajístico: cercano al río Motagua, presenta condiciones muy húmedas que propician el cultivo de árboles frutales. Se encuentra rodeado de parcelas de maíz y de parches de guamil.

Área: 27,925 m².

Perímetro: 787 m

Porcentaje de cobertura original: no calculado*.

* Si bien el chico (*Manilkara achras*) es una planta nativa de la región, ésta se encuentra en franjas pequeñas (bosque de ribera) a la orilla del río Motagua. En el área de estudio, los chicos fueron deliberadamente plantados, por lo que no puede tomarse como cobertura original.

Sitio 7.

Nombre: Reserva Natural Privada Las Flores.

Ubicación: Río Hondo, Zacapa.

Latitud: N 15°01'46.6''

Longitud: W 89°37'26.4''

Altitud: 228 msnm.

Material geológico: rocas sedimentarias.

Series de suelos: suelos del valle.

Uso del suelo: monte espinoso.

Contexto paisajístico: este remanente de monte espinoso se encuentra en un terreno relativamente plano y se encuentra a orillas de la carretera al Atlántico. Se encuentra atravesado por un curso de agua estacional. A los alrededores existe monte espinoso, que en ciertas partes se encuentra fragmentado para diversos cultivos.

Área: 82,166 m².

Perímetro: 1,254 m.

Porcentaje de cobertura original: 95%.

Sitio 8.

Nombre: Casas de Pinto.

Ubicación: aldea Casas de Pinto, Río Hondo, Zacapa.

Latitud: N 15°01'24.2''

Longitud: W 89°36'49.2''

Altitud: 195 msnm.

Material geológico: rocas sedimentarias.

Series de suelos: suelos del valle.

Uso del suelo: Bosque ribereño.

Contexto paisajístico: pequeña franja de bosque de ribera en los alrededores de la aldea Casas de Pinto, en las cercanías al río Motagua. Se encuentra rodeado por monte espinoso bastante fragmentado por la agricultura.

Área: 2,174 m².

Perímetro: 240 m.

Porcentaje de cobertura original: 98%.

7.3.3. Colecta de especímenes

Cada localidad fue muestreada dos veces durante el estudio, entre julio y agosto de 2008, utilizando una unidad de muestra temporal de 3 horas-persona por sitio (45 minutos por 2 colectores por 2 noches), para un total de 24 horas-persona de muestreo, de acuerdo a la metodología propuesta por Williams (1968).

El método de colecta consistió en la recolección manual nocturna utilizando lámparas portátiles de luz ultravioleta, valiéndose de la fluorescencia que presenta el exoesqueleto de estos animales bajo esa longitud de onda [véase Anexos, página 58].

Los especímenes colectados fueron inmediatamente colocados en frascos conteniendo alcohol etílico al 88%. Todos los alacranes colectados fueron identificados a nivel de especie con la ayuda de un estereoscopio utilizando claves taxonómicas. Los especímenes fueron luego depositados en el Museo de Historia Natural de la Escuela de Biología de la Universidad de San Carlos.

7.3.4. Análisis de datos

Se considera la diversidad gamma como el número total de especies registradas en todo el territorio de estudio. La diversidad alfa o diversidad local describe la riqueza de especies que hay en un sitio. La diversidad beta se definió de dos maneras: 1) Para determinar la diversidad entre todos los sitios usamos el número de especies que no se registraron en un sitio promedio (Lande, 1996) y lo calculamos como $\beta = \gamma - \alpha$ en donde γ es el número de especies en todo el territorio de estudio y α es la riqueza de especies promedio de los sitios estudiados (Lande, 1996). La estimación anterior proporciona una medida basada en el número de especies, la cual es comparable con la diversidad alfa y expresa la cantidad de especies en promedio que se distribuyen en el resto de los fragmentos o parches del paisaje. Para determinar la diversidad beta entre pares de sitios, es decir la diferencia en la composición de especies entre dos sitios, también conocida como complementariedad (Colwell & Coddington, 1995) usamos la siguiente ecuación:

$$C = \frac{S_j + S_k - V_{jk}}{S_j + S_k - V_{jk}} * 100$$

en donde S_j y S_k son el número de especies registradas en los sitios j y k respectivamente, y V_{jk} es el número de especies compartidas entre ambos sitios. La complementariedad (C)

fluctúa entre 0% (cuando las listas de especies de los dos sitios son idénticas) y 100% (cuando las listas son totalmente diferentes).

Para asegurar que se registró por lo menos el 90% de la riqueza de especies estimada para todo el paisaje, utilizamos una función asintótica de acumulación de especies (Soberón & Llorente, 1993) y tres pruebas no paramétricas: ACE, Bootstrap y Chao1. Las curvas de acumulación de especies fueron generadas con el programa EstimateS 7.5.

Para detectar alguna asociación entre la diversidad alfa con atributos locales de cada sitio se realizaron correlaciones lineales para tres variables, siendo éstas el uso del suelo (representado como porcentaje de cobertura boscosa original), la altitud y el tamaño del área de muestreo. Los coeficientes de correlación permiten expresar cuantitativamente el grado de relación que existe entre dos variables. Sus números varían entre -1 y +1. Su magnitud indica el grado de asociación entre las variables; el valor $r = 0$ indica que no existe relación entre las variables; los valores (+/-) 1 son indicadores de una correlación perfecta positiva o negativa (Portus, 1998).

8. RESULTADOS

La diversidad gamma para todo el paisaje fue de 3 especies de alacranes (Tabla 1), las cuales pertenecen a dos familias y dos géneros. El 67% de las especies (2) pertenece a la familia Buthidae. Estas especies son *Centruroides margaritatus* y *Centruorides schmidti*. El 33% restante (1) pertenece a la familia Diplocentridae, género *Diplocentrus*.

Tabla 1. Matriz de datos que representa las frecuencias de observación de alacranes registradas en los ocho sitios de colecta del estudio.

	SITIOS							
ESPECIE	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Centruroides margaritatus</i>	18	33	67	52	62	5	35	28
<i>Centruroides schmidti</i>	2	0	43	0	3	7	17	1
<i>Diplocentrus sp.</i>	0	0	0	0	1	0	1	11
Diversidad alfa	2	1	2	1	3	2	3	3

Los sitios se describen en el apartado 7.3.2. Sitios de muestreo

La diversidad alfa de alacranes, en promedio, fue de 2.125 especies y varió notablemente entre sitios, oscilando entre tres especies en fragmentos de bosque bien conservados (Parque Regional Municipal Niño Dormido, Reserva Natural Privada Las Flores, y el bosque de ribera de la aldea Casas de Pinto) y una especie en los dos sitios más pobres, una zona de extracción de materiales de construcción y un cultivo de sorgo-limón. El resto de sitios presenta una diversidad alfa de dos. Los tres fragmentos con mayor cobertura de bosque original registran todas las especies de alacranes, o sea que la diversidad alfa en estos fragmentos es igual a la diversidad gamma. Una especie (*Diplocentrus sp.*) fue

exclusiva de los fragmentos de bosque bien conservados, con porcentajes de cobertura original arriba del 89%, mientras que no hubo ninguna especie exclusiva de los hábitats modificados. Una especie (*Centruroides margaritatus*), se encontró en todos los sitios de muestreo.

Las curvas de acumulación de especies (figuras 1a. y 1b.) para el paisaje completo alcanzaron una fase asintótica con un esfuerzo de muestreo de 18 horas persona aproximadamente.

Figura 1a. Especies observadas.

