2006A – 2010B **302223635**

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

CARACTERIZACIÓN DE LAS MADRIGUERAS DE *Pappogeomys bulleri* Thomas, 1892 (Rodentia: Geomyidae) EN EL BOSQUE DE ENCINO-PINO DE LA SIERRA DE QUILA, JALISCO, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA
ERIKA SUGEY GARCÍA MATA

Directora: M.C. ANA LUISA SANTIAGO PÉREZ

Asesor: M.C. VERÓNICA CAROLINA ROSAS ESPINOZA

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JALISCO, ABRIL DE 2013

Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología

COORD. BIOL. 060/2013

C. ERIKA SUGEY GARCÍA MATA
PRESENTE

Manifestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **Tesis e informes** opción: **Tesis,** con el título **"Caracterización de las madrigueras de *Pappogeomys bulleri* Thomas, 1892 (Rodentia: Geomydae) en el bosque de encino-pino de la Sierra de Quila, Jalisco, México"**, para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director(a) de dicho trabajo a **M.C. Ana Luisa Santiago Pérez** y como asesor a **M.C. Verónica Carolina Rosas Espinoza**

Sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"
Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 14 de marzo del 2013.

DRA. TERESA DE JESÚS ACEVES ESQUIVIAS
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Verónica Palomera Avalos

M.C. VERÓNICA PALOMERA AVALOS
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México. C.P. 45110. AP 39-82. Tels. (01-33) 37771150, 36820374, ext. 3254. Fax. 37771159

FORMA F

Dra. Teresa de Jesús Aceves Esquivias.
Presidente del Comité de Titulación.
Licenciatura en Biología.
CUCBA.
Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad **TESIS E INFORMES**, opción **TESIS** con el título: **"Caracterización de las madrigueras de *Pappogeomys bulleri* Thomas, 1892 (Rodentia: Geomyidae) en el bosque de encino-pino de la Sierra de Quila, Jalisco, México"**, que realizó la pasante **Erika Sugey García Mata** con número de código **302223635** consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente
Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 22 de Marzo de 2013.

M.C. Ana Luisa Santiago Pérez
Directora

M.C. Verónica Carolina Rosas Espinoza
Asesor

Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobado	Fecha de aprobación
Dr. SERGIO GUERRERO VAZQUEZ		22-MAR-2013
Dr. JOSE LUIS NAVARRETE HEREDIA		22-Mar-2013
Dr. RAYMUNDO VILLAVICENCIO GARCIA		22. Marzo 2013
Supl. M.C. VERONICA CAROLINA ROSAS ESPINOZA		22-Mar-2013

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento:

A la M en C. Ana Luisa Santiago Pérez por la dirección de este trabajo y por todas las recomendaciones al mismo. Con mucha admiración y respeto por el trabajo que realiza.

A la M en C. Verónica Carolina Rosas Espinoza por la asesoría de este trabajo, por todo el apoyo que me ha brindado y especialmente por el entusiasmo que me trasmitía para seguir siempre adelante. Con muchísimo respeto, admiración y cariño por todos los momentos que pasamos juntas.

Al Dr. Sergio Guerrero Vázquez por todas sus enseñanzas y por el apoyo moral que siempre me ha brindado tanto en la vida profesional como personal. Por la revisión del presente trabajo y sus valiosas opiniones y sugerencias para mejorarlo.

A la Dra. Silvia Zalapa Hernández por el apoyo que me brindó y por todos los conocimientos transmitidos.

Al Ing. Raymundo Ramírez Delgadillo por haberlo conocido, por todas sus enseñanzas, por haber sido uno de mis mejores maestros y amigos así como por la ayuda que me brindó en la determinación de mis plantas. ¡Ray que Dios te tenga en su santa gloria!.

A los biólogos Alfredo Frías Castro y Esteban Alberto Suarez Muro, por la ayuda que me brindaron en la determinación de las plantas para el presente trabajo y por su amistad.

Al Dr. Raymundo Villavicencio García por su ayuda desinteresada en este trabajo y por sus enseñanzas en el manejo de sistemas de información geográfica.

A mi amigo más querido, José Villarreal Méndez por todo su apoyo. Sin su ayuda no habría podido concluir con el trabajo, por la confianza en mí y en mí trabajo así como por toda su amistad.

A mis amigas Ildelisa Fajardo Arroyo, Adelina Fajardo Arroyo y toda su familia porque siempre estuvieron ahí y porque me brindaron su amistad y apoyo.

Al Ing. Héctor Nazario Rojas Paredes por todo el apoyo que me brindó durante mi carrera, por todo su cariño y confianza.

A Fabiola Rojas Paredes por haberme brindado toda su confianza y amistad. Por hacerme sentir como de la familia.

A todos mis amigos y a mis compañeros de equipo de trabajo, porque sin su ayuda yo no hubiese podido concluir este trabajo.

DEDICATORIA

Con todo mi cariño, respeto y admiración a una de las personas más importantes de mi vida: José Manuel Mata Fregoso. ¡Gracias! por haberme ayudado a concluir con mis estudios y porque debido a sus consejos puedo ser una mejor persona cada día.

A mi madre y mi abuela que siempre estuvieron conmigo, les agradezco profundamente. Gracias a sus enseñanzas, consejos y hasta regaños soy la persona que soy y he podido concluir con una de mis metas, la licenciatura en Biología. Estoy orgullosa de ser su hija y su nieta.

A mis hermanos y tíos porque siempre tuvieron fe en mí y porque me ven como un ejemplo a seguir.

A la naturaleza por la grandiosa oportunidad de permitirme andar por sus bosques y selvas, meterme a sus mares y dejarme conocer sus habitantes, especialmente los mamíferos. Y esto a pesar de que cada día la estemos acabando con todas nuestras malas decisiones y acciones. ¡La naturaleza no se da por vencida, nos sigue brindando la vida!

CONTENIDO

Pág.

ÍNDICE DE CUADROS……. i
ÍNDICE DE ANEXOS……..... ii
ÍNDICE DE FIGURAS……..……. iii
RESUMEN…….……. iv
1. INTRODUCCIÓN…….…. 1
2. ANTECEDENTES…….……. 4
2.1 Descripción de *Pappogeomys bulleri*…… 4
2.2 Distribución geográfica...…….. 5
2.3 Dieta……..... 6
2.4 Reproducción…… 7
2.5 Ecología……. 7
2.6 Trabajos de caracterización de madrigueras……. 10
3. JUSTIFICACIÓN……... 13
4. OBJETIVOS……... 14
4.1 Objetivo general…… 14
4.2 Objetivos particulares…… 14
5. MATERIALES Y MÉTODOS……... 15
5.1 Descripción de la zona de estudio ……..…..... 15
5.1.1 Localización..……. 15
5.1.2 Geomorfología……..... 15
5.1.3 Clima…….. 16
5.1.4 Suelos……. 16
5.1.5 Tipos de vegetación……... 17
5.1.6 Fauna……. 19
5.2. Metodología……. 19
5.2.1 Trabajo de campo……... 19
5.2.2 Análisis estadístico……. 22
6. RESULTADOS…….. 23
7. DISCUSIÓN……..…….. 35
8. CONCLUSIONES…….……. 41
9. RECOMENDACIONES…...…….. 43
10. LITERATURA CITADA……. 44
11. ANEXOS…….. 53

Índice de Cuadros

Pág.

Cuadro 1. Características físicas de las madrigueras de la tuza *P. bulleri* en el bosque de encino-pino en Sierra de Quila, Jalisco, México…… 25

Cuadro 2. Medidas de las madrigueras de *P. bulleri* en Sierra de Quila, Jalisco, México. Promedio ± EE……. 27

Cuadro 3. Porcentaje de cobertura del estrato arbóreo y herbáceo presente en la superficie de las madrigueras de la tuza…….. 28

Cuadro 4. Complejidad de las madrigueras de la tuza.…… 29

Cuadro 5. Plantas utilizadas por *P. bulleri* en sus cámaras de alimentación……..... 32

Cuadro 6. Familias de artrópodos encontrados en las madrigueras de la tuza *P. bulleri*…… 33

Índice de Anexos

Pág.

Anexo 1. Formato para la obtención de los datos de la madriguera……. 53

Anexo 2. Formato para la obtención de los datos de las características físicas de las madrigueras……...……. 54

Anexo 3. Caracterización de la madriguera de Meseta C1.....…….. 55

Anexo 4. Caracterización de la madriguera de Meseta C2...……..….. 56

Anexo 5. Caracterización de la madriguera de Meseta C3……...…..…….. 57

Anexo 6. Caracterización de la madriguera de Meseta C4…...……..…….. 58

Anexo 7. Caracterización de la madriguera de Meseta C5…...……..…….. 59

Anexo 8. Caracterización de la madriguera de Meseta C6….……..… 60

Anexo 9. Caracterización de la madriguera de Ladera H1…..……..…... 61

Anexo 10. Caracterización de la madriguera de Ladera H2…….. 62

Anexo 11. Caracterización de la madriguera de Ladera H3…….. 63

Anexo 12. Caracterización de la madriguera de Ladera H4..……... 64

Anexo 13. Caracterización de la madriguera de Ladera M1...…….. 65

Anexo 14 Caracterización de la madriguera de Ladera M2...……... 66

Anexo 15 Caracterización de la madriguera de Ladera M3…….. 67

Índice de Figuras

Pág.

Figura1. *Pappogeomys bulleri* dentro de un túnel en una madriguera. Fotografía de José Villarreal Méndez……..... 4

Figura 2. Vista dorsal del cráneo de *P. bulleri*, ejemplar de la colección del Centro de Estudios en Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara …….…….. 5

Figura 3. Vista ventral del cráneo de *P. bulleri*, ejemplar de la colección del Centro de Estudios en Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara...…… 5

Figura 4. Distribución de *P. bulleri* en Jalisco, modificado y adaptado de (Hafner *et al.* 2009)……....…… 6

Figura 5. Localización del área de estudio y ubicación de las madrigueras…...……... 16

Figura 6. Bosque predominante de encino-pino…… 18

Figura 7. Observación directa de la tuza……... 24

Figura 8. Presencia de nuevo montículos……. 24

Figura 9. Montículos destapados por la tuza…… 24

Figura 10. Identificación de una madriguera activa…… 24

Figura 11. Cámara de descanso…….. 31

Figura 12. Entrada a una cámara de alimentación…… 31

Figura 13. Letrina…… …… 31

Figura 14. Tubérculos de plantas en una cámara de alimentación…….. 31

Figura 15. *Ambystoma flavipiperatum* sobre un montículo fresco…… 34

Figura 16. *Plestiodon dugesii* sobre un montículo viejo…… 34

Figura 17. *Storeira storerioides* dentro de un túnel…… 34

Figura 18. *Plestiodon lynxe* sobre una roca…….…… 34

RESUMEN

Las tuzas son importantes componentes de los ecosistemas ya que modifican el entorno físico que habitan, influyen sobre la dinámica poblacional de especies vegetales así como interactúan con el comportamiento y abundancia de otros herbívoros. Se excavaron, midieron y describieron 13 madrigueras de *Pappogeomys bulleri* Thomas, 1892 en la Sierra de Quila, Jalisco, México. Las madrigueras consistieron en un túnel principal con brazos laterales (primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios), cámaras de descanso y alimentación. El complejo de túneles y cámaras fue construido en dos pisos. El tamaño promedio por madriguera fue muy variable (838.68 m^2 ± 322.39 EE), la madriguera más pequeña fue de 173 m^2 y la más grande de 4625m^2. El largo promedio del túnel principal fue de 78.14 m (± 9.46 EE). La profundidad promedio de los túneles fue de 15.24 cm (± 2.20 EE) y su diámetro promedio de 7.05 cm (± 0.29 EE). La diferencia entre el tamaño de las madrigueras ubicadas en meseta y ladera no fue significativa. Sin embargo, en ladera estas fueron más grandes y particularmente una madriguera fue diez veces más grande que el tamaño promedio de las madrigueras de meseta. *P. bulleri* utilizó 26 especies de plantas dentro de las madrigueras, de éstas 13 fueron usadas para la construcción de cámaras de descanso y 15 fueron almacenadas en sus cámaras de alimentación, con evidencias de su consumo. El 47.27 % de las plantas almacenadas y consumidas durante la época de lluvias fueron herbáceas anuales. Este porcentaje disminuyó en la época seca caliente del año (marzo a principios de junio) por el consumo de pastos perennes así como plantas juveniles del género *Pinus*. En cuanto a los artrópodos, un total de 19 familias se encontraron en las madrigueras. De las cuales las más frecuentes fueron Carabidae, Scarabaeidae y Staphylinidae. Los datos sugieren que el tamaño y la complejidad de las madrigueras están relacionados con la disponibilidad de alimento en la superficie y las características del suelo. Se observaron cuatro especies de vertebrados (una salamandra, dos lagartijas y una culebra) que usaron los túneles de la tuza. Las cuales son especies endémicas a México. Los resultados en este estudio ponen de manifiesto la importancia de las madrigueras de la tuza para la conservación de la herpetofauna en Sierra de Quila.

1. INTRODUCCIÓN

La tuza (*Pappogeomys bulleri* Thomas, 1892), es un roedor que pertenece a la familia Geomyidae. Es endémica del occidente de México y su distribución comprende desde el sur de Nayarit hasta Colima incluyendo parte del centro-oeste y sur de Jalisco (Hall 1981, Patton 2005, Hafner *et al*. 2009). Ocurre desde el nivel del mar hasta altitudes mayores a los 3,000 m (Ortega 2005). Habita preferentemente en zonas de montaña con suelos de origen volcánico y bosques templados de pino y encino. Suele ser más abundante en áreas abiertas de bosque templado con numerosos pastos. Aunque también puede estar presente en campos de cultivo, si el suelo es lo suficientemente profundo (Soler *et al*. 2003).

En general las distintas especies de tuzas tienen una vida casi estrictamente subterránea, realizan sus actividades en sus madrigueras (Reichman y Smith 1990) que consisten en un sistema de galerías o túneles, los cuales son generalmente extensos e interconectados. Además presentan cámaras que son compartimentos más amplios donde el animal puede anidar, descansar o almacenar alimento (Roberts *et al*. 1997, Wilkins y Roberts 2007). La excavación de las galerías la realizan con las garras de las patas delanteras y los incisivos. Para deshacerse de la tierra suelta, la compactan contra su pecho y posteriormente la llevan a la superficie (Hall 1981, Soler *et al*. 2003, Patton 2005, Ortega 2005). Por lo que la madriguera se hace evidente en la superficie terrestre por una serie de montículos de tierra (Ceballos y Miranda 2000, Roberts *et al*. 1997, Wilkins y Roberts 2007). La presencia y abundancia de las tuzas está determinada en general por factores abióticos tales como tipo y profundidad del suelo (López-Forment 1968, Feldhamer 1979, Hall 1981, Chase *et al*. 1982), así como por factores bióticos como la estructura de la vegetación y la disponibilidad de alimento (López-Forment 1968, Romañach *et al*. 2005, Roberts *et al*. 1997, Wilkins y Roberts 2007).

La estructura de las madrigueras ha sido estudiada en distintas especies de tuza en Norteamérica, como por ejemplo *Geomys breviceps* Rafinesque, 1817 (Wilkins y Roberts 2007), *Geomys bursarius* Hafner y Geluso, 1983 (Romañach *et al*. 2005, Wilkins y Roberts 2007), *Geomys personatus* True, 1889 (Wilkins y Roberts 2007), *Geomys texensis* Merriam, 1895 (Wilkins y Roberts 2007), *Thomomys bottae* Eydoux y Gervais, 1836 (Reichman *et al*. 1982, Hickman 1990, Romañach *et al*. 2005, Wilkins y Roberts 2007) y *Cratogeomys castanops* Baird, 1852 (Hickman 1977). En contraste, en México existen pocos estudios. Los cuales incluyen solamente a 5 especies. Villa (1986) estudió a *Pappogeomys merriami* Russell, 1968 en suelos aluviales a los alrededores del lago de Chalco, estado de México. En general, se sabe que todas las tuzas son herbívoros generalistas (Vleck 1979, Soler *et al*. 2003, Ortega 2005). Soler *et al*. (2003) reportan que esta especie se alimenta de raíces de arbustos xerófilos, pastos y herbáceas.

Desde el punto de vista antropocéntrico, las tuzas son consideradas plaga de ciertos cultivos y plantaciones forestales, ya que pueden alimentarse de toda la planta o solo de algunos tejidos como son las raíces de forma total o parcial, lo cual tiene un efecto negativo en el crecimiento vegetal. Además de que se alimentan de las semillas presentes en el banco de semillas alrededor de los montículos (Ceballos y Galindo 1984, Ostrow *et al*. 2002, Coggins y Conover 2005).

El presente estudio pretende contribuir al conocimiento biológico y ecológico que se tiene de *P. bulleri*, dada su importancia como especie endémica de distribución restringida al centro occidente del país. Además de que su conocimiento adquiere relevancia en las áreas naturales protegidas, como es el caso de Sierra de Quila cuyo objetivo es la conservación de la flora y fauna presente. Aun cuando ya se habían descrito seis madrigueras de *P. bulleri* (Roberts *et al*. 1997, Wilkins y Roberts 2007) en dos localidades de bosque templado en Jalisco, estudios específicos de distintos hábitat locales en su área de distribución son necesarios para conocer las diferencias en sus requerimientos de hábitat dependiendo su interacción con características físicas y biológicas particulares del sitio. Así también para generar recomendaciones de prácticas de manejo del hábitat que favorezcan su conservación. El objetivo del presente trabajo es caracterizar la estructura y complejidad de las madrigueras de *P. bulleri*, así como

describir las especies de plantas usadas en estas en el bosque de encino-pino en el Área Natural Protegida Sierra de Quila, Jalisco, México.

2. ANTECEDENTES

2.1 Descripción de *P. bulleri*

Pappogeomys bulleri, es una tuza de talla grande con una longitud total (LT): 150-188 mm, longitud de la cola (LC): 66-88 mm, longitud de la pata trasera izquierda (LP): 28-34 mm, tamaño de lo oreja (O): 4-7 mm y el peso total (P): 110-135 grs. Con cuerpo robusto, ojos pequeños, orejas reducidas y largas garras en las patas delanteras. Presenta abazones que se abren al exterior, la coloración dorsal es gris en la base y café en la punta, mientras que en el vientre es de tonos más claros, la cola es corta, cilíndrica y gruesa (Goldman 1951) (Fig. 1).

Figura 1. *Pappogeomys bulleri* dentro de un túnel en una madriguera. Fotografía: José Villarreal Méndez.

