

Informe final* del Proyecto HB037
Códigos de barras del ADN de mamíferos topotipos de México Fase I: Noroeste mexicano

Responsable: Dr. Sergio Ticul Álvarez Castañeda
Institución: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S:C.
Dirección: Mar Bermejo #195, Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS, 23090, México
Correo electrónico: sticul@cibnor.mx
Teléfono/Fax: Tel: 01 (612) 123 8486 01 (612) 123 3625 01 (612) 125 3633
Fax: 01 1 125 3625
Fecha de inicio: Octubre 30, 2009
Fecha de término: Marzo 13, 2012
Principales resultados: Base de datos, informe final, códigos de barras, fotografías.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Álvarez-Castañeda. S. T., y E. Rios. 2011. "Códigos de barras del ADN de mamíferos topotipos de México Fase I: Noroeste mexicano". Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. HB037.** México, D.F.

Resumen:

El topotipo es un espécimen colectado en la misma localidad que el ejemplar tipo (con el que se describe a una especie) y que se presume pertenece a la misma especie, por lo que tiene implicaciones importantes en el reconocimiento de la especie. Por ser de la misma localidad, se considera que los topotipos pertenecen a la misma población del ejemplar tipo; por lo tanto, tienen los mismos atributos taxonómicos como coloración, morfología, tamaño y forma, y en el caso particular que nos ocupa, es extremadamente probable que tenga el mismo haplotipo (información genética mitocondrial) que el ejemplar tipo. El topotipo tiene la ventaja de ser un tejido fresco, recientemente colectado, de esta manera se pueden obtener secuencias de mejor calidad que del ejemplar tipo, el cual es viejo y está sujeto a las limitaciones del conservador. Por ello, el topotipo es la mejor alternativa, sobre todo cuando los especímenes tipos no estén disponibles. En el proyecto se obtendrán los códigos de barras de ADN mitocondrial (COI) para topotipos de al menos 150 taxa de mamíferos terrestres (carnívoros, quirópteros, didelfiomorfos, insectívoros, lagomorfos y roedores) del noroeste de México, para ser integradas a la base de datos del sistema BOLD. El proyecto contribuirá con información aplicable a la identificación de especies de mamíferos mexicanos resolviendo problemas taxonómicos que muchas de ellas presentan. Analizando la literatura reciente, así como observaciones propias del personal que presenta este proyecto, se ha detectado una gran cantidad de especies crípticas que han sido erróneamente identificadas en el pasado. Con la obtención de las secuencias del COI de los topotipos de las especies de mamíferos se podrán identificar correctamente a las poblaciones y evitar que problemas taxonómicos de este tipo sigan ocurriendo en el futuro, sobretodo cuando se desea implementar una librería de referencia. La mayor parte del material biológico (principalmente tejidos) de las especies a estudiar se encuentra albergado en la Colección de Mamíferos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y cuentan con un número de catálogo, localidades georeferenciadas, datos de colecta y han sido identificados por un experto en los mamíferos de la región. Sin embargo, hay algunas de las especies que cuentan con un tamaño de muestra reducido (1 espécimen), por lo que durante el proyecto se hará trabajo de campo para incluir una muestra representativa para cada taxa. Cabe hacer la aclaración que las poblaciones y áreas geográficas propuestas aquí no están representadas en el sistema BOLD. El material biológico de las especies que incluye el proyecto será procesado bajo los protocolos estandarizados por el iBOL en el Nodo Regional CIBNOR. La base de datos final que se incorporará al sistema BOLD cumplirá con todas las características estipuladas para ello.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME FINAL

PROYECTO CONABIO HB037

“Códigos de barras del ADN de mamíferos topotipos de México Fase I: Noroeste mexicano”

Responsable: Sergio Ticul Álvarez-Castañeda

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

Título del proyecto referido en BOLD: Topotypes Mammals Mexico
Código: MXTOP

Resumen:

La finalidad de este proyecto fue la obtención de códigos de barras de ADN mitocondrial (secuencias del gen citocromo oxidasa c subunidad 1) de ejemplares topotipos de mamíferos terrestres del noroeste de México, para ser integradas a la base de datos del sistema de Barcode of Life Database y que sirvan como parte de la librería de referencia para la identificación de especies mexicanas.

Se obtuvieron 650 códigos de barras de 151 taxa de mamíferos (especies y subespecies), comprendidos en 15 familias y siete órdenes con distribución en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Sinaloa, Durango y Nayarit.

Palabras clave: Identificación taxonómica, mamíferos, México, noroeste, topotipos.

Introducción

El topotipo es un espécimen colectado en la misma localidad que el ejemplar tipo (International Commission on Zoological Nomenclature 1999). El tipo es el portador del nombre binomial con el que se reconoce a las especies, es decir, es el espécimen con el cuál se describe una nueva especie. El topotipo, proveniente del mismo sitio que el tipo (localidad tipo), por lo que se presume que pertenece a la misma población, y por ende, a la misma especie que el ejemplar tipo. Por lo tanto, ambos tienen los mismos atributos taxonómicos como coloración, morfología, tamaño y forma, y en el caso particular que nos ocupa, es extremadamente probable que tenga el mismo haplotipo (información genética mitocondrial). Aquí es donde radica el gran valor del espécimen topotipo ya que tiene implicaciones importantes en el reconocimiento de la especie.

Lógicamente, la mayoría de los ejemplares tipo de cualquier grupo taxonómico trata de especímenes antiguos, albergados en colecciones altamente reconocidas y de uso restringido. Y por el valor a la ciencia que representa, es casi imposible el acceder a ellos para mutillarlos con el fin de obtener material genético. Por el contrario, el topotipo tiene la ventaja de ser un espécimen joven, con tejido fresco recientemente colectado. De esta manera, se pueden obtener secuencias de ADN de mejor calidad del topotipo que a partir de un ejemplar tipo, el cual por permanecer preservado durante años en una colección se ha visto sometido a la degradación y a la exposición de contaminantes, como resultan ser los químicos utilizados para fumigar las colecciones. Además de que los ejemplares tipo no suelen contar con muestras de tejidos u órganos asociados a ellos, o si existen, es material que se encuentra sujeto a las limitaciones del conservador. Por esto, el topotipo es la mejor alternativa para la obtención de códigos de barras y fungir como material de referencia para la identificación taxonómica de poblaciones.

Por otro lado, durante el procedimiento básico del sistema de códigos de barras del ADN se obtiene la secuencia del gen mitocondrial que codifica para el citocromo oxidasa c subunidad 1 (COI, en el caso de animales) de un ejemplar que regularmente es recién colectado y del que no se conoce su nombre todavía. Esta secuencia es comparada con otras secuencias de the Barcode of Life Database (BOLD, Ratnasingham y Hebert 2007) que generalmente contiene especímenes identificados *a priori* de los que se conoce su nombre y su identidad genética. Si las secuencias coinciden, se le asigna al ejemplar recién colectado el mismo nombre científico del ejemplar identificado *a priori*. En tales procedimientos, el investigador entra en un conflicto serio, debido a que el espécimen identificado *a priori* es la base de referencia de su estudio y a pesar de que ha sido revisado, la identidad del espécimen identificado *a priori* no está asegurada. Es por este motivo, que el hecho de tener una secuencia del ADN de un espécimen no implica necesariamente que la identidad de ese ejemplar esté garantizada. El taxónomo experto abastecerá de opiniones que permitirán una mejor certidumbre y una "validación" de la identificación (Hebert et al. 2003). Sin embargo, este problema se hace doblemente complicado cuando se trabaja con especies crípticas (Hebert et al. 2004, Dasmahapatra y Mallet 2006). En este caso, no se puede esclarecer la identidad de un espécimen basado exclusivamente en la morfología, debido a que son estas especies crípticas las que efectivamente no disponen de rasgos morfológicos suficientes (al menos los rasgos morfológicos tradicionales) para poder ser diferenciadas por el taxónomo especialista.

La fuente de información esencial, antes de emitir un juicio apresurado sobre la identidad taxonómica de un ejemplar o el nombre que le corresponde a un grupo, es el espécimen tipo y representa el centro de confianza de la taxonomía. Los especímenes tipo son fuente necesaria de material comparativo para estudios sistemáticos. Pero como anteriormente se indicó, el topotipo puede cubrir la misma función que el ejemplar tipo cuando éstos definitivamente no estén disponibles. Con la ventaja adicional de que el tejido del topotipo es fresco, se puede obtener la secuencia de cualquier marcador y obtener tantos pares de bases como sea necesario en la investigación.