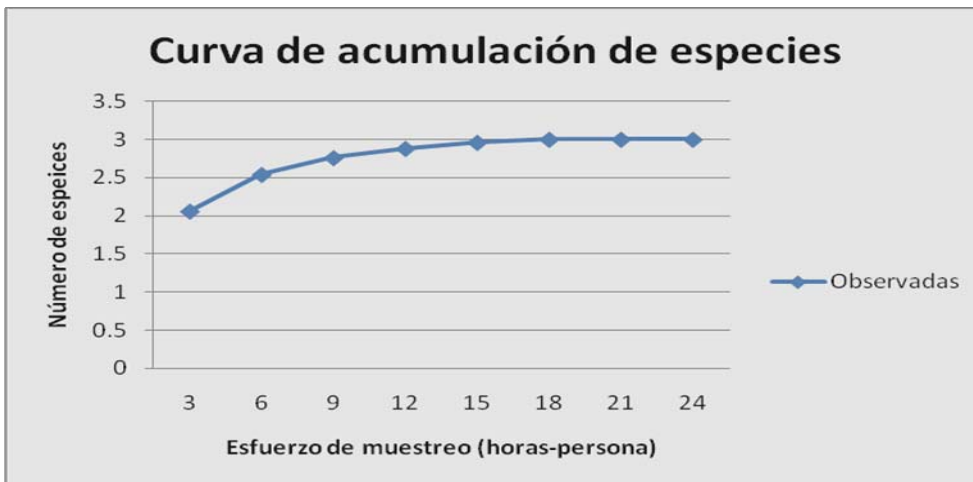


Figura 1b. Estimadores no paramétricos de la riqueza de especies.

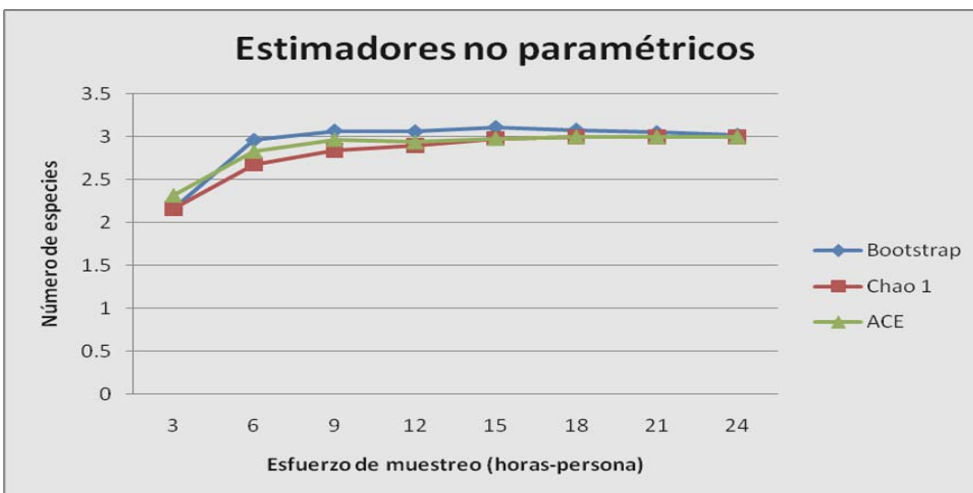


Tabla 2. Correlación entre variables

Sitio	% Cobertura boscosa original	Número de especies
1	36%	2
2	23%	1
3	74%	2
4	8%	1
5	96%	3
6	*	2
7	95%	3
8	98%	3

$$r = + 0.95103$$

$$p = 0.000993$$

* Si bien el chico (*Manilkara achras*) es una planta nativa de la región, ésta se encuentra en franjas pequeñas (bosque de ribera) a la orilla del río Motagua. En el área de estudio, los chicos fueron deliberadamente plantados, por lo que no puede tomarse como cobertura original, y por lo tanto, dicho sitio no fue tomado en cuenta para el presente análisis de correlación.

El análisis mediante correlación lineal entre las variables de cambio de uso del suelo (en este caso representado como el porcentaje de cobertura boscosa original) y número de especies (Tabla 2) muestra una correlación positiva, con un coeficiente de $r = + 0.95103$ ($p=0.000993$). Este análisis muestra que el número de especies de alacranes en el monte espinoso es directamente proporcional al porcentaje de cobertura boscosa original. La correlación entre las variables tamaño del parche y número de especies presenta un coeficiente de $r = 0.3373$, y la correlación entre las variables altitud y número de especies presenta un coeficiente de $r = -0.5067$. Las variables de material geológico y suelos parecen no tener influencia sobre la diversidad alfa de alacranes en la región, ya que se encontró el 100% de las especies tanto en sitios con series de suelos del valle (sedimentarios), como en sitios con series de suelos subinal (ígneos y metamórficos).

Finalmente, la diversidad gamma de todo el paisaje se puede expresar de acuerdo a la ecuación de la división aditiva de la diversidad (Lande, 1996) como:

$$3 \text{ especies } (\gamma) = 2.125 (\alpha) + 0.875 (\beta)$$

El promedio del valor de complementariedad (beta diversidad) entre pares de sitios fue de 35.71%, oscilando entre 0 y 66.67% (Tabla 3), es decir, en promedio, un tercio de las especies de alacranes encontradas en un par de sitios están presentes exclusivamente en uno u otro sitio

Tabla 3. Matriz que representa los valores de complementariedad (en porcentaje) entre pares de sitios.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-----	50	0	50	33.33	0	33.33	33.33
2	-----	-----	50	0	66.67	50	66.67	66.67
3	-----	-----	-----	50	33.33	0	33.33	33.33
4	-----	-----	-----	-----	66.67	50	66.67	66.67
5	-----	-----	-----	-----	-----	33.33	0	0
6	-----	-----	-----	-----	-----	-----	33.33	33.33
7	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0
8	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Los sitios se describen en el apartado 7.3.2. Sitios de muestreo.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados muestran que el cambio de uso del suelo parece ser la variable que mejor explica la diversidad de alacranes en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua. Las diferencias en la riqueza de especies de los sitios estudiados indican que los alacranes responden fuertemente, aunque de manera distinta, al cambio de uso del suelo, representado por la reducción en el porcentaje original de cobertura boscosa.

La riqueza de especies en todo el paisaje fragmentado, es decir la diversidad gamma, es el resultado de las diversidades alfa y beta, las cuales reflejan la heterogeneidad del paisaje (pre y post-fragmentación). De este modo, la diversidad gamma es una función de la sensibilidad de las especies a las diferencias o cambios en el paisaje, por lo que en paisajes modificados donde el original (pre-fragmentación) era relativamente homogéneo, esperaríamos que el número total de especies presentes fuera similar al número de especies del fragmento o parche más diverso. En este escenario, la composición de especies en los fragmentos o parches restantes serían subconjuntos del fragmento más rico y, por lo tanto, la diversidad gamma estaría influenciada en mayor medida por la diversidad alfa. Por el contrario, la riqueza de especies en paisajes heterogéneos será notablemente mayor que la del parche más rico y el número de especies en el paisaje será un resultado de la disimilitud en la composición de los ensambles de los parches que constituyen el paisaje. Por lo tanto, se esperarían altos valores de diversidad beta. Esta manera de dividir los elementos de la diversidad es esencial para entender la contribución de los procesos locales y regionales a la diversidad de especies (Shluter & Ricklefs, 1993; Lande, 1996; Halffter & Pineda, 2004).

El análisis de las diversidades alfa, beta, y gamma del presente estudio muestra que el número total de especies de alacranes presentes en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua es similar al número de especies de los fragmentos más diversos. Por lo tanto, la diversidad alfa tiene mayor influencia sobre la diversidad gamma de la que tiene la diversidad beta. De este modo, podemos inferir que la distribución de los alacranes en el área de estudio, previo a los distintos cambios de uso del suelo, era relativamente homogénea.

La actividad humana no genera únicamente dos tipos de escenarios extremos: hábitats bien conservados y hábitats altamente empobrecidos. En realidad, los hábitats antropogénicos ubicados a lo largo del paisaje representan un gradiente de transformación, y estos hábitats tienen diferentes efectos sobre la dinámica de especies y la biodiversidad (Halffter & Pineda, 2004).