Las características craneales son las siguientes: arco cigomático posteriormente estrecho, cresta sagital pequeña, una protuberancia escamosa, un triángulo interparietal,

una fosa mesopterigoidea en forma de v y un borde subcuadrado de la premaxila al foramen incisivo (Fig. 2 y 3). Su fórmula dental es I 1/1, C 0/0, PM 1/1, M 3/3, sumando en total 20. Todos los dientes son de crecimiento continuo y presentan esmalte en la superficie anterior de los incisivos, los cuales se encuentran bifurcados (Baker y Williams 1974, Hall 1981).

Figuras 2-3. (2) Vista dorsal, (3) vista ventral del cráneo de *P. bulleri*, ejemplar de la colección del Centro de Estudios en Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.

2.2 Distribución geográfica

Se distribuye desde el sur de Nayarit, incluyendo parte del centro-oeste y sur de Jalisco, hacia el sur, hasta el estado de Colima; con un rango altitudinal, desde el nivel del mar, hasta aproximadamente los 3,000 m (Hafner *et al*. 2009). Esta especie se encuentra en Jalisco, desde la parte central del estado con su límite en la barranca del Río Grande de Santiago, hacia el oeste y sur de la entidad, además de una población aislada en la Sierra del Tigre, en la región de Mazamitla (Fig. 4) (Genoways y Jones 1969, Soler *et al*. 2003, Hafner *et al*. 2009). Se le puede encontrar en diferentes tipos de vegetación como el matorral xerófito, bosque tropical caducifolio, pastizal, bosque de pino, bosque de pino-encino y bosque de encino. Así también pueden estar presentes en área perturbadas con vegetación secundaria o en cultivos como maíz o caña de azúcar (Soler *et al*. 2003, Ortega 2005).

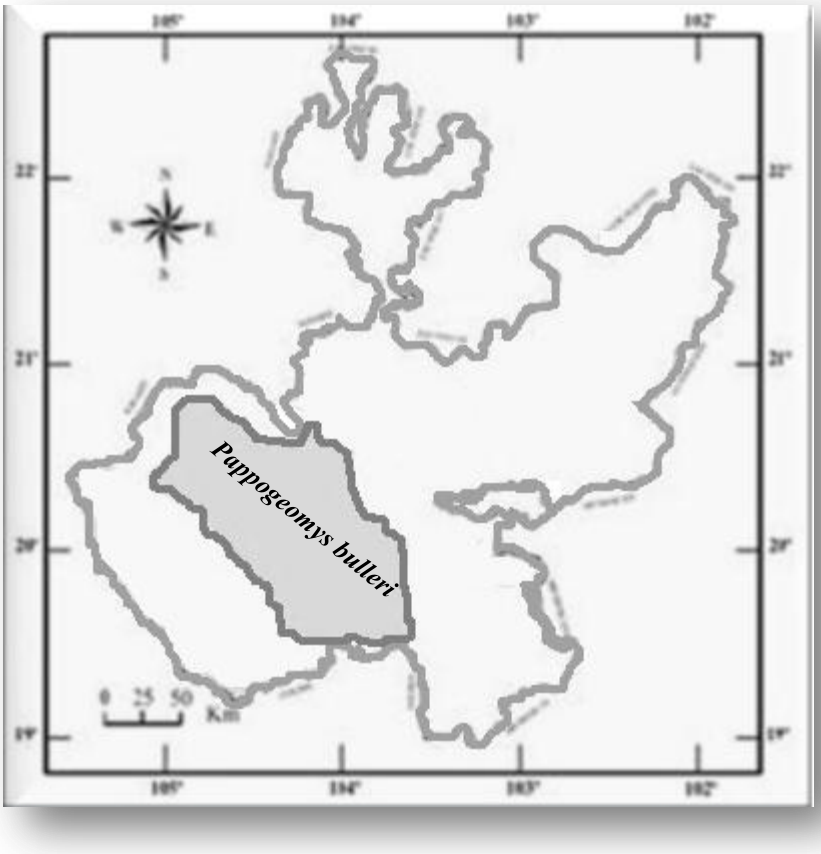


Figura. 4. Distribución de *P. bulleri* en Jalisco, modificado y adaptado de Hafner *et al.* (2009).

2.3 Dieta

Todas las tuzas son estrictamente herbívoras, consumiendo principalmente la parte subterránea de las plantas como son: tubérculos, bulbos, raíces y algunas semillas de gramíneas, ocasionalmente también se alimentan de hojas de algunas herbáceas y gramíneas (Brown 1971, Ward 1973, Burton y Black 1978, Williams y Cameron 1986). Por ejemplo las especies del género *Geomys* se alimentan extensivamente de los tejidos subterráneos sin embargo en el caso de especies del género *Thomomys* lo hacen tanto del tejido aéreo como del subterráneo (Williams y Cameron 1984, Burton y Black 1978). Para el caso de *P. bulleri*, Russell y Baker (1955) reportan que se alimenta de raíces de plantas xerofitas, pastos y arbustos.

2.4 Reproducción

La reproducción de las tuzas está relacionada con la edad relativa y el peso. Para determinar la relación de la madurez sexual y el peso en las hembras se toma en cuenta la longitud de los ovarios del útero de las hembras inmaduras, subadultas y adultas. En el caso de los machos la madurez sexual se asocia con la presencia de espermatozoides en el testículo y en el epidídimo (Villa 1986, Villa y Valencia 1991). La reproducción de *P. bulleri* se lleva a cabo durante todo el año e incluye de uno a varios partos durante este, con camadas de dos a ocho crías pudiendo ser hasta once. Las cuales a las 12 semanas de nacidas ya están preparadas para su reproducción (Ceballos y Miranda 2000).

2.5 Ecología

Uno de los hábitos característicos de las tuzas es que son fosoriales, se le puede ver de manera ocasional por encima de la superficie sólo por breves momentos (Ceballos y Galindo 1984). Para adaptarse a dicho hábito han desarrollado poderosas garras para cavar, tolerancia a bajos niveles de O_2 y altos niveles de CO_2, además de alta sensibilidad a las vibraciones del suelo (Reichman y Seabloom 2002).

La madriguera donde viven las tuzas es un sistema de galerías o túneles, los cuales son generalmente extensos he interconectados entre sí. Dicha madriguera se hace evidente por una serie de montículos de tierra sobre la superficie terrestre (Hall 1981, Ceballos y Galindo 1984). Además de existir cámaras que son compartimentos más amplios donde el animal puede anidar, descansar o almacenar alimento (Roberts *et al*. 1997). El tamaño y la forma de la madriguera responden funcionalmente a las relaciones de costo–beneficio con base a la adquisición de recursos (Romañach *et al*. 2005). El sistema de galerías corresponde al ámbito hogareño del individuo y refleja sus actividades (Andersen 1988, Roberts *et al*. 1997). Los patrones de excavación están influenciados por su hábito solitario así como la disponibilidad de alimento y pareja (Reichman *et al*. 1982).

Villa (1986) estudió a *P. merriami* en suelos aluviales a los alrededores del lago de Chalco, estado de México. Esta especie construyó túneles centrales de 57.7 m en promedio, con una profundidad promedio de 119.9 cm y los brazos laterales fueron rectos y en espiral. Por otra parte, Roberts *et al*. (1997) caracterizaron 14 sistemas de túneles correspondientes a *Cratogeomys gymnurus* Merriam, 1892, *Cratogeomys tylorhinus* Merriam, 1895 y *P. bulleri* en varias localidades. Ellos registraron que esta última especie construyó sus madrigueras a menor profundidad promedio y el diámetro promedio de los túneles fue menor en dos sitios de bosque templado del estado de Jalisco (Bosque La Primavera y Tapalpa) comparado con lo encontrado para *C. gymnurus* y *C. tylorhinus* en distintas localidades. Wilkins y Roberts (2007) encontraron que tanto *Cratogeomys fumosus* Merriam, 1892 como *P. bulleri* construyeron un túnel principal con ramificaciones laterales y cámaras que servían como sitios de crianza, de almacenamiento del alimento y letrinas. Finalmente, Sosa (1981) describe el sistema de túneles de *C. tylorhinus* en el Valle de México.

Los roedores fosoriales son considerados ingenieros del sistema. A través de la excavación remueven, airean y facilitan la penetración de agua en el suelo; lo que altera la microtopografía y tiene un efecto determinante en la composición paisajística y en la estructura de la vegetación (Huntly e Inouye 1987, Ostrow *et al*. 2002, Reichman y Seabloom 2002, Coggins y Conover 2005). Así también, afectan el comportamiento y abundancia de otros herbívoros (Huntly e Inouye 1987). El complejo de túneles ofrece hábitat para especies de vertebrados e invertebrados (Ostrow *et al*. 2002). Además de en estos tienen lugar una serie de interacciones biológicas entre las tuzas con plantas y animales. Un ejemplo de esto es la asociación que se presenta entre escarabajos de los generos *Onthophagus* Latreille, 1802 y *Aphodius* Lliger, 1798 (Scarabaeidae) y las tuzas *Cratogeomys merriami* Thomas, 1893 y *Thomomys umbrinus* Richardson, 1829, donde los escarabajos nidifican en los excrementos de las tuzas (Lobo y Halffter 1994).

Para las especies de vertebrados estrictamente fosoriales, la textura del suelo puede ser el factor determinante de su distribución (Moss 1940, Hardy 1945, Feldhamer 1979). Algunos autores indican que la distribución de estos mamíferos en Norteamérica

es estrictamente dependiente del tipo y características del suelo (McNab 1966, Hall 1981, Vaughan 1988).

Por estudios realizados en diferentes regiones de Estados Unidos, se conoce que en general las tuzas presentan abundancias mayores en suelos de textura arenosa, muy porosa y bien drenada (Chase *et al*. 1982) y están ausentes en suelos continuamente húmedos, arcillosos y con pobre difusión de gases (Davis *et al*. 1938, Davis 1940, Kennerly 1964, McNab 1966). Por ejemplo, se encontró que los individuos de *Thomomys monticola* Allen, 1893, en las pequeñas praderas de las sierra Nevada cerca de Huntington Lake, California (EUA), realizan desplazamientos estacionales hacia zonas más elevadas, para evitar las aéreas inundadas por el derretimiento de la nieve acumulada durante el invierno (Ingles 1952). Asimismo, la profundidad del suelo puede afectar la distribución local de las tuzas, ya que en suelos de poca profundidad no pueden cavar túneles hondos, necesarios para mantener su temperatura (Kennerly 1964, McNab 1966, Chase *et al*. 1982). En Colorado, *G. bursarius* es especifica de suelos profundos y de textura arenosa. *C. castanops* tiene preferencias similares, pero tolera suelos más compactos y más secos; *T. bottae* tiene una tolerancia mayor a diferentes tipos de suelo, pero no se encuentra en suelos duros arcillosos y extremadamente pedregosos. Finalmente, *Thomomys talpoides* Richardson, 1828 ocupa, el área más amplia de distribución en Colorado, debido a que tolera un intervalo de humedad amplio y condiciones topográficas que son toleradas por las tres especies anteriores (Miller 1964).

Estas variables físicas tienen un efecto en la actividad de las tuzas. Por ejemplo, Scheffer (1931), encontró que *Thomomys*, *Geomys* y *Cratogeomys* almacenan su alimento en la primavera y construyen sus madrigueras en el otoño, cuando las condiciones de la tierra facilitan su remoción. En tanto que Downhower y Hall (1966) registraron una mayor producción de montículos por *G. bursarius* debido a las condiciones de humedad del suelo. Por otra parte, Vaughan (1961a) encontró para *T. talpoides* que la construcción de madrigueras se da en abril y mayo, ya que el suelo está más húmedo más no anegado por lo que es más suave para removerse y la abundancia del alimento es mayor prolongándose esta actividad hasta el verano.

López (1995) menciona que la distribución local de *Thomomys*, *Geomys*, y *Pappogeomys* en Estados Unidos de Norte América está limitada por factores físicos como: las características del suelo, la disponibilidad del alimento, el clima, la altitud, la competencia intra e interespecífica y el manejo en tierras de cultivo. Para el caso de las especies presentes en la República Mexicana, se coincide con los mismos factores con excepción de la altitud, el manejo de tierras de cultivo y la competencia que es de manera indirecta. La relación de la textura del suelo, puede ser arenosa (Miller 1964), areno-arcillosa (Vaughan 1961a), o con bajas proporciones de arcilla (Downhower y Hall 1966).

Lopez (1968) y Sosa (1981) encontraron que las tuzas prefieren suelos con altas concentraciones de arena. Por su parte, Buckman y Brady (1991) mencionan que la arcilla en condiciones de humedad es muy compacta y difícil de remover; sin embargo, cuando se seca se endurece y forma agregados fáciles de remover. Miller (1964) y Vaughan (1961a) observaron que existen preferencias por los suelos bien drenados; con temperatura y humedad adecuada (Downhower y Hall 1966, Andersen 1988) ya que les facilita la construcción de sus madrigueras además estos sustratos soportan una gran cantidad de vegetación, de la cual se alimentan (Vaughan 1961a).

2.6 Trabajos de caracterización de madrigueras

Existen varios estudios sobre la estructura de las madrigueras de los geómidos por ejemplo *G. breviceps*, *G. bursarius*, *G. personatus*, *Geomys attwateri* Merriam, 1895, *G. texensis*, *T. bottae* y *C. castanops* en Norteamérica (por ejemplo Hickman 1990, Reichman *et al*. 1982, Romañach *et al*. 2005, Roberts *et al*. 1997). Sin embargo se conocen pocos trabajos para las especies de distribución tropical.

Romañach *et al*. 2005 realizaron varios estudios acerca del tamaño y forma de las madrigueras de tres especies de tuzas de diferente tamaño *G. bursarius, G. attwateri* y *T. bottae* en sitios con diferentes características de suelo y abundancia de recursos. Se encontró que el tamaño de la madriguera fue distinto dependiendo de la especie y la edad del individuo, pero no respecto al sexo. La condición del suelo y la estructura de la vegetación fueron determinantes en el tamaño y la forma de éstas. La especie de tamaño

intermedio *G. attwateri* tuvo las madrigueras más extensas en comparación con las otras dos especies de tamaño pequeño y grande. Los adultos de *T. bottae* tuvieron madrigueras más grandes que los juveniles. Se encontró que el tamaño de la madriguera disminuía mientras la biomasa de la vegetación se incrementaba y el suelo es más arenoso con poca pedregosidad.

Por otra parte Roberts *et al*. (1997) encontraron que si existía una relación entre el tamaño corporal de siete especies de tuzas *G. breviceps, G. bursarius, G. personatus, G. texensis, T. bottae, C. fumosus* y *P. bulleri* con la estructura de la madriguera. Las primeras tres especies presentes en Norteamerica, *G. personatus* y *T. bottae* en Norteamerica y México y las dos últimas solo en México. Todas las madrigueras estudiadas consistieron en un túnel principal con ramificaciones laterales. Dichas madrigueras incluyeron cámaras que servían como sitios de crianza, almacenamiento de alimento y letrinas. Encontraron que el tamaño de la especie no estaba relacionado con ninguna de las características medidas de las madrigueras (longitud total, profundidad del túnel o diámetro del túnel), a excepción de la especie de mayor tamaño *C. fumosus.*

Para México Villa (1986) estudió a *P. merriami* en suelos aluviales a los alrededores del lago de Chalco, estado de México, donde esta especie construyó largos túneles centrales (57.7 ± 18.4 m) a una profundidad 119.9± 24.5 cm y los brazos laterales fueron rectos y en espiral.

Roberts *et al*. (1997) realizaron excavaciones en catorce sistemas de galerías correspondientes a tres especies de tuzas (*C. gymnurus, C. tylorhinus* y *P. bulleri*), en cuatro localidades en el estado de Jalisco (Tapalpa, Mazamitla, La Manzanilla y el Bosque La Primavera). Encontraron que las madrigueras de *P. bulleri* fueron las de mayor longitud y estuvieron situadas significativamente a menor profundidad que las de las otras especies. Además de que el diámetro promedio de los túneles de *P. bulleri* fue menor en relación a aquellos de las especies de *Cratogeomys*. El número de ramificaciones de los túneles al igual que la complejidad del sistema no difirió entre las tres especies. En este estudio no observaron diferencias entre los sistemas de galerías de los machos y las hembras de las tres especies. Sin embargo, encontraron que tanto *C. fumosus* como *P. bulleri* construyeron un túnel principal con ramificaciones laterales y

cámaras que servían como sitios de crianza, de almacenamiento del alimento y letrinas. Finalmente, Sosa (1981) describe el sistema de túneles de *C. tylorhinus* en el Valle de México. Respecto a la dieta y uso de la vegetación por *P. bulleri* se conoce poco.

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, en México existen 493 especies de mamíferos de los cuales el 47.2% aproximadamente corresponde a los roedores. De estos, particularmente los geómidos representan el 9.4 % de dicho orden (Ceballos y Oliva 2005). Sin embargo, dado los hábitos fosoriales de las tuzas estas han sido poco estudiadas tanto en ecosistemas naturales como en áreas de cultivo. La investigación básica sobre la biología y ecología de las especies es fundamental para poder implementar prácticas de manejo con distintos fines. En el caso de las áreas naturales la finalidad es la conservación de las especies y los procesos ecológicos donde estas participan.

La Sierra de Quila cuenta con un decreto de protección desde 1982 por parte del gobierno federal. Sin embargo aún no hay publicado un programa de manejo con un listado completo de mamíferos presentes en la zona. A finales de 2008 la Universidad de Guadalajara en coordinación con otras instituciones de investigación como INIFAP y asociaciones civiles tales como COATZIN han venido realizando los inventarios de la fauna silvestre del área. Respecto a estudios llevados a cabo en el área protegida sobre la biología de alguna especie, solamente, se han realizado dos estudios, uno sobre la dieta de la zorra *Urocyon cinereoargenteus* Schreber, 1775 (Aguilar *et al*. 2011) y el actual trabajo.

Los resultados de este trabajo proveerán información biológica básica de la tuza *P. bulleri*. Lo cual contribuirá al conocimiento que se tiene de las tuzas en México y de manera puntual al que se distribuye en la Sierra de Quila. Aunado a lo anterior servirá como una herramienta para generar recomendaciones de manejo enfocadas a la permanencia de la especie.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las madrigueras de *P. bulleri* en el bosque de encino-pino en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila, Jalisco, México.

4.2 Objetivos particulares

1. Conocer el tamaño y la geometría, así como describir gráficamente y evaluar el complejo de túneles de las madrigueras de *P. bulleri* en el bosque de encino-pino.