El espécimen topotipo, y su secuencia de ADN asociada, puede proporcionar el registro de referencia obligada y todas las demás secuencias que son muy similares o idénticas podrían ser relacionadas inequívocamente con la base de datos y el nombre de la especie misma. De esta manera, el examen genético de los ejemplares topotipo puede crear confiabilidad en los estudios que utilizan la taxonomía del ADN para determinar la identidad de un espécimen y también para dar certidumbre, estabilidad y mejor coherencia a cualquier estudio de sistemática molecular (Austin et al 2002, Austin y Melvilla 2006).

El valor que puede aportar la secuencia de ADN de un ejemplar topotipo resulta evidente cuando existen muchas especies sumamente raras o posiblemente extintas, o cuando los grupos taxonómicos son problemáticos. Un ejemplo de especies crípticas son los estudios del código de barras de moscas, donde han encontrado una gran cantidad de posibles especies nuevas, con una alta divergencia entre los diferentes linajes (4% en promedio). No obstante, por tratarse de linajes morfológicamente crípticos no se puede tener una completa certidumbre sobre la asignación de estos linajes con las especies conocidas. Pero hasta el momento, la extracción del ADN es destructiva para el espécimen (Smith et al. 2006, 2007).

Por otro lado, para este proyecto se consideró trabajar la región noroeste de México incluyendo los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Sinaloa y Nayarit e islas adyacentes, como una primera aproximación al conocimiento de secuencias génicas para la identificación taxonómica de la mastofauna del país; con la idea en mente de en un futuro próximo extender el conocimiento de códigos de barras de especies topotipo a otras regiones del territorio nacional.

Antecedentes

La Colección de Mamíferos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR), se ubica en la región noroeste del país. Dicha colección es joven, con menos de 20 años desde su fundación, y se caracteriza por tener ampliamente representadas las especies de mamíferos terrestres de la región noroeste de México, lo que incluye un elevado número de ejemplares de especies endémicas. Así mismo, ha llegado a ser considerada como la tercera colección mastozoológica de importancia en el país por el número de ejemplares que alberga y como la primera con respecto a su colección de tejidos asociada a las especies albergadas; además de que cumple con los estándares establecidos para colecciones estipulados por la American Society of Mammalogists, CONABIO y la SEMARNAT.

La colección cuenta con una base de datos de todos los ejemplares que alberga, la cual incluye información de colecta, localidades georeferenciadas, entre otros datos. Mantiene notas de colecta con descripciones de hábitat, fotografías, ejemplares capturados, liberados y preparados en taxidermia. El material albergado en la colección es de reciente colecta y se encuentra conservado de manera adecuada, por lo que se asegura la obtención de secuencias de buena calidad para la obtención de los códigos de barras del COI.

El equipo de trabajo que laboró en este proyecto ha formado parte del personal de la colección de mamíferos del CIBNOR desde sus inicios; y desde hace 10 años inició su primer investigación con técnicas moleculares (análisis de secuencias de ADN mitocondrial) para estudiar las filogenias de especies de mamíferos de la región, resolviendo incluso, diversos problemas taxonómicos. Del mismo modo, se cuenta con diversas publicaciones como resultado de los distintos proyectos de investigación que versan sobre la distinción de las especies y poblaciones utilizando herramientas moleculares (Álvarez-Castañeda, 2007; Álvarez-Castañeda y Patton, 2004; Álvarez-Castañeda et al. 2009; Patton et al., 2007; Trujano-Álvarez y Álvarez-Castañeda, 2007; Whorley et al., 2004); así como material de divulgación sobre la importancia de las

colecciones como bancos de diversidad genética (Rios y Álvarez-Castañeda, 2006) y el uso de marcadores moleculares en estudios zoológicos (Rios et al., 2009).

Objetivos

- **General:**

Generar códigos de barras del COI para topotipos de al menos 140 taxa de mamíferos terrestres del noroeste mexicano y crear una base de datos con la información crítica para su identificación e incorporarla al sistema BOLD.

- **Particular(es):**

- 1) Obtención de muestras de tejido o piel de los ejemplares topotipo de las especies de mamíferos de la región noroeste que estén albergadas en la Colección de Mamíferos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR).

- 2) Colectar ejemplares para aquellos taxa que estén pobremente representados en la Colección, tratando de incluir un mayor número de topotipos.

- 3) Recopilar y generar información detallada sobre las características críticas para la identificación taxonómica de las especies.

- 4) Elaborar una base de datos que incluya información relevante para cada especie y fotografías anexas de los ejemplares.

- 5) Incorporar la base de datos generada al sistema BOLD.

Técnicas y métodos

ÁREA GEOGRÁFICA

El área geográfica de estudio comprendió la porción terrestre de la región noroeste de México, que incluye los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Sinaloa, Nayarit e islas adyacentes, tanto del Océano Pacífico como del Golfo de California. Las coordenadas extremas de toda el área a estudiar son: al norte 32° 43' LN, al sur 20° 40' LN, al oeste 117° 07' LW, y al este 99° 51' LW (Fig. 1).

La región noroeste de México es una semillanura costera casi recta e ininterrumpida, que se extiende por más de 1,500 km desde el Río Santiago hasta la frontera. A lo largo se pueden apreciar distintos aspectos de su geografía; desde el sur, con las hondas y deshabitadas cañadas de la Sierra Madre Occidental, se recorren tierras cada vez más áridas, hasta llegar a los desiertos de Chihuahua y Sonora y la prolongación oeste hacia la península de Baja California, con mar de por medio; con el añadido de una cadena montañosa que recorre la península de norte a sur (Nieto-Garibay 1999). La península de Baja California es una angosta franja de tierra que corre paralela al Océano Pacífico a lo largo de aproximadamente 1,700 km, con una anchura promedio de 100 km. Debido a esta circunstancia presenta características similares a una isla, con contrastes muy marcados con respecto al resto del país.

El hecho de que la región noroeste del país se ubique en el extremo occidental de la masa continental de Norteamérica da como resultado dos grandes consecuencias: una, de que su ubicación contribuye por sí misma a la aridez de esta porción del país que se encuentra sometida a los efectos de celda de alta presión durante la mayor parte del año; y dos, la costa occidental de la península de Baja California se encuentra sometida a la influencia de una corriente marina fría que tiene efectos de consideración sobre el clima local (Mosiño y García, 1974).