La fragmentación del hábitat no actúa directamente sobre el ensamble de especies, sino que los cambios en las condiciones ambientales actúan sobre cada especie de manera independiente (Halffter & Pineda, 2004). Por lo tanto, las especies de alacranes responden de manera diferencial al cambio de uso del suelo. En el monte espinoso de la cuenca del Motagua, existen especies indiferentes al porcentaje de cobertura boscosa original, como es el caso de *Centruroides margaritatus* [véase Anexos, página 55], encontrada en todos los sitios de estudio, lo cual está acorde con la gran plasticidad ecológica que exhiben muchas de las especies del género *Centruroides* (Armas & Maes, 1998). Especies como *Centruroides schmidti* [véase Anexos, página 56] se presentan en remanentes superiores al 36% de vegetación original, llegándose a encontrar incluso en cercos vivos alrededor de potreros o cultivos, siempre que exista conexión con parches de monte espinoso. *Centruroides schmidti* fue encontrada en el 75% de las localidades de estudio. Por su parte, *Diplocentrus* sp. [véase Anexos, página 57], es una especie rara, encontrada solamente en el 37% de las localidades de estudio, las cuales corresponden a los sitios con menor porcentaje de cambio de uso del suelo, es decir, los sitios con mayor porcentaje de cobertura original. Es de marcada importancia, la frecuencia de observación de *Diplocentrus* sp., ya que en dos de las localidades, fue encontrado únicamente una vez durante el estudio, mientras que en la localidad restante se capturaron 11 individuos. Cabe resaltar que la localidad con la mayor frecuencia de *Diplocentrus* sp., es un bosque ribereño. Bennett (1999) señala la importancia de los bosques ribereños como corredores biológicos, fuentes de alimento estacional, reservas de agua y sitios de reproducción, sobre todo en ambientes áridos y semiáridos.

Centruroides margaritatus (Gervais, 1841) es una especie de la familia Buthidae. El tamaño de los adultos va de mediano a grande (52-85 mm). Esta especie es generalmente

encontrada sobre el suelo durante la noche. Presenta un marcado dimorfismo sexual. Su distribución es bastante amplia, desde los estados de la costa Pacífica de México, pasando por toda América Central y llegando hasta Ecuador en América del Sur (Armas & Maes, 1998; Stockwell & Teruel, 2002). Este escorpión es la especie encontrada frecuentemente en las viviendas de los poblados ubicados en la región semiárida del valle del Motagua.

Centruoides schmidti (Sissom, 1995) es una especie arbórea de la familia Buthidae, con adultos de tamaño pequeño (26-46 mm). El dimorfismo sexual es evidente. Se encuentra a todo lo largo de la costa y tierras bajas del Caribe y el Pacífico de Centro América, desde Veracruz (un reporte de precisión cuestionable) y Quintana-Roo en México, hasta las provincias de Alajuela y Guanacaste en Costa Rica (Stockwell & Teruel, 2002). En Guatemala se encuentra reportada para el río Las Escobas (Armas & Maes, 1998).

El género *Diplocentrus* (Peters, 1861), familia Diplocentridae, es un grupo diverso encontrado desde el suroeste de Estados Unidos hasta la parte norte de Centro América. Las especies de este género son generalmente poco conocidas, encontrándose representadas en las colecciones por uno o pocos especímenes. Son típicamente escorpiones cavadores, aunque algunos habitan grietas rocosas (Lourenço & Sissom, 2000). Armas & Maes (1998), señalan que es de esperar que un número apreciable de especies de *Diplocentrus*, especialmente de Guatemala, estén aún por descubrirse.

El discutir los orígenes y las afinidades de la diversidad de escorpiones es una tarea complicada debido a la falta de conocimiento preciso acerca de las relaciones filogenéticas de la mayoría de los grupos. Sin embargo, algunas posibilidades generales pueden discutirse al nivel de familia o incluso de género (Lourenço & Sissom, 2000). Al nivel de familia, la diversidad actual es derivada de elementos pulmonados (Neoscorpionina) originados en Laurasia y Gondwana durante los tiempos de Pangea (Lamoral, 1980; Lourenço & Sissom, 2000). En ese tiempo, dominaban los Protobuthidae, y la distribución de Buthidae actualmente, es el resultado de un proceso vicariante producto de la fragmentación de Laurasia y Gondwana. Por esta razón, la familia Buthidae está presente en todos los continentes, excepto Antártica. En el norte de América, incluyendo a

Guatemala, la familia está representada solamente por el género *Centruroides*. Las afinidades precisas de *Centruroides* con otros géneros de Buthidae no es muy clara, aunque la mayoría de autores consideran al género cercanamente emparentado con el género *Rhopalurus*, de Sur América y el Caribe (Lourenço & Sissom, 2000). Por otro lado, la distribución discontinua de la familia Diplocentridae permanece sin explicar completamente. En América, la familia Diplocentridae se encuentra desde Estados Unidos hasta el norte de Sur América y el Caribe. Sin embargo, la familia también se encuentra en el Medio Oriente, específicamente en la isla de Abd-el-Kuri, cerca de la costa de la península Arábiga. Los problemas encontrados al explicar la distribución discontinua de la familia Diplocentridae apuntan hacia la antigüedad geológica del grupo, como también a los procesos que han dado como resultado la presencia de fauna relictual (Lourenço & Sissom, 2000).

10. CONCLUSIONES

10.1.

El cambio de uso del suelo es la variable que mejor explica la diversidad de alacranes en el monte espinoso de la cuenca del río Motagua. El análisis mediante correlación demuestra que existe una relación directamente proporcional entre el porcentaje de cobertura boscosa original y el número de especies de alacranes. De este modo, a mayor porcentaje de cambio de uso del suelo, menor diversidad de alacranes y viceversa.

10.2.

El cambio de uso del suelo no actúa directamente sobre el ensamble de especies de alacranes del monte espinoso. Los cambios en las condiciones ambientales actúan sobre cada especie de manera independiente. De esta manera, las especies de alacranes responden de manera diferencial al cambio de uso del suelo. *Centruroides margaritatus* es una especie que exhibe una gran plasticidad ecológica, al encontrarse en el 100% las localidades de estudio, independientemente del porcentaje de cambio de uso del suelo. *Centruorides schmidtii* fue encontrada en el 75% de las localidades, en sitios con más de 36% de cobertura boscosa original. Por su parte, *Diplocentrus* sp., fue la especie más sensible a la transformación del hábitat, colectándose en solamente el 37% de las localidades de estudio, en sitios con cobertura boscosa original mayor al 95%.

10.3.

El número de especies en las localidades más diversas es igual al número de especies en todo el paisaje. La diversidad de especies en las localidades restantes constituyen subconjuntos de las localidades más diversas. Por lo tanto, existe una mayor contribución de la diversidad local (alfa) hacia la diversidad total del paisaje (gamma), que la que tiene la diversidad entre localidades (beta), por lo que mediante esta manera de dividir los elementos de la diversidad podemos concluir que la distribución original de las especies de alacranes del monte espinoso de la cuenca del río Motagua era relativamente homogénea, previo a los procesos de fragmentación.

11. RECOMENDACIONES

11.1.

Se debe promover la investigación con alacranes en todo el territorio nacional, ya que en la mayor parte del país se desconoce la diversidad de este grupo a nivel local.

11.2.

Debe estimularse la colecta y descripción de las especies de alacranes de Guatemala, así como también el mapeo de sus distribuciones, para facilitar el trabajo futuro en biogeografía y análisis filogenético.

11.3.

Es de importancia realizar más estudios que vinculen el cambio de uso del suelo con la diversidad de alacranes, en distintos tipos de bosque, con la finalidad de comprobar la eficacia de este grupo como indicador de perturbación ambiental.

11.4.

Se debe iniciar la investigación de la composición de los venenos de las especies de alacranes guatemaltecos, que podrían guardar insospechados beneficios en campos tan diversos como la medicina, el control biológico de plagas, la bioquímica, y la industria farmacéutica, por mencionar algunos.

11.5.

Es necesario realizar investigación que permita evaluar los efectos de la fragmentación del paisaje sobre la diversidad de especies, en la región semiárida del valle del Motagua y en otras regiones geográficas del país.

12. REFERENCIAS

Acevedo, M. 2004. *Herpetofauna de la región semiárida del Valle del Motagua* en Fundación Defensores de la Naturaleza y The Natural Conservacy. Seminario de Investigaciones para la conservación de la región semiárida del valle del Motagua.

Armas, L.F. de & Maes, J.M. 1998. *Lista anotada de los alacranes (Arachnida: Scorpiones) de América Central, con algunas consideraciones biogeográficas*. Revista Nicaragüense de Entomología No. 46: 24-38.

Bennett, A.F. 1999. *Linkages in the landscape. The roles of corridors and connectivity in wildlife conservation*. IUCN. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 254 pp.