2. Determinar las especies de flora y fauna al interior y/o asociadas a las madrigueras de *P. bulleri*.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del Área de estudio

5.1.1 Localización

Sierra de Quila se ubica en la porción centro oeste del estado de Jalisco, entre los paralelos 20º 14´ 9" y 20º 21´y 55" N; 103º 57´09" y 104º 07´ 32" O. Está incluida dentro de los municipios de Tecolotlán, Tenamaxtlán y San Martín Hidalgo. Dicha área cubre una superficie de 14,168 hectáreas y presenta un gradiente altitudinal que va de los 1350 a 2560 m (CONANP 2010). La Sierra de Quila forma parte del Eje Volcánico Transversal (Subprovincia Sierras de Jalisco), en la cual presenta un relieve montañoso eminentemente con valles de poca extensión en general (Guerrero y López 1997) (Fig. 5).

5.1.2 Geomorfología

La geomorfología de la Sierra de Quila está compuesta la mayor parte de afloramientos de roca ígnea extrusiva como el basalto, característicamente ácido. Este tipo de sustrato ocupa el 80% del territorio de la sierra, seguido de la toba que es otro elemento ígneo extrusivo. El cual ocupa regiones de mediana extensión, sobre todo en el noreste de la sierra. Por otra parte, una pequeña región del noroeste de Tenamaxtlán está compuesta por sustrato granítico, material ígneo de origen intrusivo y finalmente, al sur de la sierra podemos encontrar una región de pequeña extensión con suelos aluviales (Guerrero y López 1997). El origen geomorfológico de la mayor parte del territorio de la sierra se sitúa, en el Periodo Terciario, hace unos 35 millones de años, en la era Cenozoica. En contraste, la pequeña región con presencia de granito es considerablemente más antigua, perteneciente al Cretácico (Rzedowski y McVaugh 1966).

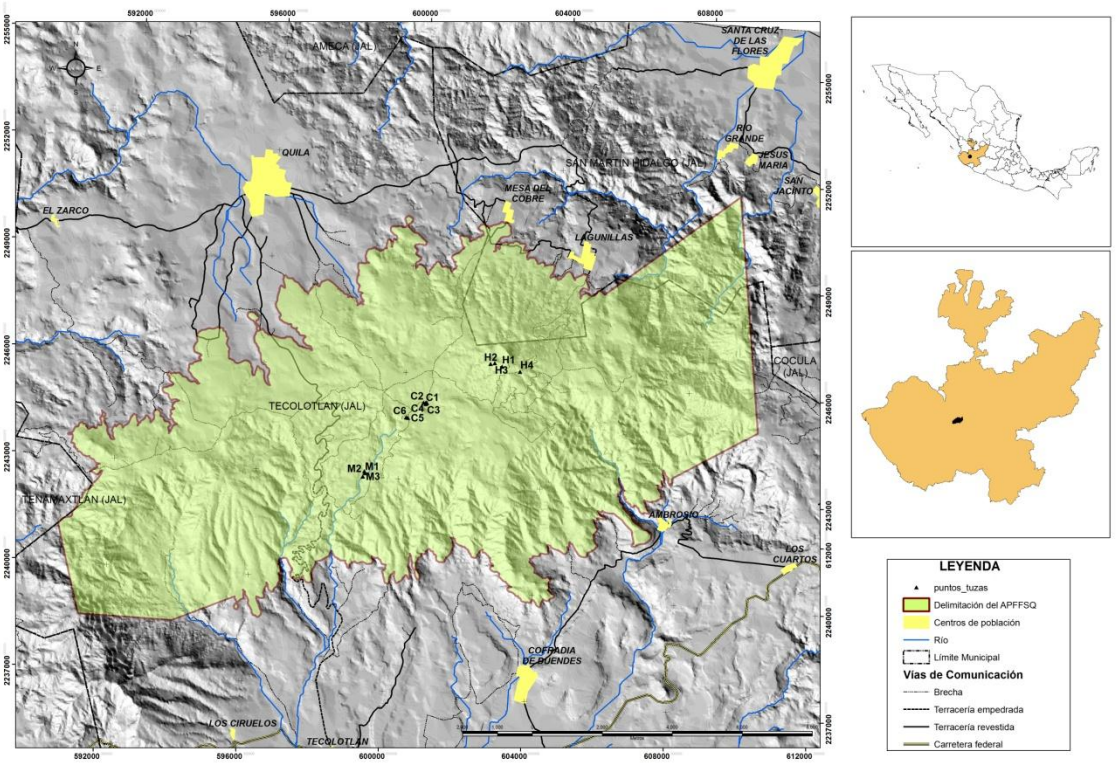


Figura 5. Localización del área de estudio y ubicación de las madrigueras.

5.1.3 Clima

Prevalecen dos tipos de clima, el templado húmedo C(w2)(w) con lluvias en verano y el clima caliente húmedo (A)C(w1)(w) con larga temporada seca (García 1988). Este último presenta una temperatura media anual mayor que 18°C y existe en la mayor parte de la sierra, sobre todo de las cotas altitudinales bajas hacia las cotas medias y en sentido este oeste. El clima templado húmedo presenta una temperatura media anual entre 12 y 18°C y existe de las cotas medias a las altas. La precipitación pluvial varía por zonas en la sierra desde los 700 hasta 1,000 mm (Guerrero y López 1997).

5.1.4 Suelos

Existen seis tipos y ocho subtipos de suelo: Cambisol eútrico, Cambisol húmico, Feozem háplico, Feozem lúvico, Litosol, Luvisol crómico, Regosol eútrico y Vertisol pélico (INEGI 1972). De acuerdo a Wild (1992) e INEGI (1998 y 1999) los suelos

Cambisol se caracterizan por ser los suelos poco desarrollados, el Cambisol eútrico presenta un subsuelo rico o muy rico en nutrientes, por el contrario el Cambisol húmico presenta de regular a buen contenido de materia orgánica pero pobre en nutrientes. Los suelos Feozem son suelos más lixiviados, con capa superficial oscura y una marcada acumulación de materia orgánica y nutrientes (acumulándose el 35% de arcillas en el horizonte medio). Los suelos Litosoles presentan menos de 10 cm de espesor y buen contenido de materia orgánica. El subtipo Luvisol crómico es un suelo con horizonte arcilloso y con buen contenido de materia orgánica. Los suelos Regosoles son delgados y poco desarrollados sin estructura y textura variable. El Regosol eútrico es rico o muy rico en nutrientes con regular contenido de materia orgánica (Villavicencio *et al*. 2005).

5.1.5 Tipos de vegetación

Guerrero y López (1997) describen seis tipos de vegetación para toda la Sierra de Quila: bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, bosque de encino, bosque de galería, bosque tropical caducifolio y bosque espinoso. Dentro del área natural protegida se localizan los primeros cinco tipos, no obstante el bosque de pino-encino y encino-pino cubre el 63% de la superficie del área natural protegida (Villavicencio 2004).

De acuerdo con Guerrero y López (1997) el bosque de pino-encino se distribuye altitudinalmente entre los 1900 y 2560 m. Se localiza desde terrenos planos hasta con una pendiente muy pronunciada, francamente rocoso y con buen drenaje. Se caracteriza por presentar un estrato arbóreo compuesto por especies de género *Pinus* y *Quercus*. Existen 15 especies de encinos (*Quercus castanea* Née, *Quercus eduardii* Trel., *Quercus magnoliifolia* Née, *Quercus resinosa* Liebm., *Quercus candicans* Née, *Quercus crassifolia,* H. & B., *Quercus splendens* Née, *Quercus viminea* Trel., *Quercus coccolobifolia* Trel., *Quercus elliptica* Née, *Quercus gentryi* C.H. Mueller, *Quercus laeta* Liebm., *Quercus laurina* H. & B., *Quercus obtusata* H. & B., y *Quercus rugosa* Née) y diez de pinos (*Pinus devoniana* Lindl., *Pinus douglasiana* Martínez, *Pinus lumholtzii* Rob. & Fern., *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus luzmariae* Pérez de la Rosa, *Pinus praetermisa* Styles & McVaugh, *Pinus herrerae*

Martínez y de forma introducida *Pinus greggii* Parlatore y *Pinus patula* Schl. et Cham.) (Fig. 6).

El género *Quercus* aparece con mayor frecuencia dentro de la sierra y el segundo lugar lo ocupa el género *Pinus* ya que estos dos géneros forman el 80% de la vegetación en la Sierra de Quila (Villavicencio *et al*. 2005). Existen algunas otras especies arbóreas como son: *Arbutus glandulosa* Mart. & Gal., *Arbutus xalapensis* Kunth., *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* Kunth. El estrato arbustivo está dominado por *Agave maximiliana* Baker, *Calliandra grandiflora* (L`Hèr.) Benth., *Opuntia atropes* Rose, *Senna septemtrionalis* Irwin & Barneby y *Ximenia parviflora* Benth. El estrato herbáceo se caracteriza por la presencia de gramíneas y compuestas y otras especies como *Anoda cristata* Schlecht., *Amaranthus hybridus* L. y *Dalea tomentosa* Willd.

Figura 6. Bosque predominante de encino-pino.

5.1.6 Fauna

La Sierra de Quila cuenta con una declaratoria de protección desde el año 1982 con la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna. En 1993 la SARH publicó los primeros listados de flora y fauna de la sierra, donde hacen mención a algunas especies presentes. Posteriormente el estudio Ordenamiento Territorial de Jalisco, realizado por la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES, 2006); hace referencia de un listado preliminar con la existencia de 840 especies de plantas vasculares, cinco especies de anfibios, 15 especies de reptiles, 90 especies de aves y 28 de mamíferos. A partir de 2009 se iniciaron distintos trabajos de investigación para la generación de listados completos de especies en los diversos grupos taxonómicos: florísticos, micológicos, artrópodos, aves, mamíferos, anfibios y reptiles por parte de investigadores de la Universidad de Guadalajara, INIFAP y COATZIN A.C. (Villavicencio *et al*. 2011). A la fecha se tiene un registro de 23 especies de anfibios y 46 de reptiles (Santiago *et al*. 2012). En lo que respecta a mamíferos se reportan 17 especies de talla mediana y grande (Ramírez *et al*. 2011), 21 especies de murciélagos (López e Iñiguez 2011) y por lo menos ocho especies de roedores. Por otra parte, respecto a las aves se han registrado 149 especies (Rosas *et al*. 2011).

5.2 Metodología

5.2.1 Trabajo de campo

El estudio se realizó con la especie *P. bulleri sensu stricto*, en el periodo comprendido de junio de 2009 a julio de 2010. Se realizaron salidas de campo mensuales con duración de cuatro días, en las cuales se hicieron recorridos desde la parte alta de la Sierra (Cerro Huehuentón, 2560 msnm) hasta la parte baja del bosque de encino- pino (La Máquina sobre los 1977 msnm). Durante el día se buscaron madrigueras activas, las cuales se seleccionaron mediante evidencias directas (observación del animal en el túnel) o indirectas (presencia de montículos frescos, creación de un nuevo montículo donde se eliminó el anterior) de la presencia del animal en el complejo de túneles.

Las variables consideradas para la caracterización de cada madriguera fueron: 1) longitud total del túnel principal y brazos, 2) profundidad del túnel considerado desde la superficie del suelo hasta la base de éste; 3) diámetro del túnel, desde su base hasta el techo, 4) orientación cardinal del túnel por medio de una brújula, 5) área total de la madriguera, 6) presencia o ausencia de letrinas, cámaras de anidación y cámaras de alimentación. Cabe mencionar que las primeras cuatro mediciones se obtuvieron considerando cada uno de los montículos del complejo de túneles (Anexo 1). Para cada una de las madrigueras se tomó la referencia geográfica en coordenadas UTM.

Una vez registradas las variables se dibujó un mapa de cada una de las madrigueras (complejo de túneles) en hojas milimétricas a escala (1cm por 1m), las cuales pueden observarse en los Anexos 3 a 15. El área cubierta se obtuvo sumando el área de los polígonos que fueron trazados en el dibujo de la madriguera.

Para evaluar la complejidad de las madrigueras se utilizó el índice de complejidad (*C*) de Meadows (1991) el cual se define de la siguiente manera:

$$C = s + h$$

En donde s = número de segmentos y h = número de cámaras presentes.

Para la caracterización de la estructura del bosque de encino-pino se tomó como referencia el estudio realizado por Villavicencio (2004). En el cual se estableció una red de 93 parcelas fijas de monitoreo forestal a lo largo de todo el gradiente altitudinal de la sierra. Cada parcela cubre una superficie de 0.05 ha y estuvo separada de la siguiente 400 m. En dichas parcelas se determinó las especies vegetales presentes y se midió la cobertura de los árboles y arbustos. Para el caso de las herbáceas se registró el área de la parcela cubierta por éstas y las especies dominantes que la aportaron.

Para cada una de las madrigueras se consideraron las dos parcelas forestales más cercanas, siempre y cuando la fisionomía de la vegetación fuera homogénea respecto a la de la madriguera. En los casos que no fueron así, se caracterizó la estructura de la vegetación de la madriguera estableciendo una parcela forestal en el centro de la madriguera con un radio de 12.62 m. Se midieron las mismas variables que las registradas en el inventario forestal.

El registro de las características físicas de cada madriguera se llevó a cabo considerando las siguientes variables:

a) exposición
b) pendiente
c) altitud
d) pedregosidad: 0= ausencia de rocas, 1= muy pocas rocas, 2= moderada una roca cada 20 m, 3= abundante una roca cada 2 m, 4= muy abundante un roca cada 0.50 cm.
e) topografía: meseta= zona plana, ladera = zona con pendiente de 12% a 50% (Anexo 2).

Material vegetal

Se colectaron todas las especies herbáceas localizadas sobre las madrigueras durante los meses de julio y agosto. Así también cualquier material vegetal encontrado dentro de estas durante la caracterización para su posterior comparación con lo encontrado en la superficie. Todos los ejemplares colectados fueron prensados y colocados en una cámara de secado durante 15 días, posteriormente fueron identificados al nivel taxonómico más específico que fue posible (género o especie) por el Ingeniero Raymundo Ramírez Delgadillo curador del Herbario IBUG "Luz María Villarreal de Puga" de la Universidad de Guadalajara.

Artrópodos y vertebrados asociados

Se realizó una colecta de los artrópodos encontrados dentro de las madrigueras para su posterior determinación. Los ejemplares colectados fueron depositados en frascos de plástico con alcohol al 70% para su preservación. Posteriormente los ejemplares fueron determinados al nivel taxonómico más específico que fue posible (familia, género y especie) por el Dr. José Luis Navarrete-Heredia curador de la colección de artrópodos de la Universidad de Guadalajara y por el Dr. Miguel Vásquez Bolaños profesor investigador especialista en hormigas de la Universidad de Guadalajara.

Los vertebrados encontrados dentro de las madrigueras fueron capturados y determinados por medio del uso de guías de campo (Reyna *et al*. 2007, Vázquez y Quintero 2005). Así también mediante el uso de literatura especializada (Dixon 1963, Canseco-Márquez *et al*. 2007, Flores-Villela y Santos-Barrera 2007, Hammerson *et al*. 2007). A todos los ejemplares capturados se les tomaron fotografías y posteriormente fueron liberados.

5.2.2 Análisis estadístico

Para determinar si existían diferencias entre las variables medidas de las madrigueras dependiendo su localización en meseta o ladera se empleó una prueba de t de Student, siempre y cuando la variable de respuesta cumpliera los supuestos requeridos para las pruebas paramétricas. En los casos que no los datos no cumplieron dichos supuestos se empleó una transformación de raíz cuadrada. Si aún transformados los datos, no se cumplieron los supuestos requeridos se procedió a aplicar la prueba U de Mann-Whitney.

Para probar si los túneles de las madrigueras se construían con alguna orientación en particular se empleó la prueba de Rayleighs (Zar 1999).

$$Z= nr^2$$

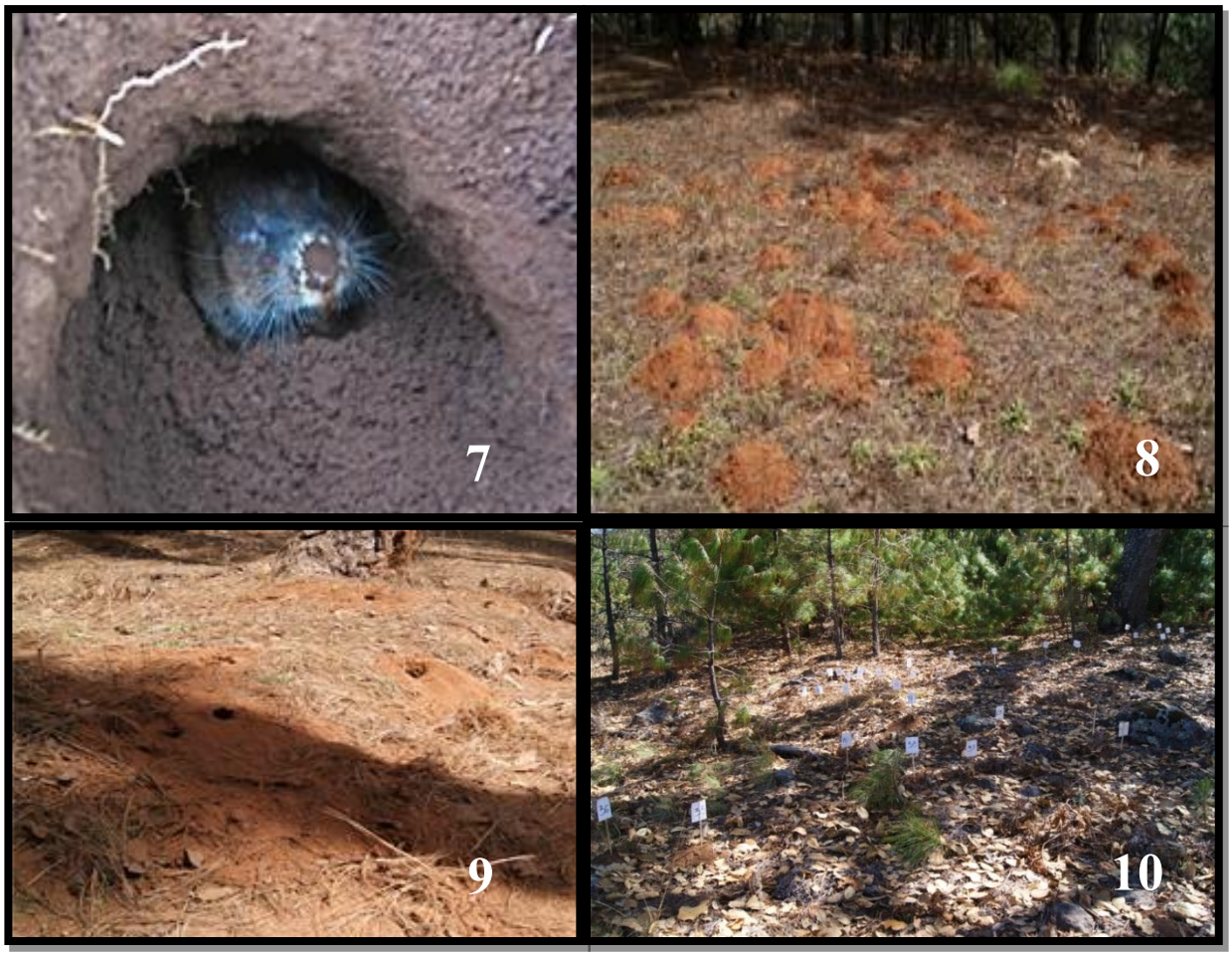
En donde n= número de datos y r= la raíz cuadrada de la sumatoria de las sumas de todos los senos y cosenos de los datos.