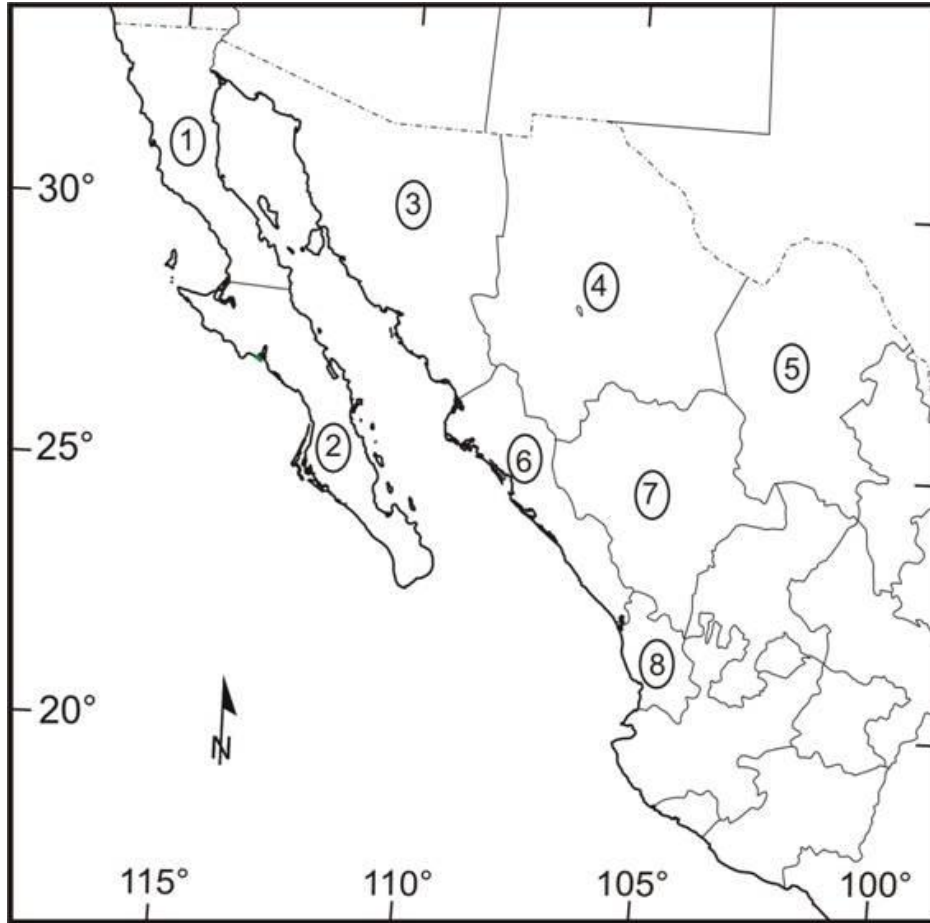


Fig. 1. Ubicación geográfica en la que se circunscribe el proyecto. 1) Baja California; 2) Baja California Sur; 3) Sonora; 4) Chihuahua; 5) Coahuila; 6) Sinaloa; 7) Durango; y 8) Nayarit.

Según la clasificación de Köppen, modificada por García (1981), los climas que imperan en esta región son los del grupo de climas secos o B, dentro de éste, el clima que predomina es de tipo muy árido o seco desértico BW característicos por tener temperaturas medias anuales que oscilan entre los 18 y 22°C, y en el mes más frío menor a 18°C, y con lluvias en verano e invierno, pero generalmente escasas todo el año.

En relación a la vegetación presente en el noroeste de México, el tipo que predomina es el xerófilo, caracterizado por un número considerable de formas biológicas que constituye aparentemente otros tantos medios de adaptación del mundo vegetal para afrontar la aridez. También incluye los tipos de bosque tropical caducifolio y subcaducifolio, bosque espinoso, bosque de coníferas, bosque de encino, mangles y pastizal (Rzedowski 1978, Nieto-Garibay 1999).

OBTENCIÓN DE MUESTRAS

Obtención de muestras de material de colección. Se revisó la base de datos de la Colección de Mamíferos del CIBNOR para determinar el número de especímenes topotipo que existía para cada una de las especies consideradas en el proyecto, considerando obtener un tamaño de muestra de diez individuos para secuenciar. Esto responde a que uno de los objetivos del Proyecto Mexicano del Código de Barras de la Vida

(MEXBOL) es el contar con este tamaño de muestra que represente poblaciones o áreas geográficas por especie. Una vez seleccionado el material que sería enviado a secuenciar se obtuvo el tejido del espécimen, o en su defecto, se tomó una muestra directamente de la piel en taxidermia. En los casos en los cuales no se contó con los diez ejemplares topotípicos, o bien, no se tenía representado el taxón con ejemplares topotipo, fue necesario realizar colectas de campo en las localidades tipo.

Colectas en campo. Se realizaron cuatro salidas al campo con el objetivo de obtener material fresco de especímenes topotipo de sitios particulares no representados en la colección. El responsable del proyecto contó con todos los permisos necesarios vigentes FAUT-044. En todos los casos se solicitará permiso de las autoridades, comunidades y propietarios de los predios para trabajar. La duración de cada salida fue variable ya que respondió al número de sitios visitados y la distancia entre ellos.

Los ejemplares fueron colectados con diferentes metodologías. En el caso de los roedores, se utilizaron trampas del tipo Sherman que fueron cebadas con avena, con las cuales se colecta a los individuos vivos. Las trampas se colocaron en sitios específicos donde se encontraron las condiciones de hábitat que correspondían a la especie o donde se observara actividad de los organismos, o bien, cada 10 metros de distancia por transectos de 40 estaciones (Jones et al. 1996). Para el caso de mamíferos medianos, se utilizaron trampas del tipo Tomahawk, que fueron colocadas en lugares que pudieran ser usados como senderos. Para murciélagos, se colocaron redes de niebla en un horario crepuscular en sitios donde se observara actividad o cercanos a cuerpos de agua. Una vez capturados los individuos se procedió a su identificación con la ayuda de claves especializadas (Hall 1981) y la toma de medidas somáticas. Solamente organismos seleccionados fueron sacrificados y preparados en taxidermia obteniendo muestras de tejido muscular para la obtención de los códigos de barras. Todo el material mastozoológico (piel y esqueleto) fue trasladado al laboratorio de vertebrados del CIB, para ser procesados y posteriormente integrados a la Colección.

En cada sitio de colecta se elaboró una hoja de control en el que se incluyen los siguientes datos: localidad, fecha, georeferencia, método de colecta, descripción del hábitat, tipo de vegetación asociada, substrato, número de ejemplares colectados por especie, número de ejemplares liberados y retirados para ser preparados e incorporados a la colección del CIB; además de notas sobre el micro ambiente en el que fueron colectados los individuos de cada una de las especies.

Preparación de muestras, envío y procesamiento. La toma de la muestra se realizó en las condiciones más limpias posibles, teniendo cuidado de limpiar con alcohol el instrumental utilizado (pinzas, tijeras, bisturí) y flamearlo al terminar de manipular cada individuo. Las muestras se colocaron en etanol al 95% en los 95 pozos de cada placa de PCR, se etiquetó la placa con el identificador de la institución para ser reconocidas por el Laboratorio del Nodo Regional Norte (CIBNOR) para su procesamiento. Cada placa que se envió a procesar estuvo acompañada del formato de hoja de cálculo establecido por BOLD con todos los datos que identifican la procedencia de las muestras. Se abrió el proyecto "Topotypes Mammals Mexico" con el código MXTOP, donde se le otorgó acceso a todos los investigadores asociados al proyecto y al asesor de la CONABIO asignado al proyecto.

Resultados y discusión

Se obtuvieron 650 códigos de barras para distintos taxa de mamíferos topotipos del noroeste mexicano. El total de estos códigos puede ser utilizado como referente para la identificación adecuada de las especies en estudio, ya que todas las secuencias fueron validadas. Cabe señalar que parte del material de tejido enviado

a secuenciar aun se encuentra en proceso, por lo que se espera que el número de códigos de barras generados en este proyecto se incremente en un futuro próximo.

El proyecto comprende 940 registros de especímenes de mamíferos topotipo incluidos en el Sistema BOLD (representando el 145% de lo proyectado, 650 comprometidos). Cabe señalar que durante el desarrollo del proyecto, para algunos especímenes fue necesario enviar una segunda muestra de tejido ya que en una primera corrida de laboratorio no se obtuvo éxito al secuenciar. De tal modo que algunos especímenes presentan un registro duplicado. Del mismo modo, es importante destacar que aun se encuentra material de tejido en proceso de secuenciación en los laboratorios de BOLD, por lo que se espera que en un futuro próximo el número total de códigos de barras generados en este proyecto sea superior. En la tabla 1 se resume el número de muestras y actividades comprometidas comparando con las cifras alcanzadas.

El catálogo del código de barras iBOLD incluye todos los datos obtenidos para cada espécimen dentro del proyecto, particularmente las fotografías del ejemplar voucher, las secuencias y los electroferogramas originales. Estos registros pertenecen a 70 especies de mamíferos (151 taxa considerados en el proyecto, Anexo 1), incluidas en 32 géneros, 15 familias y siete órdenes. Hay que aclarar que en el sistema BOLD sólo se considera el nivel específico de los individuos y no a las subespecies, además de que se maneja para varios casos una nomenclatura distinta a la aplicada en este proyecto, principalmente porque el proyecto trata de taxa originales (especies y subespecies) que en la actualidad no reconoce BOLD. Por ello es la diferencia en el número de taxa referidos, 70 en BOLD, pero 151 topotipos. En relación al número de taxa considerados para el proyecto, se obtuvo el 108% de lo proyectado, por lo que se supera la meta inicialmente planteada.

Tabla 1. Programa de trabajo proyectado indicando las metas comprometidas y las alcanzadas.