Campbell, J. & J. Savage. 2000. *Taxonomic reconsideration of Middle American frogs of the *Eleutherodactylus rugulosus* group (Anura: Leptodactylidae): A reconnaissance of subtle nuances among frogs*. Herpetological monographs 14: 182-292.

Centro de Estudios Conservacionistas (CECON). 1993. *Evaluación ecológica rápida de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas*. Centro de datos para la Conservación, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 57 pp.

Coates, A. 1997. *A Natural and Cultural History of Central America*. Yale University Press. New Heaven, U.S.A.

Colwell, R.K. & J.A. Coddington. 1995. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. En: D. Hawksworth (ed), Biodiversity measurement and estimation. Chapman & Hall, Nueva York, 101-118.

De la Cruz, J.R. 1982. *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala. 42 pp.

Fet, V., W.D. Sissom, G. Lowe & M. Braunwalder. 2000. *Catalog of the scorpions of the world (1758-1998)*. The New York Entomological Society. 690 pp.

Florez, E. 2001. *Escorpiones de la familia Buthidae (Chelicerata: Scorpiones) de Colombia*. Biota Colombina 2 (1) 25-30.

Francke O.F. 1977. *The genus Diplocentrus in the Yucatan península, with the description of two new troglobites*. Assoc. Mexican Cave Studies Bull., 6:49-61.

Fundación Defensores de la Naturaleza y The Natural Conservancy. 2003. *Plan de Conservación de la región semiárida del Valle del Motagua*. 67 pp.

Gascon, C., T.E. Lovejoy, R.O. Bierregard, J.R. Malcolm, P.C. Stouffer, H.L. Vasconcelos, W.F. Laurence, B. Zimmerman, M. Tocher & S. Borges. 1999. *Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants*. *Biological Conservation*, 91: 223-229.

Gonzales-Sponga, M.A. 1996. *Guía Para Identificar Escorpiones de Venezuela*. Cuadernos Lagoven. Caracas, Venezuela.

Halfpeter, G. 1998. *A strategy for measuring landscape biodiversity*. *Biology International*, 36: 3-17.

Halfpeter, G. & E. Pineda. 2004. *Relaciones entre la fragmentación del bosque de niebla y la diversidad de ranas en un paisaje de montaña de México*. En: Halfpeter, G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds.) *Sobre Diversidad Biológica: El Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. Monografías Tercer Milenio. Zaragoza, España. 244 pp.

Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2001. *PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*.

Instituto Geográfico Nacional (IGN). 1970. *Mapa Geológico de la República de Guatemala*. Escala 1:50000. Primera edición.

Instituto Mexicano de Seguridad Social. 1996. *Bases para el tratamiento en la intoxicación causada por mordedura de serpientes y picadura de alacrán*. México: IMSS-Instituto BIOCLON. 22 pp.

Kjellesvig-Waering, E.N. 1986. *A restudy of the fossil Scorpionida of the World*. Paleontographica Americana, 55:1-87.

Lamoral, B.H. 1978. *Soil hardness, an important and limiting factor in burrowing scorpions of the genus Opisthophthalmus C. L. Koch, 1837 (Scorpionidae, Scorpionida)*. Symp. Zool. Soc. London, 42:171-181.

Lamoral, B.H. 1980. *A reappraisal of suprageneric classification of recent scorpions and of their zoogeography*. Proc. VIII Inter. Arach. Kongr., Wien, 1980: 439-444.

Land, H. 1970. *Birds of Guatemala*. Livingston Publishing Company. Pennsylvania.

Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13.

Ligorria, J. 2004. *Geología del Valle del Motagua*. En: Fundación Defensores de la Naturaleza y The Natural Conservancy. Seminario de Investigaciones para la conservación de la región semiárida del valle del Motagua.

Lourenço, W.R. & Sissom, W.D. 2000. Scorpiones. In: Bousquets, J.L., González Soriano, E. & Papavero, N. (Eds.) *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Volúmen II*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 115–135.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 2008. *Ortofoto 15*. Serie 2160-I. Hoja El Progreso. Bloque 2.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 2008. *Ortofoto 9*. Serie 2260-IV. Hoja San Agustín Acasaguastlán. Bloque 3.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 2008. *Ortofoto 11*. Serie 2260-IV. Hoja San Agustín Acasaguastlán. Bloque 3.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 2008. *Ortofoto 13*. Serie 2260-IV. Hoja San Agustín Acasaguastlán. Bloque 3.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 2008. *Ortofoto 14*. Serie 2160-IV. Hoja San Agustín Acasaguastlán. Bloque 3.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 2008. *Ortofoto 23*. Serie 2261-II. Hoja Río Hondo. Bloque 3.

Monroy, C. & R. Marroquín. 2001. *Inventario de la biodiversidad entomológica respecto a su distribución altitudinal en dos áreas representativas de bosque espinoso de Guatemala*. Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Morales, J. 2003. *Línea base para el monitoreo de la subcuenca del río Colorado, cuenca del Río Hondo, Zacapa*. Fundación Defensores de la Naturaleza. Guatemala.

Pocock, R.I. 1902. *Arachnida. Scorpiones, Pedipalpi and Solifugae*. Biologia Centrali-Americana (Taylor & Francis, eds). London, 71 pp.

Polis, G.A. 1990. *The biology of scorpions*. Stanford University Press. 587 pp.

Portus, L. 1998. *Curso Práctico de Estadística, 2ª*. Ed. McGraw-Hill Interamericana. Bogotá, Colombia. 208 pp.

Powell, G. & S. Palminteri. 2002. *Terrestrial Ecoregions. Motagua Valley Thornscrub (NT 1312)*. World Wildlife Report.

Prendini, L. 2006. *Scorpion Systematics Research Group*. <http://scorpion.amnh.org>.

Schluter, D. & R.E. Ricklefs. 1993. *Species diversity: An introduction to the problem*. En: R.E. Ricklefs & D. Schluter (eds.) *Species diversity in ecological communities: Historical and geographical perspectives*. The University of Chicago Press, Chicago.

Simmons, C., J. Tarano & J. Pinto. 1959. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Instituto Agropecuario Nacional. Servicio Cooperativo Inter-Americano de Agricultura. Ministerio de Agricultura. La Aurora, Guatemala. 1000 pp.

Sissom, W.D. 1989. *Systematics studies on Vaejovis granulates Pocock and Vaejovis pusillus Pocock, with descriptions of six new related species (Scorpiones: Vaejovidae)*. Rev. Arachnol. 8(9):131-157.

Soberón, J.M. & J.E. Llorente-Bousquets. 1993. *The use of species accumulation functions for the prediction of species richness*. Conservation Biology, 7: 480-488.

Stockwell, S.A. 1988. *Six new species of Diplocentrus from Central America (Scorpiones, Diplocentridae)* J. Arachnol., 23:91-99.

Stuart, L. 1954. *A description of a subhumid corridor across Northern Central America, with comments on its herpetofaunal indicators*. Contrib. Lad. Ver. Biol. 65:1-26.

Teruel, R. & Stockwell, S.A. 2002. *A Revision of the Scorpion fauna of Honduras, with description of a new species (Scorpiones: Buthidae, Diplocentridae)*. Revista Ibérica de Aracnología. 6: 111-127.

Valle, L., R. Soto, P. Negreros, S. Pérez & C. Castañeda. 1999. *Áreas prioritarias para la conservación en el sector norte del monte espinoso del Valle del Río Motagua, Guatemala*. Fundación Defensores de la Naturaleza, Programa Ambiental Regional para Centroamérica/Central American Protected Area System, Guatemala. 168 pp.

Valle, L. 1999. *Distribución altitudinal de la comunidad de quirópteros de San Lorenzo, Zacapa, Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala*. Tesis Biología. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.