6. RESULTADOS

Se caracterizaron un total de 13 madrigueras activas en bosque de encino-pino (Cuadro 1). Dicha actividad fue determinada por la observación directa del animal en el complejo de túneles, la existencia de montículos frescos o el tapado de un montículo recién destapado (Figuras 7, 8, 9 y 10).

Del total de madrigueras el 46.15% estuvieron localizadas en meseta en tanto que el 53.84% en ladera. El área de meseta se caracterizó por ser una zona plana con suelo tipo Cambisol húmico y una profundidad que osciló de 20 cm a 35 cm. Presentó zonas sin pedregosidad o con muy pocas rocas. Por otra parte, en la zona de ladera alta existió suelo tipo Cambisol eútrico con una profundidad de 25 cm a 35 cm y muy abundante rocosidad. Cabe mencionar que algunas zonas de ladera baja pueden tener una profundidad de suelo de hasta 100 cm y moderada rocosidad (Cuadro 1).

El área promedio cubierta por madriguera en el área de estudio fue de 838.69 m^2 (± 22.25 EE.) Lo que muestra una amplia variación en el tamaño de éstas. No obstante, que no se encontró una diferencia significativa en el área cubierta por las madrigueras entre meseta y ladera. Las madrigueras de meseta presentaron un menor tamaño promedio que las de ladera, (448.43 m^2 ± 106.51 EE) y 1173.21 m^2 (± 580.98 EE) respectivamente. La longitud total promedio del túnel principal de las madrigueras fue de 78.14 m (± 9.46 EE) y el número de montículos de 120.38 (± 22.25 EE). El largo promedio del túnel principal de las madrigueras de meseta fue de 61.94m (± 4.11 EE) y el número promedio de montículos de 120.38 (± 22.25 EE), en tanto que de las de ladera 92.03 m (± 15.84 EE) y 151.57 (± 38.56 EE) respectivamente. Estas diferencias no fueron significativas (Cuadro 2).



Figuras 7, 8, 9, 10. 7) Observación directa de la tuza en la madriguera, 8) presencia de nuevos montículos, 9) montículos destapados por la tuza, 10) identificación de una madriguera activa.

Cuadro 1. Características físicas de las madrigueras de la tuza *P. bulleri* en el bosque de encino-pino en Sierra de Quila, Jalisco, México.

Madriguera	Geoposición (UTM)		Altitud	Tipo de suelo	Profundidad del suelo (cm)	Pedregosidad	Geoforma
	Latitud	Longitud	(m snm)				
Meseta C1	0600626	2245157	2138	Cambisol húmico	25	Ausencia	Meseta
Meseta C2	0600565	2245190	2138	Cambisol húmico	35	Ausencia	Meseta
Meseta C3	0600658	2245183	2138	Cambisol húmico	25	Ausencia	Meseta
Meseta C4	0600633	2245206	2128	Cambisol húmico	27	Ausencia	Meseta
Meseta C5	0600151	2244733	2156	Cambisol húmico	30	Ausencia	Meseta
Meseta C6	0600106	2244741	2157	Cambisol húmico	25	Ausencia	Meseta
Ladera H1	0602693	2246364	2464	Cambisol eútrico	25	Muy abundante una cada 0.50 cm	Ladera
Ladera H2	0602365	2246417	2396	Cambisol eútrico	30	Muy abundante una cada 0.50 cm	Ladera
Ladera H3	0602482	2246447	2441	Cambisol eútrico	35	Muy abundante una cada 0.50 cm	Ladera
Ladera H4	0603210	2246257	2423	Cambisol eútrico	25	Muy abundante una cada 0.50 cm	Ladera
Ladera M1	0599062	2243091	1977	Regosol eútrico	98	Moderada una cada 20 m	Ladera
Ladera M2	0599046	2243141	1922	Regosol eútrico	100	Moderada una cada 20 m	Ladera
Ladera M3	0599008	2242992	1953	Regosol eútrico	100	Moderada una cada 20 m	Ladera

En general, las madrigueras presentaron un número promedio de 14.46 brazos primarios, 6.76 secundarios, 2.46 de terciarios y 0.69 cuaternario. La profundidad promedio de los túneles fue de 15.24 m (± 2.20 EE) cm y el diámetro de 7.05 cm (± 0.29 EE). No se encontró ninguna orientación cardinal particular significativa en la construcción de túneles de ninguna madriguera (en todos los casos P> 0.05). No hubo diferencias significativas en el número promedio de brazos primarios, secundarios y terciarios entre las madrigueras de meseta y ladera (10, 5.5, 1.16, y 18.28, 7.85, 3.57, respectivamente) aunque evidentemente las madrigueras de ladera cubrieron una mayor área con un mayor número de túneles. Las madrigueras caracterizadas en ladera (21.63 cm ± 2.32 EE) presentaron una menor profundidad promedio que las de planicie (11.50 cm ± 1.35 EE). El diámetro promedio de los túneles fue de 7.05 cm con (± 0.29 EE) (Cuadro 2).

El 69.23% de las madrigueras se localizaron en sitios donde la vegetación fue bosque de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo presentes. Las especies arbóreas dominantes fueron *P. devoniana, P. douglasiana, P. lumholtzii, Q. resinosa, Q. obtusata, Q. rugosa, Q. crassifolia, Q. candicans* y *Q. splendens*, en tanto que el estrato arbustivo estuvo dominado por *Gamochaeta americana* (Mill) y *Pseudognaphalium roseum* (Kunth). En el estrato herbáceo las gramíneas y compuestas tales como, *Paspalum notatum,* Flugge, *Paspalum tenellum* Chase, *Stevia serrata* Cav., *Digitaria ternata* (Hochst.), *Eragrotis plumbea* (Hornem.), *Schizachyrium cirratum* (Retz.), *Setaria parviflora* (Lam.) y *Sporobolus indicus* L. R. Br. fueron las dominantes.

La densidad de cobertura forestal varió de 0% (madrigueras Meseta C1, Meseta C2, Meseta C3, Meseta C4 y Ladera H3) a un máximo de 80% (madrigueras Ladera M1, Ladera M2 y Ladera M3) dependiendo del sitio. En el caso del porcentaje de suelo cubierto por herbáceas este varió de 20% (madrigueras Meseta C5, Meseta C6) a 100% (madrigueras Meseta C1, Meseta C2, Meseta C3, Meseta C4 y Ladera H3). Por otra parte el 30.77% de las madrigueras se localizaron en sitios abiertos donde solo existió el estrato herbáceo y las especies dominantes fueron *D. ternata, E. plumbea, S. cirratum, S. parviflora, S. indicus, A. hybridus, Crotalaria pumila* Ort., *Crotalaria mollicula* Kunth., *Crotalaria sagittalis* L., *Dalea leporina* Bullock, *Macroptilium gibbosifolium* (DC.) Urban., *P. notatum, P. tenellum* y *Trifolium amabile* Kunth. (Cuadro 3).

Cuadro 2. Medidas de las madrigueras de *P. bulleri* en Sierra de Quila, Jalisco, México. Promedio ± error estándar.

Madriguera	Área cubierta (m^2)	Largo túnel principal (m)	No. de montículos	No. promedio de túneles conectados por montículo	Profundidad promedio de los túneles (cm)	Diámetro promedio de los túneles (cm)	No. de cámaras de alimentación	No. de cámaras de descanso	Índice de complejidad
Meseta C1	335.80	53.31	28	2.32	32.75	7.80	1	4	13
Meseta C2	696.87	57.95	60	2.00	22.30	7.03	1	0	14
Meseta C3	189.08	49.52	62	2.12	19.07	8.26	1	1	15
Meseta C4	173.00	64.30	106	2.00	19.86	9.56	1	2	18
Meseta C5	500.81	73.48	147	2.06	16.67	7.32	1	2	28
Meseta C6	795.00	73.07	101	2.20	19.94	6.91	1	0	28
Ladera H1	1012.50	78.32	108	1.97	8.83	6.04	1	1	17
Ladera H2	462.40	74.75	178	2.07	9.98	6.18	1	2	38
Ladera H3	312.50	86.16	186	2.15	16.25	6.87	2	3	64
Ladera H4	4625.00	186.02	340	1.59	2.05	7.00	2	2	63
Ladera M1	637.50	79.50	82	2.08	12.67	5.81	1	1	20
Ladera M2	612.50	73.18	92	2.14	10.59	6.08	2	2	31
Ladera M3	550.00	66.25	75	1.98	7.20	6.81	2	1	6
	838.68 ± 322.39	78.14 ± 9.46	120.38 ± 22.25	2.05 ± 0.05	15.24 ± 2.20	7.05 ± 0.29	1.38 ± 0.14	1.62 ± 1.12	27.30 ± 5.05

Cabe destacar que en el área de estudio se han realizado reforestaciones con especies del género *Pinus*, principalmente donde hay claros abiertos (áreas sin vegetación) como parte de las labores de recuperación de la cobertura forestal, específicamente las madrigueras Meseta C3 y Meseta C4 se encuentran en una zona de uso público donde solo hay estrato herbáceo; en el caso de la madriguera Ladera M1 esta es una reforestación bajo arbolado adulto. En ambos sitios se observó que las raíces de las plántulas de *Pinus* fueron consumidas por la tuza (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de cobertura del estrato arbóreo y herbáceo presente en la superficie de las madrigueras de la tuza.

Madriguera	Estrato arbóreo (%)	Estrato herbáceo (%)
Meseta C1	0	100
Meseta C2	0	100
Meseta C3	0	100
Meseta C4	0	100
Meseta C5	1 a 20	20
Meseta C6	1 a 20	20
Ladera H1	1 a 20	40
Ladera H2	21 a 40	40
Ladera H3	21 a40	40
Ladera H4	21 a 40	40
Ladera M1	61 a 80	80
Ladera M2	61 a 80	80
Ladera M3	61 a 80	80

Las cámaras de descanso se caracterizaron por presentar cinco familias de plantas las cuales fueron: Commelinaceae, Cyperaceae, Gramineae, Leguminosae y Poaceae siendo las más comunes las gramíneas, leguminosas y los pastos. En tanto que las cámaras de alimentación presentaron siete familias, las cuales son: Umbelliferae, Anthericaceae, Onagraceae, Leguminosae, Hypoxidaceae, Iridaceae y Euphorbiaceae siendo las más representativas

Onagraceas, Leguminosas y Umbelliferas. Existió un promedio de 1.84 cámaras de descanso y 1 cámaras de alimentación en las madrigueras.

El número promedio de cámaras de anidación por madriguera fue de 1.85 en tanto que el de alimentación 1.54. En todas las madrigueras se encontraron letrinas en las cuales se localizaron una gran cantidad de artrópodos que están asociados al excremento de las tuzas (Figuras 11, 12, 13 y 14). No se encontró ninguna orientación particular significativa en los túneles de las madrigueras de acuerdo a la prueba de Rayleighs.

La complejidad promedio de las madrigueras fue de 27.30 (± 5.05 EE), sin embargo, las madrigueras que presentaron la mayor complejidad fueron las ubicadas en ladera (Cuadro 4).

Cuadro 4. Complejidad de las madrigueras de la tuza.

No. de madriguera	No. Segmentos	No. de cámaras	Complejidad
Meseta C1	8	6	14
Meseta C2	13	1	14
Meseta C3	13	2	15
Meseta C4	15	3	18
Meseta C5	25	3	28
Meseta C6	27	1	28
Ladera H1	15	3	18
Ladera H2	35	6	41
Ladera H3	59	7	66
Ladera H4	59	7	66
Ladera M1	18	3	21
Ladera M2	27	6	33
Ladera M3	3	6	9

Las especies vegetales encontradas dentro de la madriguera fueron 26 pertenecientes a 13 familias y nueve órdenes (Cuadro 5). En las cámaras de alimentación se registraron 15 especies

exclusivas pertenecientes a siete familias y 14 géneros, entre estas son: *Erygium pectinatum* Presi., *Echeandia flexuosa* Greenm., *Hydrocotile verticillata* Thunb., *Eryngium carlinae* Delar f., *Oenothera elata* Kunth., *Oenothera rosea* L`Her., *Lopezia racemosa* Cav., *Semeiandra grandiflora* I. & B., *Ludwigia peploides* (Kunth.), *Lotus oroboides* Kearn. & Peeb., *C. mollicula*, *T. amabile*, *Hypoxis fibrata* Brackeh., *Sisyrinchium cernum* (Bickn.), *Chamayses hirta* (L.). La parte vegetal que se encontró siendo utilizada fue la raíz, tubérculos, tallos y hojas. Entre las especies encontradas en las cámaras de descanso se encontraron: *Gibasis linearis* D.R. Hunt., *Cyperus agreggatus* L., *P. notatum*, *P. tenellum*, *D. leporine*, *C. pumila*, *S. indicus*, *S. cirratum*, *D. ternata*, *E. plumbea* y *S. parviflora*. Los tallos y hojas de estas fueron empleados por la tuza para construir un nido donde reposar. Las plantas compartidas entre las cámara de descanso y de alimentación fueron 11 (42.3%).

En cuanto a los artrópodos, un total de 19 familias se encontraron en las madrigueras. De las cuales las más frecuentes fueron Carabidae, Scarabaeidae y Staphilinidae (Coleoptera) (Cuadro 6). En las cámaras de descanso y alimentación se encontraron letrinas con bolas de heces fecales compactadas de aproximadamente 5 cm de diámetro. En estas se encontraron individuos de la familia Carabidae, Scarabaeidae y Staphylinidae (Coleoptera). Tanto en los túneles como en las cámaras se observaron individuos de las familias Stenopelmatidae, Gryllidae (Orthoptera), Carabidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Chrysomelidae, Tenebrionidae, Coccinellidae, Histeridae, Elateridae, Nitidulidae, Aphodinae, Curculionidae, Endomychidae (Coleoptera), Cydnidae, Coreidae (Hemiptera), Formicidae (Hymenoptera), Pseudoescorpionidae (Pseudoescorpionida), y Scorpionidae (Scorpiones). En el caso de las hormigas (Formicidae), caras de niño (Stenopelmatidae), escorpiones (Scorpionidae) y seudoescorpiones (Pseudoescorpionidae) que fueron colectados en los túneles cabe mencionar que pudieron haber sido colectados de manera incidental.

Figuras 11, 12, 13 y 14. 11) Cámara de descanso, 12) entrada a una cámara de alimentacion, 13) letrina, 14) tubérculos en una cámara de alimentación.

Cuadro 5. Plantas utilizadas por *P. bulleri* en sus cámaras de alimentación.

Especies anuales	Monocotiledóneas	Dicotiledóneas
Hydrocotile verticillata	X	
Echeandia flexuosa	X	
Crotalaria mollicula		X
Lotus oroboides		X
Semeiandra grandiflora		X
Oenothera rosea		X
Especies perennes	Monocotiledóneas	Dicotiledóneas
Chamayses hirta	X	
Sisyrinchium cernum	X	
Hypoxis fibrata	X	
Eryngium carlinae	X	
Erygium pectinatum	X	
Trifolium amabile		X
Lotus oroboides		X
Ludwigia peploides		X
Lopezia racemosa		X
Oenothera rosea		X
Oenothera elata		X

Durante la caracterización de 13 madrigueras de *P. bulleri* se registraron cuatro especies de vertebrados usando las madrigueras: una salamandra (*Ambystoma flavipiperatum* Dixon, 1963), dos especies de salamanquesas (*Plestiodon dugesii* Thominot, 1883 y *Plestiodon lynxe* Wiegmann, 1834) y una culebrita (*Storeria storerioides* Cope, 1865) (Figuras 15, 16, 17 y 18). Se registró un total 28 individuos de salamandra (adultos transformados) con un promedio de 2.15 individuos por madriguera y un total de 25 de salamanquesas (16 de *P. dugesii* y 9 de *Plestiodon lynxe*) con un promedio de 1.23 individuos de *P. dugesii* y 0.69 de *P. lynxe*

respectivamente por madriguera. En lo que respecta a la culebra se observaron un total de 8 individuos con un promedio de 0.615 individuos por madriguera. De todas las especies se

Cuadro 6. Familias de artrópodos encontrados en las madrigueras de la tuza *P. bulleri.* *Determinados a nivel de orden.

	Madrigueras de meseta						Madrigueras de ladera						
Familias	C1	C2	C3	C4	C5	C6	H1	H2	H3	H4	M1	M2	M3
Carabidae	X	X		X	X		X	X	X				X
Scarabaeidae	X	X	X			X	X	X	X		X		
Staphylinidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Chrysomelidae	X			X			X						
Tenebrionidae		X	X		X		X						
Coccinellidae				X									
Histeridae	X			X									
Elateridae					X	X	X		X				
Nitidulidae													X
Curculionidae			X	X									
Endomychidae			X										
Stenopelmatidae	X		X	X	X				X				
Gryllidae	X	X											
Formicidae	X	X		X	X								
Cydnidae	X												
Coreidae				X									
Pseudoescorpionida*				X									
Scorpionida*										X			

Figuras 15, 16, 17 y 18. 15) *Ambystoma flavipiperatum* sobre un montículo fresco. 16) *P. dugesii* sobre un montículo viejo, 17) *S. storerioides* dentro de un túnel. 18) *P. lynxe* sobre una roca.

observaron individuos dentro de los túneles así como enterrados en los montículos de tierra. Las salamandras fueron registradas tanto enterradas en los montículos (4 cm de profundidad) hasta una profundidad de 25 cm en los túneles. Sin embargo, la mayoría de los individuos (80%) fueron encontrados en los túneles más profundos. Individuos de ambas especies de lagartijas y culebra se observaron enterrados en los montículos y hasta a una profundidad de 5 a 10 cm en los túneles.