Actividad	Comprometido	Alcanzado
Colectas en campo	4 salidas	4 salidas
Obtención de especímenes en campo	250 especímenes	285 especímenes
Selección de muestras para extracción	650 muestras	1045 muestras
Obtención de fotografías de ejemplares	250 fotografías	602 fotografías
Validación de la determinación por parte del taxónomo	140 validaciones	151 validaciones
Entrega-Envío de muestras al Nodo norte CIBNOR placas/muestras de tejido	8 placas/650 muestras	11 placas/1045 muestras
Registros en el BOLD	650 registros	940 registros
Especies incluidas en el BOLD	140 taxa	151 taxa
Ejemplares incluidos en el BOLD	650 ejemplares	940 ejemplares
Ejemplares georreferidos en el BOLD	650 ejemplares	940 ejemplares
Especímenes con fotografía	250 especímenes	340 especímenes
Imágenes incluidas en el BOLD	250 fotografías	602 fotografías
Secuencias incluidas en el BOLD	650 secuencias	650 secuencias
Código de barras (CB) en el BOLD	650 CB	650 CB
Entrega de informe de actividades a CONABIO	2	2
Entrega de informe final de actividades a la CONABIO	1	1

Con relación a las fotografías, 340 de los registros en el Sistema cuentan con al menos una fotografía del ejemplar, haciendo un total de 602 imágenes entregadas a la CONABIO. Todos los ejemplares voucher se encuentran depositados en la Colección de Mamíferos (CIB) del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

Se obtuvo el árbol completo de identificación con todas las secuencias generadas para este proyecto (BOLD TaxonID Tree, Anexo 2). Al interpretar dicho árbol generado por el sistema BOLD, bajo el modelo de distancia Kimura 2 parámetro, para los 650 códigos de barras se observa coherencia en toda la acreditación de los grupos. En cada uno de los casos, todas las especies están asociadas a grupos con similares códigos de barras. Esto demuestra que la identificación por medio de códigos de barras es afín entre las especies que se utilizaron para este estudio. Como el proceso de códigos de barras es únicamente a nivel de especie y en algunas ocasiones de género, y el árbol generado no es un árbol filogenético si no únicamente de similitud, no existe una concordancia entre los diferentes géneros dentro de las familias o entre familias. Los datos de las especies presentadas tienen una estrecha correlación entre los ejemplares de las mismas especies, lo que es una buena validación de que el método de códigos de barras de la vida es un sistema fiable para la identificación de las especies. El árbol que se presenta tiene todos los estándares necesarios para ser considerado como un buen árbol dentro del proyecto de código de barras.

De manera independiente, se tuvo la oportunidad de analizar las secuencias generadas en este proyecto con aquellas de ejemplares de mamíferos provenientes del resto del continente Americano. Esto nos permitió hacer una comparación directa y así validar este árbol con respecto al resto de los códigos de barras existente para los mamíferos de América.

En el Anexo 1 se presenta la relación de los 151 taxa registrados en BOLD. Como archivos adjuntos a la presentación de este informe final de proyecto se entrega a la CONABIO el archivo en Excel generado por el sistema con los datos de los 940 registros, el archivo con los datos para las imágenes, así como los comentarios a las revisiones hechas por la Subdirección de Inventarios Bióticos.

Conclusiones

Se alcanzaron todas las metas propuestas para este proyecto, en la mayoría de los casos, sobrepasando el número comprometido. Cabe destacar que aun se encuentra material de tejido en proceso de secuenciación en los laboratorios de BOLD, por lo que se espera que en fechas próximas el número total de códigos de barras generados en este proyecto sea superior.

Los códigos de barras obtenidos son de buena calidad, cerca del 90% corresponde a secuencias con una longitud de 680 pares de bases. Todos estos códigos pueden ser utilizados como referentes para la identificación adecuada de las especies consideradas, todas las secuencias fueron validadas.

Créditos

Texto y bases de datos: Álvarez-Castañeda, S. T., y E. Rios. 2011. "Códigos de barras del ADN de mamíferos topotipos de México Fase I: Noroeste mexicano". Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. HB037. México D. F.

Fotografías: E. Rios.

Bibliografía

- Álvarez-Castañeda, S. T. 2007. Analysis of the antelope ground squirrel (*Ammospermophilus leucurus*) of the Baja California peninsula and Gulf of California islands. *Journal of Mammalogy* 88:1160-1169.
- Álvarez-Castañeda, S. T., y J. L. Patton. 2004. Geographic genetic architecture of pocket gopher (*Thomomys bottae*) populations in Baja California, Mexico. *Molecular Ecology*, 13:2287-2301.
- Álvarez-Castañeda, S. T. W. Z. Lidicker, Jr., y E. Rios. 2009. Revision of the *Dipodomys merriami* complex in the Baja California Peninsula, Mexico. *Journal of Mammalogy*, 90.
- Austin, J. J., E. N. Arnold, y R. Bour. 2002. The provenance of type specimens of the extinct Mascarene island giant tortoises (*Cylindraspis*) revealed by ancient mitochondrial DNA sequences. *Journal of Herpetology*, 38: 280-285.
- Austin, J. J. y J. Melvilla. 2006. Incorporating historical museum specimens into molecular systematic and conservation genetics research. *Molecular Ecology Notes*, 6:1089-1092.
- Dasmahapatra, K. K. y J Mallet. 2006. DNA barcodes: recent successes and future prospects. *Heredity*, 97: 254-255.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. 3ª. ed. D.F., México. 252 p.
- Hall, E. R. 1981. *The Mammals of North America*. John Wiley and Sons. New York.
- Hebert, P. D. N., A. Cywinska, S. L. Bally y J. R. deWaard. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society, Biological Science*, 270:313-321.
- Hebert, P. D. N., E. H. Penton, J. M. Burns, D. H. Janzen and W. Hallwachs. 2004. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. *PNAS*, 101(41): 14812-14817.
- International Commission on Zoological Nomenclature. 1999. *International Code of Zoological Nomenclature*, (Cuarta Edición), The International Trust for Zoological Nomenclature.
- Jones, C. McShea W. J., M. J. Conroy, y T. H. Kunz. 1996. Capturing Mammals, Pp 115-155. In *Measuring and monitoring Biological Diversity Standard Methods for Mammals* (Wilson, D. E., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran, y M. Foster eds.). Smithsonian Institution Press. Washington.
- Mosiño, P., y E. García. 1974. The climate of Mexico. Pp. 345-404. In: *World Survey of Climatology*. Vol. 2. (R. A. Bryson y F. K. Hare, comps.). *Climates of North America*, Elsevier, Nueva York.
- Nieto-Garibay, A. 1999. Características generales del Noroeste de México. Pp. 13-28. In: *Mamíferos del noroeste de México I*. (Álvarez-Castañeda, S. T. y J. L. Patton, eds.). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
- Patton, J. L., D. G. Huckaby, y S. T. Álvarez-Castañeda. 2007. The systematic and evolutionary history of woodrats of the *Neotoma lepida* complex. *University of California Press* 135:1-411.
- Ratnasingham S., P. y D. N. Hebert. 2007. BOLD: the Barcode of Life Data System (www.barcodinglife.org). *Molecular Ecology Notes*, 7: 355-364.
- Rios, E., y S. T. Álvarez-Castañeda. 2006. Las colecciones como banco de biodiversidad genética. Pp. 181--194 in *Colecciones Mastozoológicas de México*. (Lorenzo, C., E. Espinoza, M. Á. Briones, y F. A. Cervantes, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología A. C.
- Rios-Mendoza, E., H. Mejía, y S. T. Álvarez-Castañeda. 2009. Marcadores moleculares: tecnología que ha revolucionado los estudios en Zoología. *Ciencia*, 60:5-13.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. LIMUSA. México.
- Smith, M. A., N. E. Woodley, D. H. Janzen, W. Hallwachs y P. D. N. Hebert. 2006. DNA barcodes reveal cryptic host-specificity within the presumed polyphagous members of a genus of parasitoid flies (Diptera: Tachinidae). *PNAS*, 103: 3657–3662.