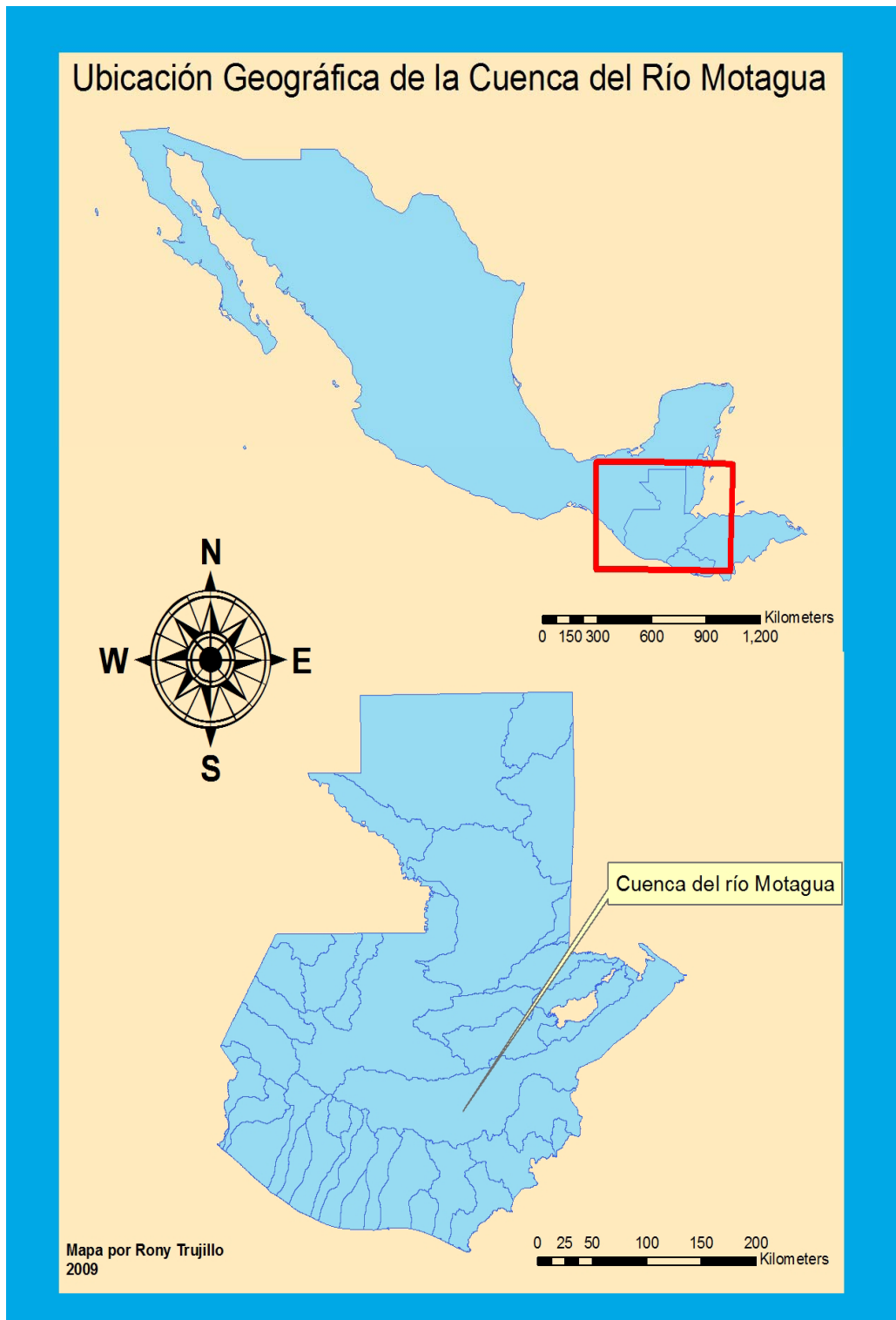
Véliz, M., F. Ramírez, A.J. Cobar & M. García. 2003. *La diversidad florística del monte espinoso de Guatemala*. Dirección General de Investigación. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Williams, S.C. 1968. *Methods of sampling scorpion populations*. Proceedings of the California Academy of Science. Fourth Series. Vol. XXXVI, 8:221-230

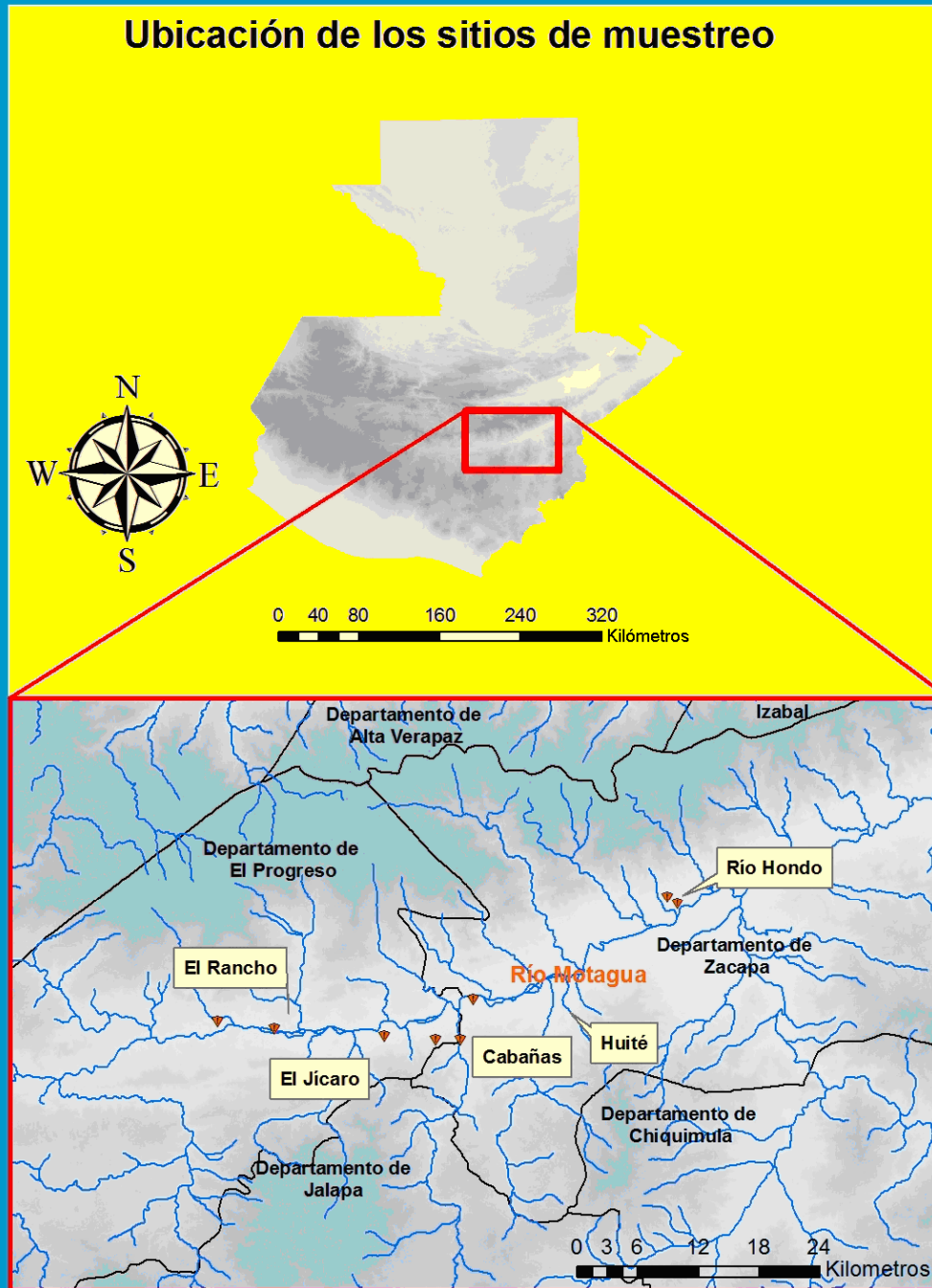
Williams, S.C. 1980. *Scorpions of Baja. California, Mexico and adjacent islands*. Occasional Papers of the California Academy of Sciences, 135:1-127 pp.