7. DISCUSIÓN

Las tuzas son animales fosoriales asociados a los sistemas de túneles (madrigueras) que construyen y habitan. Estos les proveen protección contra los depredadores y condiciones ambientales extremas. Así también le sirven para guardar su alimento y criar a sus juveniles (Wilkins y Roberts 2007). En Sierra de Quila, las madrigueras consisten en un túnel central con brazos laterales (primarios, secundarios o terciarios), similar a lo conocido para otras especies en Norteamérica como *G. breviceps*, *G. bursarius G. personatus*, *G. texensis*, *T. bottae*, *C. castanops* (Hickman 1990, Reichman *et al*. 1982, Roberts *et al*. 1997, Wilkins y Roberts 2007), así como para *C. merriami*, *C. gymnurus*, *C. tylorhinus*, *C. fumosus* y *P. bulleri* en México (Villa 1986, Roberts *et al*. 1997, Wilkins y Roberts 2007).

En Sierra de Quila el área promedio cubierta por madriguera de *P. bulleri* fue de 838.69 m^2 (± 322.39 EE), en tanto que el largo promedio del túnel principal de 78.14 m (± 9.46 EE). Este último es tres veces mayor que lo reportado para esta especie como largo promedio del túnel principal en dos sitios de la región central de Jalisco (Bosque La Primavera y Tapalpa) (Wilkins y Roberts 2007). Aún si se consideran solamente las madrigueras encontradas en la meseta en Sierra de Quila dado que los sitios reportados para el bosque La Primavera y Tapalpa se ubicaron en sitios planos con pastos y rodeados de bosque de pino-encino. El largo promedio del túnel principal (61.93 m ± 4.11 EE) en el área estudiada es más del doble mayor a lo registrado en las localidades ya mencionadas. Comparando con otras especies de tuzas, el largo promedio del túnel de *P. bulleri* es mayor que lo reportado para *G. bursarius* (30.3± 7.1 EE), *G. personatus* (33.8 m), *G. texensis* (30.7±10.5 EE), *T. bottae* (14.1 m ± 2.3 EE) y *C. fumosus* (17.9 m ± 4.2 EE) y similar a *G. breviceps* (66.3 m ± 20.2 EE) (Wilkins y Roberts 2007). El área cubierta por la madriguera se relaciona con variables físicas como textura, rocosidad y profundidad del suelo (Moss 1940, Hardy 1945, Feldhamer 1979). En Sierra de Quila se presentan varios tipos de suelos con distinta profundidad, la cual oscila entre 25 cm a

100 cm. Este hecho se relaciona con la topografía, en las laderas altas muy pronunciadas el suelo fue poco profundo debido a la pendiente. Las laderas bajas presentaron suelo con mayor profundidad debido a que este junto con la materia orgánica se acumulan por el deslave de las partes altas. Además dichos suelos son de origen volcánico y presentan texturas arenosa, areno-arcillosa o con bajas proporciones de arcilla. Aunado a lo anterior, la composición y densidad de la vegetación están relacionadas con el tamaño de la madriguera; por lo que el tamaño de las madrigueras disminuye con el incremento de la biomasa vegetal (Romanach *et al*. 2005). En Sierra de Quila las madrigueras de mayor tamaño se encontraron en ladera donde la disponibilidad alimento fue menor.

Pappogeomys bulleri construyó sus madrigueras con túneles que radiaron en todas las direcciones. Esto es un hecho común en las tuzas y contrasta con otras especies de mamíferos cavadores como los armadillos que construyen el sistema de túneles de manera lineal (Reichman y Smith 1990). El número de brazos laterales se relaciona con la disponibilidad de alimento en la superficie (Hickman 1990). Un mayor número de brazos implica una mayor superficie cubierta en búsqueda de alimento. Así como la dirección se podría relacionar con la ubicación espacial del recurso. En este estudio se encontró un promedio de 14 brazos primarios, siete secundarios y dos de terciarios lo cual es por lo menos cuatro veces más el número reportado para esta misma especie en la región central de Jalisco (Wilkins y Roberts 2007). Además de que no se encontró ninguna orientación especifica de los túneles lo que sugiere una distribución de búsqueda al azar del recurso alimenticio.

Hickman (1990) reporta que las tuzas construyen los brazos laterales cerca de la zona de raíces de las plantas, en tanto que las cámaras de almacenamiento y anidación a mayor profundidad donde la temperatura y la humedad son más estables. Lo cual coincidió con lo encontrado en este estudio, las madrigueras de meseta presentaron en promedio el 77 % de los brazos laterales así como el túnel principal a una profundidad promedio de 18 cm en un primer piso. En tanto que el 13% de los túneles, las cámaras de alimentación y descanso se localizaron en el segundo nivel de construcción de la madriguera a 27 cm de profundidad. En cuanto a las madrigueras de ladera, éstas presentaron un primer piso de construcción a los 7 cm con el 80% de brazos laterales y

un segundo piso a los 16 cm con el 20% restante de brazos y las cámaras. En este estudio no se encontró ningún juvenil en alguna cámara por lo que no se tienen datos a respecto a cámaras de anidación. Se observó un promedio de casi dos cámaras de descanso y una de alimentación por madriguera. No se registraron túneles en forma de espiral en las madrigueras de *P. bulleri* como en el Bosque La Primavera y Tapalpa (Wilkins y Roberts 2007).

El diámetro de los túneles está determinado por el tamaño del animal. *P. bulleri* es una tuza de tamaño mediano que tiene una masa corporal de 152 g. Wilkins y Roberts (2007) reportaron un diámetro de túnel para esta especie de 8.9 cm (± 0.8 EE), lo cual es similar con lo registrado en este estudio (7.05 cm ± 0.29 EE). Otras estructuras registradas en las madrigueras de *P. bulleri* fueron las desembocaduras abiertas al aire libre de los túneles, lo cual podría ser una salida de escape en caso de que un depredador penetrara en la madriguera (Hickman 1990) o como una chimenea de ventilación.

El índice de complejidad promedio (27.30 ± 5.05 EE) registrado para las madrigueras de *P. bulleri* en Sierra de Quila fue mayor que el encontrado (12.5 ± 3.2 EE) para esta misma especie en otras localidades de bosque templado en Jalisco (Roberts *et al*. 1997). Esto se debe a que la tuza construyo madrigueras más extensas, con un mayor número de túneles y cámaras. Este hecho refleja que existe variación en la estructura de la madriguera en distintos hábitat.

Particularmente, en el área de meseta de Sierra de Quila algunas madrigueras de *P. bulleri* estaban espacialmente muy cerca lo que sugiere que pudiera existir interacción entre los individuos bajo la tierra como ya se ha reportado para otras especies como *G. bursarius* en Kansas (Downhower y Hall 1966) y *G. breviceps* y *G. texensis* en Texas (Wilkins y Roberts 2007).

Las tuzas son herbívoras generalistas, lo cual se debe a que en el acto de cavar tienen un costo energético muy alto (Vleck 1979). Sin embargo, se ha encontrado que consumen más ciertas plantas que otras dependiendo de la disponibilidad del recurso en un momento dado, por ejemplo, *G. bursarius* consume más plantas suculentas (Miller 1964), *C. castanops* más raíces tuberosas de arbustos de desierto (Russell y Baker 1955) y *G. attwateri* más monocotiledóneas perennes (Williams y Camero 1986). Ortega

(2005) reportan para *P. bulleri* una dieta a base de raíces, tubérculos, pastos y herbáceas. Lo cual concuerda con lo registrado para Sierra de Quila. La dieta de las tuzas varía dependiendo la época del año, lo cual se relaciona con la disponibilidad de recurso (Gettinger 1984, Williams y Camero 1986). Por ejemplo, Gettinger (1984) reportó cambios estacionales en la dieta de *T. bottae* en particular, esta especie se alimentó de herbáceas anuales mayormente durante el verano y de arbustos perenes durante el invierno. En el bosque templado de Sierra de Quila, la dieta de *P. bulleri* varía estacionalmente siguiendo un patrón parecido al descrito anteriormente, es decir, un mayor consumo de herbáceas anuales en la época de lluvias, así como de pastos perennes en la época seca caliente del año. La época más estresante respecto a la disponibilidad de alimento es la época seca caliente del año. En la cual se ha observado el consumo de plántulas del género *Pinus*.

Respecto a los artrópodos se encontró que el 84.22% de las familias registradas durante la caracterización de las madrigueras no presentan una asociación específica con las tuzas, tal es el caso de Stenopelmatidae, Gryllidae (Orthoptera), Cydnidae, Coreidae (Heminoptera), Chrysomelidae, Tenebrionidae, Nitidulidae, Aphodinae, Curculionidae, Endomychidae, Coccinellidae, Histeridae, Elateridae (Coleoptera), Pseudoescorpionidae (Pseudoescorpionida), Scorpionidae (Scorpiones), y Formicidae (Hymenoptera). Por ejemplo, las hormigas, grillos, cara de niño y escorpiones se localizan normalmente escondidos entre la hojarasca, piedras, troncos caídos y oquedades. En el caso particular de las hormigas éstas construyen sus nidos bajo la tierra (Fernández 2003). Por tanto la captura de estos artrópodos fue incidental. Sin embargo, el hecho que se registró a escarabajos Coleoptera: Scarabaeidae anidando en bolas de excremento de la tuza no fue casual. Existe una asociación entre algunas especies de escarabajos coprófagos del complejo taxónomico *Onthophagus*, *Copris* y *Aphodius* con tuzas, tal es el caso de *Onthophagus coproides* Horn, 1881, *Onthophagus hippopotamus* Harod, 1869, que se han registrado nidificando en base al excremento acumulado en las galerías, en el primer caso de *T. umbrinus* y en los últimos dos de *C. merriami* (Anduaga y Halffter 1991, Lobo y Halffter 1994). Para este estudio faltó realizar más colectas de letrinas de *P. bulleri* y realizar muestreos con técnicas específicas para la captura de escarabajos

coprófagos en su estadio adulto. Esto con la finalidad de tener suficiente material de referencia y se puedan determinar los escarabajos necrófagos asociados.

Las cuatro especies de herpetofauna registradas usando las madrigueras de *P. bulleri* son endémicas a México. Particularmente, la salamandra *A. flavipiperatum* presenta una distribución muy restringida al estado de Jalisco, solo se le conocía de Santa Cruz, Jalisco (Dixon 1963). Sin embargo, Rosas *et al*. (2012a, 2012b) la reportan para la Sierra de Quila. Dicha salamandra se asocia a los arroyos circundados por bosque de galería bosque de pino encino y encino en su estado adulto transformado terrestre, en tanto que como neoténicos a los arroyos existentes en el bosque templado en la sierra (Rosas *et al*. 2012a; Rosas *et al*. 2012b). Respecto a los reptiles observados, *P. dugesii* presenta una distribución limitada a la región centro oeste de México (Flores-Villela y Santos-Barrera 2007, Reyna *et al*. 2007, Rodríguez *et al*. 2012) en tanto que *P. lynxe* y *S. storerioides* se distribuyen ampliamente en nuestro país (Canseco-Marquez *et al*. 2007, Hammerson *et al*. 2007, Reyna *et al*. 2007, Rodríguez *et al*. 2012). Estas tres especies se asocian a zonas montanas con bosque de pino y encino o encino (Canseco-Marquez *et al*. 2007, Flores-Villela y Santos-Barrera 2007, Hammerson *et al*. 2007, Vazquez y Quintero 2007, Rodríguez *et al*. 2012).

Este tipo de asociación entre anfibios y/o reptiles con las madrigueras de las tuzas ya había sido descrito en Norteamérica (Vaughan, 1961b, Connior *et al*. 2008, Miller *et al*. 2012). Vaughan (1961b) reportó que las madrigueras de *G. bursarius*, *T. bottae* y *T. talpoides* eran usadas por dos especies de anfibios (*Anaxyrus cognatus* Say *in* James,1823 y *Ambystoma tigrinum* Green,1825) y varias de reptiles (*Terrapene ornata* Agassiz, 1857, *Crotalus viridis* Rafinesque,1818, *Pituophis catenifer* Blainville,1835, *Aspidocelis sexlineatus* Linnaeus, 1766 y *Holbrookia maculata* Girard,1851). Por otra parte, Connior *et al*. (2008) registraron 13 especies de anfibios y 24 reptiles en el complejo de túneles de *G. bursarius* en tanto que Miller *et al.* (2012) observaron que la serpiente *Pituophis melanoleucus mugitus* Daudin, 1803 utiliza como refugio las madrigueras de *Geomys pinetis* Rafinesque, 1817.

Las madrigueras son utilizadas por los herpetofauna asociada como sitios de refugio (Miller *et al*. 2012) y como rutas de escape y de alimentación (Vaughan,

1961b). Las observaciones hechas en este estudio sugieren que los túneles también pueden funcionar para la salamandra como sitios de refugio contra la desecación debido al microclima de los túneles. *A. flavipiperatum*, *P. dugesii*, *P. Lynxe* y *S. Storerioides* se alimentan de insectos, lombrices, moluscos y otros invertebrados (Vazquez y Quintero 2007, Reyna *et al*. 2007, Rodríguez *et al*. 2012). Durante la excavación de las madrigueras se observaron números individuos de estos grupos de invertebrados por lo que los túneles de la *P. bulleri* pueden proveer de alimento a la herpetofauna asociada.

Los resultados presentados en este estudio sugieren que las madrigueras de *P. bulleri* son importantes para la conservación de la herpetofauna en Sierra de Quila, especialmente de las especies endémicas y de distribución muy restringida como es el caso de la salamandra. Por lo que esta información debe considerarse en las acciones de manejo del suelo que se pudieran tomar en el Área Natural Protegida de Flora y Fauna Sierra de Quila.

8. CONCLUSIONES

- Las madrigueras consistieron en un túnel principal con brazos laterales (primarios, secundarios y terciarios). Las madrigueras presentaron cámaras de alimentación y de descanso. Los brazos laterales fueron construidos en dos pisos, unos a nivel del túnel principal y otros a mayor profundidad.
- Existe variación en la geometría de las madrigueras. Estas tendieron a ser más extensas en ladera que en meseta aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa. La profundidad de la madriguera está determinada por la profundidad del suelo y la rocosidad. El área cubierta por las madrigueras se relaciona con disponibilidad de alimento. Las madrigueras con mayor profundidad se encontraron en las zonas de ladera baja donde se acumula el suelo que es arrastrado desde las zonas de ladera más alta.
- Las madrigueras de *P. bulleri* en Sierra de Quila tuvieron en promedio un mayor largo de túnel central, mayor número de brazos y mayor superficie cubierta que lo reportado para esta especie en otros bosques templados en Jalisco.
- La tuza empleó en sus cámaras de descanso 13 especies de plantas, de las cuales las más frecuentes fueron las gramíneas (pastos) y las leguminosas. Respecto a sus cámaras de alimentación, almacena y consume raíces y hojas de 15 especies de plantas. El 47.27 % de las plantas almacenadas y consumidas durante la época de lluvias fueron herbáceas anuales. Este porcentaje disminuyó en la época seca caliente del año (marzo a principios de junio) por el consumo de pastos perennes así como de plántulas del género *Pinus*. A pesar de que esta especie es considerada como una herbívora generalista en la época de disponibilidad del recurso (lluvias) pudiera seleccionar su alimento.
- Se encontró un total de 19 familias de artrópodos en las madrigueras, de las cuales las más frecuentes fueron Carabidae, Scarabaeidae y Staphylinidae.

- El complejo de túneles de esta especie de tuza funciona como madriguera para otras especies de vertebrados: dos especies de lagartijas, una serpiente y una salamandra. Todas estas endémicas a México y particularmente la salamandra (*A. flavipiperatum*) presenta una distribución muy restringida en el estado de Jalisco.

9. RECOMENDACIONES

- Continuar con el estudio de la caracterización de las madrigueras de la tuza en diferentes áreas de la Sierra de Quila, para ampliar el conocimiento biológico que se tiene de ella así como determinar otras interacciones bióticas en las que participa.
- Estudiar la dinámica poblacional de *P. bulleri* a largo plazo en el Área Natural Protegida Sierra de Quila para tener un mayor conocimiento sobre su ecología. Dicho conocimiento es imprescindible para poder hacer recomendaciones de manejo de su población.
- Se debe considerar que la tuza juega un rol funcional en el ecosistema antes de tomar cualquier decisión de manejo que afecte de manera negativa a su población. Dicho rol en el ecosistema incluye proveer de hábitat a otros vertebrados e invertebrados además de tener un efecto en la vegetación.
- Es importante estudiar el efecto que tiene la presencia de esta especie así como la construcción de sus madrigueras en el suelo y en la estructura de la vegetación en Sierra de Quila.

10. LITERATURA CITADA

Aguilar, S. M. L., M. M. Ramírez M. y S. Zuloaga A. 2011. Dieta de la zorra gris: ¿es legítimo dispersor de las semillas que consume en Sierra de Quila Jalisco?. *In* Memorias del I Foro de Conservación, Uso y Gestión del Área Natural Protegida Sierra de Quila, R.Villavicencio G., A. L. Santiago P., V. C. Rosas E. y L. Hernández L. (comps.). Universidad de Guadalajara, Jalisco, México p. 118-121.

Andersen, D. C. 1988. Tunnel construction methods and foraging path of fossorial herbivore, *Geomys bursarius*. Journal of Mammalogy 69:565-582.

Anduaga, S. y G. Halffter. 1991. Escarabajos asociados a madrigueras de roedores (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). Folia Entomológica Mexicana 81: 185-197.

Baker, R. J. y S. L. Williams 1974. *Geomys tropicalis.* Mammalian Species 35:1-4.

Brown, L. M. 1971. Breeding biology of the pocket gopher (*Geomys pinetis*) in South Florida. American Midland Naturalist 85:45-53.

Buckman, H. O. y N. C. Brady. 1991. Naturaleza y propiedades del suelo. UTEHA, México. 590 p.

Burton, D. H. y H. C. Black. 1978. Feeding habits of Mazama pocket gophers in south-central Oregon. Journal of Wildlife Management 42:383-390.

Canseco-Márquez, L., F. Mendoza-Quijano y P. Ponce-Campos. 2007. *Plestiodon lynxe*. IUCN, Version 2011.2. http//iucnredlist.org; última consulta: 4.06.2012.

Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los Mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica, México. 986 p.

Ceballos, G. y A. Miranda. 2000. Los mamíferos de Chamela, Jalisco, manual de campo. Fundación Ecológica de Cuixmala, A. C., Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México, México. 436 p.

Ceballos, G. y C. Galindo. 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México, México. 140 p.

Chase, J. D., W. E. Howard y J. T. Roseberry. 1982. Pocket gophers (Geomyidae). *In* Wild mammals of North America: biology, management and economics, J. A. Chapman y G. A. Feldhamer (eds.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA. p. 239-255.

Coggins, S. T. y M. R. Conover. 2005. Effects of pocket gophers on the herbaceous vegetation growing in aspen Meadows. Wildlife Society Bulletin, 33:1210-1215.