- Smith, M. A., D. M. Wood, D. H. Janzen, W. Hallwachs y P. D. N. Hebert. 2007. DNA barcodes affirm that 16 species of apparently generalist tropical parasitoid flies (Diptera, Tachinidae) are not all generalists. PNAS, 104: 4967–4972.
- Trujano-Álvarez, A. L., y S. T. Álvarez-Castañeda. 2007. Taxonomic revision of *Thomomys bottae* in Baja California Sur lowlands. Journal of Mammalogy 88:343-350.
- Whorley, J. R., Álvarez-Castañeda, S. T., y G. J. Kenagy. 2004. Genetic structure of desert ground squirrels over a 20-degree-latitude transect from Oregon through the Baja California peninsula. Molecular Ecology, 13:2709-2720.

ANEXO 1

Relación de los 151 taxa registrados en BOLD para el proyecto MXTOP.

Taxón
<i>Ammospermophilus leucurus canfieldae</i>
<i>Ammospermophilus leucurus extimus</i>
<i>Antrozous minor</i>
<i>Bassariscus astutus insulicola</i>
<i>Bassariscus saxicola</i>
<i>Canis latrans peninsularis</i>
<i>Chaetodipus arenarius ramirezpulidoi</i>
<i>Chaetodipus artus</i>
<i>Chaetodipus hispidus</i>
<i>Chaetodipus penicillatus</i>
<i>Citellus beecheyi nudipes</i>
<i>Cynomys mexicanus</i>
<i>Didelphis californica</i>
<i>Dipodomys agilis latimaxillaris</i>
<i>Dipodomys agilis martirensis</i>
<i>Dipodomys merriami annulus</i>
<i>Dipodomys merriami arenivagus</i>
<i>Dipodomys merriami brunensis</i>
<i>Dipodomys merriami llanoensis</i>
<i>Dipodomys merriami melanurus</i>
<i>Dipodomys merriami quintinensis</i>
<i>Dipodomys merriami semipallidus</i>
<i>Dipodomys merriami trinidadensis</i>
<i>Dipodomys ordii extractus</i>
<i>Dipodomys paralius</i>
<i>Dipodomys peninsularis australis</i>
<i>Dipodomys peninsularis eremoecus</i>
<i>Dipodomys peninsularis pedionomus</i>
<i>Dipodomys platycephalus</i>
<i>Dipodomys simulans simulans</i>
<i>Dipodomys spectabilis zygomaticus</i>
<i>Hesperomys sonoriensis</i>
<i>Lepus californicus</i>
<i>Liomys sonorama</i>
<i>Lynx rufus peninsularis</i>
<i>Mormoops megalophylla rufescens</i>
<i>Myotis californicus</i>
<i>Myotis micronyx</i>
<i>Myotis peninsularis</i>
<i>Myotis yumanensis lambi</i>
<i>Neotoma albigula sheldoni</i>
<i>Neotoma arenacea</i>
<i>Neotoma bella felipensis</i>
<i>Neotoma fuscipes martirensis</i>
<i>Neotoma intermedia notia</i>
<i>Neotoma intermedia ravida</i>
<i>Neotoma intermedia vicina</i>
<i>Neotoma lepida aridicola</i>
<i>Neotoma lepida bensoni</i>

Neotoma lepida egressa
Neotoma lepida marcosensis
Neotoma lepida molagrandis
Neotoma nudicauda
Notiosorex crawfordi
Odocoileus cerrosensis
Perodipus simulans peninsularis
Perognathus arenarius
Perognathus arenarius albescens
Perognathus arenarius arenarius
Perognathus arenarius mexicalis
Perognathus arenarius paralios
Perognathus arenarius sabulosus
Perognathus arenarius sublucidus
Perognathus baileyi
Perognathus baileyi extimus
Perognathus baileyi hueyi
Perognathus baileyi mesidios
Perognathus baileyi rudinoris
Perognathus fallax inopinus
Perognathus fallax majusculus
Perognathus fallax xerotrophicus
Perognathus goldmani
Perognathus helleri
Perognathus intermedius pinacate
Perognathus longimembris venustus
Perognathus pernix pernix
Perognathus pernix rostratus
Perognathus pricei
Perognathus spinatus broccus
Perognathus spinatus nelsoni
Perognathus spinatus oribates
Perognathus spinatus peninsulae
Peromyscus boylii simulus
Peromyscus crinitus delgadilli
Peromyscus dubius, sex ND
Peromyscus eremicus papagensis
Peromyscus eremicus propinquus
Peromyscus eremicus sinaloensis
Peromyscus eva
Peromyscus fraterculus
Peromyscus goldmani
Peromyscus leucopus coolidgei
Peromyscus maniculatus hueyi
Peromyscus merriami
Peromyscus metallicola
Peromyscus truei lagunae
Pipistrellus hesperus
Procyon lotor
Procyon lotor grinnelli
Reithrodon megalotis
Reithrodontomys fulvescens canus
Sciurus griseus
Sciurus nayaritensis

Sigmodon berlandieri
Sitomys martirensis
Sorex lagunae
Spermophilus grammurus atricapillus
Spermophilus tereticaudus
Spermophilus pilosoma ammophilus
Sylvilagus audobonii
Sylvilagus floridanus macrocarpus
Sylvilagus mansuetus
Tadarida brasiliensis
Thomomys aphantus
Thomomys bottae abbotti
Thomomys bottae borjasensis
Thomomys bottae cactophilus
Thomomys bottae camoae
Thomomys bottae catavinensis
Thomomys bottae convergens
Thomomys bottae divergens
Thomomys bottae estanciae
Thomomys bottae homorus
Thomomys bottae imitabilis
Thomomys bottae incomptus
Thomomys bottae jojobae
Thomomys bottae juarezensis
Thomomys bottae litoris
Thomomys bottae proximarinus
Thomomys bottae rhizophagus
Thomomys bottae ruricola
Thomomys bottae russeolus
Thomomys bottae xerophilus
Thomomys fulvus alticolus
Thomomys fulvus anitae
Thomomys goldmani
Thomomys magdalenae
Thomomys nelsoni
Thomomys simulus
Thomomys sinaloae
Thomomys toltecus
Thomomys umbrinus brazierhowelli
Thomomys umbrinus caliginosus
Thomomys umbrinus camargensis
Thomomys umbrinus madrensis
Thomomys umbrinus sonoriensis
Thomomys umbrinus varus
Urocyon cinereoargenteus nigrirostris
Urocyon cinereoargenteus peninsularis
Vespertilio volans
Vulpes macrotis devia