13. ANEXOS

13.1. Ubicación de la Cuenca del río Motagua



13.2. Ubicación de las localidades de estudio



Mapa por Rony Trujillo
2009

13.3. Fotografías



Foto No. 1. *Centruroides margaritatus* macho



Foto No. 2. *Centruroides margaritatus* hembra



Foto No. 3. *Centruroides schmidti* macho



Foto No. 4. *Centruroides schmidti* hembra



Foto No. 5. *Diplocentrus* sp. Macho



Foto No. 6. *Diplocentrus* sp. juvenil



Foto No. 7. *Centruroides schmidti* hembra bajo luz UV



Foto No. 8. *Diplocentrus* sp. macho bajo luz UV



Foto por Rony Trujillo

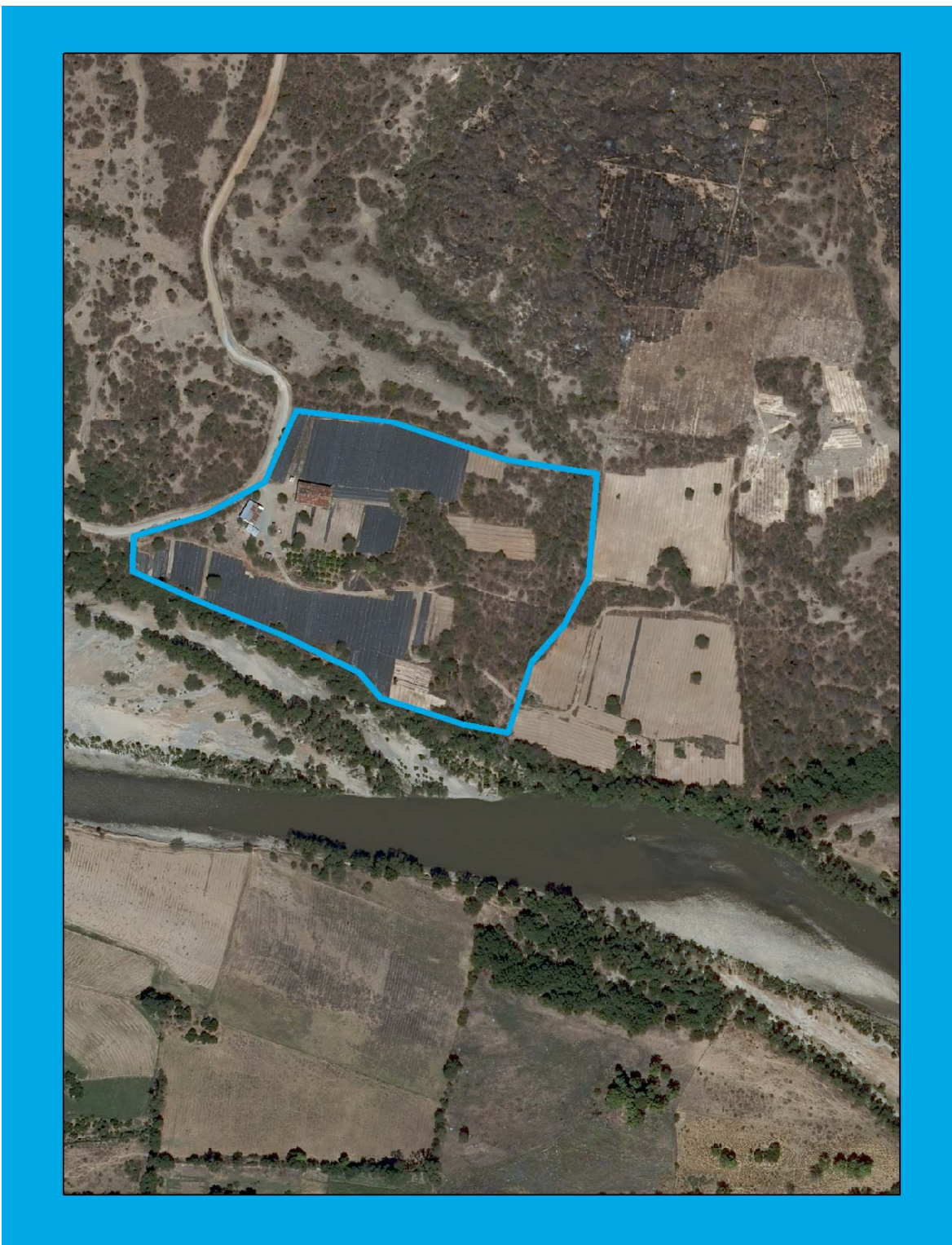
Foto No. 9. Monte espinoso de la cuenca del río Motagua