Connior, M., I, Guenther, T. Risch y S. Trauth. 2008. Amphibian, reptile, and small mammal associates of Ozark pocket gopher habitat in Izard County, Arkansas. Journal of the Arkansas Academy of Science 62:45-51.

CONANP. 2010. Las áreas naturales protegidas de México. CONANP. http//conanp.gob.mx/que_hacemos; última consulta: 20.X.2012.

Davis, W. B. 1940. Distribution and variation of pocket gophers (*Geomys*) in the southwestern United States Texas. Agricultural Experimental Station Bulletin No. 46:337-358.

Davis, W. B., R. R. Ramsey y J. M. Arendale, Jr. 1938. The distribution of pocket gophers (*Geomys breviceps*) in relation to soils. Journal of Mammalogy 19:412-418.

Dixon, J. R. 1963. A new Species of salamander of the genus *Ambystoma* from Jalisco, Mexico. Copeia 1963:99-101.

Downhower, J. F. y E. R. Hall. 1966. The pocket gopher in Kansas. University of Kansas Museum of Natural History Miscellaneous Publication 44:1-32.

Feldhammer, G. A. 1979. Vegetative and edaphic factors affecting abundance and distribution of small mammals in Southeast Oregon. The Great Basin Naturalist 39:207-218.

Fernández, F. 2003. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 398 p.

Flores-Villela, O. y Santos-Barrera, G. 2007. *Plestiodon dugesii*. IUCN, Version 2011.2. http//iucnredlist.org; última consulta: 4.06.2012.

García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 246 p.

Genoways, H. H. y J. K. Jones Jr. 1969. Notes on pocket gophers from Jalisco, Mexico, with descriptions of two subspecies. Journal of Mammalogy 50:748-755.

Gettinger, R. D. 1984. Energy and water metabolism of free-ranging pocket gophers, *Thomomys bottae*. Ecology 65:740-751.

Goldman, E. A. 1951. Biological Investigations, Mexico. Smithsonian Miscellaneous Collection 115.

Guerrero, N. J. y C. López. 1997. La vegetación y la flora de la Sierra de Quila, Jalisco. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. 134 p.

Hafner, M. S., D. J. Hafner, J. W. Demastes, G. L. Hasty, J. E. Light y T. A. Spradling. 2009. Evolutionary relationships of pocket gophers of the genus *Pappogeomys* (Rodentia: Geomyidae). Journal of Mammalogy 90:47-56.

Hall, R. E. 1981. The Mammals of North America. John Whiley and Sons Inc., New York, USA. 690 p.

Hammerson, G. A., J. Vázquez-Díaz y O. Flores-Villela. 2007. *Storeria storerioides*. IUCN, Version 2011.2. http//iucnredlist.org; última consulta: 4.06.2012.

Hardy, R. 1945. The influence of types of soil upon the local distribution of small mammals in southwestern Utah. Ecological Monographs 15:71-108.

Hickman, G. C. 1977. Burrow system structure of *Pappogeomys castanops* (Geomyidae) in Lubbock County, Texas. The American Midland Naturalist 97:50-58.

Hickman, G. C. 1990. Adaptiveness of tunnel system features in subterranean mammal burrows. *In* Evolution of subterranean mammals at the organismal and molecular levels, Nevo, E. y O. A. Reig (eds.). Wiley-Liss, New York, USA. p. 185–210.

Huntly, N y R. S. Inouye. 1987. Small mammal populations of old-field chronosequence: successional patterns and associations with vegetation. Journal or Mammalogy 68:739-745.

INEGI. 1972. Carta Edafológica Tecolotlán 1:50,000. Jalisco, México.

INEGI. 1998. Perfiles de suelos. Banco de información sobre perfiles de suelos. Versión 1.0. Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática. México.

INEGI. 1999. Estadística del medio ambiente. Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática. Tomo I. México. 71-72 p.

Ingles, L.G. 1952. The ecology of the mountain pocket gopher, *Thommomys monticola*. Ecology 33: 87- 95.

Kennerly, T. E. Jr. 1964. Microenvironmental conditions of the pocket gophers burrow. Texas Journal of Science 16: 395-441.

Lobo, J. M. y G. Halffter. 1994. Relaciones entre escarabajos (Coleoptera: Scarabeidae) y nidos de tuza (Rodentia: Geomyidae): Implicaciones biológicas y biogeográficas. Acta Zoológica Mexicana 62: 1-9.

López, M. T. F. 1995. Actividad local y reproducción de la tuza *Pappogeomys merriami* (Rodentia: Geomydae) de Parres, D. F., México. Tesis, Fac.de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 78 p.

López, F. C. W. 1968. Aspectos biológicos de la tuza *Cratogeomys tylorhinus tylorhinus* (Rodentia: Geomyidae) del Valle de México. Tesis, Fac. de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 56 p.

López, R. L. E. y L. I. Iñiguez D. 2011. Voladores pero no emplumados, casi ciegos pero no desorientados - murciélagos del Área de Protección de Flora y Fauna "Sierra de Quila", Jalisco. *In* Memorias del I Foro de Conservación, Uso y Gestión del Área Natural Protegida Sierra de Quila, R. Villavicencio G., A. L. Santiago P., V. C. Rosas E. y L. Hernández L. (comps.). Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. p. 122-126.

McNab, B. K. 1966. The metabolism of fossorial rodents: a study of convergence. Ecology 47:712-733.

Meadows, P. S. 1991. The environmental impact of burrows and burrowing animals, conclusions and a model. *In* The environmental impact of burrowing animals and animal burrows, P. S. Meadows y A. Meadows (eds.). Symposia of the Zoological Society of London No. 63, Oxford University Press, Oxford, England. p. 327-338.

Miller, R. S. 1964. Ecology and distribution of pocket gophers (Geomyidae) in Colorado. Ecology 45:256-272.

Miller, G. J., L. L. Smith, S. A. Johnson, R. Franz. 2012. Home range size and habitat selection in the Florida pine snake (*Pituophis melanoleucus mugitus*). Copeia 4:706-713.

Moss, A. E. 1940. The woodchunk as a soil expert. Journal of Wildland Management 4:441-443.

Ortega, R. J. 2005. *Pappogeomys bulleri* (Thomas, 1892). *In* Los mamíferos silvestres de México, G. Ceballos y G. Oliva (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fondo de Cultura Económica, México, D.F. p. 605-606.

Ostrow, D. G., N. Huntly, R. y S. Inouye. 2002. Plant-mediated interactions between the Northern pocket gopher, *Thomomys talpoides*, and aboveground herbivorous insects. Journal of Mammalogy 83: 991-998.

Patton, J. L. 2005. Family Geomyidae. *In* Mammal Species of the World, D. E. Wilson y D. M. Reeder (eds.). The John Hopkins University Press, Baltimore, USA. p. 859-871.

Ramírez-Martínez, M. M., L. I. Iñiguez-Dávalos, P. Ibarra-López, M. L. Sánchez-Aguilar y R. Becerra-Salgado. 2011. Aproximación al inventario de biodiversidad para mamíferos medianos en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila. *In* Memorias del I Foro de Conservación, Uso y Gestión del Área Natural Protegida Sierra de Quila, R. Villavicencio G., A. L. Santiago P., V. C. Rosas E. y L. Hernández L. (comps.). Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. p. 44-48.

Reichman, O. J. y E. W. Seabloom. 2002. The role of pocket gophers as subterranean ecosystem engineers. Trends in Ecology and Evolution 17: 44-49.

Reichman, O. J. y S. C. Smith. 1990. Burrows and burrowing behavior by mammals. *In* Current Mammalogy Genoways, H. H. (ed.). Plenum Press, New York, USA. p. 197-244.

Reichman, O. J., T. G. Whithanm, y G. A. Ruffner. 1982. Adaptative geometry of burrow spacing in two pocket gopher populations. Ecology 63:687-695.

Reyna, B. O. F., Ahumada, I. y Vázquez, O. 2007. Anfibios y Reptiles del Bosque La Primavera. Guía ilustrada. Universidad de Guadalajara. 126 p.

Roberts, H. R., K. T. Wilkins, J. Flores y A. Thompson-Gorozpe. 1997. Ecology of pocket gophers (Rodentia: Geomyidae) in Jalisco, Mexico. The Southwestern Naturalist 42:323-327.

Romañach, S. S., E. W. Seabloom, O. J. Reichman, W. E. Rogers y G. N. Cameron. 2005. Effects of species, sex, age, and habitat on geometry of pocket gopher foraging tunnels. Journal of Mammalogy 86:750-756.

Rosas, E. V. C., J. F. Escobar I., A. L. Santiago P. y R. Villavicencio G. 2011. Distribución altitudinal de las aves en el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila Jalisco, México. *In* Memorias del I Foro de Conservación, Uso y Gestión del Área Natural Protegida Sierra de Quila, R. Villavicencio G., A. L. Santiago P., V. C. Rosas E. y L. Hernández L. (comps.). Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. p. 103-106.

Rosas, E. V. C., A. L. Santiago P., J. M. Rodríguez C. 2012a. Descripción de los Anfibios. *In* Anfibios y reptiles de las montañas de Jalisco: Sierra de Quila, A. L. Santiago P., M. Domínguez L., V. C. Rosas E. y J. M. Rodríguez C. (coords.). Universidad de Guadalajara, CONABIO, COATZIN, A.C. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C. México. p.51-101

Rosas, E. V., J. M. Rodríguez C., A. L. Santiago P., A. Ayón. E. y M. Domínguez L. 2012b. Distribución de algunos anfibios del centro occidente de México: estado de Jalisco. Revista de Biodiversidad Mexicana (aceptado).

Rodríguez, C. J. M. y M. Domínguez L. 2012. Descripción de los Reptiles. *In* Anfibios y reptiles de las montañas de Jalisco: Sierra de Quila, A. L. Santiago P., M. Domínguez L., V. C. Rosas E. y J. M. Rodríguez C. (coords.). Universidad de

Guadalajara, CONABIO, COATZIN, A.C. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C. México. p.104-197

Russell, R. J. y H. Baker. 1955. Geographic variation in the pocket gopher *Cratogeomys castanops* in Coahuila, Mexico. University of Kansas Publications, Museum of Natural History 7:591-608.

Rzedowski, J. y R. McVaugh. 1966. La vegetación de Nueva Galicia, contributions of the University of Michigan Herbarium 9: 1-123.

Santiago, P. A. L., M. Domínguez L., V. C. Rosas E. y J. M. Rodríguez C. (coords.). 2012. Anfibios y reptiles de las montañas de Jalisco: Sierra de Quila. Universidad de Guadalajara, CONABIO, COATZIN, A.C. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C. México, 226 p.

Scheffer, T. 1931. Habitats and economic status of pocket gopher. Department of Agriculture, Washington, D. C. Agricultural Experimental Station Bulletin. 224: 1-27.

SEMADES. 2006. Ordenamiento Territorial del Estado de Jalisco. Secretaria de Media Ambiente para el Desarrollo Sustentable. http://semades,jalisco.gob.mx/site; última consulta: 5.XII.2012.

Soler, F. A., R. A. Medellín y G. N. Cameron. 2003. *Pappogeomys bulleri*. Mammalian Species 717:1-3.

Sosa, F. V. de J. 1981. Contribución al conocimiento de la historia natural de la tuza *Pappogeomys tylorhinus tylorhinus* (Rodentia: Geomyidae) en una zona semiárida. Tesis, Fac. de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 136 p.

Vaughan, T. A. 1961a. Food habits or the Northern pocket gopher on shortgrass prairie. The American Midland Naturalist 77:176-189.

Vaughan, T. A. 1961b. Vertebrates inhabiting pocket gopher burrows in Colorado. Journal of Mammalogy 42:171-174.

Vaughan, T. A. 1988. Mamíferos. Interamericana- McGraw-Hill. México, D.F. 587 p.

Vázquez-Díaz, J. y G. E. Quintero-Díaz. 2005. Anfibios y Reptiles de Aguascalientes. Gobierno del Estado de Aguascalientes y CIEMA, A.C. Aguascalientes, México. 318 p.

Villa, C. B. 1986. Patrón reproductivo de la tuza *Pappogeomys merriami merriami* (Rodentia Geomydae) de Chalco, Estado de México. Tesis, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 210 p.

Villa, C. B. y J. J. Valencia M. 1991. Actividad reproductiva de la tuza *Pappogeomys merriami merriami* (Rodentia: Geomyidae) de Chalco, México. Anales del Instituto de Biología 62: 235-247.

Villavicencio, G. R. 2004. Kartierung von Vegetationsstrukturen und deren Veränderung in Naturschutzgebieten mit Hilfe von Fernerkundung und terrestrische Inventurverfahren – dargestellt am Beispiel des Schutzgebietes für Flora und Fauna "Sierra de Quila" im Bundesstaat Jalisco im Westen Mexikos -. Cuvillier Verlag Göttingen. 161 p.

Villavicencio, G. R., A. L. Santiago P., V. C. Rosas E. y L. Hernández López (comps.). 2011. I Foro de conocimiento, uso y gestión del Área Natural Protegida Sierra de Quila. Memorias. Universidad de Guadalajara, CONAFOR, CONANP, SEDER, Comité Regional Sierra de Quila, Biólogos Colegiados de Jalisco A.C. México. 130 p.

Villavicencio, G. R., P. Bauche P., A. Gallegos R., A. L. Santiago P. y F. M. Huerta Martínez. 2005. Caracterización estructural y diversidad de comunidades arbóreas de la Sierra de Quila. IBUGANA 13: 67-76.

Vleck, D. 1979. The energy cost of burrowing by the pocket gopher *Thomomys bottae*. Physiological Zoology 52: 122-136.

Ward, A. L. 1973. Mountain pocket gopher food habits in Colorado. Journal of Wildlife Management 24:89-92.

Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 1045 p.

Wilkins H. y R. Roberts. 2007. Comparative analysis of burrow systems of seven species of pocket gophers (Rodentia: Geomyidae). The Southwestern Naturalist 52: 83-88.

Williams, L. R. y G. N. Cameron. 1984. Demography of dispersal in Attwater's pocket gopher (*Geomys attwateri*). Journal of Mammology 65: 67-75.

Williams, L. R., y G. N. Cameron.1986. Demography of dispersal in Attwater's pocket gopher (*Geomys attwateri*). Journal of Mammalogy 65:67-75.

Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA. 622 p.

11. ANEXOS

Anexo 1. Formato para la obtención de los datos de la madriguera.

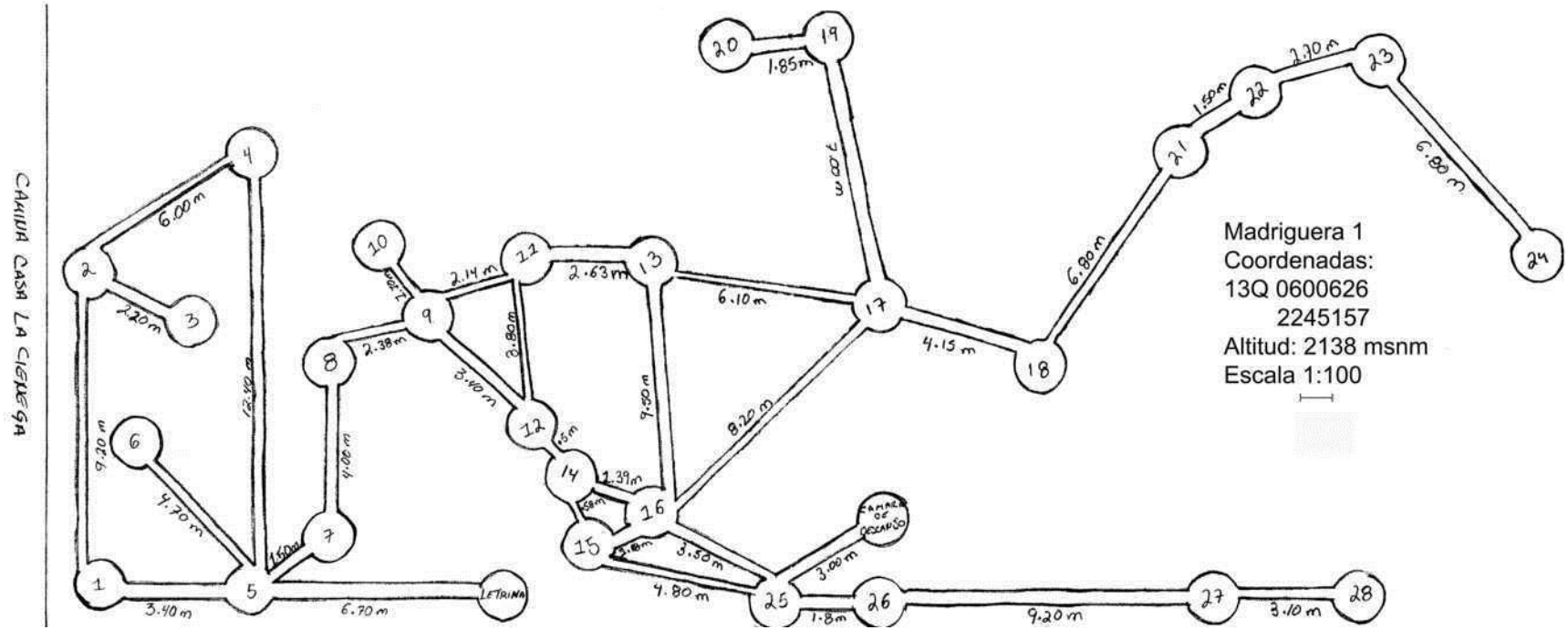
Fecha	Lugar	No. Madriguera	Altitud (m)	Tipo de suelo	Tipo de vegetación	Coordenadas

Montículo	Nº orificio	Profundidad (cm)	Diámetro (cm)	Orientación	Nº de cámaras	Tipo de cámara	Superficie (m^2)

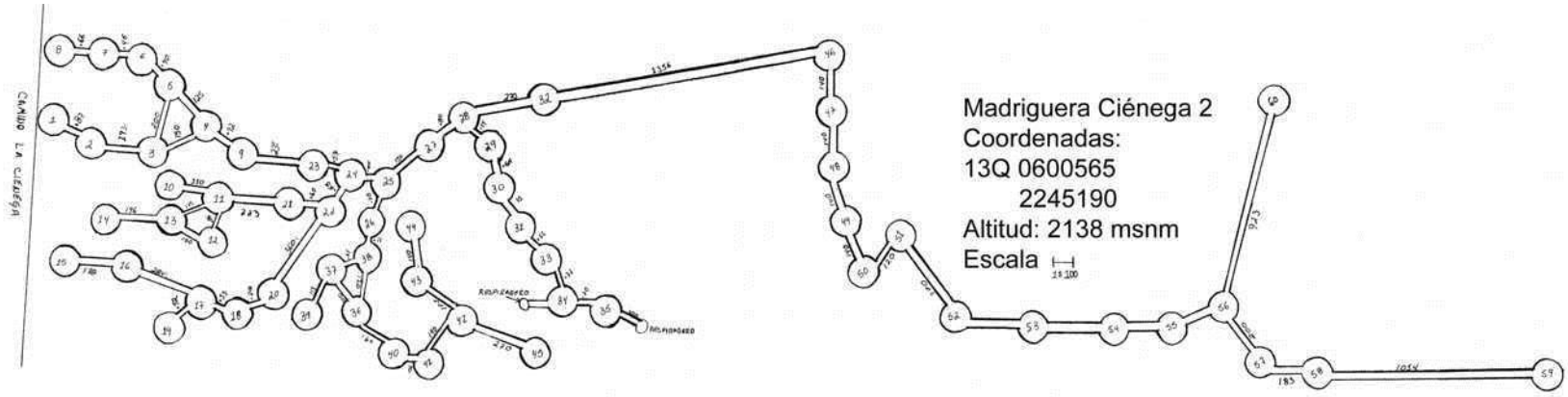
Anexo 2. Formato para la obtención de los datos de las características físicas de las madrigueras.