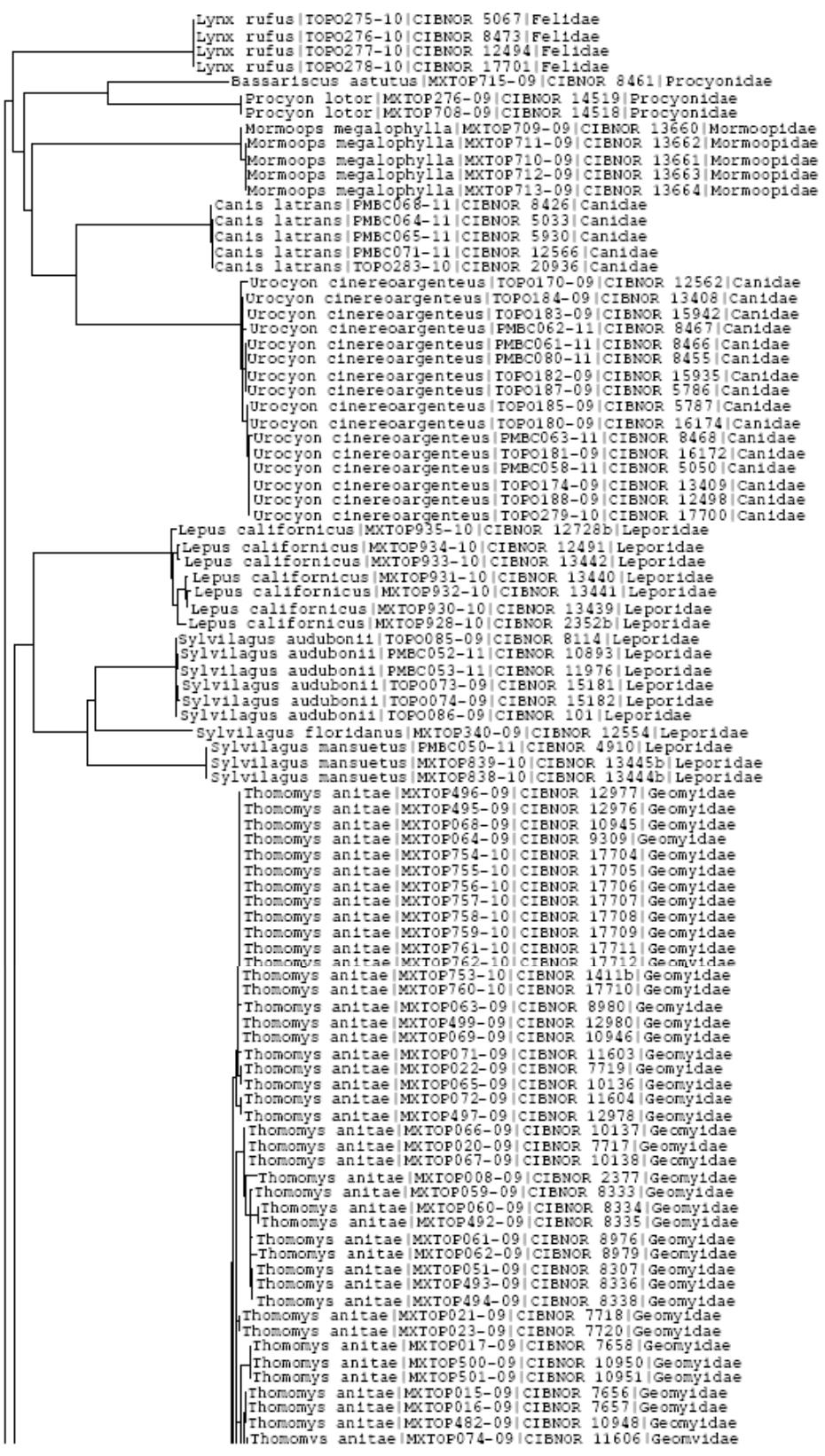
ANEXO 2

Árbol de identificación con todas las secuencias generadas para el proyecto (BOLD TaxonID Tree).

BOLD TaxonID Tree

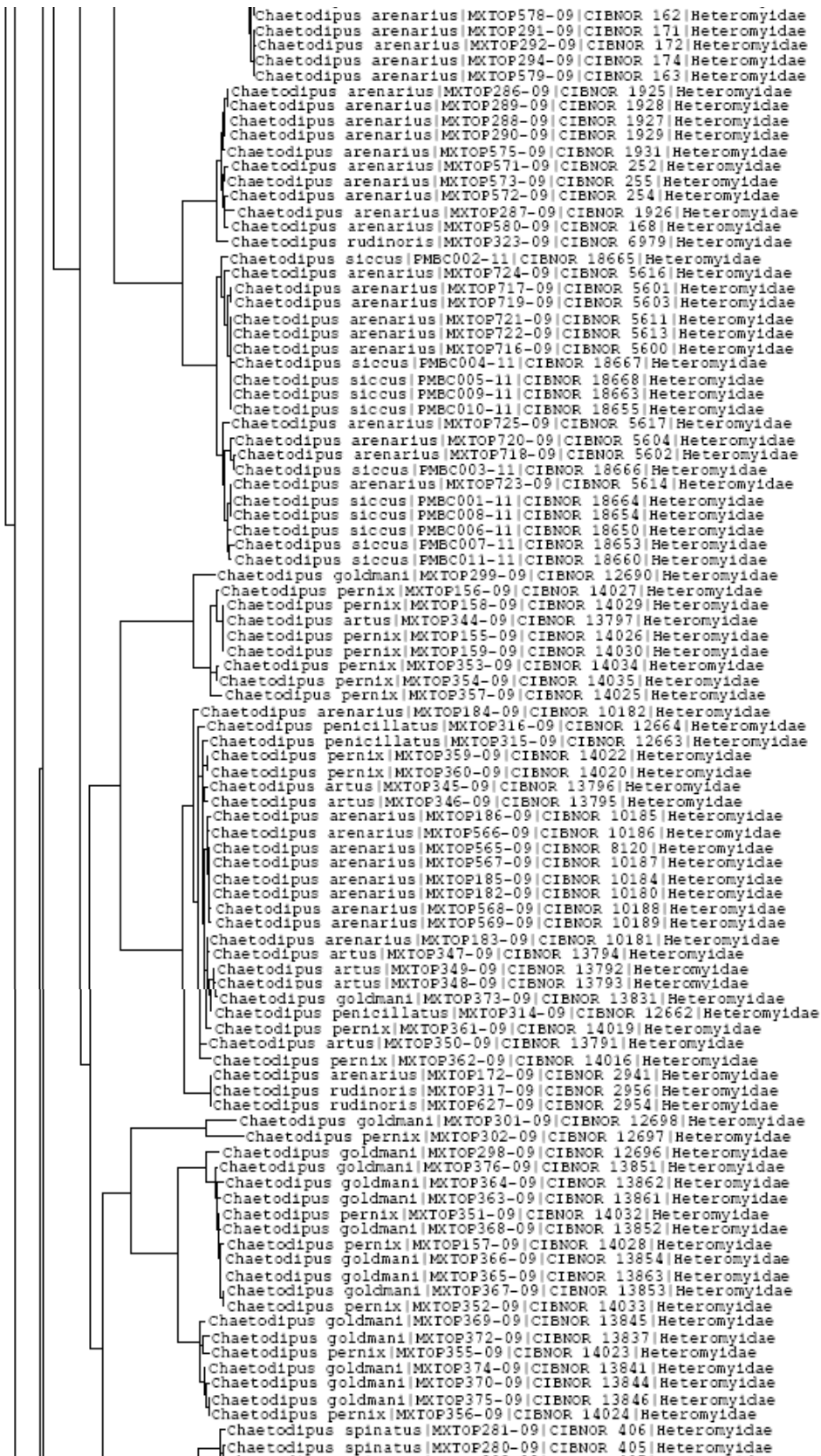
Project : Topotypes Mammals mexico [MXTOP]
Date : 17-January-2012
Data Type : Nucleotide
Distance Model : Kimura 2 Parameter
Marker : COI-5P
Codon Positions : 1st, 2nd, 3rd
Labels : SampleID, ProcessID, Family,
Filters : Length > 200
Colorization : [blue]=Stop Codons [red]=Contamination or misidentification

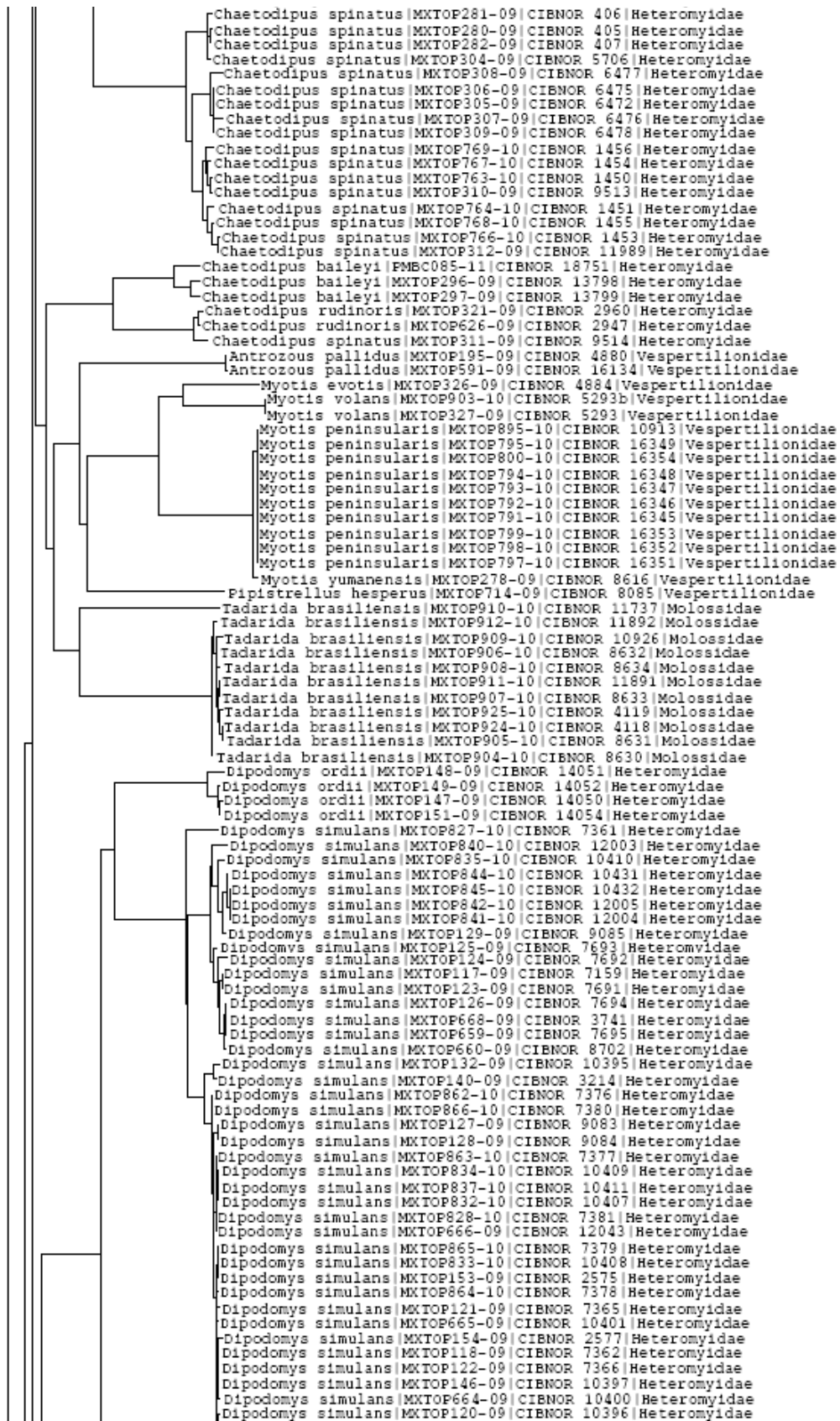
Sequence Count : 650
Species count : 59
Genus count : 24
Family count : 12
Unidentified : 0



Thomomys	anitae	MXTOP016-09	CIBNOR	7657	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP482-09	CIBNOR	10948	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP074-09	CIBNOR	11606	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP518-09	CIBNOR	2359	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP070-09	CIBNOR	11564	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP075-09	CIBNOR	11607	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP076-09	CIBNOR	11610	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP077-09	CIBNOR	11611	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP483-09	CIBNOR	10949	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP509-09	CIBNOR	11608	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP510-09	CIBNOR	11609	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP511-09	CIBNOR	12936	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP481-09	CIBNOR	10947	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP512-09	CIBNOR	12937	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP103-09	CIBNOR	8952	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP514-09	CIBNOR	8952_duplicate	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP003-09	CIBNOR	5479	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP013-09	CIBNOR	6527	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP011-09	CIBNOR	6525	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP472-09	CIBNOR	6515	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP474-09	CIBNOR	6517	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP010-09	CIBNOR	6524	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP471-09	CIBNOR	6514	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP475-09	CIBNOR	6519	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP001-09	CIBNOR	6220	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP007-09	CIBNOR	6219	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP813-10	CIBNOR	16366	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP812-10	CIBNOR	16365	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP814-10	CIBNOR	16367	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP811-10	CIBNOR	16364	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP809-10	CIBNOR	17719	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP808-10	CIBNOR	17718	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP807-10	CIBNOR	17720	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP012-09	CIBNOR	6526	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP002-09	CIBNOR	5478	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP006-09	CIBNOR	6202	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP024-09	CIBNOR	7867	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP025-09	CIBNOR	7868	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP026-09	CIBNOR	7869	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP504-09	CIBNOR	7872	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP505-09	CIBNOR	7873	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP507-09	CIBNOR	7875	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP027-09	CIBNOR	7870	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP028-09	CIBNOR	7871	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP508-09	CIBNOR	7876	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP004-09	CIBNOR	5868	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP005-09	CIBNOR	5869	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP480-09	CIBNOR	7610	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP036-09	CIBNOR	8265	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP038-09	CIBNOR	8267	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP054-09	CIBNOR	8325	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP055-09	CIBNOR	8326	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP053-09	CIBNOR	8324	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP489-09	CIBNOR	8322	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP052-09	CIBNOR	8323	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP057-09	CIBNOR	8331	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP058-09	CIBNOR	8332	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP056-09	CIBNOR	8327	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP490-09	CIBNOR	8328	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP491-09	CIBNOR	8329	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP032-09	CIBNOR	8259	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP039-09	CIBNOR	8272	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP040-09	CIBNOR	8273	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP049-09	CIBNOR	8298	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP030-09	CIBNOR	8258	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP502-09	CIBNOR	8261	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP035-09	CIBNOR	8264	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP037-09	CIBNOR	8266	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP044-09	CIBNOR	8279	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP046-09	CIBNOR	8296	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP488-09	CIBNOR	8295	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP050-09	CIBNOR	8300	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP048-09	CIBNOR	8299	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP513-09	CIBNOR	8301	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP516-09	CIBNOR	8269	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP041-09	CIBNOR	8276	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP339-09	CIBNOR	8281_duplicate	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP485-09	CIBNOR	8292	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP042-09	CIBNOR	8277	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP043-09	CIBNOR	8278	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP484-09	CIBNOR	8291	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP487-09	CIBNOR	8294	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP033-09	CIBNOR	8260	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP047-09	CIBNOR	8297	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP515-09	CIBNOR	8268	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP517-09	CIBNOR	8270	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP030-09	CIBNOR	8257	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP031-09	CIBNOR	8258	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP034-09	CIBNOR	8263	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP503-09	CIBNOR	8262	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP073-09	CIBNOR	11605	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP014-09	CIBNOR	6528	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP019-09	CIBNOR	7680	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP448-09	CIBNOR	2355	Geomyidae
Thomomys	anitae	MXTOP486-09	CIBNOR	8293	Geomyidae
Thomomys	bottae	MXTOP104-09	CIBNOR	13152	Geomyidae

Thomomys anitae|MXTOP486-09|CIBNOR 8293|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP104-09|CIBNOR 13152|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP105-09|CIBNOR 13153|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP106-09|CIBNOR 13154|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP107-09|CIBNOR 13156|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP108-09|CIBNOR 13157|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP109-09|CIBNOR 13158|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP083-09|CIBNOR 13748|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP084-09|CIBNOR 13749|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP085-09|CIBNOR 13750|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP086-09|CIBNOR 13751|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP087-09|CIBNOR 13752|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP098-09|CIBNOR 13785|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP099-09|CIBNOR 13786|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP100-09|CIBNOR 13787|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP101-09|CIBNOR 13788|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP080-09|CIBNOR 13738|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP045-09|CIBNOR 13768|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP009-09|CIBNOR 13767|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP078-09|CIBNOR 13736|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP079-09|CIBNOR 13737|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP081-09|CIBNOR 13739|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP082-09|CIBNOR 13740|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP331-09|CIBNOR 10735|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP332-09|CIBNOR 10736|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP333-09|CIBNOR 10737|Geomyidae
 Thomomys umbrinus|MXTOP093-09|CIBNOR 13764|Geomyidae
 Thomomys umbrinus|MXTOP094-09|CIBNOR 13765|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP088-09|CIBNOR 13753|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP090-09|CIBNOR 13755|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP091-09|CIBNOR 13756|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP092-09|CIBNOR 13757|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP089-09|CIBNOR 13754|Geomyidae
 Thomomys umbrinus|MXTOP095-09|CIBNOR 13769|Geomyidae
 Thomomys umbrinus|MXTOP096-09|CIBNOR 13770|Geomyidae
 Thomomys umbrinus|MXTOP097-09|CIBNOR 13771|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP111-09|CIBNOR 14527|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP110-09|CIBNOR 14526|Geomyidae
 Thomomys bottae|MXTOP112-09|CIBNOR 14528|Geomyidae
 Thomomys umbrinus|MXTOP116-09|CIBNOR 14532|Geomyidae
 Cratogeomys goldmani|MXTOP114-09|CIBNOR 14530|Geomyidae
 Cratogeomys goldmani|MXTOP115-09|CIBNOR 14531|Geomyidae
 Didelphis virginiana|MXTOP328-09|CIBNOR 14504|Didelphidae
 Didelphis virginiana|MXTOP329-09|CIBNOR 14503|Didelphidae
 Chaetodipus penicillatus|MXTOP313-09|CIBNOR 8770|Heteromyidae
 Chaetodipus fallax|MXTOP165-09|CIBNOR 9481|Heteromyidae
 Chaetodipus fallax|MXTOP167-09|CIBNOR 9483|Heteromyidae
 Chaetodipus fallax|MXTOP164-09|CIBNOR 9480|Heteromyidae
 Chaetodipus fallax|MXTOP166-09|CIBNOR 9482|Heteromyidae
 Chaetodipus fallax|MXTOP168-09|CIBNOR 10262|Heteromyidae
 Chaetodipus fallax|MXTOP162-09|CIBNOR 2518|Heteromyidae
 Chaetodipus fallax|MXTOP160-09|CIBNOR 2516|Heteromyidae
 Chaetodipus fallax|MXTOP161-09|CIBNOR 2517|Heteromyidae
 Chaetodipus fallax|MXTOP163-09|CIBNOR 2520|Heteromyidae
 Chaetodipus fallax|MXTOP303-09|CIBNOR 3150|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP819-10|CIBNOR 1464|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP180-09|CIBNOR 9336|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP824-10|CIBNOR 1469|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP823-10|CIBNOR 1468|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP169-09|CIBNOR 2903|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP170-09|CIBNOR 2904|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP171-09|CIBNOR 2942|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP822-10|CIBNOR 1467|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP820-10|CIBNOR 1465|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP818-10|CIBNOR 1463|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP817-10|CIBNOR 1462|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP284-09|CIBNOR 11631|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP283-09|CIBNOR 11630|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP429-09|CIBNOR 11631_duplicate|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP430-09|CIBNOR 11630_duplicate|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP821-10|CIBNOR 1466|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP816-10|CIBNOR 1461|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP815-10|CIBNOR 1460|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP179-09|CIBNOR 6805|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP181-09|CIBNOR 9337|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP177-09|CIBNOR 6803|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP178-09|CIBNOR 6804|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP564-09|CIBNOR 6807|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP285-09|CIBNOR 11632|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP188-09|CIBNOR 11629|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP187-09|CIBNOR 11628|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP428-09|CIBNOR 11632_duplicate|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP570-09|CIBNOR 11633|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP175-09|CIBNOR 6746|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP176-09|CIBNOR 6748|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP174-09|CIBNOR 6745|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP173-09|CIBNOR 6744|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP562-09|CIBNOR 6742|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP563-09|CIBNOR 6743|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP293-09|CIBNOR 173|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP295-09|CIBNOR 175|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP576-09|CIBNOR 158|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP577-09|CIBNOR 161|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP578-09|CIBNOR 162|Heteromyidae
 Chaetodipus arenarius|MXTOP291-09|CIBNOR 171|Heteromyidae





Dipodomys simulans|MXTOP664-09|CIBNOR 10400|Heteromyidae
 Dipodomys simulans|MXTOP120-09|CIBNOR 10396|Heteromyidae
 Dipodomys simulans|MXTOP130-09|CIBNOR 10393|Heteromyidae
 Dipodomys simulans|MXTOP131-09|CIBNOR 10394|Heteromyidae
 Dipodomys simulans|MXTOP667-09|CIBNOR 12044|Heteromyidae
 Dipodomys simulans|MXTOP663-09|CIBNOR 10399|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP770-10|CIBNOR 1412|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP135-09|CIBNOR 3160|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP137-09|CIBNOR 3162|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP138-09|CIBNOR 3210|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP141-09|CIBNOR 3216|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP457-09|CIBNOR 9172|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP780-10|CIBNOR 16154b|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP590-09|CIBNOR 16154|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP784-10|CIBNOR 16399|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP790-10|CIBNOR 16405|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP787-10|CIBNOR 16402|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP789-10|CIBNOR 16404|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP788-10|CIBNOR 16403|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP786-10|CIBNOR 16401|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP785-10|CIBNOR 16400|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP783-10|CIBNOR 16398|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP781-10|CIBNOR 16396|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP771-10|CIBNOR 16145b|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP581-09|CIBNOR 16145|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP772-10|CIBNOR 16146b|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP782-10|CIBNOR 16397|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP776-10|CIBNOR 16150b|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP586-09|CIBNOR 16150|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP143-09|CIBNOR 9171|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP145-09|CIBNOR 9171_duplicate|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP465-09|CIBNOR 9173|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP773-10|CIBNOR 16147b|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP583-09|CIBNOR 16147|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP777-10|CIBNOR 16151b|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP587-09|CIBNOR 16151|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP779-10|CIBNOR 16153b|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP589-09|CIBNOR 16153|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP142-09|CIBNOR 7160|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP774-10|CIBNOR 16148b|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP584-09|CIBNOR 16148|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP582-09|CIBNOR 16146|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP778-10|CIBNOR 16152b|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP588-09|CIBNOR 16152|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP775-10|CIBNOR 16149b|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP585-09|CIBNOR 16149|Heteromyidae
 Dipodomys merriami|MXTOP592-09|CIBNOR 6802|Heteromyidae
 Dipodomys spectabilis|MXTOP144-09|CIBNOR 4441_duplicate|Heteromyidae
 Dipodomys spectabilis|MXTOP152-09|CIBNOR 4441|Heteromyidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP240-09|CIBNOR 14364|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP246-09|CIBNOR 14414|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP335-09|CIBNOR 13433|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP337-09|CIBNOR 13435|Cricetidae
 Peromyscus eva|FMBC084-11|CIBNOR 17907|Cricetidae
 Peromyscus eva|FMBC082-11|CIBNOR 17902|Cricetidae
 Peromyscus eva|FMBC083-11|CIBNOR 17903|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP218-09|CIBNOR 7470|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP336-09|CIBNOR 13434|Cricetidae
 Peromyscus eva|FMBC081-11|CIBNOR 17901|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP334-09|CIBNOR 13432|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP338-09|CIBNOR 13436|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP735-09|CIBNOR 12532|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP736-09|CIBNOR 12533|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP737-09|CIBNOR 12534|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP738-09|CIBNOR 12535|Cricetidae
 Peromyscus eva|MXTOP739-09|CIBNOR 12536|Cricetidae
 Peromyscus fraterculus|MXTOP678-09|CIBNOR 9698|Cricetidae
 Peromyscus fraterculus|MXTOP679-09|CIBNOR 9699|Cricetidae
 Peromyscus fraterculus|MXTOP680-09|CIBNOR 9700|Cricetidae
 Peromyscus fraterculus|MXTOP681-09|CIBNOR 9701|Cricetidae
 Peromyscus fraterculus|MXTOP225-09|CIBNOR 9706|Cricetidae
 Peromyscus fraterculus|MXTOP227-09|CIBNOR 9708|Cricetidae
 Peromyscus fraterculus|MXTOP226-09|CIBNOR 9707|Cricetidae
 Peromyscus fraterculus|MXTOP682-09|CIBNOR 9702|Cricetidae
 Peromyscus crinitus|MXTOP224-09|CIBNOR 8380|Cricetidae
 Peromyscus crinitus|MXTOP231-09|CIBNOR 4447|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP222-09|CIBNOR 8379|Cricetidae
 Peromyscus crinitus|MXTOP230-09|CIBNOR 4446|Cricetidae
 Peromyscus crinitus|MXTOP232-09|CIBNOR 8376|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP223-09|CIBNOR 8378|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP233-09|CIBNOR 8377|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP235-09|CIBNOR 15072|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP237-09|CIBNOR 15074|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP248-09|CIBNOR 14420|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP234-09|CIBNOR 15071|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP236-09|CIBNOR 15073|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP249-09|CIBNOR 14421|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP239-09|CIBNOR 14363|Cricetidae
 Peromyscus merriami|MXTOP238-09|CIBNOR 12608|Cricetidae
 Peromyscus eremicus|MXTOP241-09|CIBNOR 14365|Cricetidae
 Peromyscus merriami|MXTOP242-09|CIBNOR 14366|Cricetidae
 Peromyscus merriami|MXTOP243-09|CIBNOR 14367|Cricetidae
 Peromyscus truei|MXTOP217-09|CIBNOR 7469|Cricetidae
 Peromyscus truei|MXTOP215-09|CIBNOR 7467|Cricetidae
 Peromyscus truei|MXTOP216-09|CIBNOR 7468|Cricetidae
 Peromyscus truei|MXTOP219-09|CIBNOR 7471|Cricetidae