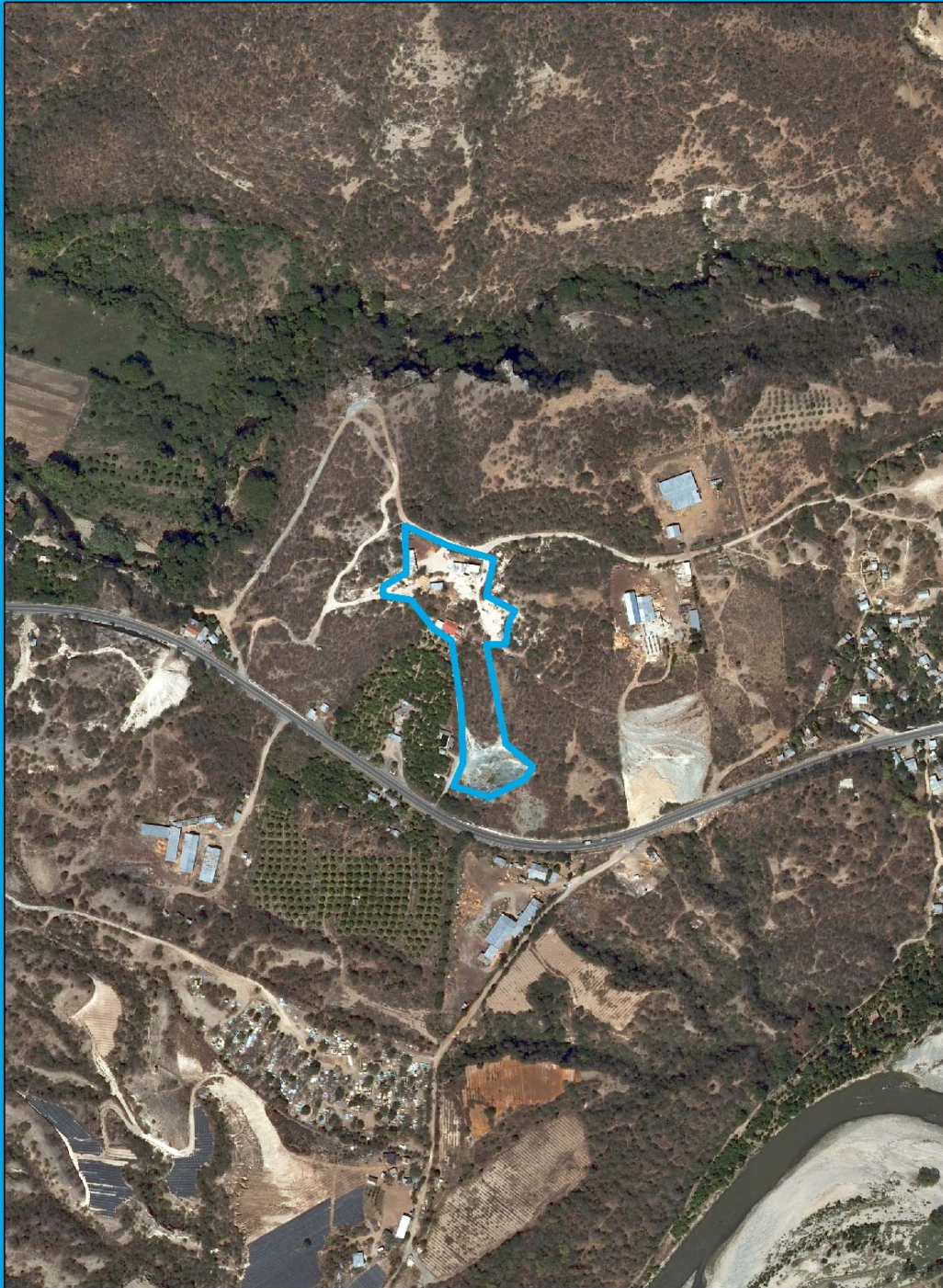
Foto por Rony Trujillo

Foto No. 10. Monte espinoso de la cuenca del río Motagua

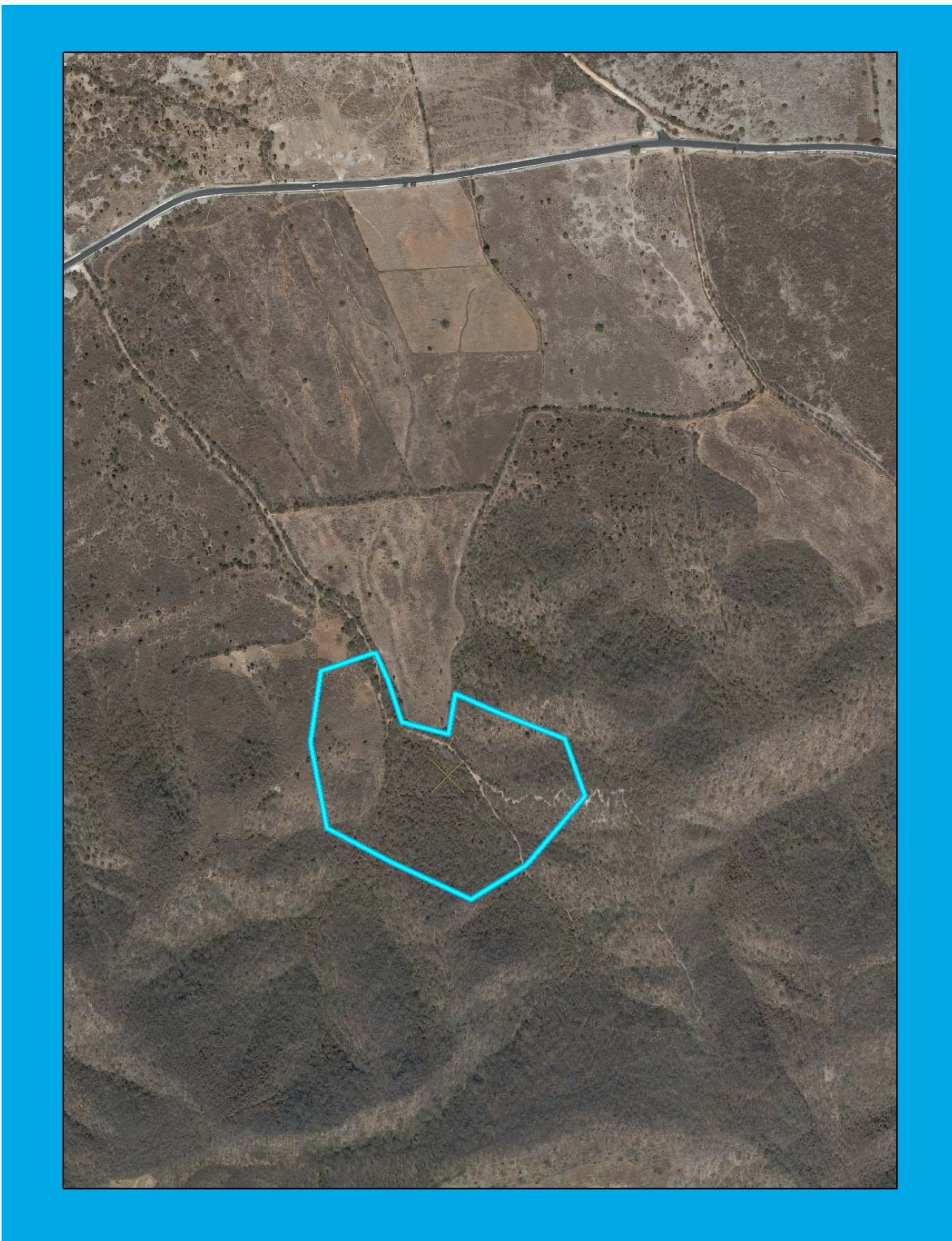
13.4. Ortofotografías



Ortofoto sitio No. 1. El llano de la Negra



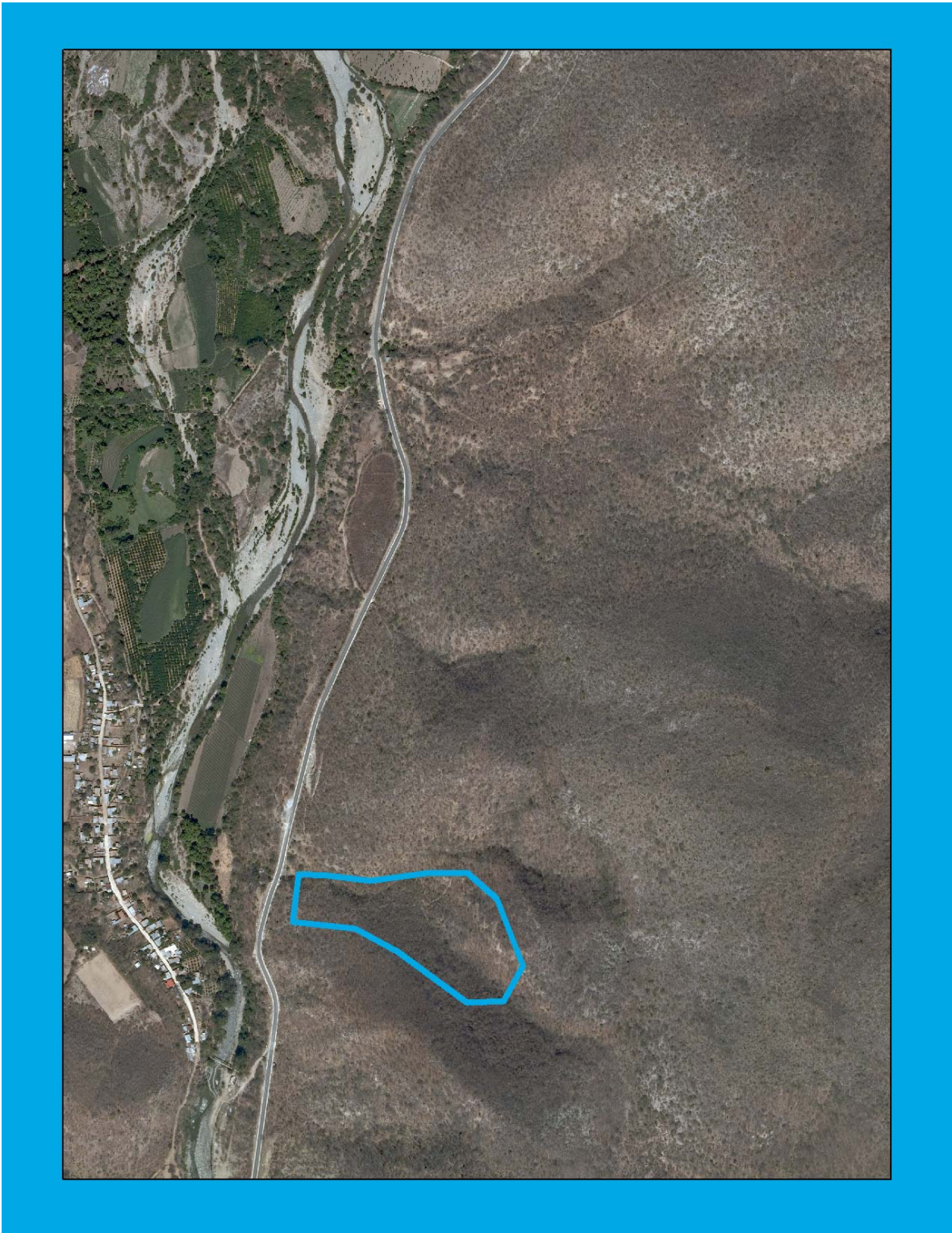
Ortofoto sitio No. 2. Rancho Los limones