Madriguera	Geoposición (UTM)		Altitud (msnm)	Tipo de suelo	Profundidad del suelo (cm)	Pedregosidad	Geoforma
	Latitud	Longitud					

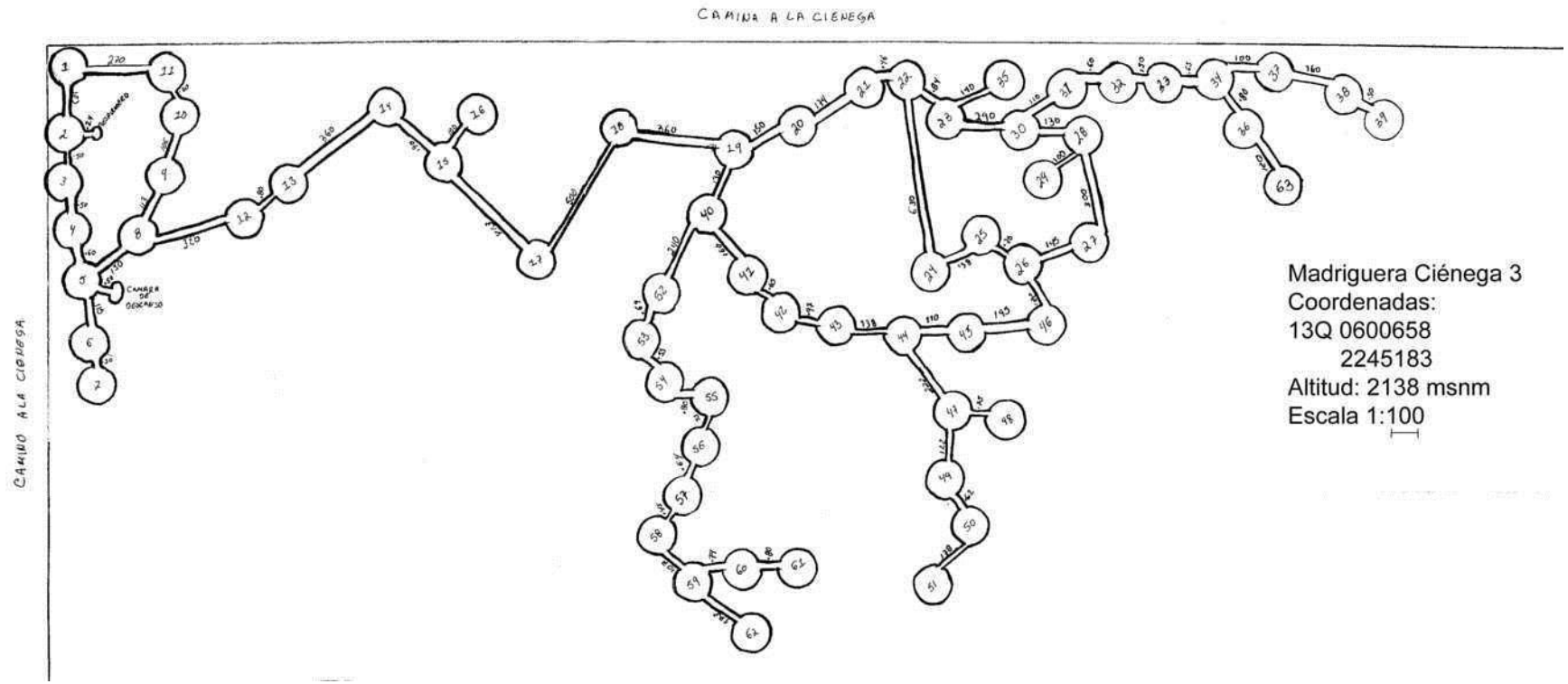
Anexo 3. Caracterización de la madriguera Meseta C1.



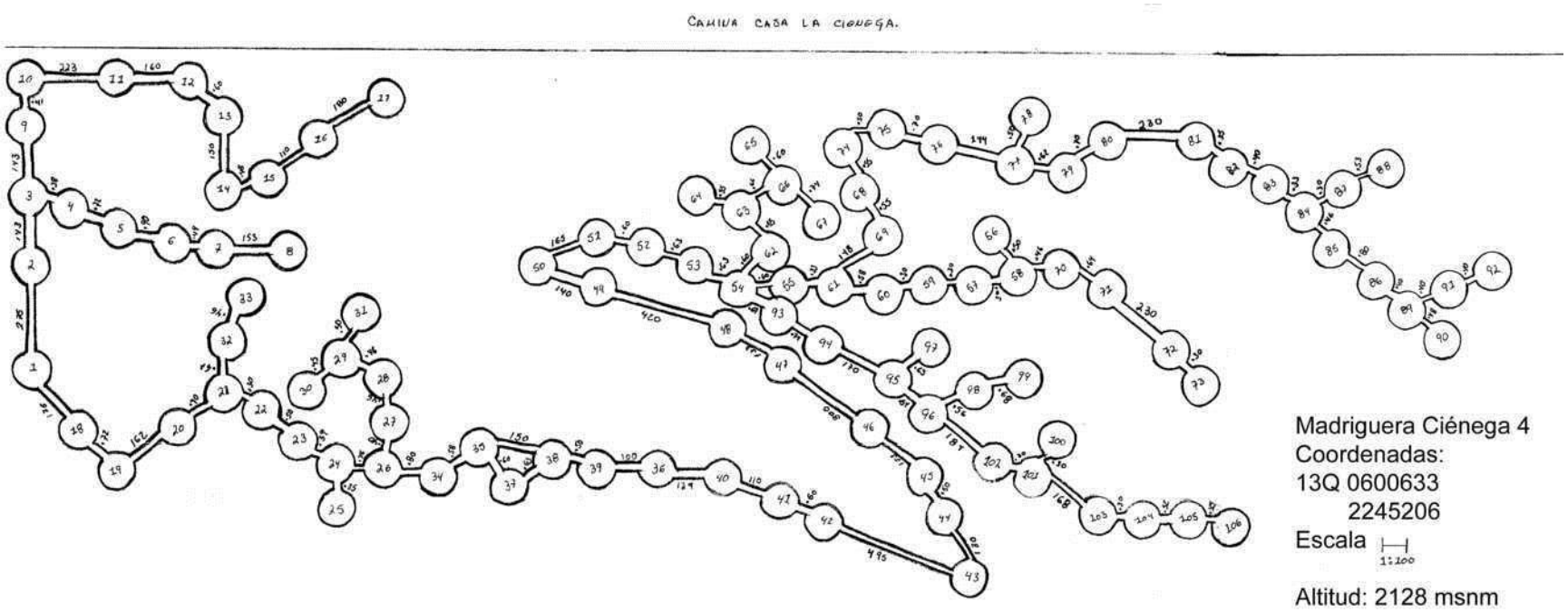
Anexo 4. Caracterización de la madriguera Meseta C2.



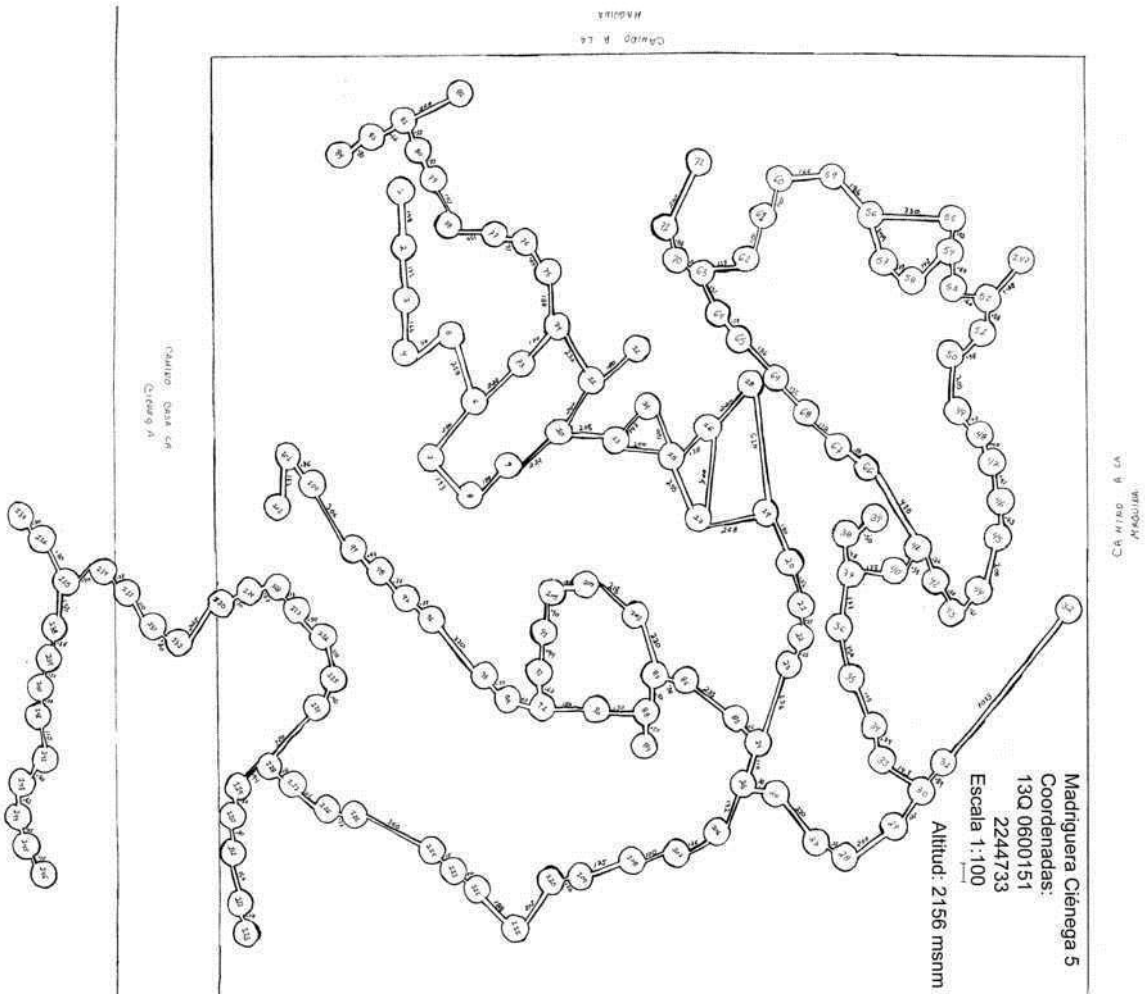
Anexo 5. Caracterización de la madriguera Meseta C3.



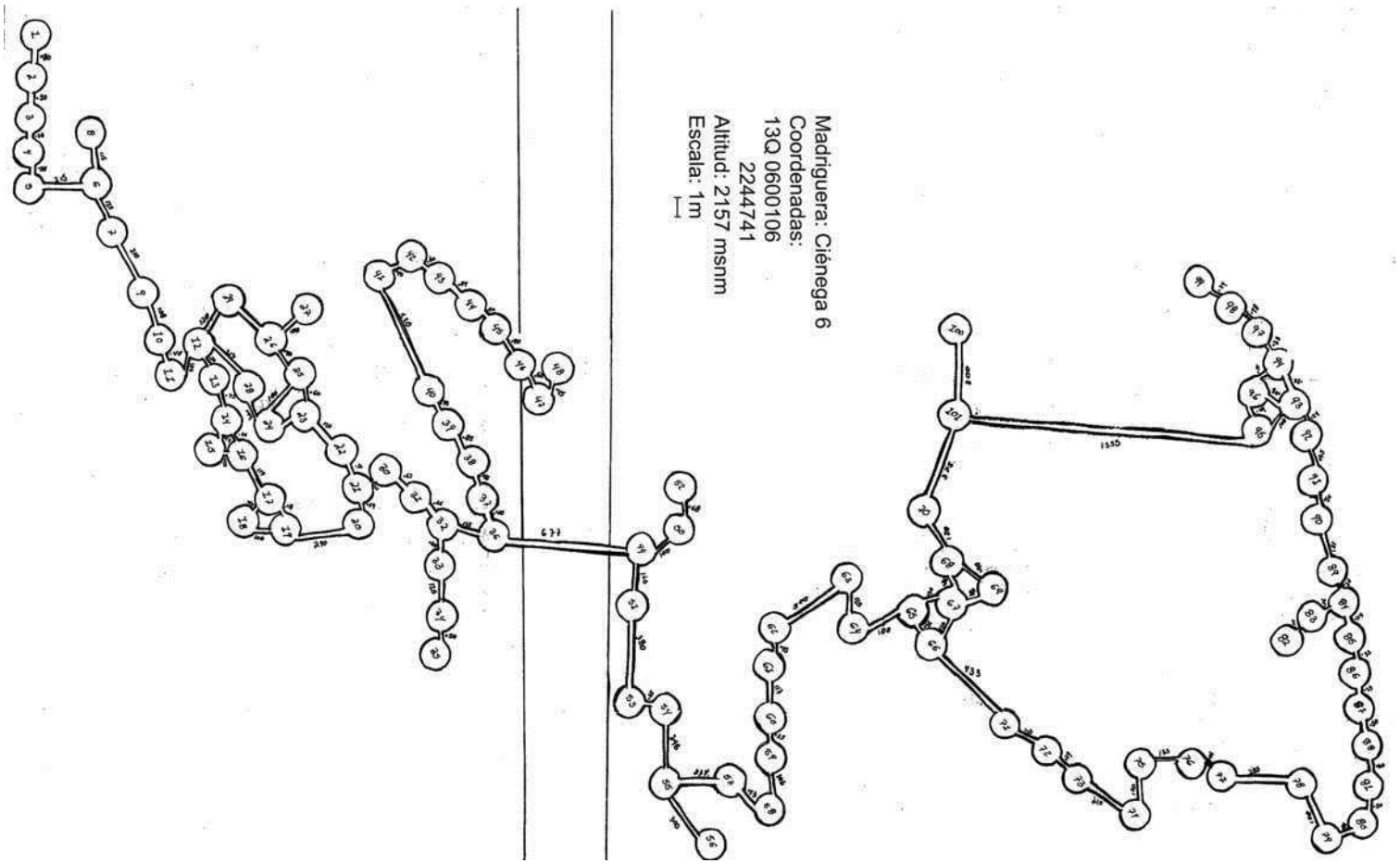
Anexo 6. Caracterización de la madriguera Meseta C4.



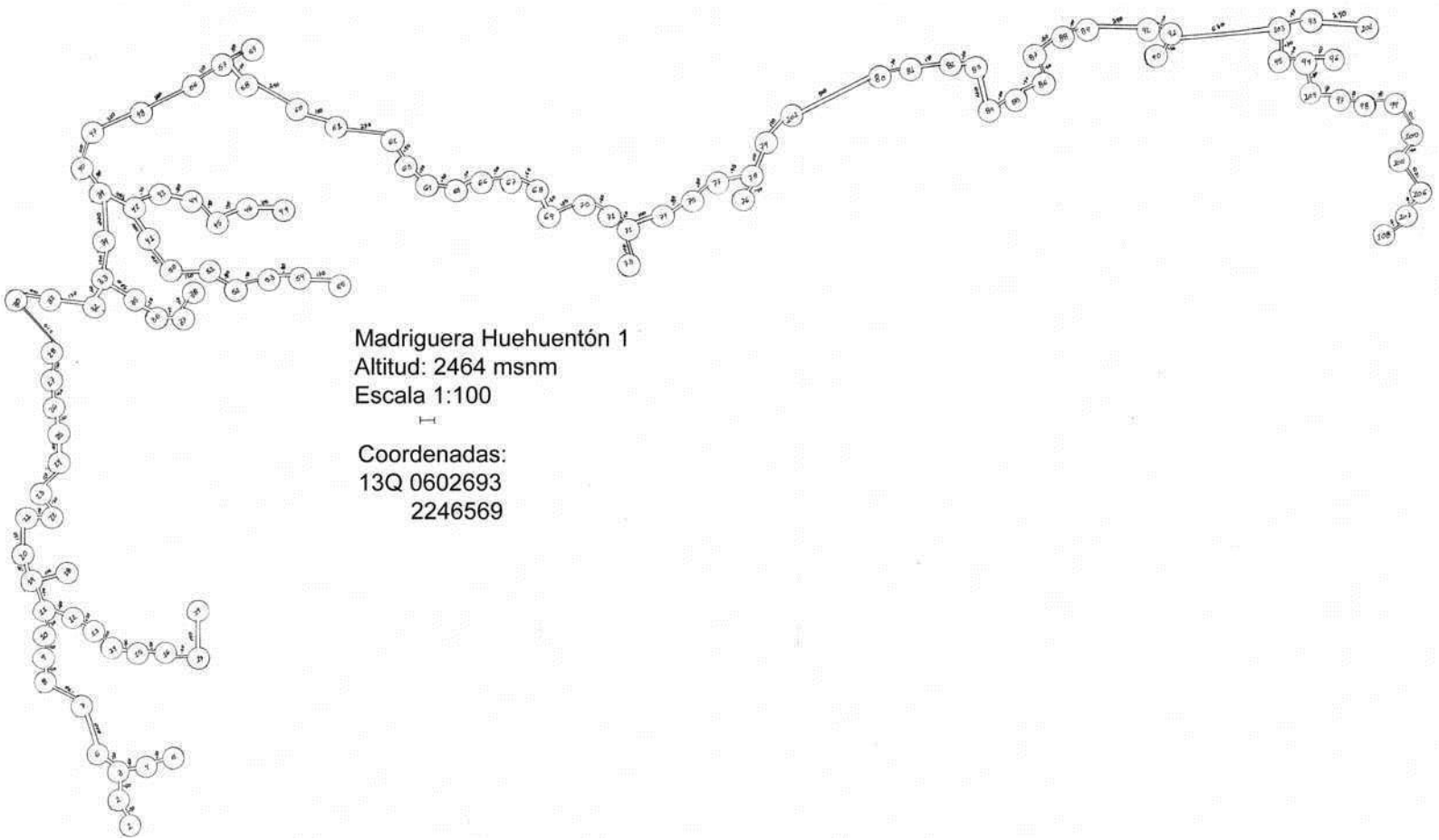
Anexo 7. Caracterización de la madriguera Meseta C5.



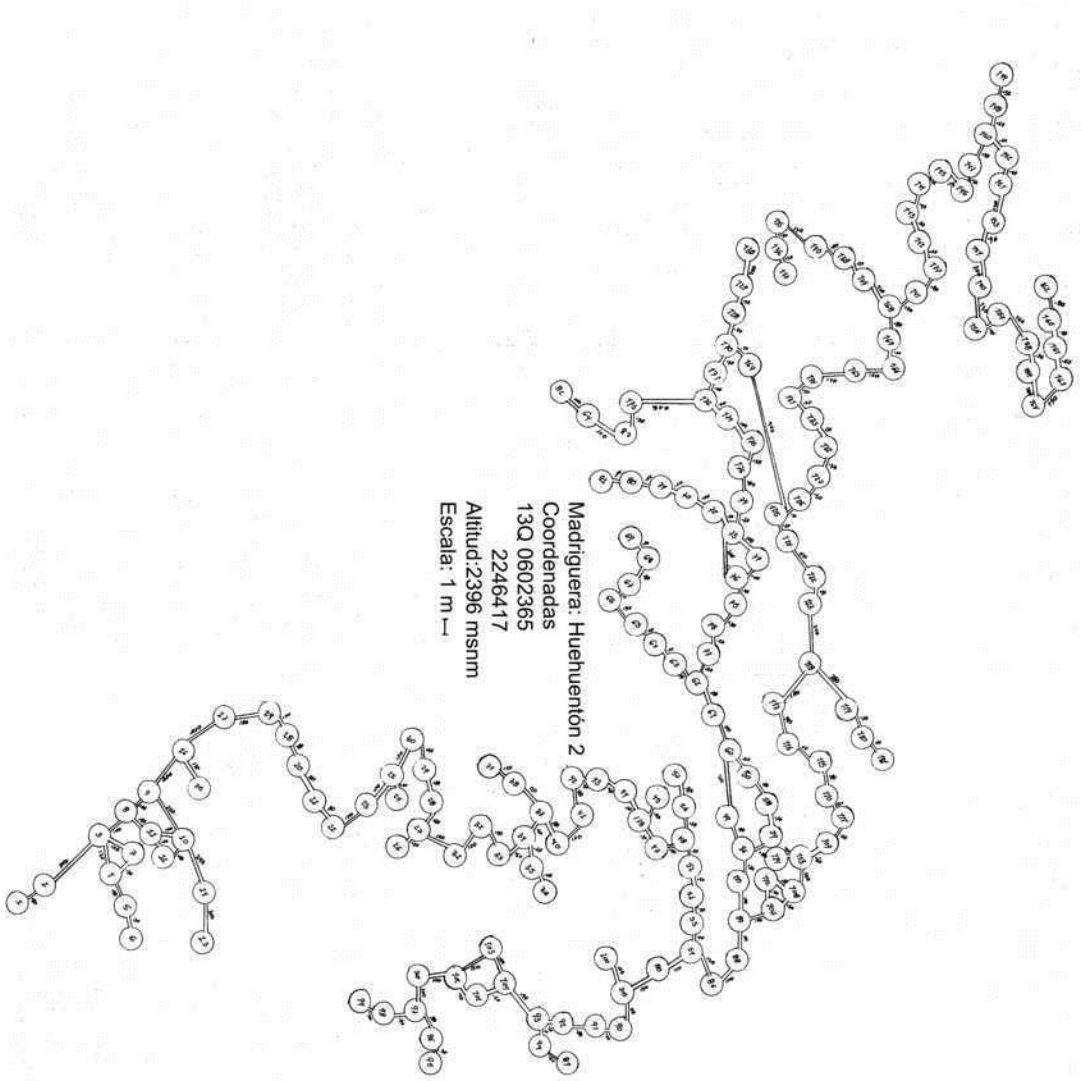
Anexo 8. Caracterización de la madriguera Meseta C6.



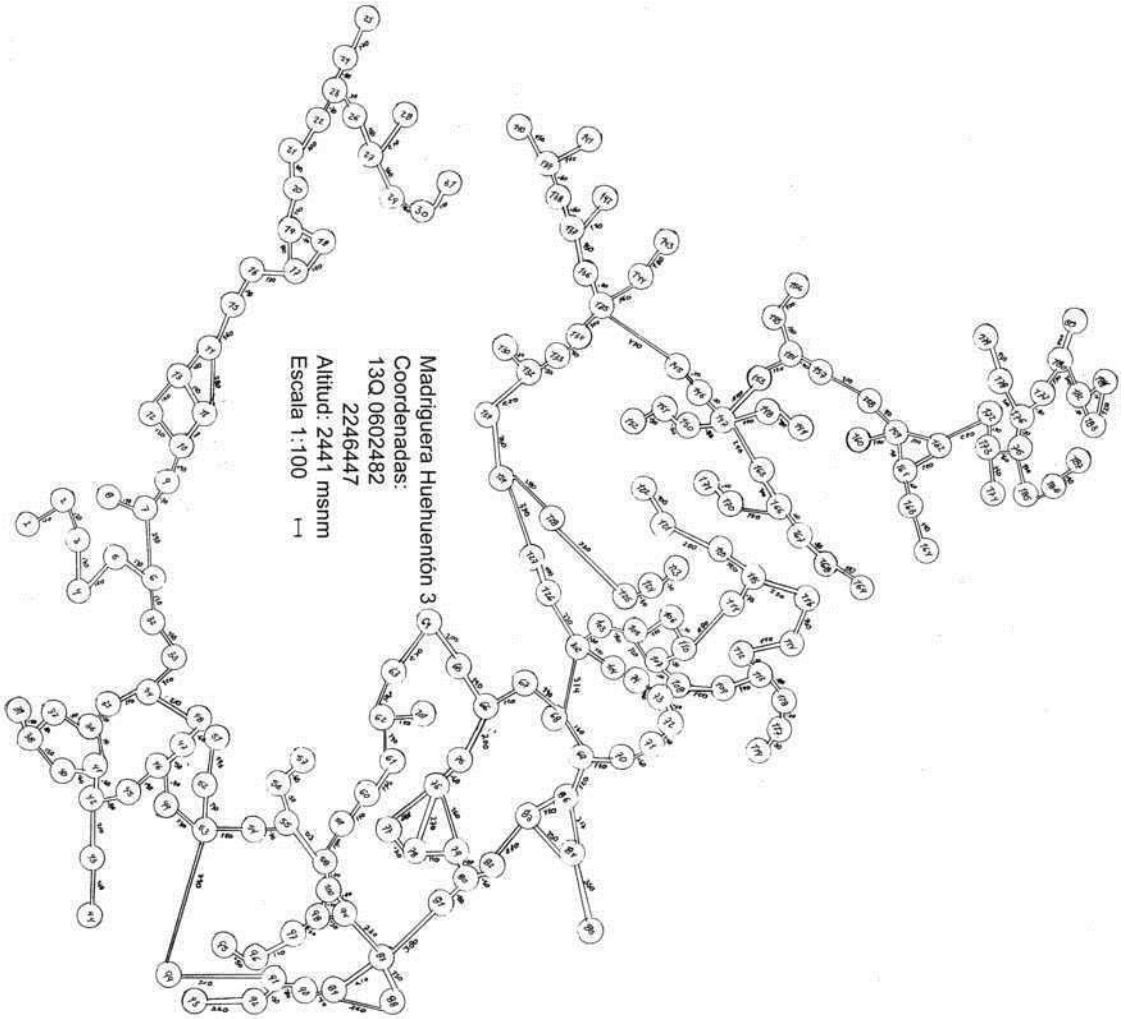
Anexo 9. Caracterización de la madriguera Ladera H1.



Anexo 10. Caracterización de la madriguera Ladera H2.

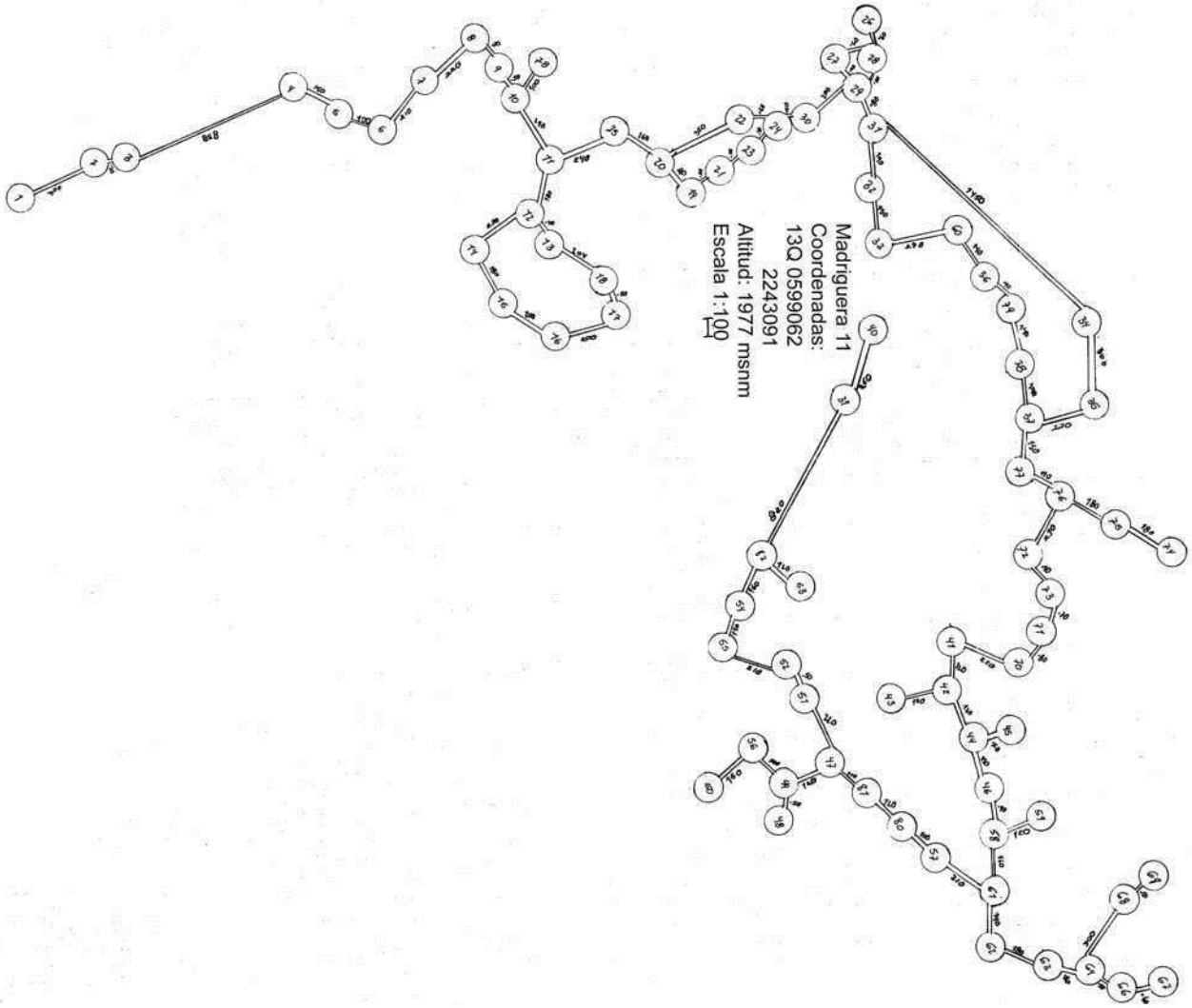


Anexo 11. Caracterización de la madriguera Ladera H3.

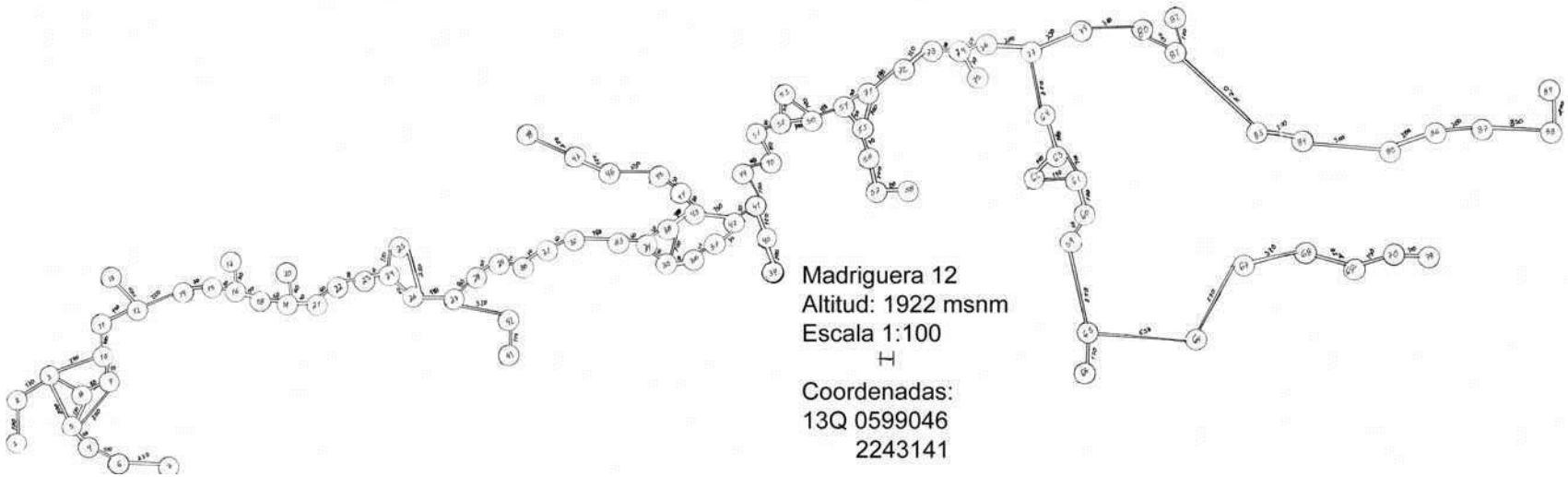
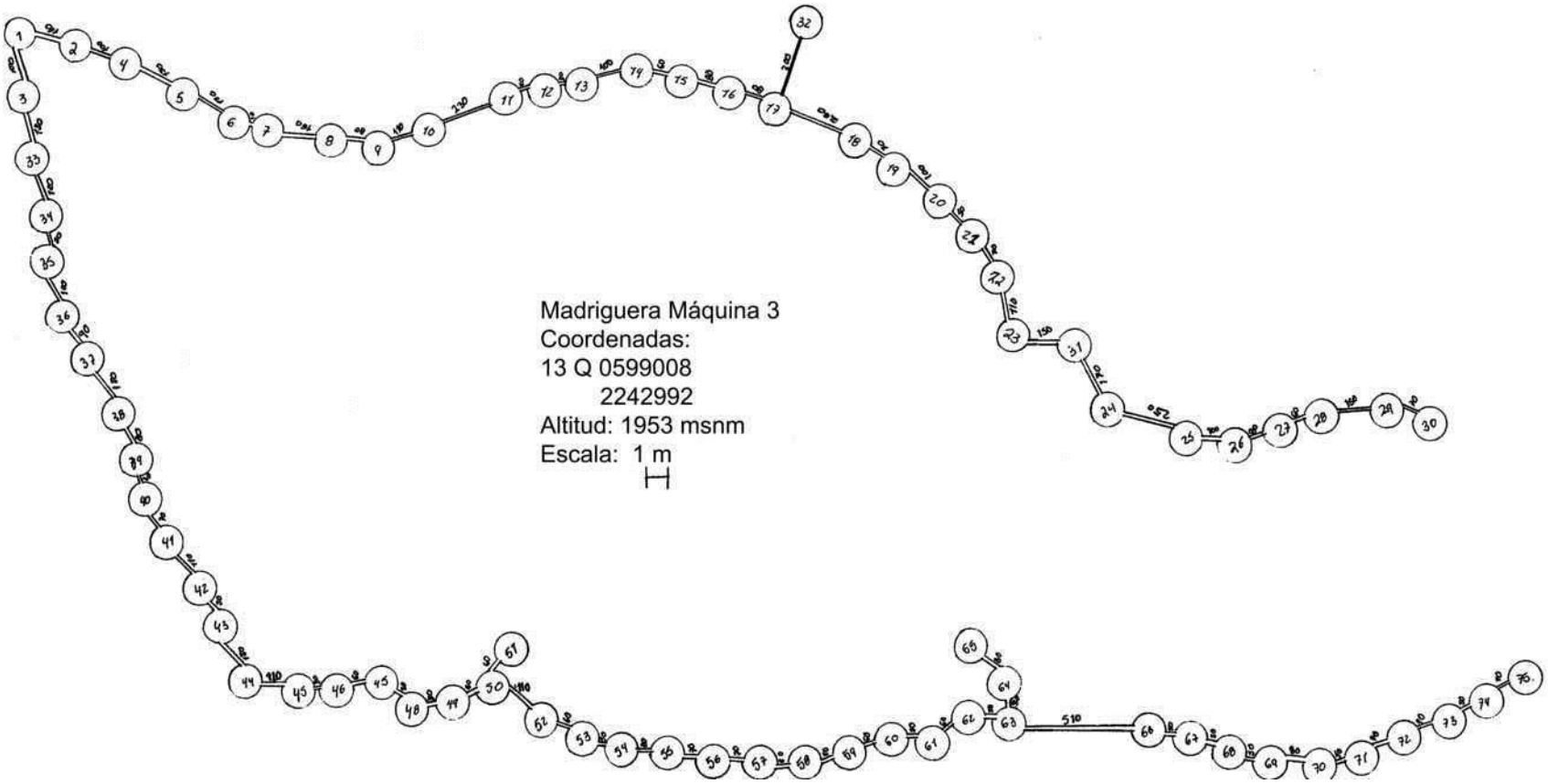


Anexo 12. Caracterización de la madriguera Ladera H4.

Anexo 13.Caracterización de la madriguera Ladera M1.



Anexo 14.Caracterización de la madriguera Ladera M2.



Anexo 15.Caracterización de la madriguera Ladera M3.