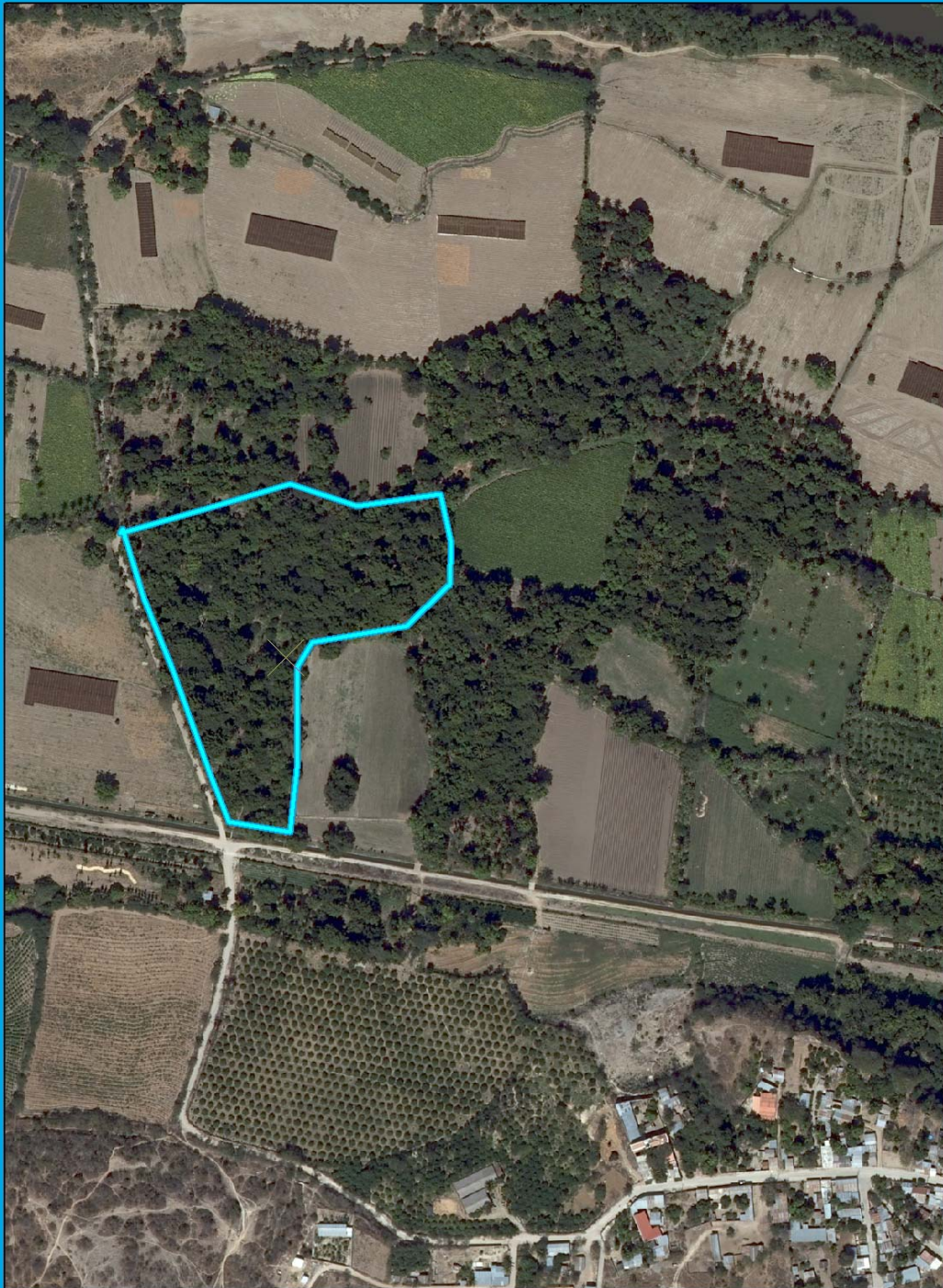
Ortofoto sitio No. 3. Parque Regional Lo de China



Ortofoto sitio No. 4. Terreno del Sr. Jorge Ramírez



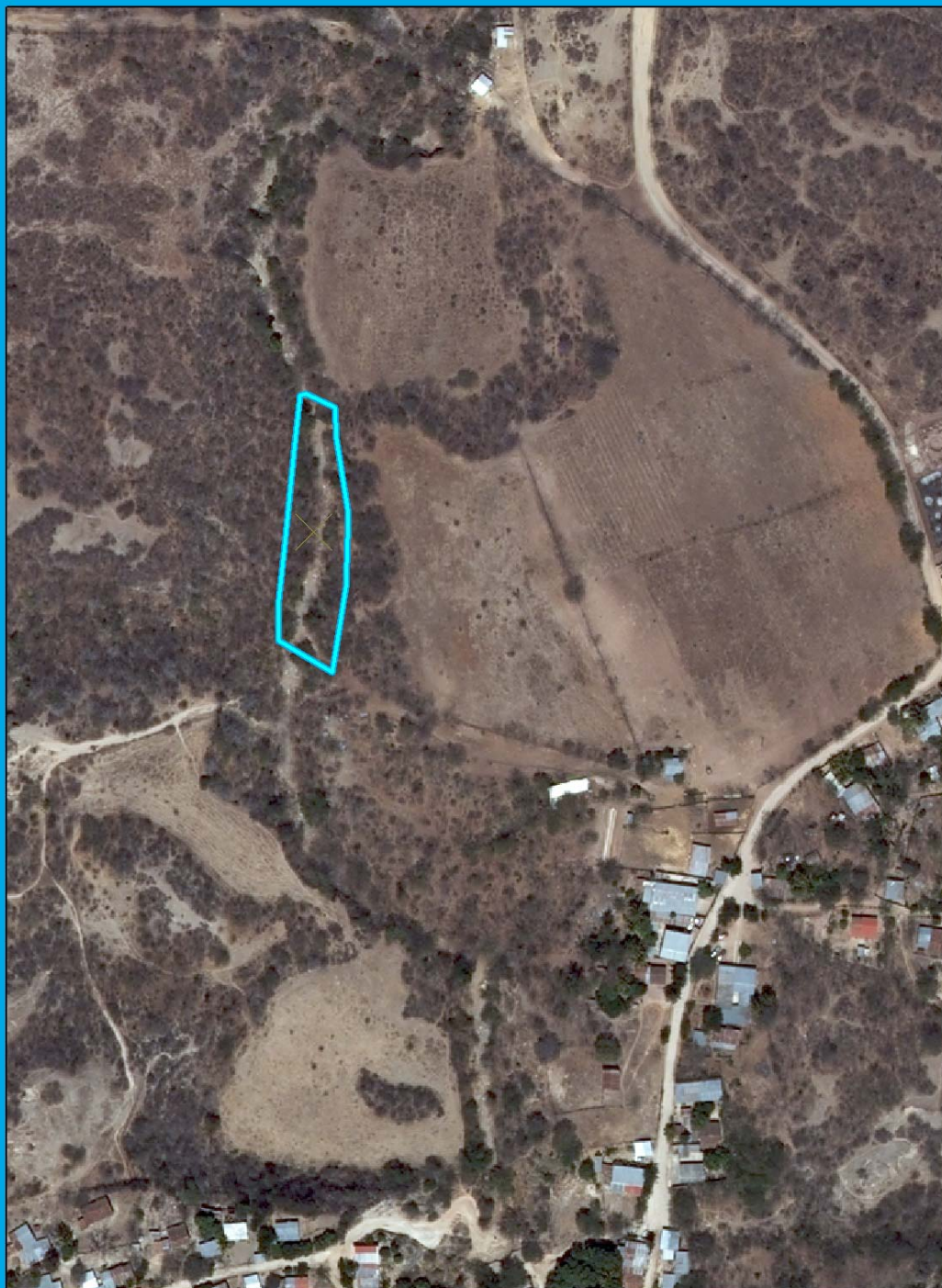
Ortofoto No. 5. Parque Regional Municipal Niño Dormido



Ortofoto sitio No. 5. Vega de chicos



Ortofoto sitio No. 7. Reserva Natural Privada Las Flores



Ortofoto sitio No. 8. Casas de Pinto

f) _____

Br. Rony Estuardo Trujillo Sosa
Tesista

f) _____

Lic. Claudio Méndez Hernández
Asesor de Investigación de Tesis

f) _____

Lic. Mario Véliz Pérez
Revisor de Investigación de Tesis

f) _____

Licda. Rosalito Barrios de Rodas
Directora Escuela de Biología

f) _____

Dr. Oscar Cóbar Pinto
Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia