



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS



“PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO
PALEONTOLÓGICO EN EL OESTE DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO: COLONET-
PUNTA BAJA”

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta

Guillermo Oñate Angulo

Ensenada, Baja California

Noviembre de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

**"PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO
PALEONTOLÓGICO EN EL OESTE DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO: COLONET-PUNTA BAJA"**

TESIS

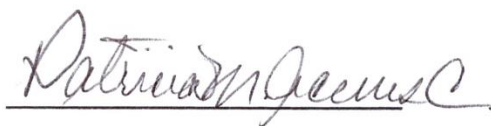
Que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta

Guillermo Oñate Angulo

Aprobado por



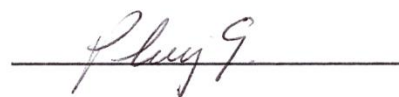
M. C. Patricia Aceves Calderón



M. C. Felisa Josefina Aguilar Arellano



Dr. Hugo Riemann González



Mtro. Pedro Manuel Ruíz Guzmán

A Ana Sofía (chofis).

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento a la directora del presente trabajo de tesis, Patricia Aceves, quien creyó en mí desde un inicio, aceptó asesorarme de manera inmediata, y quien me llevo de la mano incluso desde antes de ingresar a este posgrado.

A mis padres, por creer en mí, y por recibirme siempre con los brazos abiertos cada que regresaba a mi casa; a mi hermana Suelem, y mis hermanos Brandon y Brayton, para que nunca dejen de superarse, de igual manera a mi tía Pascuala y a mis primos Iván, Ana Karen y Fernanda por considerarme dentro de sus oraciones.

A mi amigo Rafael Ortiz por acompañarme durante el tiempo que coincidimos, y por ser tan resolutivo.

A Felisa Aguilar, por el tiempo dedicado durante la estancia académica realizada a inicios del presente año en el estado de Coahuila, y por ser para mí un ejemplo a seguir como profesionista y como persona.

A Hugo Riemann, por las distintas facilidades en espacio proporcionadas dentro del COLEF durante mi estadía en Tijuana.

A Pedro Ruiz y Evarista Arellano, por los enormes apoyos brindados de manera condicional durante todo el posgrado, sin los cuales no hubiese logrado concluir mi trabajo.

A Andrea Guía por las múltiples experiencias compartidas, y las distintas inspecciones, rescates y excavaciones paleontológicas, las cuales me permitió formar parte de.

A mis maestros Ricardo Eaton e Ileana Espejel por las distintas aportaciones realizadas a la estructuración de este trabajo durante la impartición de sus clases.

A mis compañeros de maestría, quienes se volvieron parte importante de mi vida y recordare con mucho cariño: La Yessi, Karen, Mercedes, María Luisa, Víctor, Gaby, Mariana, Ceci, Susana, Jorge, Samantha, Saúl, Damián, Naúm.

A Luis Beltrán por alegrarme durante los momentos más estresantes de este trabajo.

A Danae Galván, porque a pesar de tratarla sólo hasta de manera reciente, se convirtió en una gran amiga gracias a su calidez humana.

A Deyanira Rodarte por ser tan buena persona y caritativa.

A mis vecinos de cubículo, por hacerme compañía durante las arduas horas de trabajo en la tesis: Jacobo y Natalia.

A CONACYT por el apoyo económico otorgado para los dos años de estudio del posgrado, y para la estancia nacional realizada en el estado de Coahuila. Al INAH por los apoyos de hospedaje brindados durante mi estancia en Múzquiz en el Congreso Nacional de Paleontología. Al Museo de Historia Regional de Ensenada, al Centro INAH Coahuila, y al COLEF, por permitirme trabajar dentro de sus instalaciones.

A la UABC, y a la Facultad de Ciencias por seguir siendo parte de mi preparación académica y profesional. Al personal administrativo (Berenice) de la misma facultad, que me ayudo en todo momento a realizar todos los distintos trámites necesarios.

Resumen

Palabras clave: patrimonio, paleontología, fósiles, desarrollo costero, paisaje, ecosistemas, gestión, conservación, protección, legislación, cambios de uso de suelo, matorral costero.

El objetivo principal de la presente tesis consistió en la elaboración de una propuesta orientada a la protección y conservación del patrimonio paleontológico de Baja California, México. Se seleccionó como caso de estudio el área costera oeste comprendida por Colonet a Punta Baja. Se utilizó la aproximación del paisaje con el fin de contar con los elementos necesarios para la elaboración de la propuesta: se caracterizó y ubicó espacialmente el patrimonio paleontológico de la región y se analizaron los distintos cambios ocurridos en el paisaje en las últimas décadas. Luego de esto se estudió la legislación en materia de patrimonio paleontológico a nivel federal y estatal, así como planes de desarrollo y ordenamientos territoriales regionales, para finalmente explorar algunas alternativas de gestión a distintos niveles, incluyendo a nivel internacional y en Coahuila, México. Se documentaron un total de 111 referencias bibliográficas de estudios paleontológicos para el área de Colonet y Punta Baja, las cuales abarcaron un periodo de 93 años (1921-2015). El registro paleontológico de la región ilustra de manera discontinua la historia geológica y biológica de la región de los últimos 113 millones de años, con restos tanto de invertebrados marinos (amonites, caracoles y almejas), vertebrados terrestres (mamíferos primitivos, dinosaurios y megafauna), como de plantas (madera fósil). Muchos de estos recursos se encuentran amenazados por los cambios en los usos de suelo asociados al desarrollo socioeconómico de la región; el 42% del paisaje se encuentra modificado por actividades antrópicas (agricultura principalmente) dentro de los primeros 10 km de distancia a la costa, en donde se distribuyen a la vez gran parte de las unidades geológicas fosilíferas. En México, los fósiles son propiedad de la nación, y su conservación y protección es competencia del INAH, tratándose bajo el mismo marco legal que el de los bienes arqueológicos; su inclusión dentro del ordenamiento territorial es deficiente y no se considera de manera específica este patrimonio dentro de las distintas políticas de desarrollo. Se propone integrar los diferentes elementos naturales y culturales que componen el paisaje, incluyendo los paleontológicos, dentro de los esquemas conservación existentes, en el ordenamiento territorial y en los planes de desarrollo, con el fin de realizar una gestión adecuada de este patrimonio sin frenar el desarrollo socioeconómico regional, y que a la vez este pueda ser utilizado como un recurso para el desarrollo sustentable de las comunidades locales, todo esto deberá realizarse considerando la legislación vigente. Las zonas paleontológicas de El Rosario y de la Bahía de San Quintín obtuvieron un valor patrimonial suficiente para sustentar estos mecanismos de gestión, de acuerdo a criterios propuestos para la valoración de yacimientos paleontológicos a nivel mundial. El esquema de geoparques es el más adecuado para esto.

Abstract

Keywords: heritage, paleontology, fossils, coastal development, landscape, ecosystems, management, conservation, protection, land use change, coastal scrub

The main goal of this dissertation work consists in the elaboration of a proposal for the paleontological heritage protection and its conservation on Baja California, Mexico. Landscape approach were implemented to gather all the elements required for the elaboration of the scheme. In the first step the paleontological heritage was characterized and georeferenced through a bibliographic compilation, then the land use changes were analysed for the last decades using geographic information systems (GIS). In the next step, the legislation about palaeontologic rests were revised, and also the environmental and public policy instruments, like land use and development programs. In the last, different schemes proposed in an international level for the protection of paleontological heritage were explored, in conjunction of the experience in regions of Mexico such as Coahuila. There were documented a total of 111 bibliographic references, which comprise 93 years of palaeontologic investigations since 1921. The palaeontologic registry of the region illustrate discontinuously the biologic and geologic history of the region in about the last 113 millions of years, with fossils of marine invertebrates (ammonites, snails and clams), terrestrial vertebrates (dinosaurs, primitive mammals and megafauna), and also petrified wood. These paleontological resources are threatened by diverse factors, mainly by the changes on the landscape associated to the regional socioeconomic development; the 42% of the landscape between the first 10 km from the coast were modified by anthropic activities at 2011 (mainly agriculture), where the fossiliferous geological units are also located. In Mexico the paleontological heritage are federal property, and its conservation and protection is responsibility of the National Institute of Anthropology and History (INAH) by the same legal framework of the archaeological assets. The integration of the distinct natural and cultural elements of the landscape, including palaeontologic, in the existing conservation schemes, and in the land planning, it becomes necessary for an adequate management of this heritage, without stopping the socioeconomic development and even utilizing the fossils as a resource for the sustainable develop of the local communities, all of this in consideration of the current legislation. The paleontological zones of El Rosario and San Quintin Bay obtained an enough value to support this kind of management mechanisms according to the criteria proposed for the characterization and assessment of the paleontological deposits to a global level. The geopark scheme it's the most adequate for the accomplishment of this.

Tabla de contenido

Capítulo 1 Introducción	1
Antecedentes en la región	2
El patrimonio en Baja California	2
a. El patrimonio geológico y paleontológico.....	3
b. El patrimonio arqueológico.....	4
Aproximación metodológica	6
Perspectiva del paisaje.....	6
a. Objetivo general.....	8
b. Objetivos específicos.	8
Estructura de la tesis.....	8
Área de estudio: Colonet-Punta Baja.....	10
Delimitación del área de estudio	10
Climatología y vegetación	13
Hidrología.....	14
Fauna.....	15
Arqueología e historia.....	16
Áreas Naturales Protegidas.....	16
Áreas prioritarias a conservación.....	17
Proyectos recientes.....	17
Bibliografía	18
Cartografía	22
 Capítulo 2 Paleontología, fósiles y patrimonio.....	23
La paleontología y los fósiles	23
¿Cómo se forman los fósiles?	25
Las rocas y los fósiles	25
La escala geológica.....	27
El patrimonio.....	29
Geodiversidad y patrimonio geológico	32
El patrimonio paleontológico.....	32
Bibliografía	37

Capítulo 3 El patrimonio paleontológico del oeste de Baja California, México: Colonet – Punta Baja.....	43
Introducción.....	43
Antecedentes	43
Geología de Colonet-Punta Baja	45
Formación Alisitos.....	47
Formación Rosario	47
Formación Sepultura.....	47
Formación Cantil Costero.....	48
Metodología.....	49
Búsqueda bibliográfica.....	49
Análisis documental	51
Consulta de colecciones científicas.....	51
Georreferenciación de las localidades	52
Trabajo de campo	53
Mapa	54
Base de datos	54
Resultados y discusión	56
Recapitulación histórica de las investigaciones paleontológicas.....	56
Nomenclatura utilizada para las unidades de rocas	60
Revisión y análisis bibliográfico.....	61
Tipo de publicaciones.....	62
Idioma	63
Relación entre autores nacionales y extranjeros.....	63
Disciplinas y nivel de estudio	65
Tipo de fósiles y temporalidades abordados en los estudios	66
Publicaciones e instituciones	68
Proyectos vigentes	68
Colecciones científicas	69
Georreferenciación de localidades paleontológicas.....	72
1. San Antonio del Mar – Camalú	74
2. San Quintín.....	79
3a. Valle Tranquilo y El Consuelo	84
3b. El Rosario.....	87

i. Formaciones La Bocana Roja y Punta Baja.....	87
ii. El Gallo	89
iii. Formación Rosario	92
iv. Otros depósitos	93
3c. Mesa de la Sepultura y Rancho Los Torotes.....	94
Reconstrucción geológica y biológica del área de Colonet – Punta Baja.....	96
Conclusiones	99
En relación a las investigaciones.....	99
En relación al material y las colecciones científicas:.....	99
En relación a los depósitos paleontológicos:	100
Bibliografía	103

Capítulo 4 Los cambios de uso de suelo sobre las unidades geológicas en el área de Colonet-Punta Baja, Baja California (1981-2011) 112

Introducción.....	112
Antecedentes	112
Área de Estudio: Colonet-Punta Baja.....	113
Los recursos paleontológicos	113
Características sociodemográficas	115
Crecimiento poblacional 2000-2010	115
Procesos Migratorios: Inmigración y emigración	116
Actividades económicas.....	117
a. Agricultura y ganadería	118
b. Pesca y acuicultura.....	118
c. Minería	118
d. Turismo	119
Tenencia de la tierra	119
Metodología.....	120
Obtención y procesamiento de las capas.	122
Generación de las capas de “Uso de suelo e información geológica”	123
Análisis espacial de los cambios.....	125
Cartografía	125
Resultados y discusión	126

Cuantificación general: Geología y usos de suelo entre 1981 y 2011.	126
Cobertura de los usos de suelo de urbanos y agriculturas.	127
Cambios en el uso de suelo agrícola y urbano entre 1981 y 2011	129
Análisis de cambio entre 1997-2011.....	132
Cambio neto (1997-2011).....	132
Pérdidas y Ganancias (1997-2011).....	134
Procesos de cambio de uso de suelo	135
Aportaciones a la zona agrícola y urbana (1997-2011).....	140
Usos de suelo y localidades paleontológicas	141
Conclusión.....	143
Bibliografía	146
Cartografía	148
 Capítulo 5 La legislación y administración del patrimonio paleontológico en México y Baja California .	149
Introducción.....	149
Antecedentes históricos de la protección paleontológica en México	149
La protección paleontológica en México	149
Metodología.....	152
Análisis de la legislación nacional y estatal.....	152
Estudio de los instrumentos de políticas públicas.	153
Resultados y discusión	154
Legislación nacional	154
Bases legales: Constitución Mexicana y la Ley de Bienes Nacionales.....	155
Los fósiles y la ley federal.....	155
El INAH y los fósiles	158
Sanciones	160
El Consejo Nacional de Paleontología.....	160
Proyecto de Disposiciones Reglamentarias y otras iniciativas	162
El Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas.....	163
Muebles paleontológicos: piezas y colecciones.....	165
Inmuebles paleontológicos: Sitios y zonas de monumentos.	165
La legislación estatal y el patrimonio paleontológico	169
Ordenamientos territoriales, programas y planes de desarrollo para Baja California	171

Ordenamientos ecológicos	172
Evaluaciones de Impacto Ambiental.....	174
Planes de desarrollo regionales	175
Las Áreas Naturales Protegidas y el patrimonio paleontológico.	176
Baja California	177
Valle de los Cirios	177
Sitios Ramsar	179
Conclusión.....	180
Bibliografía	183
 Capítulo 6 La gestión del patrimonio paleontológico a nivel internacional y nacional: una perspectiva desde Baja California	
Introducción.....	194
Metodología.....	194
Resultados y discusión	195
Internacional	195
La IUCN.....	195
La UNESCO y el Patrimonio Mundial.....	196
La Red Mundial de Geoparques	198
La Iniciativa Paleoparque	200
México.....	200
El patrimonio paleontológico de Coahuila.....	201
Las zonas paleontológicas de Rincón del Colorado y Las Águilas	202
Otros hallazgos.....	205
Baja California	206
Sobre las investigaciones paleontológicas.....	206
Los sitios paleontológicos del noroeste: Tijuana – El Rosario	208
La venta de fósiles y actividades turísticas no controladas	213
Los museos y las comunidades de Baja California	214
Conclusión.....	222
Bibliografía	225

Capítulo 7 Propuesta para la conservación y protección del patrimonio paleontológico de Baja California	232
Introducción.....	232
Metodología.....	232
Valoración patrimonial.....	232
Resultados.....	233
Valoración del patrimonio paleontológico de Baja California:	234
a. Bahía de San Quintín.....	234
b. El Rosario.....	235
Propuesta	236
Científicos e institucionales	236
Dentro del INAH	237
Políticos	237
Legislación.....	237
Instrumentos de políticas públicas	238
Conservación.....	239
Económicos	240
Sociales.....	240
Para la region de Colonet-Punta Baja.....	240
Bibliografía	241
 ANEXOS	243
Anexo I. Listado bibliográfico.....	243
Anexo II. Fichas de inscripción	254
Anexo III. Criterios para la valoración patrimonial.	256

Índice de figuras

Figura 1-1. Mapa topográfico del área de Colonet-El Rosario con usos de suelo (al 2011) y Áreas Naturales Protegidas.	12
Figura 1-2. El maguey de la costa (<i>Agave shawii</i>), elemento dominante del matorral costero rosetófilo.	14
Figura 3-1. Geología generalizada para el área de Colonet-Punta Baja.	46
Figura 3-2. Proceso de georreferenciación de imágenes para la digitalización de las localidades paleontológicas bajo la interfaz de QGIS.	53
Figura 3-3. Excavación de tibia de dinosaurio (<i>Magnapaulia laticaudus</i>) en 1966 por personal de los Ángeles en los depósitos de la Formación El Gallo, El Rosario.	58
Figura 3-4. Excavación de restos de mamut (<i>Mammuthus columbi</i>) en el año de 2003 en la colonia Lázaro Cárdenas por personal del Centro INAH Baja California.	59
Figura 3-5. a) Tipo de documentos y b) número de referencias por década.	61
Figura 3-6. Trabajos publicados para la región de Colonet-Punta Baja entre 1920 y 2015.	64
Figura 3-7. Total de referencias por formación geológica del área Colonet-Punta Baja, 1921-2015.	67
Figura 3-8. Número de localidades paleontológicas por unidad geológica georreferenciadas para la región de Colonet-Punta Baja.	72
Figura 3-9. Regionalización para el área de estudio: 1. San Antonio del Mar – Camalú, 2. San Quintín, 3. Valle Tranquilo- El Rosario-Los Torotes.	74
Figura 3-10. Geología y localidades paleontológicas del área de San Antonio del Mar-Camalú.	75
Figura 3-11. Fósiles típicos del área de San Antonio del Mar – Camalú.	78
Figura 3-12. Geología y localidades paleontológicas del área de San Quintín.	80
Figura 3-13. Fósiles del área de San Quintín.	81
Figura 3-14. Geología y localidades paleontológicas del área de El Rosario.	85
Figura 3-15. Fósiles de vertebrados de la Formación La Bocana Roja (Cretácico tardío).	88
Figura 3-16. Fósiles marinos de la Formación Punta Baja (Cretácico tardío)	89
Figura 3-17. Fósiles de vertebrados de la formación El Gallo.	92
Figura 3-18. Configuración paleogeografía de México y parte de Norteamérica durante las etapas reconocidas por el presente trabajo.	98
Figura 4-1. Localidades más pobladas en el área de Colonet-Punta Baja de acuerdo al censo de población y vivienda (INEGI, 2010).	117

Figura 4-2. Núcleos agrarios de la región de Colonet-Punta Baja.	120
Figura 4-3. Diagrama que muestra el proceso simplificado de combinación para una de las series de uso de suelo, y la capa de geología.	124
Figura 4-4. Geología y uso de suelo del área de Colonet-Punta Baja para el año de 2011.	128
Figura 4-5 Grafico tipo Circos que muestra la relación entre la proporción de superficie entre unidades geológicas y la cobertura por los usos de suelo urbano y agrícola para el 2011.....	129
Figura 4-6. Porcentaje de aumento en la cobertura del uso de suelo agrícola y urbano para el área de Colonet-Punta Baja durante tres periodos de tiempo (1981-2011).	130
Figura 4-7. Cobertura de uso de suelo para el área de Colonet-Punta Baja para cuatro series de tiempo a) 1981 b) 1997 c) 2002 y d) 2011.	131
Figura 4-8. Cambio neto para cada clase entre 1997 y 2011 para el área de Colonet-El Rosario a) en hectáreas y b) en porcentaje de cobertura para cada unidad.....	133
Figura 4-9. Pérdidas y ganancias en hectáreas en el área de Colonet-Punta Baja entre 1997 y 2011. ...	134
Figura 4-10. Diagrama de flujo de los cambios de uso de suelo en el área de Colonet-Punta Baja (1997-2011).	135
Figura 4-11. Uso de suelo y cambios de uso de suelo para el periodo de 1997 – 2011 para el área de Colonet- Camalú.....	137
Figura 4-12. Uso de suelo y cambios de uso de suelo para el periodo de 1997 – 2011 para el área de San Quintín.	138
Figura 4-13. Uso de suelo y cambios de uso de suelo para el periodo de 1997 – 2011 para el área de El Rosario.	139
Figura 4-14. Aportaciones principales al cambio del uso de suelo en el área de Colonet-Punta Baja durante 1997-2011 para a) uso agrícola y b) uso urbano.	140
Figura 4-15. Sitios paleontológicos de San Quintín y los cambios de uso de suelo durante 1997-2011 .	142
Figura 4-16. Sitios paleontológicos de El Rosario y los cambios de uso de suelo (1997-2011).....	143
 Figura 5-1. Extensión de la superficie del sitio paleontológico ROS 51 y algunas localidades paleontológicas del área de El Rosario, Baja California	167
Figura 5-2. Mojoneras de concreto con el sello oficial del INAH para la zona paleontológica de Rincón Colorado, Coahuila.....	169

Figura 6-1. El patrimonio paleontológico de Rincón Colorado, Coahuila a) Almejas fósiles expuestas en el museo de Rincón Colorado y b) Escultura del dinosaurio <i>Velafrons coahuilensis</i> en su localidad tipo. ...	204
Figura 6-2. Panorámica de uno de los yacimientos de icnitas en Las Águilas, Coahuila.	205
Figura 6-3. Colección Paleontológica de la Facultad de Ciencias (UABCFC) en el 2015.	207
Figura 6-4. Sitios paleontológicos del norte de Baja California	209
Figura 6-5. Venta de fósiles de Baja California	214
Figura 6-6. Exposiciones en el Museo de Historia Regional de Ensenada	215
Figura 6-7. Exposición temporal de esqueleto de sirénido presentado en el Centro Cultural Tijuana....	216
Figura 6-8 Fósiles expuestos en el Museo comunitario de San Vicente.....	217
Figura 6-9. Piezas paleontológicas expuestas temporalmente en la Casa de la Cultura, Tijuana B. C.....	218
Figura 6-10. Fósiles del Museo del Estero, Ensenada Baja California	219
 Figura 7-1 Bahía de San Quintín. En el mapa inserto se muestra el polígono establecido para el sitio Ramsar (CONANP, 2015), y la ubicación de la fotografía.	234
Figura 7-2. La zona paleontológica de El Rosario. En el mapa inserto se muestra el polígono para la unidad geológica El Gallo (izquierda) y El Rosario (derecha) (a partir de Kilmer, 1963) y la ubicación de la fotografía.	235

Índice de cuadros

Cuadro 2-1. Escala de tiempo geológica.....	28
Cuadro 4-1. Estratigrafía generalizada de las rocas del área Colonet-Punta Baja y sus evidencias paleontológicas.	114
Cuadro 4-2. Porcentaje de cobertura de unidades geológicas y usos de suelo para cada serie de datos (1981-2011) para el área de Colonet-Punta Baja	126
Cuadro 4-3. Procesos de cambios de uso de suelo cuantificados para cada transición en el área de Colonet-Punta Baja para el periodo de 1997-2011	136
Cuadro 5-1. Sitios paleontológicos ingresados en el Sistema de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas. Los estados se enlistan de acuerdo a su ubicación geográfica	166
Cuadro 7-1. Valoración patrimonial la zona paleontológica del Pleistoceno de la Bahía de San Quintín.	234
Cuadro 7-2. Valoración patrimonial para la zona paleontológica del Cretácico tardío de El Rosario	235

Capítulo 1 Introducción

El Estado de Baja California se caracteriza por sus amplios litorales y por un clima de tipo mediterráneo a semiárido; la baja cobertura de la vegetación provocada por la escasez de agua, en conjunto con los procesos erosivos y tectónicos, generan las condiciones ideales para el estudio paleontológico al favorecer la exposición de los fósiles sobre la superficie terrestre. En rocas sedimentarias de la región, las cuales datan del Mesozoico al Cenozoico, se ha recuperado una gran cantidad de fósiles tanto de fauna marina como terrestre, además de plantas (Téllez y Aranda, 2010). Desde los fósiles de dinosaurios de hace unos 80 millones de años, hasta los depósitos de conchas que evidencian los cambios en el nivel del mar en los últimos miles de años, son algunos ejemplos de los recursos paleontológicos que se encuentran embebidos en el subsuelo de la región. No obstante, además de los procesos naturales de erosión y destrucción de las rocas, estos recursos se están viendo recientemente afectados por otros factores asociados al desarrollo socioeconómico, como lo son el crecimiento urbano, el desarrollo turístico y las actividades agrícolas, así como por la colecta desmesurada de fósiles, tanto de aficionados, comerciantes, y en algunas ocasiones de científicos (Lipps, 2009), lo que ha llevado a la degradación y a una consecuente pérdida de este patrimonio.

De acuerdo a Lipps (2009) la conservación y protección del patrimonio paleontológico es una condición necesaria para proseguir con las investigaciones científicas, así como para la preservación de éste para las futuras generaciones. Ante esta situación surgen algunas interrogantes: ¿Qué valores presentan los distintos yacimientos y fósiles? ¿Pueden preservarse los sitios paleontológicos y sus fósiles sin detener el desarrollo socioeconómico? ¿Bajo qué esquemas de conservación o figuras de protección se puede lograr esto? ¿Es plausible, incluso, utilizar este recurso para impulsar el desarrollo de las comunidades locales? Para responder estas cuestiones es necesario primero plantearse algunas otras, tales como: ¿Qué recursos paleontológicos se pueden encontrar en el área? ¿Cuáles son las principales amenazas que atentan contra la existencia de estos? ¿Cómo está enmarcado este patrimonio por la legislación nacional y estatal? ¿De qué manera se incluye el patrimonio paleontológico dentro del

ordenamiento territorial y las políticas de desarrollo? ¿Qué alternativas de gestión existen para conservar y proteger este patrimonio?

El responder los cuestionamientos anteriores permitirá contar con los elementos necesarios para la elaboración de una propuesta orientada a la conservación y protección de los sitios paleontológicos y fósiles de la región. Exceptuando las labores de rescate paleontológico, y fuera de las actividades de difusión y de divulgación científica, en Baja California no se ha desarrollado ni aplicado un esquema que garantice de manera permanente la protección y conservación específica de estos recursos. Este trabajo parte de los distintos esfuerzos realizados en materia de conservación del patrimonio cultural realizados para el Estado (Aceves-Calderón, 2005; Figueroa, 2009), abordado desde la perspectiva del paisaje y bajo un enfoque interdisciplinario donde, además de los aspectos científicos de los sitios y sus fósiles, se conjugan los distintos aspectos naturales, sociales, económicos y legales que engloban la conservación y protección de este patrimonio, buscando integrar el patrimonio paleontológico dentro de los distintos esquemas de conservación existentes y dentro de la planificación del territorio y políticas de desarrollo.

Antecedentes en la región

En este apartado se muestran algunos de los antecedentes de las propuestas e investigaciones realizadas en el estado de Baja California en relación al patrimonio geológico y paleontológico, también se exponen los trabajos en materia de patrimonio cultural en los cuales ha llegado a figurar el patrimonio paleontológico dentro de sus propuestas de conservación.

El patrimonio en Baja California

Las investigaciones que abordan el patrimonio en el estado de Baja California son relativamente recientes. Gran parte de los trabajos de conservación en la región se han enfocado principalmente a la parte biológica de los ecosistemas, dejando fuera la mayoría de las veces los elementos abióticos tales como las rocas o los fósiles; las manifestaciones culturales de los antiguos pobladores (vestigios arqueológicos) han sido abordados dentro de algunos estudios. Para estos casos documentados, se han considerado tanto elementos naturales como culturales bajo la perspectiva del paisaje, y se ha propuesto integrarse bajo distintos esquemas de

conservación dentro de las áreas naturales protegidas (ANP), bajo las figuras de geoparques y el concepto de paisajes culturales.

a. El patrimonio geológico y paleontológico

El primer trabajo paleontológico que se tiene conocimiento para Baja California fue realizado cerca de la ciudad de Ensenada, en el área de Punta Banda, donde en 1883 el investigador estadounidense Charles Russell Orcutt colectó los que se convertirían en los primeros fósiles descritos para la península, incluyendo el rudista *Coralliochama orcutti*, una almeja aberrante del Cretácico tardío (White, 1885). Desde entonces, los estudios paleontológicos de la región se han llevado a cabo tanto por investigadores estadounidenses como mexicanos. Durante casi un siglo el trabajo paleontológico en la región se limitó únicamente a la colecta y estudio científico de los fósiles, abordados desde un enfoque disciplinario sin ahondar en cuestiones relacionadas a la gestión y al manejo de los mismos recursos, no hasta la década de los noventa tras la inclusión del patrimonio paleontológico dentro de la legislación mexicana en 1986 donde podemos situar el primer antecedente concreto.

Como primer antecedente tenemos la propuesta realizada por Téllez (1993) dentro del libro Manejo Costero en México, en el cual se establece la importancia tanto del patrimonio arqueológico y paleontológico para el Corredor costero de Tijuana-Punta Baja, y discutiendo las bases legales de éstos. El autor, como parte de su propuesta, planteó el desarrollo de tres museos en el municipio de Ensenada donde se buscaba integrar el paisaje natural y cultural de la región; incluyó un museo de paso en El Mirador, un museo con exposición permanente en la ciudad de Ensenada, y finalmente un museo de sitio para los depósitos del Cretácico ubicados en Punta Banda. Más adelante Ruíz (1999), además de presentar en un congreso de zoología los resultados del estudio científico de un depósito paleontológico ubicado en el municipio de Rosarito (Baja California), hace mención de la vulnerabilidad de este sitio ante el inminente desarrollo urbano que se estaba llevando a cabo en la zona. Téllez y Aranda (2010) presentaron once años más tarde, en el marco del X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, un listado de las principales localidades fosilíferas del Estado, destacando sus atributos de geodiversidad y paisajísticos con la finalidad de impulsar el desarrollo de las comunidades rurales mediante la conservación conjunta del patrimonio paleontológico y el paisaje, suministrando así una

alternativa al aprovechamiento de estos recursos; estos autores ponen como ejemplos representativos al sur de Baja California las localidades del Faro San José, Las Pintas y El Rosario.

Más adelante, en un documento sin publicar, Guía-Ramírez (2013) realiza una recopilación de algunas de las principales localidades paleontológicas comprendidas dentro de una serie de polígonos que van desde Punta Banda hasta el Arroyo Santa Catarina, donde incluye aspectos de conservación y distintas perspectivas a futuro de los sitios ante las distintas amenazas presentadas en el territorio, incluyendo el desarrollo urbano y el comercio ilegal; propone el aplicar mecanismos de conservación en donde los habitantes puedan obtener un recurso económico a través de la protección de los sitios, y evitar así su saqueo y destrucción. Algunos autores adicionales (Guía-Ramírez, Oviedo-García y Pacheco, 2013) han propuesto el realizar el recorrido de sitios arqueológicos y paleontológicos del Pleistoceno descritos en estudios pasados en el área de San Quintín, con el fin de evaluar su estado de conservación, así como efectuar excavaciones en aquellos que se encuentren vulnerables ante el desarrollo urbano o por causas naturales.

De manera más reciente Posada, García, Bruschi, y Téllez (2014) elaboraron un inventario general de los principales rasgos geológicos de Baja California, determinando el potencial de aprovechamiento de estos recursos. Dentro del estudio se encontró que el Estado tiene un gran potencial para la implementación de actividades productivas alrededor de la conservación del paisaje, siendo la figura de geoparques la más adecuada para lograr esto. En el trabajo se estableció un potencial de aprovechamiento geoturístico para el poblado de El Rosario dada las evidencias paleontológicas presentes en el área. A su vez propone proteger sitios vulnerables del Estado, como la localidad paleontológica de La Joya (Tijuana), ya que el crecimiento urbano ha afectado a muchos de los yacimientos en la delegación de Playas de Tijuana, situada sobre rocas sedimentarias marinas de Plioceno y Pleistoceno.

b. El patrimonio arqueológico

Los vestigios arqueológicos de Baja California, al encontrarse en una zona árida, no presentan las características de los sitios de Mesoamérica. Las evidencias arqueológicas de la región se encuentran a manera de concheros, fogones, resguardos rocosos, pinturas rupestres, y otras

estructuras carentes de monumentalidad, por lo que su conservación y protección se han abordado de manera distinta del esquema planteado para el resto del país. Aceves-Calderón (2005) plantea la problemática existente en el Estado dada la falta de valoración del patrimonio cultural por el público e instituciones. Esta autora propone, en su tesis de maestría, un modelo de conservación holístico para zonas áridas, tomando como caso de estudio la Bahía de los Ángeles; su propuesta incluye la aplicación del concepto de Paisajes Culturales (de la UNESCO) dentro de las distintas estrategias de manejo y en las definiciones de políticas públicas de la región, así como promover e integrar las investigaciones geológicas, biológicas, paleontológicas y arqueológicas para la reconstrucción de los distintos paisajes desde una perspectiva interdisciplinaria para la conservación de los mismos.

Partiendo de este antecedente, Figueroa (2009) en su estudio de Doctorado centró su atención en el corredor Colonet-El Rosario como respuesta a los inminentes cambios masivos de uso del suelo que estaban por suceder en la región en ese entonces; en su análisis acerca de la gestión del patrimonio arqueológico, realiza una identificación de las distintas evidencias arqueológicas dejadas por los antiguos pobladores de Baja California, incluyendo vestigios paleontológicos correspondientes al Pleistoceno. Dentro de su estudio analiza los museos comunitarios de la región como una alternativa para la conservación del patrimonio natural y cultural. Bendímez realiza en 2010 una recapitulación de algunos de los diferentes esfuerzos de la conservación del patrimonio arqueológico en el Estado de Baja California, donde destaca en los casos estudiados el involucramiento directo de las comunidades locales dentro de la gestión de los bienes arqueológicos regionales.

Más adelante, Aceves-Calderón (2009 y 2011), ante el aceleramiento de los procesos de cambios de uso de suelo en la región, propone no solo considerar el patrimonio cultural monumental dentro de la planificación del territorio, sino incluir también el resto de las manifestaciones culturales en los ordenamientos territoriales y ecológicos del municipio de Ensenada, buscando así ampliar el concepto del patrimonio cultural con el fin de incorporar la diversidad de los recursos culturales que cuenta la región.

Aproximación metodológica

Perspectiva del paisaje

A nivel internacional ha existido una tendencia de adoptar una aproximación más amplia y holística en materia de conservación del patrimonio paleontológico (Endere y Prado, 2015; Henriques y Pena, 2015). Entre una de estas aproximaciones se encuentra la del paisaje. De acuerdo a la definición de la Convención Europea del Paisaje, este se define como el territorio o parte de este cuyo carácter es el resultado de la acción e interacción de elementos naturales y humanos a través del tiempo (Council of Europe, 2000). La aproximación del paisaje busca proporcionar herramientas y conceptos para la asignación y gestión del uso del suelo con el fin de alcanzar objetivos sociales, económicos y ambientales, en áreas donde la urbanización, agricultura y minería compiten con objetivos ambientales y de biodiversidad, logrando un uso sustentable y preservando a la vez los recursos paleontológicos del territorio (Sayer *et al.* 2013; Endere y Prado, 2015). Bajo esta perspectiva, los yacimientos paleontológicos no se seleccionan como unidades de protección, sino que el mismo paisaje representa la escala de análisis y se consideran todo los elementos que componen a este, tanto naturales como antrópicos, dentro de la conservación del mismo.

El primer paso en este proceso de estudio consiste en la compilación de un conocimiento adecuado del paisaje, incluyendo la identificación, caracterización y valoración de los recursos paleontológicos bajo criterios no solamente científicos, considerando también los aspectos culturales y socioeconómicos de estos (Endere y Prado, 2015; Morales, Azanza y Gómez, 1999). Clark *et al.* (2004, en Endere y Prado, 2008) determinan que la caracterización y valoración son solo los primeros pasos para la elaboración de un plan de acción sobre un paisaje; deberán evaluarse además los cambios en el paisaje producto de los factores, procesos y políticas de cambio (agricultura, planes de ordenamiento, factores económicos), y así desarrollar estrategias basadas en iniciativas y políticas de uso de suelo, agroambientales, ecológicas y turísticas, para finalmente adoptar las propuestas seleccionadas mediante la elaboración de distintos proyectos de conservación.

Bajo la perspectiva de paisaje planteada anteriormente, y considerando las metodologías de los trabajos de tesis elaborados en la región en el estudio del patrimonio arqueológico e histórico (Aceves-Calderón, 2005; Figueroa, 2009), el objetivo general del presente trabajo consiste en elaborar una propuesta para la conservación y protección del patrimonio paleontológico, tanto de los sitios paleontológicos como de sus fósiles, de la región de Baja California. Para poder dar cumplimiento a este objetivo se planteó el trabajo de investigación en cinco objetivos particulares: 1) caracterizar el patrimonio paleontológico de la región, 2) determinar los cambios en el paisaje en los últimos años, 3) analizar la legislación nacional y estatal vigente, así como la revisar los distintos instrumentos de políticas públicas en la región, 4) explorar las alternativas de gestión de los sitios paleontológicos y sus fósiles a nivel mundial, regional, así como la situación actual del patrimonio paleontológico en Baja California, y para finalmente 5) realizar la integración de la propuesta.

Para fines metodológicos, la caracterización de los elementos paleontológicos, y el análisis de cambios en el paisaje, se delimitó a la región mediterránea del Estado de Baja California, correspondiente a la vertiente oeste del Estado de Baja California comprendida por Cabo Colonet al norte y por Punta Baja al sur. La zona costera de toda esta región representa un área de reciente y acelerado crecimiento urbano y agrícola; así mismo, el desarrollo de proyectos de municipalización, portuarios y turísticos podrían resultar en cambios masivos en el uso de suelo y el paisaje (Figueroa, 2009; Gonzáles y Beltrán. 2009). La velocidad y el ritmo actual de estos cambios han superado muchas veces la posibilidad de regular y generar procesos de planificación territorial eficaces, ante la escasa valoración existente de los recursos arqueológicos y paleontológicos en la región (Aceves-Calderón, 2011); en San Quintín el rápido crecimiento poblacional, reflejado en obras de infraestructura y de desarrollo urbano, y el hecho de contar con una costa altamente dinámica, son factores que pueden afectar a los yacimientos paleontológicos ubicados en esta área (Guía-Ramírez *et al.*, 2013), mientras que en zonas como en El Rosario, los procesos de saqueo y comercio de los fósiles están agotando los recursos presentes en el territorio (Guía-Ramírez, 2013).

a. Objetivo general

Elaborar una propuesta para la conservación y protección del patrimonio paleontológico en la región de Baja California.

b. Objetivos específicos.

1. **Caracterizar** los recursos paleontológicos que se encuentran en el área de Colonet-Punta Baja. [Capítulo 3](#)
2. **Determinar** los cambios de uso de suelo en el área de Colonet-Punta Baja durante 1981 y 2011. [Capítulo 4](#)
3. **Analizar** la legislación vigente en materia de conservación y protección del patrimonio paleontológico a nivel federal y estatal, así como las políticas de desarrollo a nivel regional. [Capítulo 5](#)
4. **Contrastar** los diferentes esquemas de protección y conservación de patrimonio paleontológico existente a nivel mundial, regional y local. [Capítulo 6](#)
5. **Integrar** una propuesta para la conservación y protección del patrimonio paleontológico en Baja California. [Capítulo 7](#)

Estructura de la tesis

El documento se ha estructurado de manera tal que cada objetivo específico corresponde a un capítulo independiente. La tesis consta de un total de siete capítulos incluyendo el presente apartado introductorio, en donde además de introducir a la problemática abordada, se describe físicamente el área de estudio. El Capítulo 2 consiste en el marco conceptual ([Paleontología, fósiles y patrimonio](#)), dentro del cual se establecen inicialmente algunos de los conceptos y términos utilizados comúnmente dentro de la paleontología. Se define también el concepto del patrimonio paleontológico, partiendo desde la noción misma del patrimonio y de los recursos culturales, y describiendo su relación con otros patrimonios tales como el geológico o el arqueológico.

El tercer capítulo "[El patrimonio paleontológico del oeste de Baja California, México: Colonet – Punta Baja.](#)" corresponde al primer objetivo específico del presente trabajo. En este capítulo se caracteriza el patrimonio paleontológico de esta zona a partir de una recopilación bibliográfica,

determinando la naturaleza de las investigaciones paleontológicas, y describiendo los distintos yacimientos y fósiles que conforman el patrimonio paleontológico de esta región, compilando y ubicando espacialmente en un Sistema de Información Geográfica las distintas localidades en las cuales se han recobrado este tipo de evidencias. El capítulo cierra con una reconstrucción paleoambiental de esta área.

Una de las amenazas que ponen en riesgo la preservación de los recursos paleontológicos presentes en el territorio son los cambios en los usos de suelo. Esta situación es abordada en el Capítulo 4: “[Los cambios de uso de suelo sobre las unidades geológicas en el área de Colonet-Punta Baja, Baja California \(1981-2011\)](#)”, el cual corresponde al segundo objetivo específico. En este apartado se hace uso de los Sistemas de Información Geográfica para analizar los distintos cambios que han existido en el paisaje desde 1981 al 2011, dadas los aumentos, disminuciones y cambios ocurridos de las actividades antrópicas como la agricultura y los procesos de urbanización sobre las distintas unidades de rocas fosilíferas de la región.

En el quinto capítulo “[La legislación y administración del patrimonio paleontológico en México y Baja California](#)”, correspondiente al tercer objetivo específico, se analiza la legislación a nivel nacional y estatal en materia de patrimonio paleontológico, estableciendo la situación actual de la administración de este en el país y en Baja California, y se estudian los instrumentos de políticas públicas y ambientales existentes a nivel regional; la primera parte con el fin de establecer la legislación bajo el cual se enmarca el patrimonio paleontológico y determinar si este es adecuado para la protección de este, así como estudiar las distintas herramientas o figuras legales bajo las cuales se puede sustentar la protección de los fósiles. La revisión del patrimonio paleontológico dentro de los diversos instrumentos de políticas públicas de la región, tales como planes de desarrollo y ordenamientos territoriales, se realizó con el fin de determinar de qué manera se ha considerado el patrimonio paleontológico dentro de estos.

El cuarto objetivo se presenta en el Capítulo 6: “[La gestión del patrimonio paleontológico a nivel internacional y nacional: una perspectiva desde Baja California](#)”, el cual consiste en un estudio de las distintas alternativas de gestión, a partir de una revisión de los distintos esquemas propuestos a nivel internacional para la protección y conservación del patrimonio paleontológico

y de las estrategias implementadas a nivel regional en otros estados del país como Coahuila, bajo la perspectiva de la situación actual y a futuro del patrimonio paleontológico en Baja California.

Con los resultados y análisis de los capítulos anteriores, y con la integración de trabajos previos, se volvió posible la estructuración de una propuesta orientada a la conservación y protección de los fósiles y sus sitios de la región, y clasificadas bajo distintos ejes: académicos, institucionales, políticos, sociales, y de conservación, presentados en el capítulo final con el título “[Propuesta para la conservación y protección del patrimonio paleontológico de Baja California](#)”.

Área de estudio: Colonet-Punta Baja.

En el presente apartado se caracteriza físicamente el área de estudio. Incluye la delimitación del mismo, así como características fisiográficas y biológicas que componen el paisaje de esa región. Lo relacionado a la geología, y los aspectos socio-económicos serán abordados dentro de los capítulos 3 y 4 respectivamente.

Delimitación del área de estudio

El área de Colonet-El Rosario ha sido comúnmente denominada como corredor o corredor costero, ya que gran parte de los poblados se encuentran cercanos de la costa y en proximidad a la carretera transpeninsular. El corredor costero Colonet-El Rosario fue definido por Figueroa (2009) en su estudio del patrimonio arqueológico en esta región, partiendo desde la Playa San Antonio del Mar para el extremo norte hasta la Bahía El Rosario hacia el sur, y considerándolo desde los cero hasta los 200 metros de altitud. TerraPeninsular (2010) ha utilizado los corredores Colonet-Eréndida y San Quintín-El Rosario dentro de sus proyectos de conservación, delimitándolos desde la costa hasta a una altitud de 600 metros, punto donde el matorral es reemplazado por el chaparral. Zaragoza (2010), dentro de su regionalización físico-geográfica de la península, propone esta zona dentro de un mismo subdistrito denominado Cabo Colonet – Cabo San Quintín – Bocana El Rosario, conformado por planicies y lomeríos estructurales, y caracterizado por una vegetación de matorral rosetófilo costero, matorral micrófilo y chaparral.

La delimitación latitudinal (norte-sur) del área de estudio del presente trabajo se realizó en consideración de las regionalizaciones propuestas anteriormente. Aunque el trabajo se centra en el área costera, no se limitó a un ‘corredor costero’ ya que se consideró pertinente considerar

algunos sitios paleontológicos encontrados en las regiones más alejadas de la costa. El polígono se definió mediante la Proyección Transversa de Mercator (UTM) zona 11 y datum WGS 84, comprendiendo la vertiente oeste del área delimitada por los paralelos 3444700-3307000 de latitud y los meridianos 555500-677000 de longitud (**Figura 1-1**). Limita al norte con la Playa San Antonio del Mar (cercano al Ejido México y al norte del Cabo Colonet), y hacia el sur con la Bahía el Rosario, cerca de Punta Baja; hacia el este comprendiendo hasta las partes altas de la sierra de San Pedro Mártir y limitando con el Océano Pacífico en el oeste. El área de estudio se localiza políticamente dentro del municipio de Ensenada, Baja California, el cual es el más grande en cuanto a extensión territorial en todo el país. Dentro del área convergen cinco de las 23 delegaciones municipales de Ensenada: Punta Colonet, Camalú, Vicente Guerrero, San Quintín y El Rosario.

El área se compone de distintos relieves o topoformas característicos. Cercano a la costa se encuentran valles, llanuras y planicies costeras, así como algunos campos de dunas y playas arenosas. También en el área se localizan algunas mesetas y distintas zonas de lomeríos; hacia las partes más altas se localiza la sierra montañosa (INEGI, 2004). El rasgo más característico del norte del área es el Cabo Colonet, el cual consiste en una plataforma proyectada hacia el océano conformado por dos mesas que alcanzan una elevación de 120 metros. La región de San Quintín está formada por una gran planicie costera conocida como el Valle de San Quintín, el cual se extiende alrededor de 70 km lineales desde Camalú hasta Valle Tranquilo, y por una laguna costera ligeramente hipersalina (Bahía de San Quintín y Bahía Falsa), conformada por dos barras de tierra el Cabo San Quintín y Punta Azufra; esta zona se caracteriza también por la presencia de un campo volcánico inactivo con una docena de conos cineríticos. Hacia el sur, en El Rosario, la zona se conforma por lomeríos y como rasgo distintivo se encuentra un cuerpo de agua conocido como bocana del Arroyo El Rosario, así como Punta Baja, una saliente pronunciada de tierra formada por una plataforma de baja elevación la cual hace referencia su nombre.

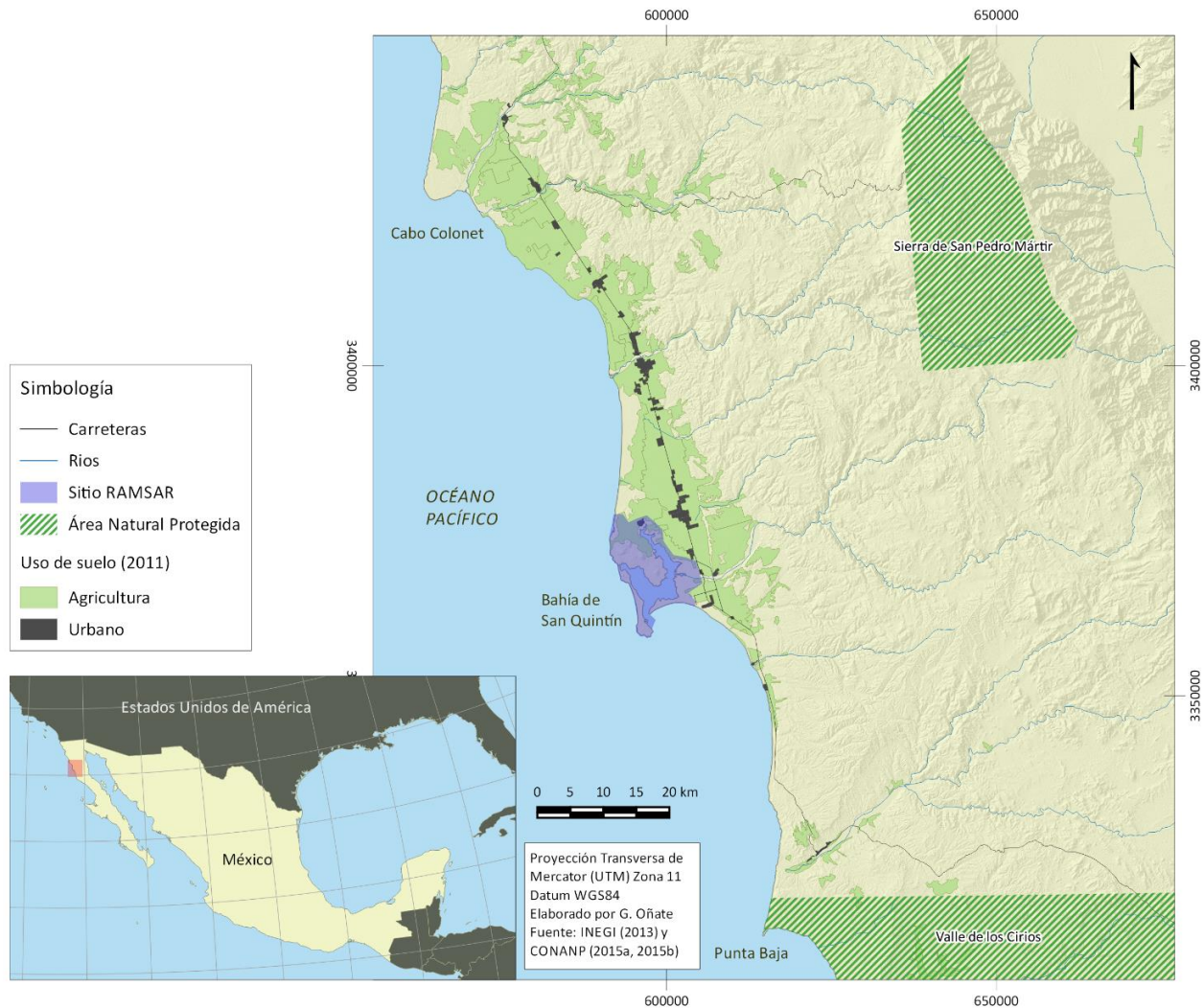


Figura 1-1. Mapa topográfico del área de Colonet-El Rosario con usos de suelo (al 2011) y Áreas Naturales Protegidas.

Además de estos, otros rasgos geográficos caracterizan a la costa, como Punta San Telmo, Punta San Jacinto, Punta Camalú, los cuales conforman distintas bahías como Bahía Camalú, Bahía San Ramón, así como la Bahía de Santa María y la Bahía El Rosario. Varias mesas de alrededor de 100 metros de elevación se localizan en áreas cercanas a la costa, y algunas otras más alejadas, donde se incluyen la Mesa de San Antonio del Mar, Mesa San Telmo, Mesa San Simón, y Mesa de La Sepultura. La Sierra de San Pedro Mártir constituye el origen de las cuencas hidrográficas de la vertiente occidental de la península que desembocan en la costa del Océano Pacífico, desde Cabo Colonet hasta El Rosario, y representa la región más alta de toda la península de Baja California alcanzando hasta los 3000 metros de elevación.

Climatología y vegetación

Conforme a la clasificación de Köppen la región presenta un clima de seco o árido (BS) templado (BSks) hacia el norte, así como un clima muy seco o muy árido (Bw) hacia el sur, de tipo templado (BWks) y semicálido (BWhs); en la sierra de San Pedro Mártir se localiza un clima de tipo Templado y Semifrío subhúmedo (CEsx' y Cs) (García, 1998). Las precipitaciones son bajas, presentándose en invierno con una media anual de 125 a 400 mm. En las partes altas de la sierra de San Pedro Mártir se registra una precipitación media de 400 a 600 mm (Vidal-Zepeda, 1990). De acuerdo a Peinado, Alcaraz, Delgadillo y Aguada (1994), la región se encuentran dentro de los zonobiomas IV y III de Walter, correspondientes al clima mediterráneo (con lluvias de invierno y sequías de verano) y clima desértico (subtropical árido) hacia el sur; en el área de San Quintín y el Rosario se presenta el ecotono o zona de transición entre ambos biomas (Peinado, Alcaraz, Aguirre y Álvarez, 1994). Dentro de estos mismos zonobiomas existen varios pisos bioclimáticos definidos por la vegetación a diferentes gradientes altitudinales o latitudinales; los pisos bioclimáticos reconocidos para el mediterráneo consisten en el inframediterráneo, termomediterráneo, mesomediterráneo y supramediterráneo (Peinado, Alcaraz, Delgadillo y Aguada, 1994).

De las ecorregiones propuestas por González-Abraham, Garcillán, y Ezcurra (2010) se encuentran representadas cuatro de las cinco áreas que constituyen a la Región Mediterránea: el matorral costero rosetófilo, matorral costero, el chaparral, y el bosque de coníferas de la Sierra de San Pedro Mártir. También se distribuye la región del Desierto Central en la porción del sur y sureste del área de estudio, a partir del arroyo El Rosario donde se da la transición entre estas dos regiones.

La Sierra de San Pedro constituye uno de los pocos paisajes forestales de toda la península, con coníferas dominantes de los géneros *Pinus* y *Abies* distribuyéndose por encima de los 1,800 metros (m) de altura. Por debajo de esto se encuentra el chaparral, comunidad de arbustos esclerófilos siempreverde que cubren las partes bajas de las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir, descendiendo hasta los 400-600 m en donde es reemplazado por el matorral costero. El matorral costero se distribuye hacia el norte del área; las especies dominantes son arbustos aromáticos, deciduos facultativos durante el periodo de sequía, de raíces someras y bien adaptadas para

sobrevivir en una zona de escasa precipitación pero con abundantes nieblas (González-Abraham *et al.*, 2010).

El matorral costero rosetófilo es una de las ecorregiones más representativas del área de estudio; ocupa la franja costera extendiéndose aproximadamente 175 km de longitud, formando un área transicional entre los ecosistemas mediterráneos y los desérticos; como elemento dominante se encuentran las especies suculentas de la familia Agavaceae, Cactaceae, Crassulaceae y Euphorbiaceae. Debido a la importancia de la niebla marina como fuente de humedad, los líquenes epífitos son comunes, y plantas con hojas arregladas en rosetas basales son también dominantes, tales como el maguey *Agave shawii* (**Figura 1-2**), así como varias especies de siemprevivas del género *Dudleya*. Otras especies relevantes son los arbustos como *Ambrosia chenopodiifolia*, *Hazardia rosarica*, *H. vernicosa* y *Euphorbia misera*. Entre los cactus se incluyen las especies como el órgano (*Bergerocactus emoryi*), el cochal (*Myrtillocactus cochal*), la pitaya agria (*Stenocereus gummosus*), la cholla (*Cylindropuntia rosarica*) y varias especies de nopal del género *Opuntia*. Algunos árboles deciduos como el trompo (*Aesculus parryi*), el fresno (*Fraxinus parryi*) y el *Prunus fremontii*, pueden aparecer a lo largo de los cauces de algunos arroyos (González-Abraham *et al.*, 2010).



Figura 1-2. El maguey de la costa (*Agave shawii*), elemento dominante del matorral costero rosetófilo.

Hidrología

La parte baja de las cuencas está conformada por corrientes de agua intermitentes, es decir que transportan agua sólo en una época del año, y tienen su origen en la vertiente occidental de la

Sierra de San Pedro Mártir, en donde ocurren las precipitaciones pluviales de verano y de invierno acompañadas de nieve. De acuerdo a INEGI (2010), el área delimitada cuenta con 9 subcuencas hidrográficas donde de norte a sur se ubican: 1) Arroyo Salado (desembocando en playa San Antonio del Mar), 2) Rio San Rafael para el área de Colonet, 3) Rio San Telmo, 4) Arroyo Santo Domingo, 5) Arroyo de la Escopeta, 6) Arroyo San Simón, para el área de San Quintín, 7) Arroyo el Socorro, 8) Arroyo del Rosario, y por último 9) Canal de San Vicente.

Fauna

En el área de estudio convergen el distrito faunístico de San Pedro Mártir y el San Dieguense (POEEBC, 2014). Dentro de la fauna terrestre característica de la zona destacan los reptiles pequeños y medianos, las aves, así como especies de mamíferos de diversos tamaños. Entre los reptiles se encuentran el camaleón cornudo (*Phrynosoma cornutum*), la culebra topera (*Pituophis melanoleucus*), la víbora de cascabel (*Crotalus viridis*), así como dos especies de lagartijas endémicas: la lagartija sin patas *Anniella geronimensis* y la lagartija del Oeste, *Cnemidophorus labialis*. Estos reptiles, exceptuando la culebra topera, se encuentran incluidos de la Norma Oficial Mexicana bajo protección especial (NOM 059 SEMARNAT, 2010). De acuerdo a la ficha del sitio Ramsar de la Bahía de San Quintín (CONANP, 2007), para las aves destacan las especies migratorias como la Branta negra (*Branta bernicla*), y especies residentes como los cormoranes y aves playeras. Entre las distintas especies que se distribuyen en la zona se encuentran el pelicano café de california (*Pelecanus occidentalis*), el cormorán (*Phalacrocorax auritus*), varias especies de patos (*Anas* spp.), aves rapaces incluyendo águilas y halcones (*Aquila chrysaetos*, *Accipiter cooperii*, *Falco columbarius*), así como la codorniz de California (*Lophortyx californica*). También se distribuyen la gaviota californiana (*Larus californicus*), la huilota (*Zenaida macroura*), el ceniztonle (*Mimus polyglottos*) y gorriónes (*Carpodacus mexicanus*).

Para la mastofauna, hacia la sierra de San Pedro, dentro del bosque de coníferas, destacan el venado (*Odocoileus virginianus*), borrego cimarrón (*Ovis canadiensis*), puma (*Puma concolor*) y coyote (*Canis latrans*), mientras que dentro de los matorrales se distribuyen también el coyote y otros mamíferos como el gato montés (*Lynx rufus*), conejos y liebres (*Lepus californicus*, *Sylvilagus bachmani*, *S. audubonii*), roedores como la rata cambalachera (*Neotoma lepida*), ratas canguro (*Dipodomys gravipes* y *D. merreani*), el ratón norteamericano (*Peromyscus maniculatus*)

entre otros, así como quirópteros tal como el murciélago de California (*Myotis californicus*) (Mellink, 2002). En algunas islas se distribuyen mamíferos marinos como los leones y elefantes marinos (*Zalophus californicus*, *Mirounga angustirostris*), mientras que en el Océano es posible encontrar delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) y otros cetáceos como la ballena gris (*Eschrichtius robustus*), la cual utiliza la zona como parte de su ruta migratoria.

Arqueología e historia

Los sitios arqueológicos de la región no presentan las características monumentales de los sitios arqueológicos de Mesoamérica. En la región encontramos evidencias de los primeros pobladores de la península correspondientes a grupos semi-nómadas de pescadores-cazadores-recolectores; estas evidencias se encuentran en zonas cercanas a la costa a manera de campamentos estacionales, concheros (lugares donde se concentran grandes cantidades de concha y hueso producto del aprovechamiento de los recursos marinos y terrestres), talleres líticos, fogones, y resguardos rocosos (Figueroa, 2009). Sobre las partes más altas y rocosas de la región es posible encontrar otro tipo de evidencias como pinturas rupestres y petrograbados. Las construcciones de los jesuitas y franciscanos conocidas como misiones, realizadas por los españoles durante la época de la conquista, forman parte importante del paisaje histórico de Baja California. Dentro del área de Colonet - Punta Baja se encuentran las ruinas de al menos tres misiones: San Vicente, Santo Domingo y de la misión de El Rosario.

Áreas Naturales Protegidas

En el área de estudio se encuentran dos áreas naturales protegidas decretadas: el Área de Protección de Flora y Fauna de Valle de los Cirios (por debajo del paralelo 30), y el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, (Figura 1-1), no obstante el resto del área no se encuentra bajo ningún esquema de Área Natural Protegida. Adicionalmente se encuentra declarado como humedal de importancia internacional (Ramsar) el sitio de la Bahía de San Quintín. Ninguna zona correspondiente a los matorrales mediterráneos se encuentra bajo algún nivel de protección, a pesar de su diversidad y de ser un ecosistema único en el mundo presente en pocos lugares.

Áreas prioritarias a conservación

Conforme a información de la CONABIO, en el área convergen los cuatro distintos tipos de regiones prioritarias a conservación a nivel nacional:

1. La región de San Telmo - San Quintín se encuentra dentro de las áreas terrestres prioritarias (Arriaga *et al.*, 2000), correspondiente a la vegetación del matorral rosetófilo costero, hasta 200 a 400 metros sobre el nivel del mar, y englobando la Bahía de San Quintín.
2. La región marina Ensenadense que comprende desde Tijuana hasta El Rosario se encuentra dentro de las regiones marinas prioritarias de México (Arriaga, Aguilar, *et al.*, 1998).
3. La región hidrológica prioritaria de San Pedro Mártir incluye las Sierras de San Pedro Mártir, Juárez y San Miguel, así como las cuencas de los ríos Rincón y Salado (Arriaga, Vásquez, *et al.*, 1998).
4. Dentro de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves se encuentra incluida como prioritaria el Área de la Bahía de San Quintín (Benítez, Arizmendi, y Márquez, 1999).

Proyectos recientes

El acelerado desarrollo portuario, urbano y turístico constituye una de las principales amenazas contra los recursos bióticos y abióticos del Estado de Baja California (Aceves-Calderón, 2011). De acuerdo a Zaragoza (2014), la región de Colonet-San Quintín-El Rosario a pesar de contar con una alta riqueza de plantas vasculares y endemismo de algunas especies, presenta un disturbio antropogénico alto, y se encuentra altamente vulnerable ante el crecimiento de las zonas urbanas y las actividades agrícolas de la zona. De acuerdo a Espejel, Riemann y Hernández (2005), en años recientes se han comenzado a conformar nuevos municipios para el estado de Baja California. Como el ejemplo reciente tenemos la municipalización de Playas de Rosarito en 1995, y a manera de proyectos, los municipios de San Felipe (en Mexicali), y de San Quintín, este último representando una de las principales amenazas en la región.

A mediados de los noventa se tenía proyectado la construcción de dos desarrollos turísticos en el área de San Quintín, incluyendo tres campos de golf, zonas residenciales y centros comerciales

(Martínez, 2007). Para la bahía de San Quintín, hay un interés fuerte por realizar desarrollos con fines habitacionales para jubilados extranjeros, sobre todo en la barra oeste de la bahía (Arriaga *et al.*, 2000). El desarrollo urbano de la bahía se está también incrementando con la consecuente pérdida de hábitat. Para el 2007 se encontraban grandes proyectos de desarrollos contemplados, tales como el Proyecto del Puerto de Punta Colonet en donde, además de la construcción de un puerto marítimo a gran escala, se planteaba la construcción de infraestructura complementaria en la que se incluía una regasificadora, una planta termoeléctrica, una desaladora, una planta de tratamiento de aguas residuales, y el establecimiento de una vía ferroviaria (Gobierno del Estado de Baja California, 2007). De acuerdo a Figueroa (2009), para estas mismas fechas se tenía contemplado la construcción de un campo de golf y de un aeropuerto para el área de El Rosario, sin embargo se desconoce el estado de tales proyectos.

En la actualidad existen proyectos destinados a la conservación de áreas naturales en la zona mediterránea realizados por organizaciones civiles como TerraPeninsular, ProNatura y ProEsteros, quienes han dirigido sus esfuerzos de conservación principalmente al área de San Quintín y el Rosario dado al alto nivel de biodiversidad y a la condición relativamente pura del corredor San Quintín - El Rosario. (TerraPeninsular, 2010).

Bibliografía

- Aceves-Calderón, P. M. (2005). *Los paisajes culturales como modelo holístico de conservación en Zonas Áridas* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Baja California [UABC], México.
- Aceves-Calderón, P. M. (2009). *Entre el pasado y el futuro. La conservación del patrimonio cultural y la planeación en el municipio de Ensenada*. Presentado en el II Foro IMI IESI: La innovación para el desarrollo sustentable del Municipio de Ensenada, Ensenada, México.
- Aceves-Calderón, P. M. (2011). *Entre el pasado y el futuro: El patrimonio cultural en el ordenamiento territorial y ecológico en el municipio de Ensenada*. Presentado en el VI Congreso Internacional de Ordenamiento Ecológico y Territorial, Ensenada, México.
- Arriaga, C. L., Aguilar, S. V., Alcocer, D. J., Jiménez, R. R., Muñoz, L. E., Vázquez, D. E. (coords.) (1998). *Regiones hidrológicas prioritarias*. Escala de trabajo 1:4.000.000. 2da

Edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. México.

- Arriaga, C. L., Vázquez, D. E., González, C. J., Jiménez, R. R., Muñoz, L. E., Aguilar, S. V. (coords.) (1998). *Regiones marinas prioritarias de México*. CONABIO. México.
- Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., Martínez, Gómez, L., y Loa, E. (coords.) (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. CONABIO. México.
- Benítez, H., Arizmendi C., y Márquez, L. (1999). *Base de Datos de las AICAS*. CONABIO. México.
- Bendímez, P. J. (2010). The Communities of Baja California and their participation in the deffense of their achaeological legacy. *SCA Proceedings*, 24, 1-6.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP] (2007). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Bahía de San Quintín*. México. Recuperado de [http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR RAMSAR/Baja California/Bahia de San Quintin/Mexico Bahia de San Quintin 2008 RIS.pdf](http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Baja_California/Bahia_de_San_Quintin/Mexico_Bahia_de_San_Quintin_2008_RIS.pdf)
- Council of Europe (2000). *The European Landscape Convention*. Florencia, Italia.
- Diario Oficial de la Federación (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. México.
- Endere, M. L., y Prado, J. L. (2008). Criterios de selección, valorización y zonificación de yacimientos arqueológicos y paleontológicos. En M. L. Endere y J. L. Prado (Eds.), *Patrimonio, ciencia y comunidad: su abordaje en los partidos de Azul, Olavarría y Tandil* (47-65). Argentina: INCUAPA.
- Endere, M. L., y Prado, J. L. (2015). Characterization and Valuation of Paleontological Heritage: A Perspective from Argentina. *Geoheritage*, 7(2), 137-145.
- Espejel, I., Hernández, A., Riemann, H., y Hernández, L. (2005). Propuesta para un nuevo municipio con base en las cuencas hidrográficas. *Gestión y Política Pública*, 14(1), 129-168.

- Figueroa, B. C. (2009). *La Arqueología del Holoceno en el corredor costero Colnett [sic] - El Rosario (Baja California México). Un Análisis orientado a la gestión* (Tesis de Doctorado). UABC, México.
- Gonzáles, B. L., y Beltrán, M. J. C. (2009). Registro, estudio y protección de puertos y concheros del occidente de México. En S. Mesa, M. T. Castillo, P. F. Sánchez y M. Medina (coords. y Eds.), *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años* (pp. 289-324). México: Colección científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- González-Abraham, C. E., Garcillán, P. P., y Ezcurra, E. (2010). Ecorregiones de la Península de Baja California: Una Síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 87, 69-82.
- Guía-Ramírez, A. (2013). *Compilado y diagnóstico de áreas paleontológicas en la costa oeste de Baja California* (Sin publicar). Centro INAH Baja California, México.
- Guía-Ramírez, A., Oviedo-García, F., y Pacheco, G. (2013). San Quintín, Baja California: una perspectiva paleontológica y arqueológica. *SCA Proceedings*, 27, 46-56.
- Henriques, M., y Pena, d. R. R. (2015). Framing the Palaeontological Heritage within the Geological Heritage: An Integrative Vision. *Geoheritage*, 7(3), 249-259.
- Lipps, J. H. (2009). PaleoParks: Our paleontological heritage protected and conserved in the field worldwide. En J. H. Lipps y B. R. C. Graniel (Eds.), *PaleoParks - The protection and conservation of fossil sites worldwide*: Carnets de Géologie / Notebooks on Geology.
- Martínez, R. del R. L. (2007). *Ficha Informativa de los Humedales de RAMSAR Bahía de San Quintín*. Recuperado de [http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR RAMSAR/Baja California/Bahia de San Quintin/Mexico Bahia de San Quintin 2008 RIS.pdf](http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Baja_California/Bahia_de_San_Quintin/Mexico_Bahia_de_San_Quintin_2008_RIS.pdf)
- Mellink, E. (2002). El límite sur de la región mediterránea de Baja California, con base en sus tetrápodos endémicos. *Acta Zoológica Mexicana*, 85, 11-23.
- Morales, J. R., Azanza, B. A., y Gómez, E. R. (1999). El Patrimonio Paleontológico Español. *Coloquios de Paleontología*, 50, 53-62.
- Peinado, M., Alcaraz, F., Aguirre, J. L., y Álvarez, J. (2004). Vegetation formations and association of the zonobiomes along the North American Pacific coast. *Vegetatio*, 114, 123-135.

- Peinado, M., Alcaraz, F., Delgadillo, J., y Aguada, I. (2004). Fitogeografía de la Península de Baja California, México. *Anales del Jardín Botánico Madrid*, 51(2), 255-277.
- Posada, A. I. H., García, G. A., Bruschi, V. M., y Téllez, D. M. A. (2014). Geodiversidad y paisaje: un análisis de su potencial en Baja California, México. *Investigaciones Geográficas Chile*, 48, 19-40.
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California [POEEBC] (2014). Acuerdo del Ejecutivo mediante el cual se aprueba la publicación del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California actualizado. *Periódico Oficial del Estado de Baja California*, 121(34), 1-434.
- Ruíz, P. G. (1999, Noviembre). Moluscos del Pleistoceno tardío de Playas Rosarito, B.C. México. XV Congreso nacional de Zoología y VII Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología (p. 68), Nayarit, México.
- Sayer, J., Sunderland, T., Ghazoul, J., Pfund, J., Sheil, D., Meijaard, E., Venter, M., Boedhihartono, A. K., Day, M., Garcia, C., Oosten, C. V., y Buck, L. E. (2013). Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. *PNAS*, 110(21), 8349–8356.
- Téllez, M. A. (1993). Cultural Resources as a Criterion in Coastal Zone Management: The Case of Northwestern Baja California, México. En J. L. Fermán Almada, L. Gómez-Morín, y D. W. Fischer (Eds.). *Coastal Management in Mexico: The Baja California Experience* (pp. 137-147). Estados Unidos: American Society of Civil Engineers.
- Téllez, M. A., y Aranda, F. J. (2010, Septiembre). *Paleontología y geodiversidad como estrategia de desarrollo sustentable en Baja California, México*. Objeto de conferencia presentado en el X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía-VII Congreso Latinoamericano de Paleontología, La Plata, Argentina. Resumen recuperado de <http://hdl.handle.net/10915/16978>
- TerraPeninsular (2010). Proyectos: Corredores San Quintín-El Rosario Y Colonet-Eréndira Recuperado de <http://www.terrapeninsular.org/bahia-san-quintin-detalle.php>
- White, C. A. (1885). New Cretaceous Fossils from California. *United States Geological Survey*, 15, 355-373.

- Zaragoza, R. A. A. (2010). *Tipología y regionalización físico-geográfica de la península de Baja California, México* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Zaragoza, R. A. A. (2014). *Áreas de geoconservación de la Península de Baja California, México: una propuesta a partir de la regionalización físico-geográfica* (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Cartografía

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP] (2015a). Áreas Naturales Protegidas Federales de la República Mexicana. Escala 1:250.000
- CONANP (2015b). Sitios RAMSAR México. Escala 1:50.000
- García, E. – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO] (1998). Climas (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1.000.000. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2010). Red hidrográfica escala 1:50.000 Edición: 2.0.
- INEGI (2004). Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1.000.000. Serie I.
- INEGI (2013). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación. Escala 1:250.000, Serie V (Conjunto Nacional).
- Vidal-Zepeda, R. (1990), 'Precipitación media anual' en Precipitación, IV.4.6. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4.000.000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Capítulo 2 Paleontología, fósiles y patrimonio

En el presente capítulo se abordan algunos de los conceptos manejados dentro de la paleontología, esto con la finalidad de proporcionar un entendimiento del tema en cuestión, desde qué es un fósil, qué es la paleontología y en qué consiste el trabajo y el estudio paleontológico. Más adelante se abordara el concepto de patrimonio paleontológico, definiéndolo a partir del origen y evolución del concepto de patrimonio, así como su relación con otros patrimonios como el natural, el cultural y el geológico.

La paleontología y los fósiles

La paleontología ha surgido como una necesidad del hombre por comprender la historia de la vida y del planeta (Raup *et al.*, 1987). Millones de especies de organismos (plantas y animales) han evolucionado y se han extinguido desde que se tiene conocimiento del origen de la vida en la Tierra hace unos 3,500 millones (Benton, 2008). Algunos de estos organismos han dejado un registro de su existencia encontrado en las rocas a manera de fósiles. La búsqueda y estudio de este registro es llevado a cabo por la paleontología, ciencia multidisciplinaria que se encarga del estudio científico de estas piezas, utilizando conceptos tanto de la geología como de la biología.

Un fósil se define como cualquier resto o evidencia indirecta de la existencia de cualquier ser vivo perteneciente al pasado geológico, es decir mayor a 10,000 años de antigüedad, los cuales se hayan preservados en la corteza terrestre o inmersos dentro de cuerpos de agua. Los fósiles pueden encontrarse a manera de restos directos, en forma de huesos, dientes, conchas o de madera fosilizada, mientras que otros fósiles carecen completamente de las partes de plantas o animales pero muestran la evidencia de la actividad de ciertos organismos; a estos se le designa como icnofósiles, y pueden incluir huellas de locomoción (también llamadas icnitas), rastros de actividad, excrementos o madrigueras. Los fósiles que no tienen el tamaño suficiente para poder ser observados a simple vista se les denomina microfósiles; dentro de las formas más comunes de estos se encuentran los restos de los distintos grupos de microorganismos que conformaban el plancton, así como esporas y polen de hongos y plantas. Otro tipo de fósiles son los fósiles químicos, los cuales consisten en los restos de los compuestos orgánicos producidos por los organismos en el pasado, ejemplos de esto se podría considerar el petróleo o el ADN fósil.

Cada fósil representa una fuente de información única e irremplazable de los seres vivos que habitaron en el pasado; el estudio adecuado de los restos nos permite reconstruir el cómo se veían estos organismos (paleobiología), en algunos casos cómo se comportaban, sus relaciones con otras especies (paleoecología), y del clima y ambiente en el que vivían (paleoclimatología). El análisis de ellos nos ayuda a desarrollar un entendimiento de las relaciones evolutivas entre los diferentes grupos de seres vivos (taxonomía), así como de los mismos procesos que dieron origen a la vida, siendo la evidencia directa de la evolución, y de que los procesos de extinción han ocurrido de manera natural a través del tiempo. Los fósiles son útiles a la hora de determinar las edades de las rocas en donde se encuentran, por lo que son de gran importancia dentro de la búsqueda de minerales e hidrocarburos (Benton y Harper, 2009; Elliot, 2013). Los restos de animales, tanto marinos como terrestres, evidencian las condiciones y cambios en los ambientes pasados, por lo que de manera reciente, la paleontología ha ofrecido nuevas perspectivas dentro de la biología de la conservación y ante los estudios del cambio climático, ya que el registro paleontológico puede ser usado para entender el efecto futuro del calentamiento global y otros cambios climáticos en los ecosistemas (Dietl y Flessa, 2011; Rick y Lockwood, 2012).

Con la llegada del fenómeno sociocultural conocido como ‘dinomanía’, e impulsada de manera reciente por películas como Parque Jurásico (Sanz, 2009), se ha generado una idea falsa de lo que representa el trabajo paleontológico y el objeto de estudio del mismo. El estudio de los restos no se limita únicamente a los de dinosaurios, sino que se extiende a prácticamente a cualquier grupo de organismos que pueda preservarse en las rocas, desde plantas, insectos, y vertebrados, ya sean peces, anfibios, reptiles y mamíferos, e incluso algas y bacterias microscópicas, hasta otros grupos de organismos extintos hoy en día. También es común la identificación errónea entre la paleontología con la arqueología, ya que ambos son asociados a las actividades de excavación de restos antiguos; es necesario diferenciar que el paleontólogo estudia los restos de organismos pertenecientes al pasado geológico (pudiendo incluir fósiles de humanos, estudiándolos como cualquier otra especie biológica). El estudio arqueológico, en cambio, se limita únicamente a los restos o evidencia pretérita del hombre, pudiendo incluir restos de otros organismos asociados a las actividades de este, tales como los mamuts encontrados en los contextos arqueológicos de a finales del Pleistoceno.

¿Cómo se forman los fósiles?

Los restos orgánicos pueden preservarse a través del tiempo a través de distintos procesos (Benton, 2008), en algunos casos pudiendo incluso presentar el organismo completo y sin alteración, tal es el caso de los insectos atrapados en resina fósil (ámbar), los animales encontrados en suelos congelados, así como conchas de moluscos relativamente recientes en las que no ha cambiado su composición mineralógica. Uno de los tipos de fosilización que existen es la recristalización, donde los mismos compuestos de huesos y conchas cambian su estructura a formas más estables. El material original de huesos, madera y conchas puede también reemplazarse por otro mineral diferente, tal como sucede en la petrificación. Una vez enterrado el organismo, pueden perderse las partes originales, pudiendo encontrar un molde sobre el sedimento que lo rodeaba que contiene la forma del mismo, a este tipo de fósiles se les denomina vaciados, estos pueden ser externos (a manera de impresiones tridimensionales sobre la roca) o internos (revelando la estructura interna del organismo). Otro tipo de fosilización es la carbonización, donde los compuestos de carbón de algunas hojas vegetales dejan una impresión oscura fina sobre las rocas.

Las rocas y los fósiles

Todas las rocas duras pueden asignarse a uno de los tres tipos principales de acuerdo a su origen (Caballero, 2006). Las rocas ígneas se generan a partir de la solidificación y cristalización de la lava erupcionada sobre la corteza terrestre (ígneas extrusivas), o del enfriamiento lento del magma de la Tierra a grandes profundidades (ígneas intrusivas). El intemperismo y erosión de las rocas generan sedimentos que son transportados a otras áreas (muchas veces con organismos o restos de estos), en donde son depositados en capas llamados estratos; con el paso del tiempo, estas capas se endurecen y se transforman en rocas sedimentarias. Tanto las rocas sedimentarias como las ígneas pueden ser sometidas a grandes presiones o temperaturas dentro de la corteza terrestre, pudiendo sufrir una transformación física o química; a éstas se les denomina rocas metamórficas.

Aunque típicamente se encuentran enterrados por debajo del suelo, los fósiles, al igual que las rocas que los contienen, suelen exponerse frecuentemente sobre la superficie terrestre como producto los procesos naturales de intemperismo y erosión de las rocas, así como por eventos

tectónicos; los yacimientos son encontrados comúnmente en áreas como cañones, cauces de ríos, en cantiles costeros, o sobre las pendientes de los valles; es común su exposición en regiones desérticas donde los procesos erosivos superan los procesos de formación de suelo, y donde la baja cobertura vegetal facilita la ubicación de los restos. A su vez, es frecuente el hallazgo fortuito de fósiles como consecuencia de actividades humanas las cuales exponen o remueven grandes cantidades de sedimentos y rocas, como en la construcción de obras públicas, la apertura de caminos, e incluso dentro de las labores agrícolas y excavaciones mineras (Aguilar, 2007).

Los fósiles comúnmente se encuentran dentro de las rocas de origen sedimentario, en conglomerados, areniscas, lutitas, lodolitas o calizas. Aunque menos frecuente, algunos fósiles también pueden encontrarse en otro tipo de rocas, tales como algunas rocas metamórficas (Society of Vertebrate Paleontology [SVP], 2010); estas pueden presentar tal grado de deformación que puede dificultar el reconocimiento o identificación de los fósiles, como ejemplo de estas tenemos el mármol, los esquistos y las pizarras, siendo algunas de estas de importancia comercial. Los fósiles pueden encontrarse también en algunas rocas ígneas, como en depósitos volcanoclásticos o de ceniza, en donde en algún momento pudieron quedar atrapados los organismos tras una erupción volcánica.

Se define como localidad paleontológica como el lugar geográfico, ya sea un punto o un área donde uno a varios fósiles son encontrados asociados a un contexto geológico (AMNH, 2008). Un ambiente de depósito representa un lugar geográfico caracterizado por un medio físico y las condiciones ambientales en las cuales se depositaron los sedimentos; las rocas sedimentarias depositadas en ambientes acuáticos, ya sean marinos, mixtos (deltas, estuarios...) o continentales (ríos, lagos, pantanos...), son en las que comúnmente preservan los organismos como fósiles (Caballero, 2005). A una secuencia conocida de rocas se le conoce como formación geológica, las cuales son nombradas y descritas formalmente dentro de la literatura geológica; una unidad geológica puede ser identificada por sus características líticas tales como tamaño del grano, textura, color, contenido mineralógico o paleontológico, así como por su posición estratigráfica (International Commission on Stratigraphy [ICS], 2002). Las formaciones geológicas pueden mapearse sobre la superficie terrestre; los mapas geológicos muestran a escala la distribución y tipo de cada una de las unidades de rocas presentes en el territorio.

La escala geológica

El tiempo geológico se refiere al periodo de tiempo comprendido desde la formación de la Tierra hasta la actualidad, y sirve como marco de referencia para representar cronológicamente los distintos eventos de la historia de la vida y del planeta. Se divide en cuatro grandes Eras Geológicas: 1) la Precámbrica, que incluye eventos desde la formación de la Tierra hace 4,600 millones de años y el origen de la vida, 2) la Paleozoica, que significa vida antigua, es la era donde surgieron y se diversificaron organismos con conchas y exoesqueletos, para después dar surgimiento a los vertebrados (organismos con esqueletos internos), se divide en siete periodos de tiempo: el Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero, y Pérmico, 3) Mesozoica, o vida intermedia, es también conocida como la Era de los Dinosaurios, en donde estos y otros reptiles dominaban la tierra y los mares, se divide en tres periodos: el Triásico, Jurásico y Cretácico y 4) la Cenozoica, vida nueva, donde los mamíferos ocupan el lugar de los reptiles, e incluye la aparición del hombre. Se divide en tres sistemas: Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. El Paleógeno comprende tres épocas geológicas: Paleoceno, Eoceno y Oligoceno, el Neógeno incluye dos épocas: Mioceno y Plioceno, mientras que el Cuaternario comprende el Pleistoceno y la época en la que actualmente vivimos denominada como Holoceno. En el **Cuadro 2-1** se muestra la escala utilizada para el presente trabajo, adaptada de la ISC.

Cuadro 2-1. Escala de tiempo geológica. Adaptada de la ICS (2015).

* Etapas representadas por el registro fósil en el Estado de Baja California ** Etapas representadas por el registro fósil en el área de estudio.

Era	Periodo	Época	millones de años
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.01 al presente
		Pleistoceno**	2.6– 0.01
	Neógeno	Plioceno**	5.3 - 2.6
		Mioceno*	23 - 5.3
	Paleógeno	Oligoceno	33.9 - 23
		Eoceno*	56 - 33.9
		Paleoceno**	66 - 56
Mesozoico	Cretácico**		145 - 66
	Jurásico		201 - 145
	Triásico*		252 - 201
Paleozoico	Pérmico*		299 - 252
	Carbonífero*		359 - 299
	Devónico		419 - 359
	Silúrico		445 - 419
	Ordovícico*		485 - 445
	Cámbrico		541 - 485
Precámbrico	Proterozoico		2 500 - 541
	Arqueano		4.000 - 2.500
	Haideano		- 4.000

El patrimonio

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2014), el patrimonio es el legado que recibimos del pasado, con lo que vivimos en el presente y lo que le dejamos a las futuras generaciones. En los últimos años ha habido un cambio paradigmático respecto a la concepción del patrimonio, donde el mismo concepto ha ido evolucionando y expandiéndose, yendo desde el monumento aislado hasta llegar a considerar paisajes enteros, y ha ido asumiendo un papel político, económico y social (Loulanski, 2006; Endere, 2008; Casado-Galván, 2009).

Desde sus inicios, todos los pueblos han necesitado esquemas abstractos (cosmologías) para entender el mundo, por lo que desde tiempos muy remotos surge el coleccionismo como un intento de ordenar y explicar el mundo a través de la colección y clasificación de objetos que parezcan ser representativos de cada cultura (Endere, 2008; Museo de Historia Mexicana, 2015). En el siglo XIX se acuñó de manera definitiva el concepto de patrimonio, cuando se comenzaron a colocar los objetos coleccionados en un ambiente que permitiera mostrar la colección al público con fines educativos en los museos (Lull-Peñalba, 2005; Endere, 2008). Además era necesario darle un sustrato material a la historia nacional, el cual fue proveído por el patrimonio inmueble (ruinas arqueológicas, palacios, templos, etc.) y un patrimonio mueble (colecciones y objetos alojados y exhibidas en museos) (Endere, 2008).

En Europa surge la idea del “monumento” con el fin de proteger sitios culturales claves dados la larga historia presentada en el continente. La idea del patrimonio estuvo teñida, por décadas, de una visión Europea del mundo y de la cultura, mientras que para el continente americano comienza a formularse el concepto de “parques nacionales” con el fin de proteger áreas naturales de gran belleza escénica para el disfrute del público (Endere, 2008).

En 1945 se creó la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) como un organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) con el objetivo de construir la paz en la mente de los hombres mediante la educación, la ciencia y la cultura. Fue hasta 1960 que comenzó a gestarse un nuevo concepto, el de “patrimonio de la humanidad”, ya que no existía un patrimonio exclusivo de un solo país, religión o cultura. En 1972

con la Convención del Patrimonio Mundial, se identifican dos tipos de patrimonio: el natural y el cultural. Bajo esta convención el patrimonio cultural se entendía como monumentos físicos, obras artísticas, estructuras arqueológicas, conjunto de estas, y lugares u obras del hombre de valor excepcional para la historia, el arte o la ciencia. Dentro del concepto de patrimonio natural se incluían los monumentos naturales constituidas por formaciones físicas y biológicas, formaciones geológicas y fisiográficas, y lugares o zonas naturales de valor universal excepcional (UNESCO, 1972).

En la década de los años 60 y 70 en Estados Unidos, surge el problema de la pérdida irreparable de sitios arqueológicos y paleontológicos antes de ser descubiertos e investigados, los cuales eran destruidos como producto de grandes remociones de tierra o de la cobertura de grandes áreas del territorio por las ciudades (Endere, 2008). Es aquí donde surge el concepto de ‘recursos culturales’, significando un cambio conceptual del ‘monumento’ que implicaba un proceso previo de selección y declaratoria legal; la idea de los ‘recursos’ implicaba preservar no sólo a los bienes culturales conocidos y declarados, sino también a los sitios potenciales, susceptibles de ser descubiertos mediante un hallazgo casual o en contexto de obras (Endere, 2008). En este cambio, la visión del patrimonio se extiende para proteger no solamente lo monumental, sino también a lo que se encuentra por debajo de la tierra (los recursos del subsuelo). Posteriormente se extiende para proteger también a los vestigios que se encuentran por debajo de cuerpos de agua (patrimonio subacuático).

En 1964 se establece en la Carta de Venecia que “la protección de un monumento requiere también proteger su entorno natural” ya que se concibe que los monumentos no representan entidades aisladas o separadas. Es aquí donde comienza a adoptarse una aproximación más holística en relación a la preservación de este patrimonio, ya que el patrimonio cultural o natural no puede ser separado del entorno social y cultural en el que se encuentra (Endere, 2008).

En la Declaración Internacional de Digne (1991) se incluye el patrimonio geológico como bien común de la Humanidad y de la Tierra, donde nosotros y el gobierno somos custodios de esta herencia, por lo que cualquier forma de desarrollo debe tener en cuenta el valor y la singularidad de este patrimonio. Durante este periodo comienzan a considerarse los rasgos geológicos como

parte del patrimonio mundial, surgiendo conceptos como el del patrimonio geológico y la geodiversidad.

Dentro de este periodo el patrimonio ya se concebía como elemento para la emancipación intelectual, desarrollo cultural y como recurso para mejora de la calidad de vida de las persona; se empieza a considerar, además de su valor cultural, su potencial socioeducativo y económico (Llull-Peñalba, 2005; UNESCO, 2000 en Aceves-Calderón, 2005)

En 1992 el Comité del Patrimonio Mundial ingresa una tercera categoría a la definición del patrimonio: el patrimonio mixto, para considerar todos aquellos bienes culturales que representan el trabajo conjunto del hombre y de la naturaleza, y que no encajasen en ninguna de las dos categorías propuestas anteriormente. A partir de esto se aplica el concepto de paisajes culturales, con el fin de proteger el trabajo en conjunto de la naturaleza y el hombre, donde se expresa una relación larga y estrecha entre la gente y el ambiente natural, y se requiere técnicas específicas de uso de suelo para garantizar y sostener la diversidad biológica y cultural (UNESCO, 2006)

Dentro del patrimonio cultural comienza a desarrollarse a inicios de los noventa lo que es el concepto de patrimonio intangible o patrimonio cultural inmaterial, siendo adoptado en el 2003 por la UNESCO para su protección, definiéndose como el conjunto de creaciones basadas en la tradición de una comunidad cultural y reflejan su identidad cultural y social (UNESCO, 2003) considerando aspectos tan variados como lenguas, literatura, música y tradiciones. El patrimonio se convierte entonces en algo dinámico capaz de cambiar y enriquecerse con el tiempo.

Finalmente vemos que el patrimonio está formado por aquellos bienes, ya sea tangibles o intangibles, que una comunidad elige proteger como testimonio del pasado, y que desean transmitir a las siguientes generaciones (Endere, 2008). Actualmente se considera que el patrimonio exige un compromiso ético y la cooperación de toda la población para garantizar su adecuada conservación y explotación (de la Vega y Saavedra, 2006; Loulanski, 2006).

Geodiversidad y patrimonio geológico

Tradicionalmente el patrimonio natural ha sido entendido básicamente como patrimonio biológico, y la conservación de este ha sido dirigida hacia la biodiversidad (Alcalá, 1999; Gray, 2004; Díaz-Martínez *et al.*, 2008). El término de geodiversidad comenzó a ser utilizado a comienzos de la década de los 90 por geólogos para referirse a la variedad de elementos abióticos, rasgos geológicos, ya sean rocas, minerales y fósiles, rasgos geomorfológicos, y suelos presentes en un territorio (Nieto, 2001; Gray, 2004; Carcavilla *et al.*, 2012), como concepto análogo al de biodiversidad, y ante una necesidad de incluir los rasgos abióticos del ecosistema dentro de la conservación y protección natural.

Tras este concepto se deriva el de patrimonio geológico, el cual comprende el conjunto de elementos geológicos (elementos de la geodiversidad) que destacan por su valor científico, cultural o educativo (Carcavilla, Duran y López-Martínez, 2008). El patrimonio geológico forma parte del patrimonio natural e incluye formas, elementos y estructuras originadas por cualquier proceso geológico, pudiendo estar formado por todos aquellos elementos de las disciplinas de la geología, como lo son la geomorfología, mineralogía, paleontología, entre otros (Carcavilla *et al.*, 2012). Es por eso que se es posible encontrar otros tipos de patrimonio tales como el patrimonio geomorfológico, el patrimonio minero (ligado al patrimonio industrial) y el patrimonio paleontológico.

El patrimonio paleontológico

Los fósiles representan un componente importante de la diversidad de la Tierra y por lo tanto poseen valor patrimonial (Henriques y Pena, 2015). De acuerdo a Endere y Prado (2015), el patrimonio paleontológico no es sencillo de definir dada su naturaleza compleja y el número de cuestiones relacionadas a su protección legal y a su interés científico.

Al tratarse de objetos naturales no creados por el hombre, los fósiles se enmarcan dentro del patrimonio natural (Castillo *et al.*, 1999; Prado, 2008). La paleontología es inseparable de la geología y por consiguiente, los yacimientos paleontológicos son indisociables del entorno geológico y del paisaje en el que se encuentran (Morales y Azanza 1997 en Prado 2008; Arcucci y Prado, 2010), por lo que el patrimonio paleontológico se sitúa dentro de los conceptos mismos

de geodiversidad y de patrimonio geológico. Dada su doble naturaleza (biológica y geológica), éste ha sido tratado como un caso especial e independiente al del patrimonio geológico (Carcavilla, López y Duran, 2007), y por su dimensión temporal, y por la doble naturaleza física (mueble e inmueble) que presenta el patrimonio paleontológico similar al patrimonio arqueológico e histórico, en muchos países ha sido incluido como parte del patrimonio histórico o cultural.

El concepto de patrimonio paleontológico es de reciente formulación, y está relacionado con la promulgación de las distintas leyes que protegen los bienes paleontológicos, en España en 1985 (Morales, Azanza y Gómez, 1999) y en México desde 1986, mientras que en países anglosajones (Estados Unidos e Inglaterra) se venían utilizando conceptos como el de recursos paleontológicos desde los años setenta y ochenta, para hacer referencia a la protección y conservación de los sitios paleontológicos y sus fósiles (Crowther y Wimbledon, 1989 ; Kuizon, 2006).

El patrimonio paleontológico puede ser definido como aquellos fósiles cuya singularidad, excepcionalidad, representatividad, interés científico, didáctico o cultural los hace destacar y permiten reconstruir la evolución geológica de un lugar, las formas de vida que habitaron ese lugar en un momento determinado, su evolución biológica y el ambiente en el que vivieron (Carcavilla *et al.*, 2007). En México, la legislación define al patrimonio paleontológico como “cualquier vestigio o resto fósil de seres orgánicos que habitaron el territorio nacional en épocas pretéritas, cuya investigación, conservación, restauración, recuperación o utilización revista interés paleontológico” (Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricas, 2015); de acuerdo a Aguilar (2005), el concepto del patrimonio paleontológico excluye a los fósiles que son utilizados en la industria, como los combustibles fósiles tales como el petróleo o el carbón, o a aquellos que se encuentran asociados a un contexto cultural como en sitios arqueológicos. Comprende además no solamente los ejemplares fósiles individuales o el conjunto de piezas (colecciones paleontológicas), sino también a los sitios y zonas paleontológicas (Endere y Prado, 2015). Los bienes paleontológicos presentan una doble naturaleza física: está conformado por un patrimonio inmueble, constituido por los sitios, yacimientos, localidades, áreas o zonas paleontológicas conocidos y estudiados por la comunidad científica, y por un patrimonio mueble, compuesto por los ejemplares o conjuntos de estos, ya

sean ejemplares tipo, colecciones paleontológicas, y piezas fósiles expuestos en museos, y exposiciones, los cuales conforman el material utilizado en la investigación científica (Carcavilla *et al.*, 2007; Arcucci y Prado, 2010; Prado, 2008).

En la actualidad existen ciertos debates acerca de si todos los fósiles deben ser considerados como patrimonio a conservar (Díaz-Martínez *et al.*, 2008; Díaz-Martínez, 2010). Algunos autores, como Prado (2008), consideran que todos los fósiles son patrimonio ya que no es posible excluir una serie de fósiles por el hecho de que desde una perspectiva científica actual no sean relevantes. No obstante, ante la incapacidad de proteger todos los yacimientos paleontológicos, y con el fin de garantizar una adecuada conservación y gestión de estos, se han establecido distintas categorías de protección de los bienes paleontológicos de acuerdo a su valor asignado (Endere y Prado, 2015).

La puesta en valor del patrimonio paleontológico tiene como objetivo el promover su conservación y protección (Carcavilla *et al.*, 2012), comprende la aportación científica y cultural que oferta un componente del patrimonio paleontológico y su acercamiento a la sociedad (Andrés, 2006). Antes, los paleontólogos concebían que el valor científico de los sitios era el único aspectos a considerar para justificar su conservación (Benton, 1989). Actualmente la valoración del patrimonio paleontológico además de considerar las propiedades científicas reconocidas por los paleontólogos, debe considerar aquellos aspectos relacionados con el rol social atribuidos a los fósiles por las comunidades locales, su potencial de aprovechamiento y la vulnerabilidad de los mismos (Endere y Prado, 2015; Andrés, 2006). Se han numeraron diferentes criterios para determinar el valor del patrimonio paleontológico (Morales *et al.*, 1999), los cuales han sido adaptados e implementados por diversos autores para la valoración de diferentes yacimientos paleontológicos en varias partes del mundo (Castillo, Martin-Gonzales y Martin-Oval, 2001; Cobos, 2004; Endere y Prado, 2015). Estos se han agrupado en tres categorías: criterios científicos, socioculturales y socioeconómicos.

- **Científico.** Dentro de los criterios científicos de los fósiles se incluyen las características científicas de los sitios y sus fósiles, de tipo paleontológicos (como el tipo de fósiles, temporalidad, tipo de fosilización, localidad tipo, diversidad de los fósiles, abundancia...),

geológicos, y contextuales (como su relación con restos arqueológicos) (Morales *et al.*, 1999; Endere y Prado, 2015).

- **Socio-cultural.** Los criterios socioculturales se basan en lo que la sociedad demanda o puede demandar como interés, y determinan el uso no científico de los yacimientos paleontológicos para su uso recreativo, cultural o turístico (Morales *et al.*, 1999) También se entiende como el valor asignado a los fósiles por la sociedad, en términos de su significancia social (Gray, 2004). Entre estos se consideran su cercanía a carreteras o poblados, su potencial turístico y didáctico, así como su valor histórico.
- **Socio-económico.** Los fósiles al estar incluidos en los cuernos rocosos pueden sufrir directamente el impacto de las actividades antrópicas productos del desarrollo socioeconómico de la región (Morales *et al.*, 1999), por lo que la vulnerabilidad de estos ante los distintos desarrollos o actividades del hombre, debe ser considerado en el momento de evaluar un sitio paleontológico para su conservación o protección.

La preservación y conservación son dos cosas distintas; no podemos hablar de mantener estáticos los sitios ya que no pueden detenerse ni los procesos erosivos o las distintas actividades científicas asociadas a los fósiles, de igual manera no puede frenarse el desarrollo socioeconómico. Una verdadera conservación implica el encontrar un balance entre los procesos naturales y los distintos usos (ya sea científicos o turísticos) planeados para el sitio, así como con el desarrollo socioeconómico de la región, mientras que el termino preservar implica proteger completamente el recurso contra cualquier perturbación, ya sea antrópica o natural (Robinson, 1988; Gray, 2004; Endere y Prado, 2015). De igual manera la protección y conservación no necesariamente representa lo mismo; la protección es una herramienta para la conservación, mientras que el conservar un sitio no implica necesariamente la protección de este.

Resulta importante el conservar los depósitos paleontológicos ya que estos proporcionan datos del contexto en el que se encuentran los fósiles, y que no pueden preservarse en museos y colecciones (tales como las características y estructuras de las rocas), además son la fuente de material nuevo (nuevas especies, registros o ejemplares adicionales) (Cleal, 1988; Lipps, 2009). Adicionalmente, el material original alojado en colecciones no siempre es permanente; se puede

perder o destruir por los procesos de degradación, e incluso algunas técnicas requieren dañar o destruir completamente los especímenes (Cleal, 1988).

Aunque principalmente la conservación del patrimonio paleontológico se ha enfocado a los yacimientos, sin considerar otro aspecto importante de la paleontología: los fósiles colectados que actualmente forman parte de colecciones científicas, museos o se encuentran en manos privadas (Besterman, 1989). Una colección es un conjunto ordenado de cosas, por lo general de la misma clase o naturaleza, reunidas por un interés o valor especial (Polaco y Aguilar, 2004). A un conjunto organizado de fósiles se le denomina colección paleontológica, diferenciándose en dos tipos de acuerdo a su propósito: las colecciones de tipo científicas y las colecciones particulares. Existen también otras colecciones diferenciadas por albergar únicamente a un tipo particular de fósil, tales como las colecciones paleontológicas de vertebrados o de invertebrados. Las colecciones científicas, a diferencia de las particulares, se encuentran normalmente vinculadas a centros de educación (universidades), institutos de investigación o museos. Una colección científica requiere toda una serie de criterios para poder ser considerada como tal, contando con un registro adecuado y control estricto de todo el material dentro de la colección (Museo Nacional de Ciencias Naturales, 1994).

Las colecciones científicas tienen dos usos: el científico, preservando, conservando y manteniendo disponible los fósiles y su información asociada a la comunidad científica y, como función complementaria, la exhibición de parte del material, difundiendo y divulgando el conocimiento científico mediante exposiciones permanentes o temporales en un espacio adecuado. (Cristín y Perrilliat, 2011; Museo Nacional de Ciencias Naturales, 1994). Los ejemplares son mostrados en escenarios que recrean el hábitat de los organismos, y faciliten el entendimiento y apreciación de los fósiles por el público (Henriques y Pena, 2015), generalmente en los museos. De acuerdo a la definición del Consejo Internacional de Museos (ICOM, 2007), un museo es “una institución permanente, sin fines de lucro, al servicio de la sociedad y abierta al público, que adquiere, conserva, estudia, expone y difunde el patrimonio material e inmaterial de la humanidad con fines de estudio, educación y recreo”.

La importancia de las colecciones radica en que contienen objetos de naturaleza única, lo cuales son materia prima para generar y validar el conocimiento científico (Cristín y Perrilliat, 2011). A pesar de que las piezas paleontológicas dentro de las colecciones puedan encontrarse ya estudiadas, el mantener las colecciones es importante por una serie de razones (Cleal, 1988): las publicaciones científicas no ilustran todos los ejemplares en los que se basó el estudio, y si los muestran, es imposible derivar datos de las futuras investigaciones a partir de estas, ya que muchos son dibujos que representan la interpretación del autor. Por lo tanto, se vuelve necesario mantener los ejemplares como referencia para validar el conocimiento científico, y preservar el material para nuevos estudios con nuevos métodos, enfoques, técnicas o nuevas hipótesis de trabajo.

Bibliografía

- Aceves-Calderón, P. M. (2005). *Los paisajes culturales como modelo holístico de conservación en Zonas Áridas* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Baja California [UABC], México.
- Aguilar, F. (2005). *Sección de Paleontología del Centro INAH Coahuila*. Reporte. Junio de 2005.
- Aguilar, F. J. (2007). *¡Al Rescate del patrimonio paleontológico en México! Exposición itinerante* (Folleto). México: Centro INAH Coahuila.
- Alcalá, L. (1999). Reflexiones acerca de la protección del patrimonio paleontológico en España. *Coloquios de Paleontología*, 50, 45-55.
- American Museum of Natural History [AMNH] (2008). *Glossary*. Recuperado de <http://collections.paleo.amnh.org/24/glossary>
- Andrés, M. J. A. (2006). Paleontología en Aragón: legislación y aplicación. En L. G. Mestre (ed.), *Actas Simposio Internacional. Huellas que perduran, icnitas de dinosaurios: patrimonio y recurso*. Valladolid, España: Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León.
- Arcucci, A., y Prado, J. L. (2010). Mesa redonda de patrimonio. XXV Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados (mayo de 2010), San Luis, Argentina. Resumen

Recuperado de <http://apaleontologica.blogspot.mx/2010/06/patrimonio-paleontologico-reflexiones.html>

- Benton, M. J. (1989). British fossil reptile sites. En P. R. Crowther y W. A. Wimbledon (Eds.). *The Use and Conservation of Palaeontological Sites* (pp. 73-84), *Special papers in palaeontology*, 40, 1-200.
- Benton, M. J. (2008). *The History of Life: A very short introduction*. Inglaterra: Editorial Oxford.
- Benton, M. J., y Harper, D. A. T. (2009). *Introduction to Paleobiology and the Fossil Record*. Estados Unidos: Editorial Wiley Blackwell.
- Besterman, T. P. (1989). The meaning and purpose of palaeontological site conservation. En P. R. Crowther y W. A. Wimbledon (Eds.). *The Use and Conservation of Palaeontological Sites* (pp. 9-19), *Special papers in palaeontology*, 40, 1-200.
- Caballero, M. C. I. (2005). *Rocas sedimentarias*. Curso Ciencias de la Tierra. Recuperado de <http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/cursos/RsSedim.html>
- Caballero, M. C. I. (2006). *Rocas, Conceptos generales*. Curso Ciencias de la Tierra. Recuperado de <http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/cursos/32-ROCA.pdf>
- Carcavilla, L., Delvene, G., Díaz-Martínez, E., García Cortés, Á., Lozano, G., Rábano, I., ... Vegas, J. (2012). *Geodiversidad y patrimonio geológico* (Folleto). 2da ed.: Instituto Geológico y Minero de España. Recuperado de http://www.igme.es/patrimonio/novedades/Folleto_Patrimonio2edicion.pdf
- Carcavilla, L., Durán, J. J., y López-Martínez, J. (2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 10, 1299-1303.
- Carcavilla, U. L., López, M. J., y Duran, V. J. J. (2007) *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Madrid, España: IGME. 339 pp.
- Casado-Galván, I. (2009). Breve historia del concepto de patrimonio histórico: del monumento al territorio. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 6, 7.

- Castillo, C., Castillo, J., Coello, J. J., Martin, E., Martin, M., y Méndez, A. (1999). La tutela del Patrimonio Paleontológico en Canarias: Valoración general. *Coloquios de Paleontología*, 50, 9-21.
- Castillo, C., Martin-Gonzales, E., y Martin-Oval, M. (2001). Valoración del patrimonio paleontológico de Canarias: Propuesta de Puntos de Especial Interés Paleontológico. *Revista Española de Paleontología*, Número extraordinario, 105-115.
- Cleal, C. J. (1988). British palaeobotanical sites. En P. R. Crowther y W. A. Wimbledon (Eds.). *The Use and Conservation of Palaeontological Sites* (pp. 57-71), *Special papers in palaeontology*, 40, 1-200.
- Cobos, A. (2004). Valoración patrimonial de los yacimientos de icnitas de dinosaurio de la provincia de Teruel. *Geogaceta*, 26, 191-194.
- Cristín, A., y Perrilliat, M. del C. (2011). Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(3), 421-427.
- Crowther, P. R., y Wimbledon, W. A. (Eds.) (1988). *The use and conservation of palaeontological sites*. *Special papers in palaeontology*, 40, 200 pp.
- de la Vega, D. S. C., y Saavedra, E. C. (2006). Reflexiones acerca del patrimonio (p. 125-136). En S. Riusech y A. Villa (Eds.) *Investigación, docencia y patrimonio. Memorias de las Jornadas de Arqueología*. México: CONACULTA INAH, promeP.
- Declaración de Digne (1991) *Declaración Internacional sobre los Derechos de la Memoria de la Tierra*. Recuperado de <http://www.igme.es/patrimonio/links/declaracionDigne.htm>
- Díaz-Martínez, E. (2010, Mayo) Estrategias de gestión integrada de la geodiversidad en el ámbito estatal. Primeras Jornadas sobre Geodiversidad del País Vasco. España.
- Díaz-Martínez, E., Guillen, M. F., Mata, P. J. M., y Santisteban, B. C. de (2008). La conservación de la naturaleza debe incluir la geodiversidad y el patrimonio geológico como parte del patrimonio natural. Tribuna de opinión. *Boletín de la Sección del Estado Español de EUROPARC*, 25, 54-60.
- Dietl, G. P., y Flessa, K. W. (Eds.) (2011). Conservation paleobiology: putting the dead to work. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(1), 30-37.

- Elliott, D. D. (2013). Paleontology. *Salem Press Encyclopedia of Science*.
- Endere, M. L. (2008). Algunas reflexiones acerca del patrimonio. En M. L. Endere y J. L. Prado (Eds.), *Patrimonio, ciencia y comunidad. Su abordaje en los partidos de Azul, Olavarría y Tandil* (pp. 19-48). Argentina: INCUAPA.
- Endere, M. L., y Prado, J. L. (2015). Characterization and Valuation of Paleontological Heritage: A Perspective from Argentina. *Geoheritage*, 7(2), 137-145.
- Gray, J. M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Chichester, West Sussex, Inglaterra: Wiley.
- Henriques, M. H., y Pena, d. R. R. (2015). Framing the Palaeontological Heritage within the Geological Heritage: An Integrative Vision. *Geoheritage*, 7(3), 249-259.
- ICOM [Comunidad de los Museos del Mundo] (2007). *22ª Asamblea General Viena (Austria)*. Recuperado de <http://icom.museum/la-gobernanza/asamblea-general/resoluciones/vienna-2007/L/1/>
- International Commission on Stratigraphy [ICS] (2002). Chapter 3: Definitions and Procedures. Recuperado de <http://www.stratigraphy.org/upload/bak/defs.htm>
- ICS (2015). *International Chronostratigraphic Chart*. Recuperado de <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-01.pdf>
- Kuizon, L. (2006). Legislative and regulatory history of Paleontological Resources. En Lucas, S. G., Spielman, J. A., Hester, P. M., Kenworthy, J. P., y Santucci, V. L. (Eds.) *America's Antiques: 100 Years of Managing Fossils on Federal Lands*. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 34, 102-108.
- Lipps, J. H. (2009). PaleoParks: Our paleontological heritage protected and conserved in the field worldwide. En J. H. Lipps y B. R. C. Graniel (Eds.), *PaleoParks - The protection and conservation of fossil sites worldwide: Carnets de Géologie / Notebooks on Geology*.
- Llull-Peñalba, J. (2005). Evolución del concepto y de la significación social del patrimonio cultural. *Arte, Individuo y Sociedad*, 17, 175-204.
- Loulanski, T. (2006). Revising the Concept for Cultural Heritage: The Argument for a Functional Approach. *International Journal of Cultural Property*, 13, 207–233.

- Morales, J. R., Azanza, B. A., y Gómez, E. R. (1999). El Patrimonio Paleontológico Español. *Coloquios de Paleontología*, 50, 53-62.
- Museo de Historia Mexicana [Celebrando 20 años: Colecciones de hoy, museos del mañana] (2015). *¿Qué es el coleccionismo?* Monterrey, Nuevo León, México.
- Museo Nacional de Ciencias Naturales. (1994). *Normativa General de las Colecciones Científicas del Museo Nacional de Ciencias Naturales*.
- Nieto, L. M. (2001). Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*, 112(2), 3-12.
- Polaco, O. J., y Aguilar F. J. (coords.) (2004). *Taller Manejo de Colecciones con énfasis en las Colecciones Paleontológicas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro INAH Coahuila y Museo del Desierto. Saltillo. 251 pp.
- Prado, J. L. (2008). Patrimonio paleontológico. En M. L. Endere y J. L. Prado (Eds.), *Patrimonio, ciencia y comunidad. Su abordaje en los partidos de Azul, Olavarría y Tandil* (p. 111-141). Argentina: INCUAPA.
- Raup, D. M., Black, C. C., Blackstone, S., Dole, H., Grogan, S., Larson, P., ... Wolberg, D. (1987). *Paleontological collecting*. Washington, Estados Unidos: National Research Council (U.S.)
- Rick, T. C., y Lockwood R. (2012). Integrating Paleobiology, Archeology, and History to Inform Biological Conservation. *Conservation Biology*, 27(1), 45–54.
- Robinson, E. (1988). The interface between ‘professional’ palaeontologist and ‘amateur’ fossil collector. En P. R. Crowther y W. A. Wimbledon (Eds.). *The Use and Conservation of Palaeontological Sites* (pp. 113-121), *Special papers in palaeontology*, 40, 1-200.
- Sanz, J. L. (2009). Los dinosaurios, un mito cultural. *Revista Digital Universitaria*, 10(2), 1-9.
- SVP [Society of Vertebrate Paleontology] (2010). *Standard Procedures for the Assessment and Mitigation of Adverse Impacts to Paleontological Resources*. Recuperado de <http://vertpaleo.org/PDFS/8f/8fe02e8f-11a9-43b7-9953-cdcfaf4d69e3.pdf>

- UNESCO [Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura] (1972). *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural*. Paris, Francia.
- UNESCO (2003). *Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*. Recuperado de http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=17716&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- UNESCO (2006). *Cultural Landscapes*. Recuperado de <http://whc.unesco.org/en/culturallandscape>
- UNESCO (2014). *Patrimonio Mundial*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/santiago/culture/world-heritage/>

Capítulo 3 El patrimonio paleontológico del oeste de Baja California, México: Colonet – Punta Baja.

Introducción

El patrimonio paleontológico de Baja California comprende los distintos depósitos paleontológicos presentes en el territorio, así como las piezas o conjunto de fósiles que se han colectado y estudiado de estas localidades. El contar con un registro adecuado del patrimonio paleontológico, incluyendo la ubicación de los yacimientos, es una condición necesaria para comprender y gestionar de una manera adecuada este patrimonio (Téllez, 1993; Mano, 2010). Para Baja California este registro no se encuentra concentrado en un sólo inventario dada la naturaleza de los estudios realizados; los datos se encuentran dispersos y desarticulados entre las diferentes instituciones nacionales y extranjeras que han colectado en la región, por lo que resulta importante el recuperar y concentrar esta información generada por décadas de investigaciones con el fin de conocer los distintos yacimientos paleontológicos presentes en el territorio, el tipo de fósiles estudiados, así como la abundancia y diversidad de estas evidencias.

El presente capítulo tiene por lo tanto, el objeto de caracterizar el patrimonio paleontológico de la vertiente oeste de Baja California comprendida por Colonet a Punta Baja; esta caracterización se elaboró a partir de la recopilación bibliográfica de estudios previos, así como una consulta de colecciones paleontológicas con información de fósiles y localidades colectados de la región. Se presentan inicialmente los resultados de un análisis bibliográfico, así como la sistematización e integración de la información presentada donde se describen y ubican espacialmente las principales distintas localidades paleontológicas y fósiles existentes en el territorio definido, y se presenta una reconstrucción geológica-biológica elaborada con base del estudio de esta información para las distintas etapas representadas.

Antecedentes

Dada la necesidad de contar con información sistematizada de los registros y de las investigaciones paleontológicas en el país, se han elaborado varios estudios y compilaciones bibliográficas. Entre los primeros estudios documentados se encuentra el de Silva-Bárcenas (1969), quien publicó un documento con un mapa de la ubicación de las principales localidades

paleontológicas con restos de vertebrados de México. En el 2002 Arroyo-Cabrales, Polaco y Johnson recopilaron la información correspondiente a los mamíferos del Cuaternario de México, abarcando tanto registros paleontológicos (de finales del Pleistoceno) y arqueozoológicos. Gío-Argáez, Hugo y Rodríguez (2003) compilan en su trabajo un total de 1,720 citas de trabajos paleontológicos en México, donde realizan una recapitulación histórica de la paleontología en el país, y analizan la naturaleza de las investigaciones en el país a lo largo del tiempo. Carreño y Montellano-Ballesteros (2005) presentan un panorama de la paleontología mexicana a través de un estudio documental y de los diferentes eventos que contribuyeron al desarrollo de esta disciplina en el país. En el libro *Studies on Mexican Paleontology* (Vega et al., 2006), se presenta la información conocida de los diversos grupos biológicos de fósiles del país en idioma inglés; destacan los capítulos de los fósiles de mamíferos elaborado por Montellano-Ballesteros y Jiménez-Hidalgo (2006), la revisión de dinosaurios mexicanos de Rivera-Sylva, Rodríguez-de la Rosa y Ortiz-Mendieta (2006), y el estudio realizado por Reynoso (2006), el cual abarca los restos fósiles de anfibios y reptiles en México, presentando así mismo un análisis de la bibliografía recopilada. Algunas publicaciones recientes del Instituto Nacional de Antropología e Historia también han recopilado y analizado la bibliografía en relación a grupos y temporalidades específicos de fósiles; entre estas se encuentra el libro de Chávez, Guzmán y Polaco (2013) respecto a la herpetofauna fósil del Pleistoceno y dentro de contextos arqueológicos, y más recientemente el de Gudiño y Guzmán (2014) en relación al registro de los dinosaurios fósiles del país.

Para Baja California se han realizado algunas revisiones y recopilaciones paleontológicas de diversa naturaleza, tales como las publicaciones realizadas por Moore (1992-2004) en relación a los bivalvos del Terciario y del Cuaternario de Baja California. Minch, Minch, Minch y Ledesma-Vázquez (2003) incluyeron en su guía 'Caminos de Baja California', la ubicación relativa de algunos yacimientos paleontológicos importantes cercanos a las carreteras y algunos caminos del Estado. Hilton (2003) recupera los registros de dinosaurios y otros reptiles del mesozoico de California y Baja California, presentando adicionalmente el contexto histórico de estos descubrimientos. De manera más reciente, se publicó un artículo referente a los vertebrados fósiles del norte de la península de Baja California (Aranda-Manteca, 2013); destaca también un

documento sin publicar elaborado por Guía-Ramírez (2013), quien recopila y describe un gran número de localidades paleontológicas en una serie de polígonos que comprenden desde Punta Banda hasta el Arroyo Santa Catarina, abordando perspectivas y propuestas de conservación para algunas localidades.

Geología de Colonet-Punta Baja

La siguiente información geológica fue elaborada a partir de los trabajos de Kilmer (1963), Gastil, Phillips y Allison (1975), y del Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales de INEGI (1982).

La geología de Baja California está dominada por rocas ígneas conocidas como el batolito peninsular, el cual consiste en cuerpos intrusivos de tonalita y granodiorita producidos durante el evento térmico del Mesozoico, metamorfizando en su momento gran parte de las rocas prebatolíticas. Las rocas prebatolíticas corresponden a rocas vulcano-volcanoclásticas, sedimentarias y metamórficas depositadas durante el Cretácico temprano, las cuales se distribuyen de manera irregular a lo largo del batolito. Las rocas posteriores al evento térmico se denominan postbatolíticas, e incluyen rocas sedimentarias depositadas en la costa en ambientes tanto marinos como terrestres producto de la erosión del batolito peninsular; estas rocas datan de al menos cuatro periodos/épocas geológicas: Cretácico tardío, Paleoceno, Plioceno, así como Pleistoceno para los depósitos correspondientes a las terrazas marinas (Gastil *et al.*, 1975). Parte importante de las rocas sedimentarias postbatolíticas se localizan en la franja costera, detrás de un límite denominado por Gastil y Allison (1966) en Gastil *et al.*, (1975) como línea Santillán-Barrera, el cual ha controlado la historia depositacional de la costa en al menos los últimos 100 millones de años. Los cauces y paleocauces de los arroyos están conformados por suelos del Cuaternario (Pleistoceno y reciente) de origen aluvial, así como suelos lacustres y palustres. Se exponen rocas ígneas extrusivas o volcánicas del Cuaternario en el área de Punta Colonet, y para la zona volcánica de la Bahía de San Quintín.

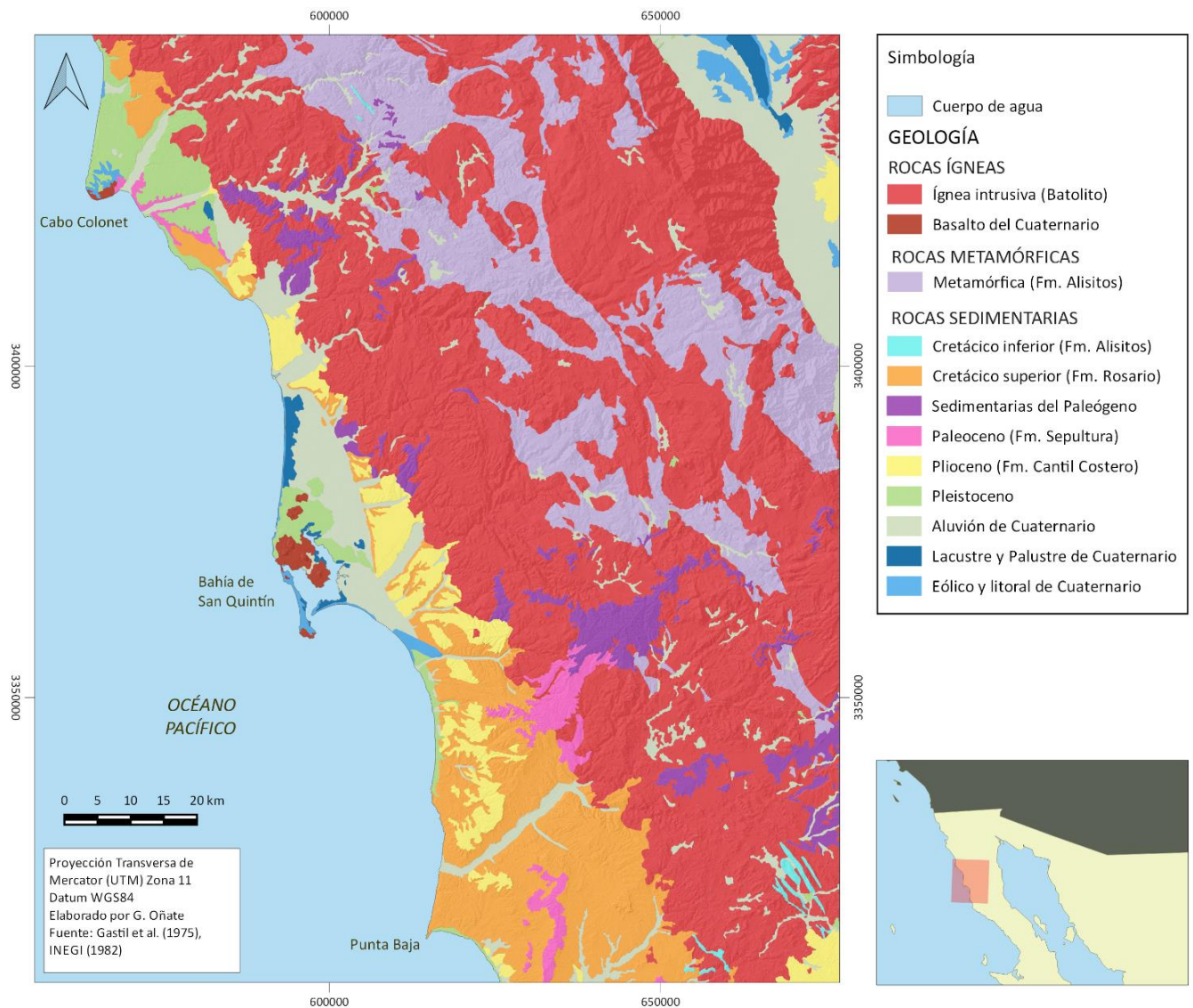


Figura 3-1. Geología generalizada para el área de Colonet-Punta Baja. Se diferencian las unidades geológicas por tipo de roca y temporalidad.

Para la región existen cuatro formaciones geológicas descritas de manera formal y reconocidas por el Léxico Estratigráfico del Servicio Geológico Mexicano: estas corresponden a la Formación Alisitos (Cretácico temprano), Formación Rosario (Cretácico tardío), Formación Sepultura (Paleoceno) y la Formación Cantil Costero (Plioceno), ilustradas en la **Figura 3-1**. Los depósitos del Cretácico Superior correspondientes a la Formación Rosario se divide en distintas unidades, las cuales han sido descritas de manera informal como Formación La Bocana Roja, Punta Baja y El Gallo (Kilmer, 1963).

Formación Alisitos

Descrita por Santillán y Barrera (1930) y posteriormente por Allison (1955), la Formación Alisitos incluye rocas volcánicas y sedimentarias, así como metamórficas, depositados en un ambiente de arco insular volcánico durante el Cretácico Temprano (Gastil *et al.*, 1975; Almazán-Vázquez, 1988); con base en el contenido paleontológico se ha logrado determinar una edad Albiana-Aptiana para estos depósitos (Allison, 1974). La formación aflora en el margen pacífico del Estado en una franja discontinua desde Ensenada hasta El Arco-Calmalli (Gastil *et al.*, 1975). La localidad tipo de esta formación se encuentra en el Rancho Alisitos, al sur de Ensenada (Allison, 1974). Estos mismos depósitos han recibido los nombres de Formación Pre-Chico, San Telmo y de San Fernando.

Formación Rosario

Santillán y Barrera describieron esta formación para el área de El Rosario sin designar una localidad tipo, sin embargo se considera que esta se localiza al sur del Arroyo El Rosario (Gastil *et al.*, 1975). Está formada por sedimentos marinos y continentales del Cretácico tardío, principalmente con depósitos de areniscas, limolita, lutita y conglomerados (Beal, 1948). La edad de estos depósitos ha sido determinada como Maastrichtiano-Campaniano para la unidad marina superior, Campaniano tardío para las unidades no marinas y marinas inferiores, y hasta Santoniano-Cenomiano para la unidad inferior no marina. Kilmer (1963) separa estas subunidades como cuatro formaciones independientes, manteniendo el nombre de El Rosario para la parte superior marina. Los nombres propuestos para las formaciones subyacentes son Formación El Gallo (para la unidad no marina subyacente), Formación Punta Baja (para una unidad marina más baja) y Formación La Bocana Roja (para la unidad continental más inferior a esta secuencia). A pesar de no encontrarse formalmente aceptadas, se ha utilizado esta nomenclatura para describir la posición estratigráfica de los fósiles encontrados en el área de El Rosario (Gastil *et al.*, 1975).

Formación Sepultura

La Formación Sepultura, fue descrita por Santillán y Barrera al este del Rosario en Mesa La Sepultura (localidad tipo), al este de El Rosario, de la cual obtiene su nombre. Las rocas de origen marino que la constituyen son principalmente areniscas grises, verdes, rojas y amarillas,

alternadas con capas de conglomerado y también con calizas margas, así como capas de arcillas (Santillán y Barrera, 1930 en Gastil *et al.*, 1975). Descansa discordantemente la Formación Rosario, y se localiza hasta a una altitud de 350 metros sobre el nivel del mar (Gastil, 1975). La fauna marina de esta formación permite asignar estos depósitos al Paleoceno tardío y en algunos sitios hasta de Eoceno temprano (Miller y Abbott, 1988).

Formación Cantil Costero

La Formación Cantil Costero se refiere a las rocas sedimentarias marinas representadas por areniscas y conglomerados derivados del batolito y de rocas sedimentarias anteriores (Santillán y Barrera, 1930, en Gastil *et al.*, 1975). El nombre de esta unidad se justifica por el prominente escarpe rocoso donde se localizan estos depósitos. La formación se expone a una altura de 100 a 200 metros, y hasta a una altura de 300 metros en el área de El Rosario (Gastil *et al.*, 1975). La localidad tipo se ubica entre San Quintín y El Rosario, en las mesas ubicadas hacia el este de la carretera transpeninsular (Carreño y Smith, 2007). El contenido paleontológico ha podido establecer la temporalidad para el Plioceno tardío.

Metodología

La metodología utilizada en el presente capítulo consistió en la recopilación y el análisis de datos secundarios para la elaboración de un meta-análisis (Hernández, Fernández y Baptista, 2010); dentro de esta metodología se recopilan estudios efectuados por otros, se evalúan y vuelven a analizar sus datos para integrarlos en una base mayor de información, o bien para adicionarlos y compararlos. A partir del análisis de estos estudios, es posible establecer la manera en la que se ha tratado un tema, su estado actual, así como determinar tendencias o líneas de investigación derivadas de estos estudios (Londoño, Maldonado y Calderón, 2014).

Búsqueda bibliográfica

Se realizó una investigación documental donde se buscaron y recopilaron todos los trabajos que hicieran referencia a hallazgo de fósiles y localidades paleontológicas, dentro del área de Colonet a Punta Baja. Se consideraron textos provenientes de las siguientes disciplinas: geología, paleontología y arqueología. Los documentos considerados para la caracterización incluyeron artículos científicos, libros, capítulos de libros, reportes, informes, resúmenes o memorias de congresos, así como trabajos de tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Se utilizaron textos que abarcaron desde 1885 (año en que iniciaron formalmente las investigaciones paleontológicas en Baja California) y publicados hasta Enero de 2015. Fueron descartados los trabajos realizados en micropaleontología, así como textos de divulgación.

Para la búsqueda documental se utilizó el motor de búsqueda Google, se consultaron algunas de las bases de datos digitales de la Universidad Autónoma de Baja California (<http://biblioteca.uabc.mx/index.php/bases-de-datos>), accediendo desde el campus y mediante acceso remoto, incluyendo las siguientes editoriales: AAPG, BioOne, EBSCO Host, Elsevier, Nature, PNAS, Science, Springer y Wiley. En este proceso se utilizaron combinaciones de diferentes palabras claves que incluían el nombre de la región bajo sus diferentes denominaciones históricas y anglosajonas (*Baja California, Baja California Norte, Lower California*), los términos *fósil, paleontología* y *geología* (en inglés y español), los nombres de las diferentes formaciones geológicas identificadas previamente para el área de estudio (i.e. Alisitos, Rosario, Sepultura, Cantil Costero) y sus nomenclaturas históricas, así como los nombres de los periodos representados por el registro fósil de la región tanto en inglés como en español (i.e.

Cretácico/Cretaceous, Paleoceno/Paleocene, Plioceno/Pliocene, Pleistoceno/Pleistocene). A partir de los trabajos encontrados se realizó una revisión en cascada de las fuentes hasta identificar y cubrir la mayoría de los textos referidos en la literatura. Se utilizó un documento sin publicar elaborado por Guía-Ramírez (2013) proporcionado por la misma autora, donde a partir de este trabajo de compilación se identificó y recabó la bibliografía utilizada en el texto.

Para algunos documentos antiguos, fue necesario realizar la consulta y descarga a través de algunos de distintos acervos digitales: Biodiversity Heritage Library (<http://www.biodiversitylibrary.org/>), Internet Archive Digital Library (<https://archive.org/>) y HathiTrust's Digital Library (<http://www.hathitrust.org/>). Otros de los textos fueron proporcionados en físico a partir de material fotocopiado de la biblioteca de la Universidad de San Diego. Los textos que no estaban disponibles para su consulta o descarga gratuita en línea, fueron adquiridos a través de la consulta física en la Biblioteca de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), o como último recurso fueron comprados en línea. Los datos de los textos no recuperados de manera completa fueron extraídos a partir del resumen o de citas secundarias.

Para la revisión de trabajos de tesis se realizó una consulta en la biblioteca de la UABC, Campus El Sauzal, donde se revisaron todas las tesis en geología y paleontología trabajadas para la región, además de esto, se realizó una búsqueda en dos bases de datos digitales, una nacional y otra extranjera: TESIUNAM (<http://tesis.unam.mx/>) y ProQuest (<http://www.proquest.com/>), utilizando las mismas palabras claves establecidas para la búsqueda documental. Para algunas tesis estadounidenses fue necesario realizar la descarga a través de las bibliotecas digitales de cada universidad (<http://libpac.sdsu.edu/>).

En caso que se encontraran disponibles los textos fueron guardados en formato PDF, posteriormente se elaboró una base de datos en Excel de la bibliografía recopilada donde se vació la información en relación a 1) datos bibliográficos (incluyendo autor(es), institución de adscripción, nacionalidad del primer autor, año de publicación, título del trabajo, tipo de documento), y 2) Localidades paleontológicas, donde se incluyó el nombre de las localidades mencionadas en el texto, temporalidad, formación geológica y tipo de fósiles.

Análisis documental

Se determinó la relación de trabajos escritos por investigadores mexicanos y extranjeros, y se cuantificaron por década para determinar la tendencia de esta relación en los estudios paleontológicos del área.

Para el análisis bibliográfico, los documentos fueron clasificados con base en los siguientes criterios utilizados por Gudiño y Guzmán (2014) en su estudio.

- En documentos 1) formales: artículos publicados en revistas, capítulos de libros o libros, y en 2) informales: todos aquellos documentos no publicados, también conocidos como literatura gris (tesis inéditas, y resúmenes o memorias de congresos);
- De acuerdo al tipo de la fuente: a) preliminares: aquellos documentos en los que se menciona brevemente la información sobre materiales o localidades, y son previas a su publicación en extenso, b) fuentes primarias: donde se dan a conocer por vez primera los datos acerca de un material o localidad o aportan nuevos datos a los materiales y, c) fuentes secundarias: aquellos textos que comprenden publicaciones en las que se mencionan datos de unas o más publicaciones primarias y preliminares, sin aportar nada nuevo, son ejemplos de estos están las recopilaciones, catálogos, o textos de divulgación.
- En tres niveles de estudio I) menciones de material o identificaciones taxonómicas a nivel inferior de género, como en los resultados de algunas exploraciones geológicas II) identificación y descripción de ejemplares, presentando información cualitativa y cuantitativa e información geológica básica: incluye trabajos geológicos donde se describen formaciones, o descripción de taxa nuevos sin interpretaciones paleobiológicas y III) los del tercer nivel incluye los trabajos que además de la paleontología descriptiva, incluyen interpretaciones paleoambientales, paleoecológicas, o paleobiogeográficas de los fósiles.

Consulta de colecciones científicas

Con el fin de identificar material o localidades paleontológicas que se encontraran registrados en colecciones científicas, se realizó una consulta en las siguientes bases de datos con acceso en línea:

California Academy of Science

- CAS Fossil Collection Database (<http://researcharchive.calacademy.org/research/izg/fossil/Index.asp>)

Natural History Museum of Los Angeles

- LACMIP Invertebrados (Localidades) (http://ip.nhm.org/ipdatabase/locality_show)
- LACMIP Invertebrados (Especímenes) (http://ip.nhm.org/ipdatabase/lot_show)
- LACM Vertebrados (<http://collections.nhm.org/vertebrate-paleontology/>)

Natural History Museum of San Diego

- SDNHM (<http://www.sdnhm.org/archive/research/paleontology/searchdata.html>)

University of California Museum of Paleontology

- UCMP Specimens (<http://ucmpdb.berkeley.edu/ucmp/index.html>)
- UCMP Localities (<http://ucmpdb.berkeley.edu/loc.html>)

Universidad Nacional Autónoma de México

- IGM (<http://www.unipaleo.unam.mx/>)

Georreferenciación de las localidades

A partir de los documentos y de la consulta de las colecciones científicas, se elaboró una compilación de las distintas localidades en las cuales se ha colectado material paleontológico con su respectiva ubicación geográfica. Para la georreferenciación se consideró la descripción de las localidades, se identificaron coordenadas, descripciones, mapas o figuras que pudieran proporcionar información específica o relativa a la ubicación de los distintos sitios o áreas estudiadas. Algunas localidades cuya descripción permitiera ubicarlas espacialmente fueron referenciadas, o asignadas a las coordenadas del rasgo geográfico mencionado más cercano. En el caso de los mapas presentados en los textos o colecciones consultadas, fue necesario realizar la georreferenciación de una manera sistematizada.

Los mapas o figuras fueron extraídos de los archivos digitales, o escaneados a formato digital para su georreferenciación haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica utilizando el programa QGIS 2.4 Chugiak. Los archivos fueron cargados en formato de imagen (.png o .jpg) en el módulo Georreferenciador del programa. Se tomaron puntos de control geográficos de acuerdo a las características presentadas en los distintos mapas, como rasgos topográficos, carreteras, línea de costa, curvas de nivel o hidrografía, y comparándolas con imágenes satelitales y con capas de información temáticas obtenidas de INEGI y CONABIO (**Figura 3-2**); el tipo de transformación utilizado varió de acuerdo al tamaño, calidad y escala de las imágenes utilizadas, así como por el número de puntos de control; los algoritmos de transformación más utilizados fueron el de Helmert, Polinomial 1 y 2. El método de remuestreo usado fue el del Vecino más próximo. Una vez georreferenciados las imágenes, se digitalizaron las localidades en un archivo vectorial de puntos. Como efecto de la calidad y escala de los insumos utilizados, el margen de error en la georreferenciación de los sitios fue variable; se estima que puede alcanzar hasta 100 metros de error para algunas digitalizaciones.

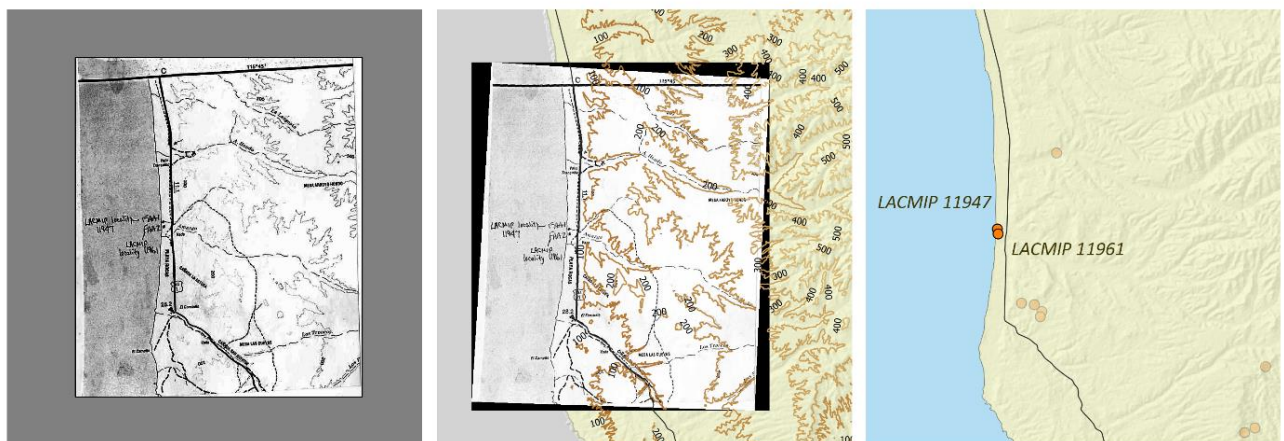


Figura 3-2. Proceso de georreferenciación de imágenes para la digitalización de las localidades paleontológicas bajo la interfaz de QGIS. 1) Obtención de la imagen 2) Georreferenciación del mapa 3) Digitalización de las localidades.

Trabajo de campo

Se realizó trabajo de campo en algunos de los sitios referidos por la bibliografía, con el fin de verificar la existencia de estos, obtener información complementaria. Las coordenadas fueron adquiridas mediante un dispositivo GPS utilizando el sistema de referencia geográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) Zona 11, y el datum WGS 84. Se recorrieron algunos de los sitios

cercanos a la carretera transpeninsular en el área de San Antonio del Mar, Colonet, Camalú, San Quintín, El Rosario y Punta Baja.

Mapa

Con el fin de visualizar y presentar la información de localidades paleontológicas en un mapa, se utilizaron las siguientes capas de información temáticas descargadas a través del portal de INEGI y CONABIO:

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (1982). Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales. Escala 1:250 000. Serie I.
- INEGI (2014). Conjunto de datos vectoriales de información topográfica. Escala 1:50 000. Serie III.
- INEGI (2011). Conjunto de Datos Vectoriales de Carreteras y Vialidades Urbanas Edición 1.0 (Distribución por entidad federativa)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2003). 'Límite Nacional'. Escala 1:250 000. Extraído de Conjunto de Datos Vectoriales y Toponímias de la carta Topográfica. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México
- CONABIO (2014). 'Localidades rurales y urbanas 1, 2010', escala: 1:1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Datos estadísticos del 2010, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México, D.F. Versión 4
- INEGI (2010). RED HIDROGRÁFICA ESCALA 1:50 000 Edición: 2.0,
- INEGI (2013). Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) (Resolucion 15 metros).

Base de datos

Se elaboró una base de datos espacial en Excel, y se exportó posteriormente a QGIS. Esta base de datos se trabajó utilizando como base el archivo proporcionado por el Centro INAH Baja California, donde ya se incluían algunos sitios paleontológicos georreferenciados para el área. Se incluyó información relacionada con los yacimientos paleontológicos y sus características, tal como el nombre de la localidad paleontológica, la temporalidad y formación correspondientes, así como el tipo de evidencia fósil documentada, en donde se incluyeron algunos taxa

representativos; esto se integró con la información del posicionamiento geográfico en términos de latitud y longitud, y altura. Se introdujo la fuente de la información de georreferenciación (GPS, obtenida dentro del texto a partir de coordenadas, o a partir de la digitalización o descripción), así como la referencia bibliográfica de quien describe o estudia la localidad.

Resultados y discusión

Recapitulación histórica de las investigaciones paleontológicas.

En general, los eventos de la separación política de Alta California en 1804, y la Independencia de México en 1822, tuvieron poco efecto en el progreso, expediciones e investigaciones científicas realizadas en la península; de acuerdo a Beal (1948), a partir de 1850 numerosas compañías mineras se adentraron en la península con el fin de explotar los recursos minerales, sin embargo la mayoría fracasó dada la inhospitalidad del territorio, la falta de comunicación en el área y por la falta de conocimiento adecuado de la zona. Valentine (1960) menciona que a finales del siglo XIX ya se habían realizado las primeras colectas paleontológicas en el área de San Quintín, aunque los primeros trabajos no fueron publicados sino hasta 1921. El trabajo paleontológico fue abordado inicialmente por investigadores provenientes de Estados Unidos, con los estudios de Dall (1921a y 1921b), de Orcutt y Samuel Berry (Valentine, 1960) y de Eric K. Jordan (1926) todos en relación a los invertebrados del Pleistoceno para el área de San Quintín (Valentine, 1960). Parte del material estudiado en estas publicaciones fue colectado por Charles R. Orcutt en 1919, y por Dallas Hanna como parte de la exploración a la Isla Guadalupe en 1921.

La primera exploración geológica en la región fue realizada por la United States Geological Survey, donde Darton (1921) elabora un primer reconocimiento geológico de las rocas sedimentarias de la península, incluyendo en el área de Colonet, San Quintín y el Rosario. Otro de las exploraciones geológicas fue la realizada por la Marland Oil Company of México en su búsqueda de petróleo en la península en 1920; los resultados fueron presentados hasta 1948 por Beal, sin embargo ya habían sido publicados dos informes de manera anónima en 1924. La primera mención de material paleontológico realizado por investigadores mexicanos fue en un trabajo publicado en 1930, por los ingenieros Manuel Santillán y Tomas Barrera como parte de las exploraciones en búsqueda de hidrocarburos en la región en 1928, describiendo las unidades de rocas sedimentarias comprendidas entre los paralelos 32 y 30 del Estado de Baja California. Frank Anderson, y Dallas Hanna estudiaron la geología del Cretácico de California y Baja California, describiendo y nombrando entre 1935 y 1958 nuevas especies de invertebrados marinos para El Rosario y San Antonio del Mar a partir del material colectado por Sternberg, Darton, y Santillán y Barrera en expediciones anteriores.

A partir de los años cincuenta existió un interés de parte de universidades extranjeras en los depósitos de moluscos del Pleistoceno en Baja California, estudiando los yacimientos de Punta Baja (Emerson y Addicott, 1958; Acosta, 1965), San Quintín (Valentine, 1960) y dos décadas más adelante en Punta Camalú (Valentine, 1980); durante este periodo destaca también el trabajo elaborado por Leo C. Hertlein y Edwin C. Allison en 1959 sobre los invertebrados marinos fósiles en los depósitos discontinuos de Plioceno ubicados entre Colonet y El Rosario. En 1968 fue publicado el segundo trabajo por un autor mexicano: la paleontóloga de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) María del Carmen Perrilliat, quien describió algunos invertebrados marinos colectados durante los levantamientos de mapas geológicos en la región realizados por el Consejo de Recursos Naturales No Renovables entre 1962 y 1963

El estudio geológico en el área del Rosario fue realizado en los años sesenta en los trabajos de tesis de estudiantes de la Universidad Estatal de San Diego, entre los cuales destacan los trabajos geológicos de Frank Kilmer (para el Arroyo el Rosario) y Robert Reed (para el Este de El Rosario), describiendo algunos de los fósiles (principalmente invertebrados) encontrados durante sus exploraciones. Kilmer (1963) describe dentro de su trabajo las unidades geológicas de El Gallo y La Bocana Roja, ambas para el Cretácico tardío, en donde se realizarían muchos de los descubrimientos de vertebrados en los años siguientes.

Hilton (2003) menciona que el primer descubrimiento de dinosaurios en El Rosario fue realizado en 1953 por investigadores de la Universidad de California. No obstante no fue hasta 1966 y 1974 cuando el equipo del Museo de Historia Natural del condado de Los Ángeles (LACM) estuvo trabajando en el área de El Rosario, prospectando y colectando vertebrados fósiles del Cretácico tardío (**Figura 3-3**). El estudio de dicho material resultó en la descripción de dos especies nuevas de dinosaurios, incluyendo un hadrosaurio gigante y un dinosaurio carnívoro pariente del tiranosaurio, las primeras descritas para México (Morris, 1981; Molnar, 1974), así como de un mamífero primitivo de relaciones hasta la fecha inciertas (Lillegraven, 1976), y la segunda especie de ave terrestre del mundo descrita para el Mesozoico, después del *Archaeopteryx* (Brodkorb, 1976). Luego de estas fechas no se tiene conocimiento de alguna otra expedición de estadounidenses (al menos no de manera independiente) en búsqueda de vertebrados fósiles del Mesozoico para Baja California (Hilton, 2003).



Figura 3-3. Excavación de tibia de dinosaurio (*Magnapaulia laticaudus*) en 1966 por personal de los Ángeles en los depósitos de la Formación El Gallo, El Rosario (Hilton, 2003).

Gastil, Phillips y Allison, de la Universidad Estatal de San Diego (UCSD), publicaron en 1975 el reconocimiento y mapeo geológico del estado de Baja California a partir de una recopilación de los estudios geológicos y paleontológicos, así como de la interpretación de fotografías aéreas, realizando exploraciones geológicas y colectando algunos fósiles durante estas expediciones.

En 1961 se funda la Escuela Superior de Ciencias Marinas (ESCM) que pasaría a formar la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Después de la década de los ochenta los estudios paleontológicos en la zona fueron llevados a cabo principalmente por investigadores y estudiantes nacionales de la ya entonces consolidada Facultad de Ciencias Marinas de la UABC, destacando los trabajos de tesis de Téllez (1983) y Meling (1988) para los depósitos de invertebrados en el área de San Quintín, de Bárcenas (1988) para la Formación Rosario de Baja California, Arzate (1989) en su estudio del Paleoceno en Mesa de la Sepultura, y Santín (1994) con el estudio de la Formación Cantil costero en el Consuelo, así como algunos artículos científicos. En 1984, durante una expedición geológica del Campus Sonora de la UNAM, se realizaron colectas de fósiles de invertebrados pertenecientes al Cretácico temprano, de las cuales derivaría una publicación en 1988 (Almazán-Vázquez, 1988), y posteriormente algunos trabajos de tesis en 1991 y 2015 (Muñoz, 1991 y Jiménez, 2015).



Figura 3-4. Excavación de restos de mamut (*Mammuthus columbi*) en el año de 2003 en la colonia Lázaro Cárdenas por personal del Centro INAH Baja California (Ensenadita, 2009).

Desde el 2000 hasta la fecha, los proyectos y expediciones realizados por parte de investigadores de la UABC y UNAM en los depósitos de El Rosario han resultado en un gran número de trabajos presentados en congresos, artículos científicos y trabajos de tesis, el material ha sido colectado y estudiado bajo nuevos métodos y con nuevos registros de especies de vertebrados (Rodríguez-de la Rosa y Aranda-Manteca, 2000a; Montellano *et al.*, 2005; Quintero de Leonardo, 2005; Montellano-Ballesteros *et al.*, 2008; Rivera-Sylva *et al.*, 2011; Romo de Vivar, 2011; Wilson *et al.*, 2011; Peacock *et al.*, 2012; Chavarría, 2014).

En el año 2003 el Instituto Nacional de Antropología (INAH) prestó atención especial al área de la Bahía de San Quintín tras la denuncia por parte de los pobladores de una osamenta de mamut durante la construcción de una fosa séptica (**Figura 3-4**), este hallazgo fue de gran importancia dada su posible relación con los primeros pobladores de la península (Guía-Ramírez y Oviedo-García, 2012). A la fecha se han realizado el rescate de otros esqueletos de mamíferos terrestres en esta área.

Nomenclatura utilizada para las unidades de rocas

Dentro de las formaciones que se mencionaron en los textos, las rocas del Cretácico temprano se encontraban nombradas entre los primeros trabajos como depósitos Pre-Chico, Formación San Fernando y San Telmo (Darton, 1921; Anónimo, 1924; Beal, 1948), actualmente se consideran como parte de la Formación Alisitos descrita por Santillán y Barrera en 1930. Las rocas del Cretácico superior se encontraron asignadas inicialmente a la Formación Chico de California antes de la descripción formal de la Formación Rosario por Santillán y Barrera (1930) (Gastil *et al.*, 1975). Descritas de manera informal para el área de El Rosario pero utilizada de manera frecuente por varios autores se encuentran las formaciones La Bocana Roja, Punta Baja y El Gallo (Kilmer, 1963), aunque estos depósitos se consideran como parte de la Formación Rosario en la descripción original realizada por Santillán y Barrera. Los depósitos de la época Paleoceno, algunas veces determinados como Eoceno temprano, se encontraron en algunas publicaciones con el nombre de Formación Tepetate (Darton, 1921; Perrilliat, 1968), sin embargo actualmente se consideran parte de la Formación Sepultura, descrita por Santillán y Barrera. Para el Plioceno, antes de la descripción formal de la Formación Cantil Costero por Santillán y Barrera en 1930 (Gastil *et al.*, 1975), se utilizaba el nombre de Formación Salada para nombrar a los depósitos de esta temporalidad en todo Baja California; un solo autor describe de manera informal los mismos depósitos de Plioceno y Plioceno-Pleistoceno en el área del Rosario como formación La Cresta y La Ribera respectivamente (Kilmer, 1963), sin encontrarse formalmente aceptados ni referidos en otros trabajos. Los restos paleontológicos de Pleistoceno se encuentran en depósitos de terrazas marinas, así como en de sedimentos aluviales, no obstante no se ha establecido una nomenclatura para ninguna de estas unidades de roca.

Revisión y análisis bibliográfico

Se recuperaron un total de 111 referencias bibliográficas ([ANEXO I](#)) que mencionaban hallazgos paleontológicos en una o más localidades dentro del área de estudio. De este total, se registraron 59 artículos científicos, 8 libros, 17 resúmenes de trabajos presentados en congresos, 16 trabajos de tesis, 10 informes/reportes, y una guía de campo (**Figura 3-5a**). La fecha de publicación de los estudios abarcó desde 1921 hasta el 2015, comprendiendo un periodo de 94 años (**Figura 3-6b**). La cantidad de publicaciones totales ha ido aumentando progresivamente por década desde 1950.

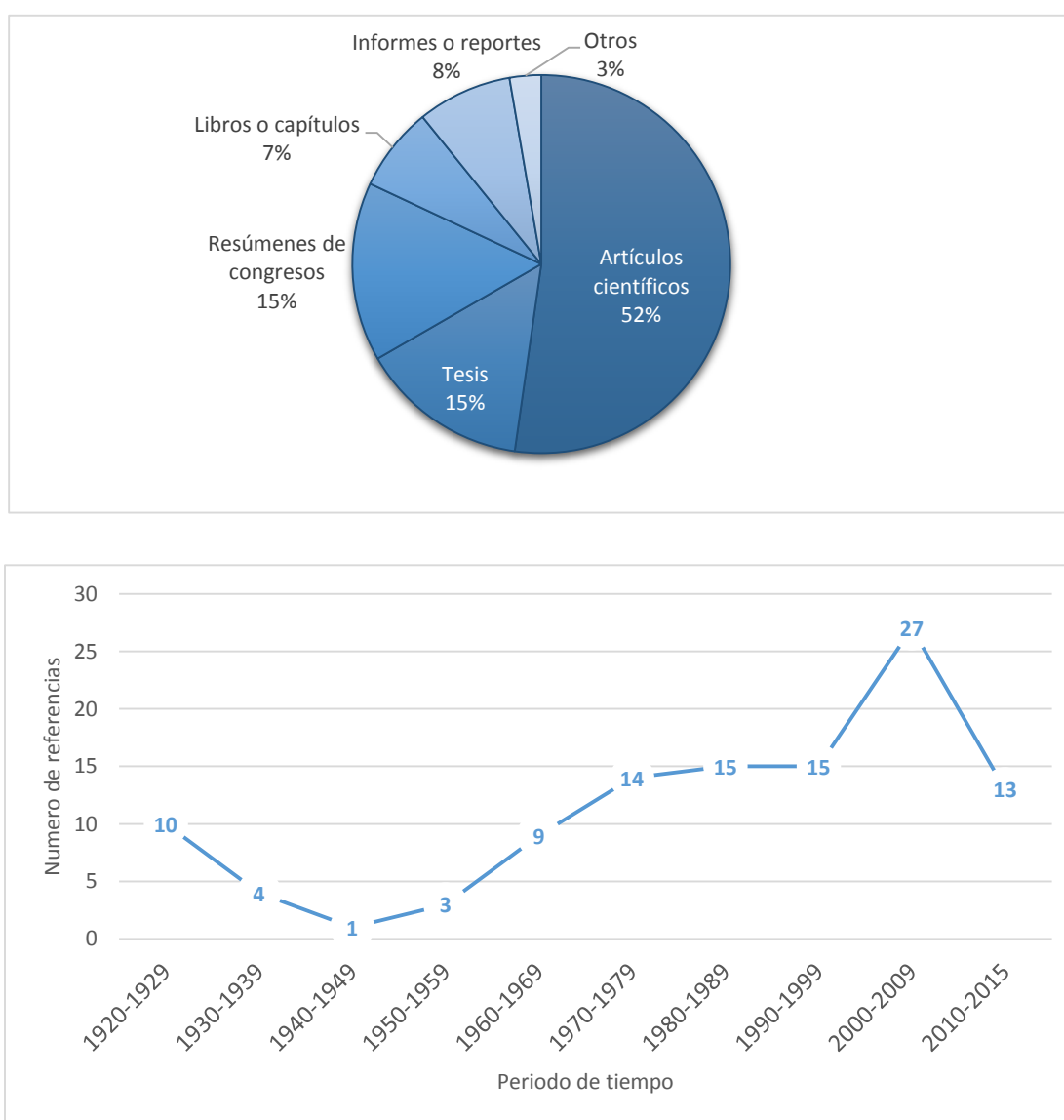


Figura 3-5. a) Tipo de documentos y b) número de referencias por década.

Tipo de publicaciones

En relación a la información paleontológica presentada, 19 referencias fueron de tipo preliminar, 69 referencias fueron de tipo primarias, aportando nuevos datos o información adicional de especies o localidades, mientras que 23 fueron del tipo secundaria, es decir hacían referencia a fósiles o localidades provenientes ya sea de fuentes primarias o preliminares, sin aportar información nueva; las fuentes secundarias consistieron principalmente en publicaciones referentes a los restos de dinosaurios del Cretácico tardío.

Del total, 69 documentos consistieron en publicaciones formales y 42 de tipo informal, de los cuales se evidencian las siguientes situaciones:

- **Resúmenes de congresos.** Más de la mitad de los trabajos paleontológicos se encuentran formalmente publicados a manera de artículos científicos, abordando distintas temporalidades y grupos taxonómicos; a pesar de que el porcentaje de los documentos presentados en congresos fue solamente del 15%, gran parte de estos consisten en trabajos relacionados a fósiles de vertebrados tanto de mamíferos como de dinosaurios. Al menos en el país existe una tendencia de presentar este tipo de hallazgos en congresos dada su popularidad en la comunidad científica y en el público en general; si revisamos los resultados en relación a la bibliografía referente a los dinosaurios en el país, vemos que el 44% de las publicaciones totales consisten en resúmenes de congresos, rebasando incluso el porcentaje de artículos científicos (Gudiño y Guzmán, 2014). En los resúmenes de congresos se presenta la información de forma breve y preliminar, y restringiendo información importante que debería estar disponible ante la comunidad científica. Lo ideal es que a partir de estos estudios preliminares se derivaran publicaciones formales de mayor acceso, escenario que no sucede en muchos de los casos.
- **Tesis.** Una situación similar sucede con los trabajos de tesis. Destaca un número considerable de trabajos de tesis (16) elaborados a partir del estudio del material paleontológico del área; solo un autor publicó formalmente en un artículo científico los resultados del trabajo de tesis, acerca de las lagartijas fósiles del Cretácico en El Rosario, incluso un año antes de la publicación final de la tesis (Nydam, 1999). Como un caso especial se encontró que las formaciones geológicas Punta Baja, La Bocana Roja y El Gallo

descritas para el área de El Rosario en el trabajo de tesis de Kilmer (1963) no se consideran validas por el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2012) ya que no cumplen con el criterio de encontrarse formalmente publicadas, a pesar de que la nomenclatura haya sido adoptada por un gran número de trabajos realizados en el área.

La falta de publicación formal de resúmenes de congresos y trabajos de tesis se traduce en una limitante en el acceso a los resultados del estudio paleontológico, restringido por tratarse de material inédito, además de que la información presentada muchas veces no se encuentra regulada por un comité científico. Por ejemplo, en 2014 el Museo del Desierto presento ante la sociedad una nueva especie de dinosaurio excavado en 1998: *Saltillomimus rapidus*, no obstante este hallazgo no ha sido reconocido por la comunidad científica dado que no se encuentra formalmente descrita en un texto científico, ya que la especie fue incluida dentro de un trabajo de tesis (Aguillon, 2010).

Idioma

En relación al idioma, el 26% de los textos se encontraban en español, mientras que el 74% restante estaban escritos en inglés; dos artículos fueron presentados en ambos idiomas simultáneamente. El idioma de las publicaciones resulta importante de analizar ya que de esto dependerá si se oferta el conocimiento a la comunidad internacional o queda únicamente dentro de los países de habla hispana. El alto porcentaje de publicaciones en inglés se explicaría por el origen de estas en el extranjero, además de que publicaciones recientes realizadas por autores mexicanos ya se encuentran en idioma inglés dado el carácter internacional de las revistas en las que se publican.

Relación entre autores nacionales y extranjeros

Los estudios paleontológicos en Baja California son más recientes que en otras partes del país. La primera referencia de fósiles para el estado fue realizada por White (1885) a finales del siglo XIX, mientras que en México los primeros trabajos paleontológicos se encuentran documentados desde inicios de ese mismo siglo (Gío-Argáez, 2004). No obstante, coinciden en que tanto en el país como en la región las investigaciones fueron iniciadas por extranjeros. Los textos escritos por mexicanos como primer autor representaron cerca del 32% mientras que las de los

extranjeros fueron el 68%, siendo estos principalmente de nacionalidad estadounidense. Para cada década ha ido cambiando la relación entre el número de trabajos con investigadores mexicanos y extranjeros como primer autor (**Figura 3-6**).

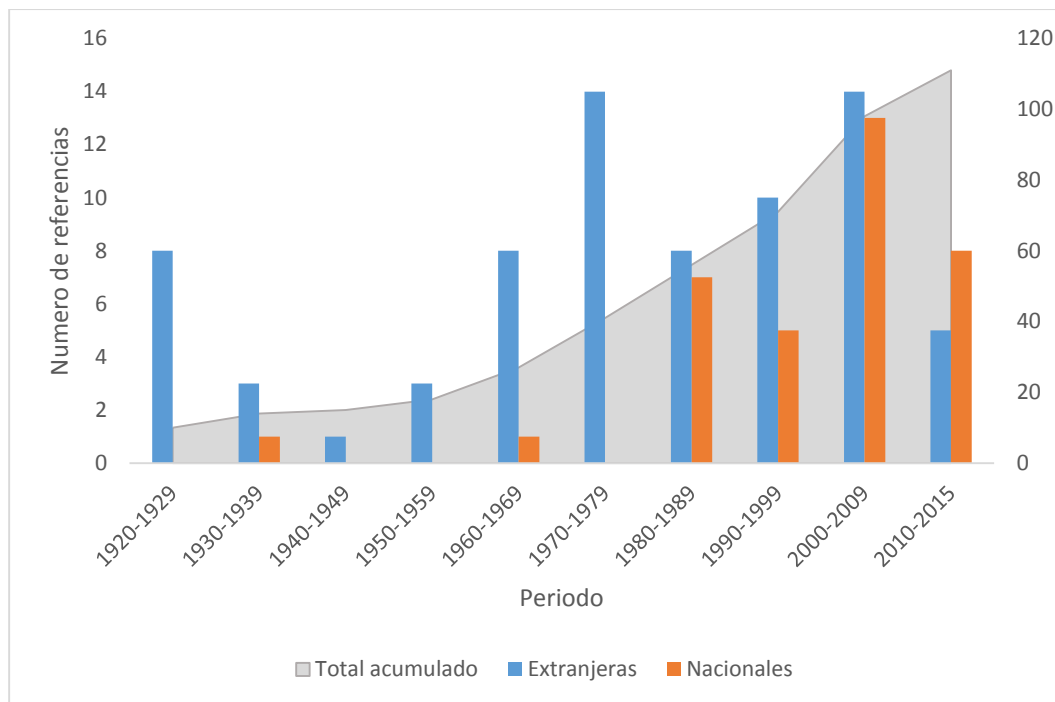


Figura 3-6. Trabajos publicados para la región de Colonet-Punta Baja entre 1920 y 2015. Las barras representan la frecuencia de los trabajos donde el primer autor es extranjero, y nacional. El área sombreada consiste en la frecuencia acumulada de todos los documentos.

Si comparamos con el resto del país, se observa que existe una tendencia similar en la relación de publicaciones de autores extranjeros y mexicanos durante la primera mitad del siglo: Gío-Argáez, Hugo y Rodríguez (2003) mencionan que entre 1920 y 1949 los trabajos de mexicanos representaron casi una séptima parte del total, mientras que en los documentos recopilados en este estudio encontramos un único trabajo por autor mexicano para los 13 registrados en este periodo. A nivel nacional a partir de la década de los cincuenta las investigaciones sufren un cambio en esta tendencia, al producirse 465 publicaciones de autores extranjeros contra 941 de autores nacionales (Gío-Argáez *et al.*, 2003). En el presente estudio fue hasta la década de los ochenta cuando aumentaron considerablemente los documentos de autores nacionales en el área, los cuales constituyeron la mitad de los trabajos publicados durante este tiempo, en gran medida producto de los trabajos de investigación que comenzaron a realizarse en la Facultad de

Ciencias Marinas de la UABC; las investigaciones por mexicanos a nivel nacional ya representaban tres cuartos del total durante esta misma década (Gío-Argáez *et al.*, 2003).

El análisis realizado muestra que no fue hasta la presente década (2010-2015) cuando las investigaciones nacionales rebasaron las publicaciones realizadas por extranjeros. A manera comparativa, se ha documentado que en los últimos diez años (2005-2014) las investigaciones de fósiles de dinosaurios han sido acaparadas en un 90% por mexicanos (Gudiño y Guzmán, 2014). En la actualidad, y a diferencia que en el resto del país, las investigaciones extranjeras en la región siguen representando un componente importante del total de las investigaciones realizadas en el área, esto se explica dada la cercanía con California (EUA), en donde se encuentran muchos de las instituciones (museos y universidades) que continúan realizando actividades de investigación geológicas y paleontológicas en la región. En las últimas décadas destacan también la existencia de publicaciones con colaboraciones realizadas entre autores de distintos institutos del país, y entre autores nacionales con extranjeros.

Disciplinas y nivel de estudio

Del total de las referencias, 21 fueron abordados desde la disciplina geológica, 82 desde la paleontología, y 3 desde la arqueología; 3 documentos adicionales fueron abordados desde dos disciplinas simultáneas. Los trabajos geológicos requieren el coleccionar y estudiar el material paleontológico, mientras que algunos hallazgos paleontológicos del Pleistoceno están relacionados con los primeros pobladores.

Se logró determinar el nivel de estudio del 80% de los trabajos. De este porcentaje, se encontró que la mayoría de los trabajos alcanzaron un nivel de estudio de nivel III (47%) y descriptivo (nivel II) (42%), mientras que los trabajos que no hacían descripciones detalladas (nivel I) fueron los menos frecuentes con un 11%, lo cual indica una calidad alta de las investigaciones. Referencias a fósiles y localidades paleontológicas aparecen en estudios geológicos debido a que estos son importantes para la asignación temporal de las rocas y en la descripción de las unidades geológicas, no obstante estos quedan comprendidos en su mayoría dentro de los dos primeros niveles de análisis. Los trabajos paleontológicos quedaron en su mayoría dentro de los niveles 2 y 3, mientras que los arqueológicos abarcan el tercer nivel de análisis dados los propósitos de

estos estudios. De acuerdo a Gudiño y Guzmán (2014), los estudios que alcanzan un nivel más alto ayudan a comprender mejor las relaciones de los organismos con su ambiente y el estudio paleobiogeográfico de México, de gran importancia para su divulgación científica a la sociedad.

De acuerdo a Carreño y Montellano (2005), en el país, hasta la década de los 70 la mayoría de los trabajos publicados eran meramente descriptivos; luego de este periodo surge un cambio importante en el estudio paleontológico con la posibilidad de realizar posgrados, más la creciente colaboración con especialistas de otras instituciones en el extranjero. Los primeros trabajos con fósiles en el área de estudio consisten en estudios geológicos donde se mencionaban e identificaban algunos de los fósiles colectados durante estas expediciones, realizando en algunos casos una descripción detallada de los ejemplares sin incluir implicaciones paleoecológicas o paleoambientales. Algunos de los trabajos de la década de los veinte alcanzaron el tercer nivel de análisis, como lo fue la interpretación paleoambiental de los moluscos pleistocenos del área de San Quintín realizada por el investigador extranjero Erick Jordan en 1926. El primer trabajo realizado por un mexicano que alcanzó el nivel III de estudio fue la tesis elaborado por Téllez en el año de 1983, de la UABC, con su estudio paleoecológico de invertebrados del pleistoceno de San Quintín. Posterior a esta fecha gran parte de los trabajos tanto de extranjeros como de investigadores nacionales han alcanzado el tercer nivel de estudio.

Tipo de fósiles y temporalidades abordados en los estudios

Las publicaciones referentes a invertebrados consistieron en el 53% del total, mientras que el 47% hacía referencia a fósiles de vertebrados. No obstante, la mayoría de las publicaciones preliminares y secundarias hacen mención a vertebrados terrestres, mientras que las publicaciones primarias se encuentran representadas mayormente por trabajos relacionados a invertebrados marinos.

95 de los 111 trabajos hacían referencia a una o varias localidades pertenecientes a un mismo periodo geológico, mientras que el resto de los trabajos hacían referencia a dos o más localidades de distintas temporalidades. Existe una tendencia en los trabajos paleontológicos a estudiar y publicar resultados de organismos de una misma temporalidad dada la especialización de los

autores, o incluso de un mismo grupo de organismos; los trabajos que abarcaban fósiles de múltiples temporalidades eran trabajos geológicos o resultados de exploraciones de este tipo.

La mayoría de los trabajos hacían mención a fósiles o localidades paleontológicas pertenecientes al Cretácico tardío, con un total de 65 referencias, seguido por el Pleistoceno con 38. El Paleoceno y Cretácico temprano se encontró referido por un número menor de trabajos, mientras que el Plioceno fue el menos abordado por los estudios. Estas tendencias podrían responder al tipo y a la cantidad de rocas que afloran en el área de estudio, siendo de las sedimentarias, las del Cretácico tardío y Pleistoceno las más abundantes para la región, no obstante no todas las áreas de la región se encuentran mapeadas o exploradas de manera exhaustiva. Muchos de los trabajos geológicos y paleontológicos del Cretácico tardío se centran en un depósito (fm. El Gallo) cercano al Rosario.

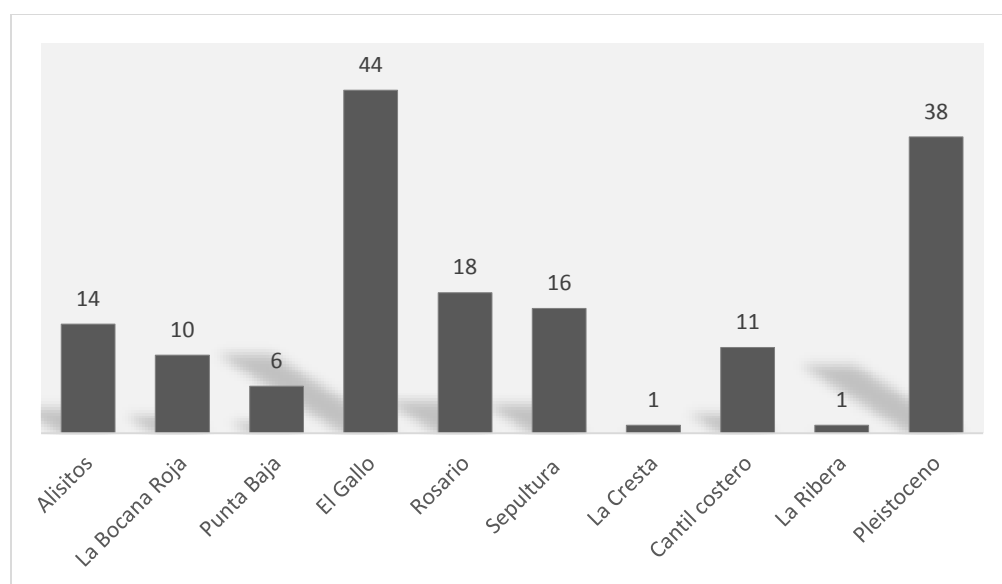


Figura 3-7. Total de referencias por formación geológica del área Colonet-Punta Baja, 1921-2015.

La formación más citada en la bibliografía fue la Formación El Gallo (Figura 3-7) con un total de 44 referencias dada la importancia científica de estos yacimientos, seguida de la fm. Rosario, fm. Sepultura y fm. Alisitos. A pesar de la relativa amplia distribución de los depósitos de Plioceno, la Formación Cantil Costero, esta obtuvo 11 referencias; otras formaciones de Plioceno como La Cresta y la Ribera fueron mencionadas por una única vez en un trabajo. Los depósitos de la fm. La Bocana Roja y fm. Punta Baja fueron mencionados en 9 y 6 trabajos respectivamente. Los

depósitos de Pleistoceno, tanto marinos como continentales, fueron mencionados un total de 36 veces.

Publicaciones e instituciones

De los 59 artículos científicos publicados en revistas científicas, 9 se encontraban en un mismo título de revista (Journal of Paleontology). El resto de los 50 artículos se encontraban dispersos en otros 36 títulos distintos de publicaciones periódicas donde destacan también por número de publicaciones, la 'Revista del Instituto de Geología' y 'Paleontología Mexicana', así como la 'Proceedings of the California Academy of Sciences'. La mayor parte de las revistas son indexadas, lo que es indicador de alta calidad de las publicaciones.

Entre las instituciones a las cuales pertenecen los científicos que han aportado al conocimiento paleontológico del área de estudio, considerando únicamente las afiliaciones de los primeros dos autores, suman en total 39, con treinta en el extranjero y nueve en el país, donde destacan, en el extranjero: American Museum of Natural History, California Academy of Science, California State University, Los Angeles County Museum of Natural History, San Diego State College, The University of Washington, United States Geological Survey, University of California, mientras que para el país: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Centro INAH Baja California, Instituto Mexicano del Petróleo, Universidad Autónoma de Baja California, Universidad Nacional Autónoma de México.

Cabe mencionar que el que se haya identificado este total de 39 institutos en los documentos, no significa que actualmente se encuentren realizando investigaciones en el área; científicos de algunas instituciones realizaron sus investigaciones por una única vez o varias décadas atrás (i.e. Smithsonian). Algunos investigadores no han colectado en el área, si no que han basado sus estudios a partir del material alojado en colecciones dentro de otras instituciones, en colaboración con otros autores, o a partir de la recopilación o el estudio de datos de fuentes primarias o preliminares.

Proyectos vigentes

De la bibliografía se identificaron al menos dos proyectos en los que actualmente se encuentran realizando colecta e investigaciones paleontológicas en el área, de los cuales han derivado de

manera reciente en artículos, tesis y resúmenes de congresos, para el Pleistoceno de la Bahía de San Quintín y el Cretácico tardío de El Rosario. Al no contar con un control o una vinculación adecuada con las instituciones extranjeras es difícil establecer si otras universidades cuentan con proyectos propios o actividades paleontológicas en el área.

- Desde el 2004 hasta la fecha se encuentra el proyecto de “Estudio paleontológico y arqueozoológico de Baja California” dentro del Centro INAH Baja California (CINAH-BC) (Guía-Ramírez, Oviedo-García y Pacheco, 2013), el cual tiene como objetivo el estudio y salvaguarda del patrimonio paleontológico y el estudio de las relaciones hombre-fauna que sucedieron en el pasado. Dentro de este proyecto se incluye la atención a denuncias y acciones de rescate del material fósil en todo el Estado. Las investigaciones y excavaciones paleontológicas se centran actualmente en el área de San Quintín.
- También en el 2004 se inició un proyecto colaborativo entre la Universidad de California (UCMP), Universidad de Washington, la UABC y UNAM (Montellano, 2005; Baja, 2008), con el fin de explorar la estratigrafía y faunas de vertebrados del Cretácico en el Rosario, con el propósito de redescubrir localidades previamente descubiertas, realizar estudios sistemáticos de los vertebrados y entender las relaciones paleoambientales y biogeográficas de las faunas con otras partes del mundo. De este proyecto han derivado hasta la fecha varias publicaciones científicas, trabajos de tesis y presentaciones en congresos.

Colecciones científicas

No todos los textos presentaron información acerca de donde se depositó del material paleontológico colectado y estudiado, especialmente en los textos más antiguos. No en todos los trabajos se hacía referencia directa al nombre o al código de la colección, aunque algunos mencionaban el instituto en donde fue alojado el material. Los trabajos geológicos en su mayoría no mencionan el destino final del material o no hacen referencia a la colección donde se depositó.

Entre las 13 colecciones científicas en las que se encontraban referidas el material paleontológico estudiado, se encuentran siete distribuidas en Estados Unidos, en museos e instituciones de educación superior del estado de California entre las que se encuentran: California Academy of

Sciences (CAS), University of California Museum of Palaeontology (UCMP), University of California Santa Bárbara (UCSB), Los Ángeles County Museum (LACMP y LACMIP), Colección Paleontológica de la Universidad de Stanford, University of Washington Burke Museum (UWBM), San Diego Natural History Museum (SDNHM). En México el material se encuentra distribuido en seis colecciones científicas: la Colección Nacional de Paleontología (IGM-UNAM), Universidad de Sonora (USON-DG), Colección Centro INAH Baja California (CINAH-BC), Colección Paleontológica de la Facultad de Ciencias Marinas (UABC-FCM), Colección Paleontológica de la Facultad de Ciencias UABC (UABC-FC), y de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS).

Al consultar las bases de datos digitales de algunas colecciones paleontológicas se encontró que la mayoría cuenta en custodia piezas paleontológicas provenientes del área de estudio, no obstante se identificaron varias situaciones: 1) Se encuentra material paleontológico y localidades no publicadas, 2) Existen piezas referidas por artículos científicos pero no ubicadas dentro de las bases de datos de las colecciones 3) Las bases de datos presentan información sobre ejemplares pero no siempre con información asociada de localidades paleontológicas 4) La información desplegada varía entre las distintas colecciones.

De acuerdo a Gudiño y Guzmán (2014), en México y Estados Unidos parte del material paleontológico ubicado dentro de las colecciones científicas no se encuentra estudiado o referido en algún tipo de publicación científica, o incluso el mismo material que se colecta no siempre termina ingresando a alguna colección. Este caso puede hacerse extensivo a Baja California, donde como ejemplo tenemos citado en Hilton (2003) una comunicación personal de Morris en 1999, quien menciona que de la Formación El Gallo se recuperó “el espécimen más completo y no distorsionado de un cocodrilo del Cretácico” sin embargo no se encontró ninguna publicación o material relacionado con este descubrimiento. En algunos hallazgos solo se tiene cuenta de este material al mencionarse en documentos de manera secundaria. Otro ejemplo es un registro de elementos de megafauna para Cabo Colonet (por la UCMP); los hallazgos aparecen referenciados a manera preliminar o secundaria por diversos autores, sin contar con una descripción o un estudio científico formal para este depósito.

A continuación se enlistan las distintas colecciones con fósiles de la región con un resumen de su estado:

- Natural History Museum of San Diego (SDSNH). Consulta simple de taxa sin desplegar información específica de las localidades de colecta. Se localizaron piezas paleontológicas colectadas de formaciones geológicas dentro del área de estudio.
- Natural History Museum of Los Angeles, Vertebrados (LACM). No todo el material referido en los artículos se encuentra ingresado dentro de la base de datos de la colección. No se localizó material procedente de Baja California dentro de esta colección.
- Natural History Museum of Los Angeles, Invertebrados y localidades (LACMIP). Base de datos de invertebrados fósiles. Presenta una de las bases de datos más completas, con información tanto de especímenes de invertebrados y localidades, con descripción de localidades y presentando mapas. Se lograron consultar localidades no reportadas en la bibliografía.
- California Academy of Science (CAS). Catálogo de especímenes, presentando fotografías de especímenes tipo. Se logró consultar los ejemplares descritos por Jordan (1926), Anderson y Hanna (1935) y Hertlein y Allison (1959), sin embargo la información de la colección no presenta datos de ubicaciones.
- University of California Museum of Paleontology (UCMP). Información completa de ejemplares, tanto invertebrados como vertebrados con información vinculada de las localidades (sin presentar descripciones o mapas de estas). Presenta la referencia bibliográfica del espécimen o localidad consultada. Se lograron acceder a información de fósiles de invertebrados en el Rosario colectados por Santillán y Barrera, y Kilmer (1963), así como restos de megafauna del Pleistoceno de Colonet, e invertebrados marinos colectados por Emerson (1954) en Punta Baja.
- UNAM: Instituto de Geología (IGM). Las bases de datos de la colección paleontológica del Instituto de Geología de la UNAM presenta información en dos modos de acceso: público y para investigadores. En el acceso público es posible consultar filtrando por Taxa y edad únicamente. Alberga fósiles tipo de especies de vertebrados descritas para El Rosario

(*Alexornis antecens*, *Labocania anomala* y *Magnapaulia laticaudus*). No se identificaron invertebrados de la región.

Georreferenciación de localidades paleontológicas.

Se georreferenciaron un total de 256 localidades paleontológicas, recuperadas de las referencias bibliográficas, colecciones científicas, y algunas otras localizadas dentro del trabajo de campo. Este total de localidades consisten en puntos geográficos en donde se ha recobrado cualquier tipo de evidencia paleontológica macroscópica, que va desde un simple elemento aislado encontrado sobre la superficie del terreno, o hasta esqueletos casi completos de vertebrados. Varias localidades pueden corresponder a un mismo estrato o depósito paleontológico expuesto en distintos puntos geográficos, mientras que otras localidades incluso corresponden a depósitos paleontológicos de temporalidad distinta expuestos en una misma área geográfica. Las localidades paleontológicas variaron de temporalidad, yendo desde el Cretácico Temprano hasta el Pleistoceno (**Figura 3-8**), con registros de fauna: invertebrados marinos (moluscos), vertebrados marinos (dientes de tiburón y restos de cetáceos), vertebrados terrestres (dinosaurios y megafauna), y de flora (impresiones y madera fósil), aunque las localidades con invertebrados fueron los más abundantes.

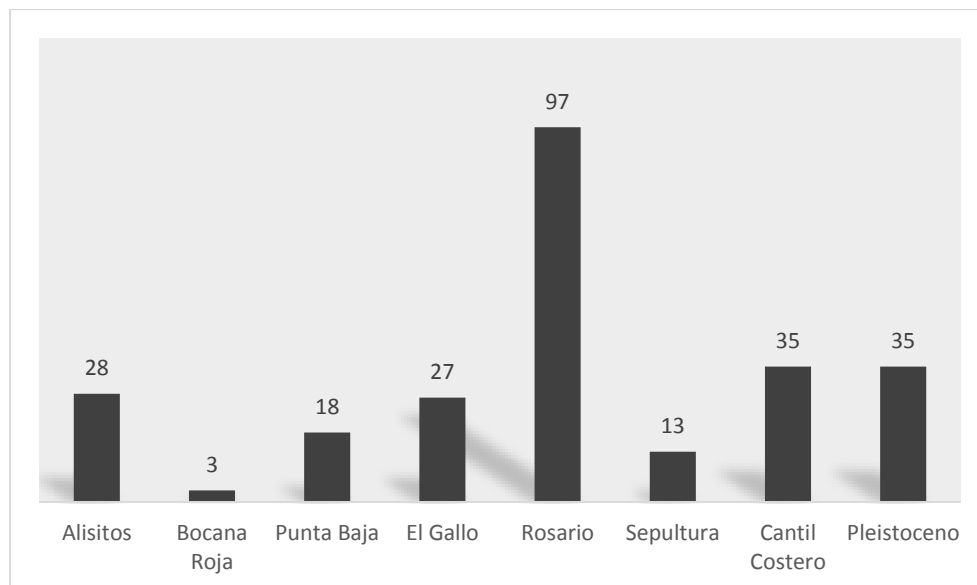


Figura 3-8. Número de localidades paleontológicas por unidad geológica georreferenciadas para la región de Colón-Punta Baja.

Se determinaron algunas inconsistencias en cuanto a la información de algunas localidades paleontológicas; Anderson y Hanna (1935) reportaron una fauna para el Cretácico tardío en Rancho Johnson, ubicado a 24 kilómetros al sur del Rosario, sin embargo, Anderson (1958) ubica la misma asociación faunística del Rancho Johnson en San Antonio del Mar, mucho más al norte que en la primera referencia. Dada la antigüedad de algunas publicaciones, se utilizaban o mencionaban nombres de localidades obsoletos, sin realizar una descripción de las localidades. La información presentada en los mapas muchas veces resultaba poco precisa, algunos de estos se encontraban dibujados a mano debido a la ausencia de mapas o fotografías aéreas en el momento de su elaboración. Las coordenadas proporcionadas en muchos trabajos no correspondían con la descripción o con el mapa presentado de la localidad.

Dada las diferencias en la escala, tamaño y calidad de los mapas e imágenes utilizados para la georreferenciación de las localidades, se estima que el margen de error puede variar desde algunos metros hasta varios cientos de metros; aunque la información de posicionamiento de algunas localidades pudiera no ser lo suficientemente precisa, si proporciona una idea del tipo, distribución y cantidad de evidencias paleontológicas presentes en el territorio estudiado.

Los 259 puntos geográficos fueron asignados a un total de 58 yacimientos paleontológicos; en la siguiente sección se compilan los principales sitios paleontológicos y sus fósiles encontrados en el área de Colonet a Punta Baja. Para fines descriptivos y de representación cartográfica, se dividió el área de estudio en tres regiones (**Figura 3-9**): 1) San Antonio del Mar-Camalú, 2) San Quintín, y la tercera dividida en tres subregiones: 3a) Valle Tranquilo-El Consuelo, 3b) El Rosario, y 3c) Sepultura-Los Torotes.

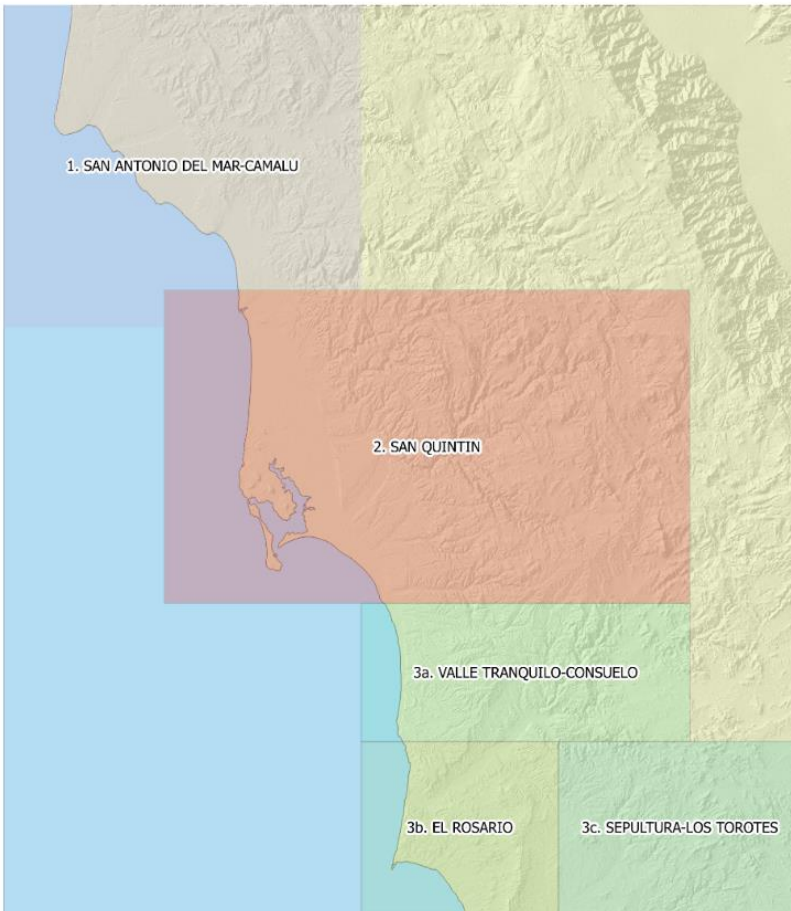


Figura 3-9. Regionalización para el área de estudio: 1. San Antonio del Mar – Camalú, 2. San Quintín, 3. Valle Tranquilo- El Rosario-Los Torotes.

En las siguientes secciones se enumeraron las localidades de acuerdo a su ubicación geográfica, yendo de norte a sur y comenzando por los más cercanos a la costa, y se describen comenzando por las más antiguas. Entre corchetes se indica el código de la localidad utilizado dentro de las mismas publicaciones, los cuales en algunos casos hacen referencia al código de localidad ingresados dentro de colecciones.

1. San Antonio del Mar – Camalú

En la zona costera de esta área es posible encontrar invertebrados marinos que datan del Cretácico, Paleoceno, Plioceno, así como vertebrados e invertebrados del Pleistoceno. En esta área se exponen las formaciones marinas Alisitos, Rosario, Sepultura y Cantil Costero, así como depósitos tanto marinos como terrestres correspondientes al Pleistoceno (**Figura 3-10**).

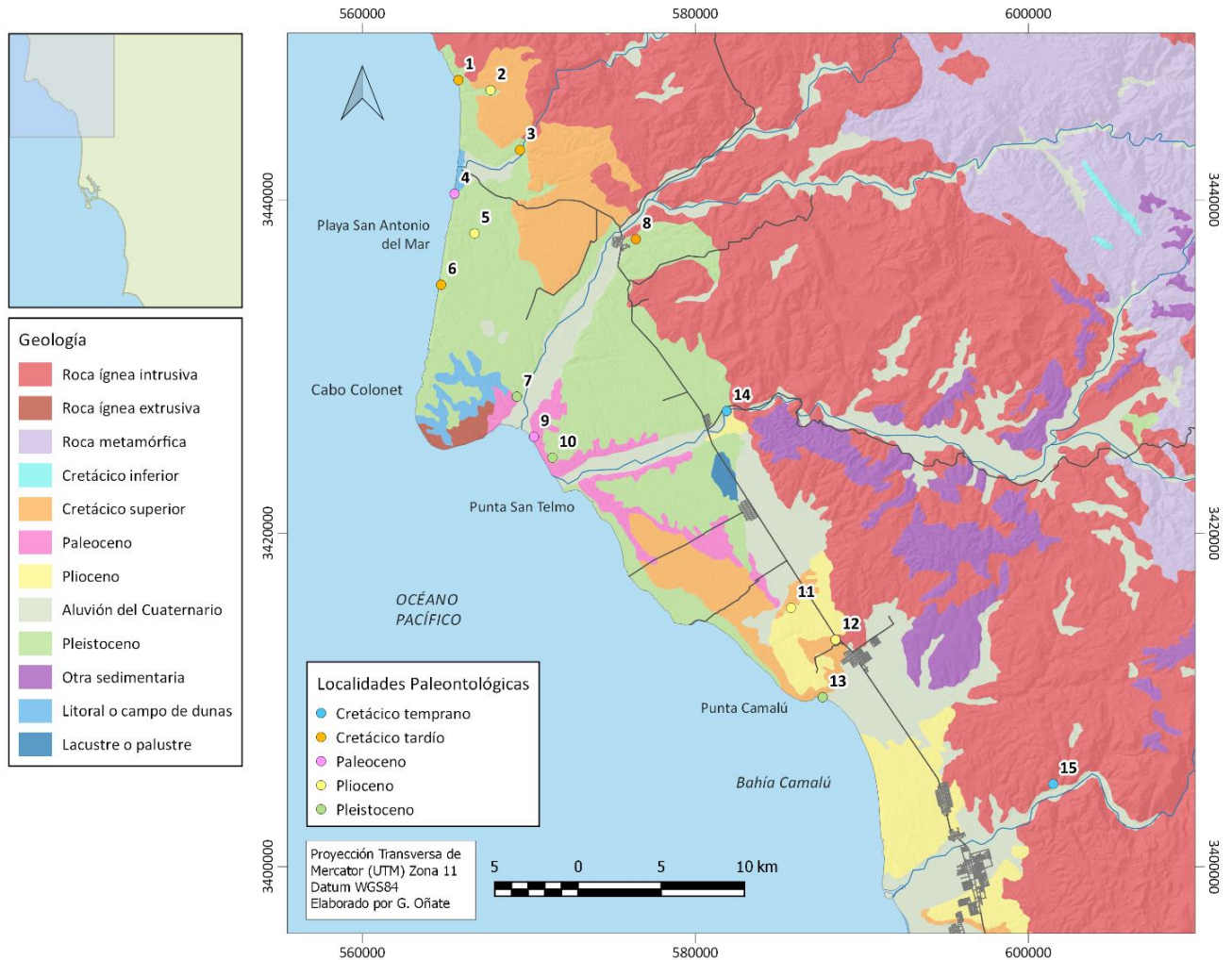


Figura 3-10. Geología y localidades paleontológicas del área de San Antonio del Mar-Camalú.

Cretácico temprano. Beal (1948) reporta para el área de San Telmo (**Localidad 14**) una asociación de invertebrados marinos en rocas correspondientes a la Formación Alisitos del Cretácico temprano, con varias especies de moluscos¹, incluyendo las especies de caracoles *Amberlyia dilleri* e *Hypsipleura occidentalis* y del género *Turritella*, el rudista *Hippurites*, y bivalvos del género *Crassatella*, *Ostrea*, *Pecten* y *Pitaria*. Para rocas de la misma temporalidad Darton (1921) reporta una localidad con “ostiones de gran tamaño” muy cerca de la Misión de Santo Domingo (**Loc. 15**).

¹ Los moluscos eran un grupo de organismos con concha que surgió en el Precámbrico y que desde entonces han ido aumentando gradualmente en diversidad y abundancia. Incluyen varias clases actuales: los gasterópodos, bivalvos, cefalópodos, poliplacóforos y escafópodos.

Cretácico tardío. Los depósitos del Cretácico tardío ubicados en San Antonio del Mar corresponden a la Formación Rosario. Anderson (1958) reporta invertebrados marinos en los cantiles costeros ubicados hasta a 9 km al norte de San Antonio del Mar (**Loc. 1**) [CAS 948], en donde se identifica una especie de erizo: *Paleoechinoneus hannai* (**Figura 3-11a**), el amonite² *Parapachydiscus* y la almeja *Spondylus*.

Anderson (1958) reporta una asociación de invertebrados en Rancho Johnson (**Loc. 3**) donde se incluyen diversos moluscos como algunos ostiones (*Spondylus rugosus* y *Ostrea* sp.), inocerámidos y una especie de rudista, la almeja *Corbis peninsularis* (**Figura 3-11b**) así como el escafópodo *Dentalium whiteavesi*, y los gasterópodos *Turritella peninsularis* (**Figura 3-11c**) y *Tessarolax incrustata*, este último como nueva especie; en los alrededores del mismo Rancho se han colectado fósiles de otros invertebrados marinos tales como la almeja *Acila demessa* (Squires y Saul, 2006), también se han recuperado otros gasterópodos como *Otostoma sharonae* y *Ringicula hesperia* (Squires y Saul, 2001). Squires (2010) reporta la especie del bivalvo *Glycymerita banosensis* (anteriormente asignado al género *Glycymeris*), indicando su distribución para el Rancho San Antonio (San Antonio del Mar) y en otra localidad ubicada entre Colonet y Colonia Guerrero no especificada.

En los cantiles de la Playa San Antonio del Mar (**Loc. 6**) se exponen rocas tanto del Cretácico tardío y del Paleoceno. Anderson y Hanna (1935) reportan para el Cretácico las especies de invertebrados marinos *Nemodon breweriana*, *N. vancouverensis* y *Crassatellites* sp., determinándola como localidad tipo para la nueva especie de bivalvo descrita: *Corbis peninsularis* [UCMP-A-467] (**Figura 3-11b**). Ward *et al.* (2012) reportan la presencia de amonites, abundantes en ciertos puntos, donde documentan el amonite *Pachydiscus neubergicus* (**Figura 3-11d**), los géneros *Baculites* y *Anapachydiscus*, así como dos especies de amonites heteromorfos³:

² Los amonites son miembros de un grupo extinto de cefalópodos con concha comúnmente enrollada y dividida en cámaras. Sus parientes vivos más cercanos son el pulpo, el calamar y el nautilus. Los amonites son de gran importancia en la estratigrafía ya que son indicadores bastante precisos de la edad de las rocas gracias a su rápida evolución; a este tipo de fósiles se les denomina fósil índice.

³ Durante el Cretácico muchos amonites desarrollaron formas raras, algunos totalmente rectos como los baculites, y otros parcialmente desenrollados o incluso en forma de clip de papel; a este grupo en particular de amonites de morfología variada se les conoce como heteromorfos.

Solenoceras sp. y *Nostoceras hornbyense*; estos mismos estratos contienen en la parte superior gasterópodos identificados como *Turritella peninsularis*⁴ del Paleoceno (Formación Sepultura).

Sobre un cañón, a menos de un kilómetro al este del poblado de Colonet (**Loc. 8**), se encuentran expuestos estratos de la Formación Rosario, con ocurrencia de algunos ostiones y otros invertebrados marinos.

Paleoceno. Al sur de la boca del Arroyo San Antonio (**Loc. 4**) es posible encontrar una asociación de invertebrados marinos del Paleoceno correspondiente a la Formación Sepultura, con turritellidos y otras especies de invertebrados marinos, principalmente moluscos de los géneros *Cylichna*, *Amauropsis*, *Cucullaea* y *Tellina* (Darton, 1921). A 800 metros al sur del Arroyo Colonet (**Loc. 9**), Darton (1921) colectó también invertebrados marinos del Paleoceno de los géneros *Omphalitis* y *Cardium*.

Plioceno. Hertlein y Allison (1959) reporta a algunos kilómetros al norte de San Antonio del Mar, (**Loc. 2**) [UCMP A-470] la presencia del ostión de la especie *Ostrea vespertina* perteneciente a la Formación Cantil Costero de Plioceno. Al norte de la Mesa Colonet (**Loc. 5**), se localiza un depósito [CAS 31785] con ostiones de la especie *Ostrea vespertina* pertenecientes también al Plioceno (Hertlein y Allison, 1959)

Varios autores han reportado la presencia de una serie de canteras abandonadas a escasos metros de la carretera peninsular cercanos al poblado de Camalú (**Localidades 11 y 12**), en los que ocurren fósiles de la Formación Cantil Costero (Hertlein y Allison, 1959; Minch *et al.*, 2003), así como del Cretácico tardío [LACMIP 27262]. Para las localidades de Plioceno [UCMP B-3066] se han reportado los géneros de moluscos *Anomia*, *Mytilus*, *Pecten*, y la especie de gasterópodo *Acanthina emersoni* (**Figura 3-11e**), así como algunos balanos, también se ha reportado recientemente una vértebra de un cetáceo que se encuentra en proceso de identificación (Guía-Ramírez, 2013).

⁴ Los gasterópodos son un grupo de moluscos univalvos que presentan típicamente una concha enrollada en espiral, denominada comúnmente como caracol. Incluye formas tan variadas como las lapas, el abulón y los turridos. El tipo más conocido de gasterópodo es la *Turritella*, género que se conoce desde el Cretácico hasta la actualidad. Sus conchas fósiles comúnmente se encuentran acumulados en grandes cantidades dada su abundancia de las especies de este género, son utilizados como fósiles índices.

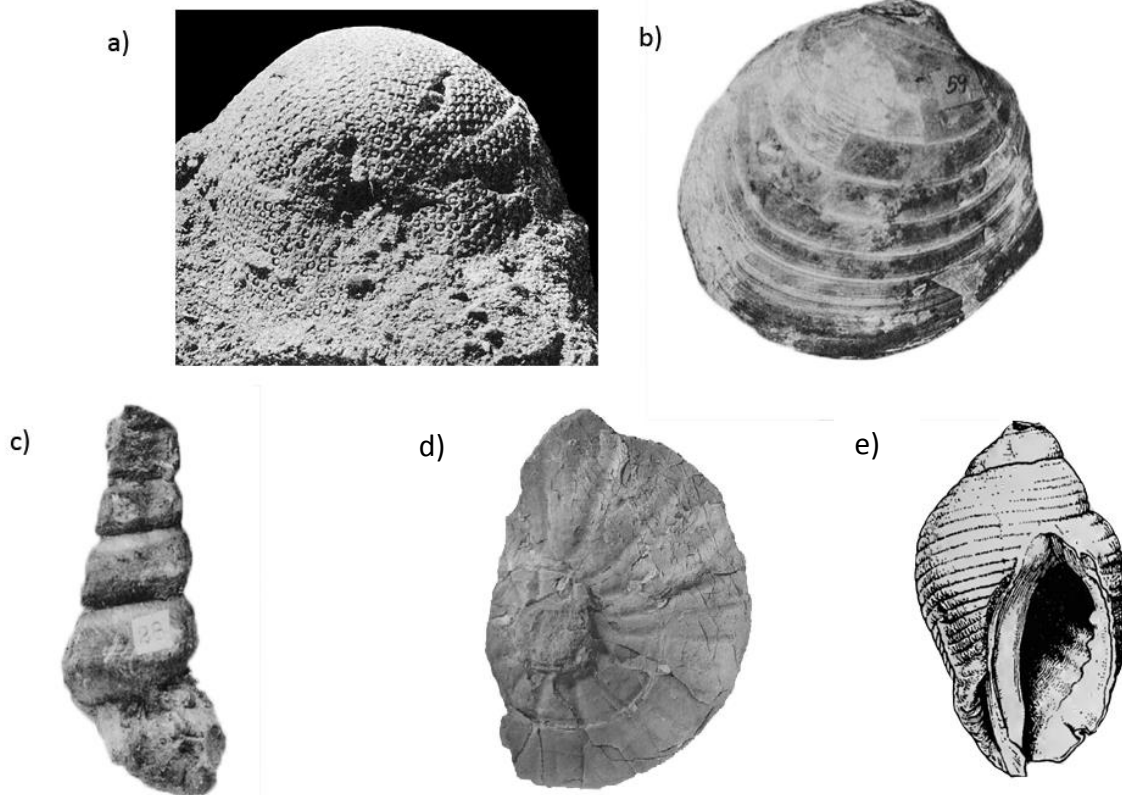


Figura 3-11. Fósiles típicos del área de San Antonio del Mar – Camalú a) El erizo *Paleoechinoneus hannai*, holotipo – Formación Rosario, Cretácico tardío (National History Museum)_b) La almeja *Corbis peninsularis*, holotipo (6 cm) – Formación Rosario, Cretácico tardío (Anderson y Hanna, 1935) c) El caracol *Turritella peninsularis* (6 cm) – Formación Rosario y Sepultura, Cretácico tardío y Paleoceno (Anderson y Hanna, 1935) d) Fragmento de amonite *Pachydiscus neubergicus* – Formación Rosario, Cretácico tardío (Ward, 2012) e) *Acanthina emersoni*, dibujo del holotipo – Formación Cantil Costero, Plioceno (Hertlein y Allison, 1959).

Pleistoceno. En Punta Colonet, Hertlein y Allison (1959) hacen referencia a depósitos paleontológicos del Pleistoceno (UCMP V-5123, V-5686, V-5728, y B-308), con presencia de fósiles de invertebrados marinos y vertebrados terrestres ubicados a una elevación estimada de 50 metros (**Loc. 7**). Algunos autores han citado de manera secundaria algunos de los elementos fósiles encontrados, reportando la presencia del equinodermo *Dendraster excentricus*, así como elementos de megafauna en el que se incluyen restos de venado (*Odoicoelus* sp.), perezoso terrestre (*Paramylodon/Glossotherium*) y de caballo (género *Equus*) (Hertlein y Allison, 1959; McDonald, 2002; Robertson, 1970).

De acuerdo al registro público de monumentos y zonas arqueológicas (RPMZAH), además de los abundantes concheros de tipo arqueológico presentes en el área de Colonet, se encuentran al

menos dos depósitos de invertebrados marinos asignados al Pleistoceno, localizados a una altura estimada de 70 metros sobre el nivel del mar (**Loc. 10**), con moluscos del género *Tivela*, *Fissurella* y *Protothaca*, así como colonias de poliquetos. Los cantiles en la costa de Punta Camalú (**Loc. 13**) contienen un estrato de alrededor de un metro de espesor con invertebrados marinos correspondientes al Pleistoceno, con un total de 99 taxa de invertebrados marinos en las que se incluyen en su mayoría moluscos, además de balanos, restos de cangrejos y una especie de equinodermo (Valentine, 1960).

2. San Quintín

En el área de San Quintín, sobre la misma Bahía y en la región del Valle de San Quintín, se han recuperado fósiles tanto de fauna marina como terrestre del Pleistoceno. Sobre las mesas que delimitan el valle ubicadas al este, se exponen depósitos paleontológicos de invertebrados marinos del Plioceno, Paleoceno, y hacia las partes montañosas, hasta a 40 km alejados de la costa, existen algunos reportes aislados de invertebrados fósiles del Cretácico temprano (**Figura 3-12**).

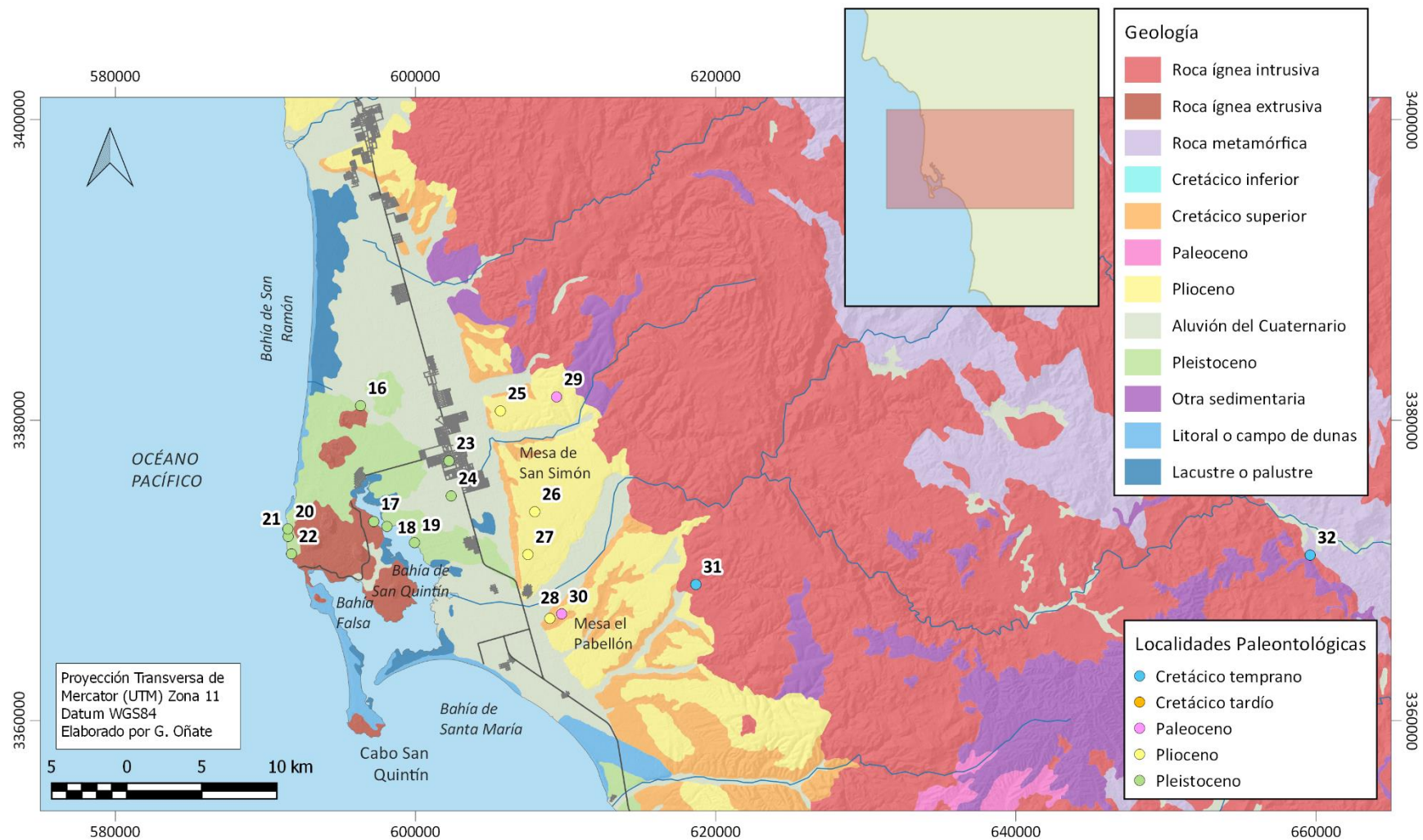


Figura 3-12. Geología y localidades paleontológicas del área de San Quintín.

Cretácico temprano. Alejados de la costa Perrilliat (1968) menciona la presencia de fósiles en Cañada del Gringo (6 km al norte de Rancho El Rosarito) (**Loc. 31**) [IGM JOR-119B], y en Arroyo del Pabellón a 15 kilómetros al Este de San Quintín (**Loc. 32**) [IGM AOH-76A], reportando las especies *Lima sp.* y *Trigonia guadalupae* respectivamente; ambos sitios corresponden a rocas metamórficas de la Formación Alisitos.

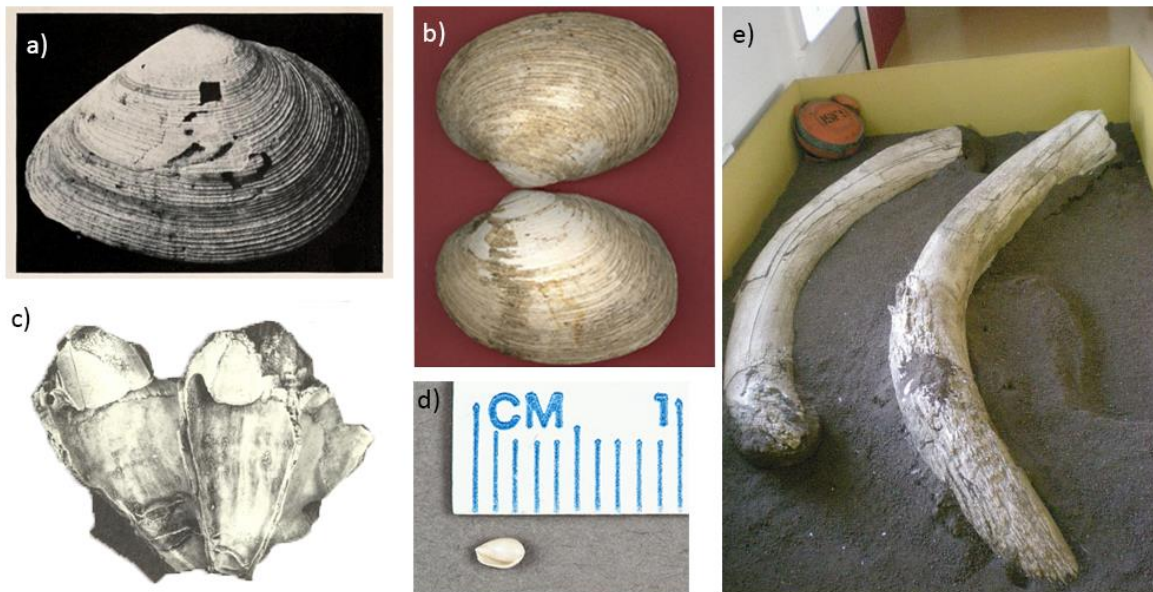


Figura 3-13. Fósiles del área de San Quintín a) Ejemplar de *Cumingia densilineata* (actualmente *C. californica*) fotografiada por Jordan (1926) - Pleistoceno b) Valvas de un ejemplar de *Tresus nutalli*– Pleistoceno 20 cm fotografiado por Ruiz (2005) c) *Balanus concavus* – Formación Sepultura, Paleoceno 15 cm (Perrilliat, 1968). d) Holotipo del caracol *Marginella oldroydae* [CAS] 2 mm de largo e) Defensas de *Mamuthus columbi*

Paleoceno. Hacia el Este de San Quintín (**Loc. 29**), Darton (1921) reporta los géneros *Turritella* y *Leda* en depósitos del Paleoceno. Al sureste de San Quintín, sobre la boca del Cañón de San Simón el mismo autor reporta el bivalvo *Cardium cooperi*, mientras que Perrilliat (1968) reportó los invertebrados *Pododesumus newcombei*, *Balanus concavus* (**Figura 3-13c**) para esta misma localidad (Loc. 30) [IGM AOH-80].

Plioceno. En la Mesa de San Quintín (**Localidades 25-27**), ubicada al Este del mismo poblado, se reporta para varias localidades [UCMP 459, 456 y B-1404] de la Formación Cantil Costero (Plioceno) invertebrados marinos: incluyendo mejillón (*Mytilus sp.*), el gasterópodo *Acanthina emersoni*, los bivalvos *Ostrea vespertina* y *Pecten etchegoni*, así como el balano gigante *Balanus*

tintinabulum (Hertlein y Allison, 1959). Dentro del rancho Los Pinos (**Loc. 28**) fue posible recuperar varios ostiones correspondientes a la Formación Cantil Costero de Plioceno. En el corte de un cerro cercano, se recuperó un tronco de madera fosilizada con numerosos organismos coloniales, además de varios ejemplares de la especie de bivalvo perforador de la familia Pholadidae, y otros bivalvos bentónicos, no se logró determinar una edad precisa aunque probablemente también se traten de depósitos de Plioceno.

Pleistoceno. Sobre los bordes de un canal conocido como Arroyo San Quintín (**Loc. 16**), entre la carretera transpeninsular y la línea de costa, se encuentran una serie de depósitos de areniscas mezcladas con ceniza volcánica con invertebrados marinos del Pleistoceno, con la presencia de almejas⁵ como *Amiantis callosa*, *Macoma nassuta*, ostiones y otras especies marinas. Las conchas presentan cierto grado de combustión producto de una posible erupción volcánica contemporánea al depósito de los sedimentos y organismos.

Del lado Oeste de la Bahía (**Loc. 17**) [CAS 929], se reporta la presencia de la almeja *Hinnites multirugosus*, las especies de abulón *Haliotis corrugata* y *H. fulgens*, así como y los gasterópodos *Macron aethiops* y *Kellettia kellettii* (Orcutt 1921, en Valentine 1960). Se han registrado siete especies de quitones donde destacan los géneros *Mopalia*, *Chaetopleura*, *Ischnochiton* y *Callistochiton* (Berry, 1926 en Valentine 1960; Manger, 1926). Jordan (1926) reporta para esta localidad la presencia de ejemplares grandes de la almeja *Tresus nuttallii* (= *Squithaerus nuttallii*) los cuales llegan a medir hasta 20 cm de largo (**Figura 3-13b**). Valentine (1960) describe una asociación faunística de 31 moluscos que corresponde a un ambiente de costa rocosa protegida, en donde se encuentran bivalvos de los géneros *Mytilus*, *Ostrea*, *Hinnites*, *Chama*, *Pododesmus*, y *Protothaca*, así como gasterópodos de las especies *Bittium quadrifilatum*, *Diodora aspera* y *Crepidula nummaria*. Ruiz presenta en el 2005 el estudio faunístico sobre los mismos depósitos, reportando especies similares. Moore (1999) en su estudio arqueológico, data este

⁵ Los bivalvos también llamados lamelibranquios, pelecípodos, o comúnmente almejas, son un grupo de moluscos que habitan el fondo marino; su concha consiste en un par de valvas que encierran los tejidos blandos del animal. Los bivalvos son bilateralmente asimétricos y equivalvos, es decir sus dos valvas son similares entre sí, exceptuando algunos grupos como los pectínidos, ostiones y un grupo extinto a finales del Cretácico: el de los rudistas.

depósito estableciendo una antigüedad entre 30 y 40 mil años, ubicándolo para el Pleistoceno tardío.

Del lado Este de la Bahía de San Quintín (**Loc. 18**), y a la misma latitud a la localidad anterior, se encuentra un depósito de invertebrados marinos de Pleistoceno, cercano al Molino Viejo [CAS 910]. Esta localidad ha sido estudiada por varios de autores (Dall, 1921a; Dall, 1921b; Jordan, 1926; Téllez, 1983; y Meling, 1988). Dall (1921) describió varias especies nuevas para este depósito, entre las cuales se encuentran las almejas *Cumingia denislineata* (**Figura 3-13a**) y *Sanguinolaria orcutti*. Jordan (1926) describió cuatro especies de caracoles para este depósito: *Marginella oldroydae* (**Figura 3-13e**), *Melanella loleta*, *Turbonilla (Pyrgiscus) hertleini*, *Odostomia dallasi*. Para este depósito se han reportado un total de 255 especies de invertebrados marinos (Jordan, 1926), de las cuales actualmente el 5% se encuentran extintas, y otras más no se distribuyen en el área hoy en día.

Sobre el lado Este de la Bahía de San Quintín y a 800 metros al norte del viejo cementerio (**Loc. 19**), se encuentran arenas fosilíferas del Pleistoceno [LACMIP 22411 y 23159]. Moore (1999) menciona la presencia de un conchero paleontológico por esta misma zona, sin proporcionar datos adicionales.

Sobre la costa del Pacífico (**Loc. 20**) se encuentra una cavidad rocosa aproximadamente a 10 m de altura de la actual línea costa - con una gran variedad de elementos de moluscos, huesos de vertebrados como peces, nutria, león de montaña, diversos tipos de mamíferos pequeños y aves (cóndor), en arena endurecida, desconociéndose la naturaleza del depósito (natural o humano) y la temporalidad de este, aunque probablemente se trate de un depósito no paleontológico (Guía-Ramírez, Oviedo-García y Pacheco, 2013). Sobre la misma costa del Pacífico (**Loc. 21**), casi frente a Isla San Martín, se encontró una asociación faunística que corresponde a una playa rocosa [Cantil CV] cuyas especies están por definirse (Guía-Ramírez, 2013).

En el área conocida como La Chorera (**Loc. 22**), sobre la misma costa del Pacífico, se han recuperado elementos óseos de megafauna⁶, incluyendo de caballos, camélidos y tortugas (Carter y Di Fiori, 2004, en Guía-Ramírez y Oviedo-García, 2012), así como un ejemplar de mamut de la especie *Mamuthus columbi*, del que se rescataron el cráneo y las defensas (Fig. 3-10e) (Guía-Ramírez y Oviedo-García, 2011), y recientemente un número de elementos correspondientes al esqueleto postcraneal (Guía-Ramírez, comunicación personal 2015).

En las inmediaciones de la colonia Lázaro Cárdenas se han conocido al menos otros dos descubrimientos importantes de megafauna pleistocena (**Localidades 23 y 24**), ambos durante la excavación de fosas sépticas; se incluyen dos especies de proboscídeos: un mamut de Colombia (Guía-Ramírez *et al.*, 2013) y otro tipo gonfoterio (cf. *Cuveronius* sp.). En el área se han registrado además otros elementos óseos de mamíferos de menor tamaño correspondientes también a megafauna del Pleistoceno los cuales se encuentran en proceso de preparación e identificación (Guía-Ramírez, comunicación personal 2015).

3a. Valle Tranquilo y El Consuelo

El área de Valle Tranquilo-El Consuelo (**Figura 3-14**) es una región que corresponde al sur del Valle de San Quintín y hacia El Rosario. Sobre la región de Valle Tranquilo se han recuperado elementos de fauna terrestre del Pleistoceno, mientras que en las distintas mesas es posible encontrar fósiles marinos del Cretácico tardío y Plioceno. Hacia el Este de esta región es posible encontrar algunos fósiles del Cretácico temprano.

⁶ Los mamíferos grandes eran comunes en el Pleistoceno. En México rondaban animales de gran tamaño emparentados con los elefantes, tales como los mamuts y los mastodontes, así como armadillos de casi el tamaño de un coche llamados gliptodontes, mientras que algunos perezosos terrestres alcanzaban a medir hasta 6 metros de alto. Gran parte de la fauna terrestre de gran tamaño en todo el mundo se extinguió al finalizar este periodo, actualmente es cuestión de debate si se debió por causas naturales o por la caza excesiva de parte del hombre.

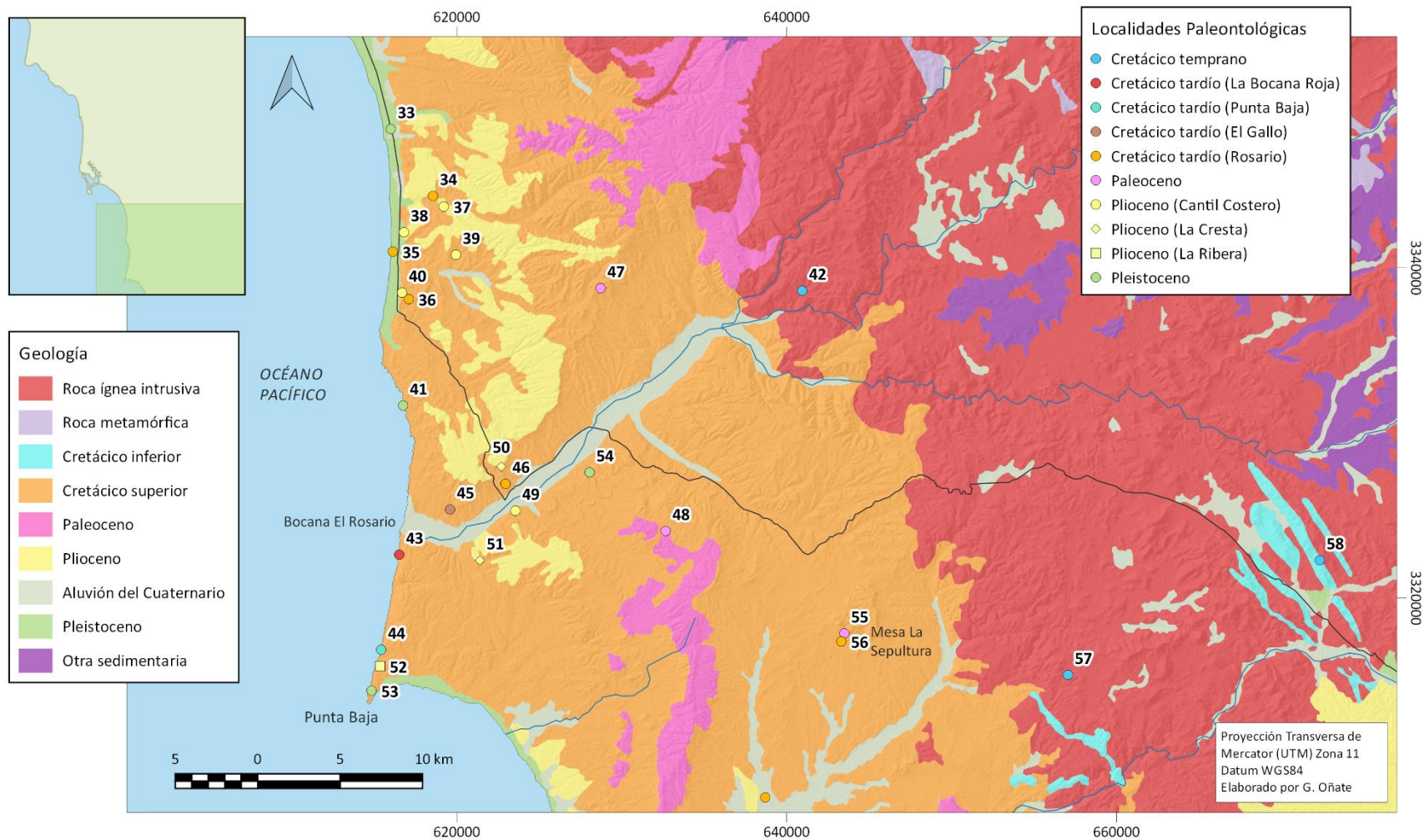


Figura 3-14. Geología y localidades paleontológicas del área de El Rosario.

Cretácico temprano. El Cretácico temprano de esta área se encuentra estudiado por Kilmer (1963) y Reed (1967), quien registra a aproximadamente 23 km al este de la costa una sección de la Formación Alisitos (**Loc. 42**), en donde se han conservado los moldes internos de varios invertebrados marinos en el que se incluyen amonites, bivalvos, gasterópodos y equinodermos⁷.

Cretácico tardío. En Arroyo Hondo (**Loc. 34**), para los depósitos del Cretácico tardío de la Formación Rosario se han reportado varios fósiles entre los que se encuentran: el braquiópodo *Rhynchonella*, los bivalvos *Exogyra parasitica*, *Nemodon vancouverensi*, *Glycymeris veatchii* y *Tellina hoffmanniana*, así como algunos inocerámidos y ostreidos; para los caracoles se encuentran los géneros *Acteonina*, *Cinulia*, *Anchura*, *Rostellites* y *Gyrodes*, los se representan por la presencia del escafópodos género *Dentalium*, así como dos especies de amonites rectos: *Baculites chicoensis* y *B. occidentalis* (Darton, 1921; Beal, 1948). Demetrion (1989) estudio las rocas del Cretácico Superior para la Formación Rosario expuesta en Arroyo Amargo (**Loc. 35**), donde menciona la presencia de concreciones fosilíferas y abundantes icnofósiles del tipo *Ophiomorpha*.

Para el Cretácico tardío en el área del Consuelo (**Loc. 36**), Bárcenas (1988) reporta en concreciones de lutita una asociación de invertebrados marinos en buen estado de preservación y, con una gran variedad de amonites de tamaño considerable, baculites, inocerámidos, ostiones, y un escafópodo, así como restos de madera y semillas fosilizadas.

Plioceno. En las mesas de Valle Tranquilo se encuentran estudiadas una serie de plataformas de abrasión (**Localidades 37 y 38**) por Ledesma-Vázquez y Johnson (1994), quienes reportaron almejas perforadoras de la especie *Penitella penita*, así como la presencia de balanos⁸. Estos depósitos son de época Pliocénica y corresponden a la Formación Cantil Costero.

A 13.2 kilómetros al sur de El Socorro (**Localidades 39**), la Formación de Cantil Costero sobre yace sobre los depósitos de Cretácico tardío de la Formación Rosario. En esta localidad [UCMP 6522] Hertlein y Allison (1959) reportaron las siguientes especies de invertebrados marinos: *Hinnites*

⁷ Los equinodermos, grupo de invertebrados marinos que habitan el fondo del mar el cual comprende las estrellas, lirios, erizos, y galletas de mar.

⁸ Los balanos, también conocidos como percebes, son un grupo de artrópodos sésiles/inmóviles de forma cónica cuya concha consiste en varias placas cementadas.

multirugosus, *Ostrea* sp., *Pecten bellus*, *Turritella* sp., *Balanus tintinabulum*, esta última especie alcanzando hasta los 15 cm de alto de acuerdo a algunos autores (Minch *et al.*, 2003).

En las terrazas que están en el área del Consuelo (**Loc. 40**), la Formación Cantil Costero sobreyace a los depósitos de Cretácico tardío, rocas con fósiles marinos del Plioceno; para la Formación Cantil Costero se encuentran reportadas las siguientes especies de invertebrados marinos: las almejas *Tivela stultorum*, *Chlamys hericius* y *Semele rupicola*, el bivalvo perforador *Penitella penita*, el caracol *Ceratostoma nutalli*, el balano *Tamiosoma gregaria*, además de tubos de gusanos poliquetos (Santín, 1994).

Pleistoceno. En el sitio turístico conocido como la Lobera (**Loc. 41**) fue posible identificar un depósito paleontológico del Pleistoceno con invertebrados marinos de este periodo, donde se lograron identificar gasterópodos de playas rocosas como *Tegula* y bivalvos del género *Protothaca*. En Valle Tranquilo (**Loc. 33**), se han ubicado entre sedimentos aluviales del Pleistoceno algunos elementos anatómicos correspondientes a la mandíbula y molar de un proboscídeo de la especie *Mammuthus columbi*, a una distancia aproximada de un metro de la superficie (Guía-Ramírez *et al.*, 2013).

3b. El Rosario

El Rosario es una de las zonas paleontológicas (**Figura 3-14**) con mayor reconocimiento para el país y conocida a nivel internacional. Para el Cretácico tardío de esta zona se intercalan diferentes ambientes marinos y terrestres en donde es posible encontrar desde amonites gigantes hasta restos de dinosaurios, mamíferos y aves. Dada la abundancia y diversidad geológica de las localidades paleontológicas registradas para la zona, los siguientes apartados se trabajaran a nivel de unidades geológicas descritas por Kilmer en 1963 y 1965.

i. Formaciones La Bocana Roja y Punta Baja.

La Formación La Bocana Roja (**Localidad 43**), de edad Santoniana-Coniaciana (Cretácico tardío) corresponde a un depósito de ambiente no marino distribuido sobre la costa, entre la desembocadura del arroyo de El Rosario y Punta Baja. De acuerdo a Kilmer (1963) el material paleontológico es excedentemente raro, no obstante se ha logrado recuperar restos de ámbar, así como un esqueleto fragmentado de un dinosaurio terópodo de dos tercios del tamaño del

Tyrannosaurus rex bautizado como *Labocania anomala* (Molnar, 1974), así mismo se ha recuperado los restos de una especie de ave terrestre: *Alexornis antecedens* (Brodkorb, 1976) (**Figura 3-15**) En esta misma formación se han recuperado también elementos óseos de hadrosaurios tanto adultos como juveniles (Prieto-Márquez, Chiappe y Joshi, 2014), así como fragmentos de caparazón de tortugas (Hilton, 2003).

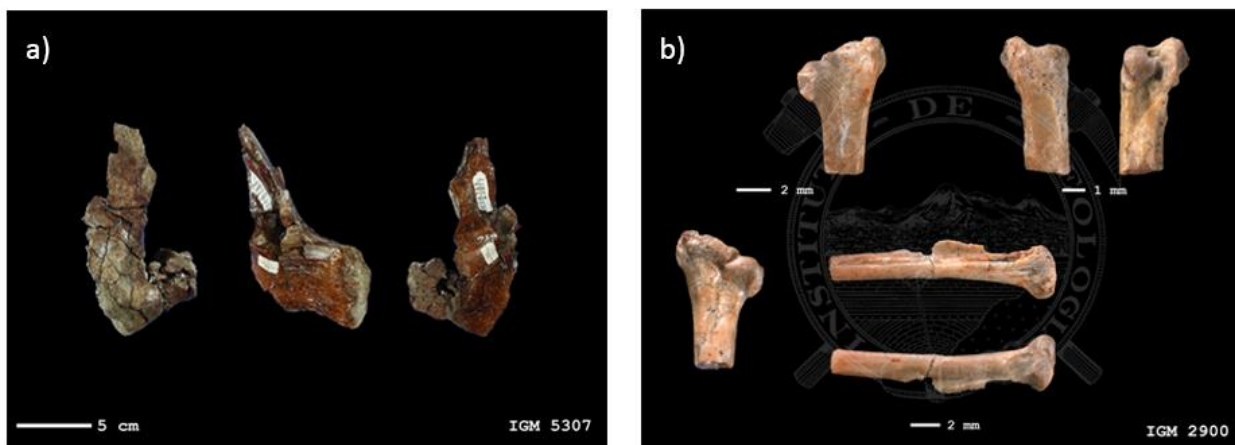


Figura 3-15. Fósiles de vertebrados de la Formación La Bocana Roja (Cretácico tardío) a) Fragmento de hueso del dinosaurio carnívoro *Labocania anomala* (UNIPALEO) b) Huesos del ave *Alexornis antecedens* (UNIPALEO)

En el área de Punta Baja (**Localidad 44**), descansando sobre los estratos de la Formación La Bocana Roja, se encuentran sedimentos marinos nombrados como Formación Punta Baja, correspondientes también al Cretácico tardío del Campaniano temprano. Se han recuperado algunos fragmentos de ámbar, restos carbonizados de plantas en las que se incluye la impresión de hoja de aguacate y de un tallo de *Araucaria*; también varias especies de invertebrados marinos, donde el gasterópodo *Turritella chicoensis* y el amonite *Metaplacenticeras pacificum* se encuentran entre las especies más abundantes (Kilmer, 1963). Perrilliat (1968) describe los ejemplares colectados en varias localidades de Punta Baja donde también reporta el gasterópodo *Turritella chicoensis* (**Figura 3-16a**), así como el bivalvos *Cucullaea gigantea* y algunos ostiones. El bivalvo *Glycymerita veatchii* (**Figura 3-16b**) se ha reportado para esta formación (Squires, 2010), además de la almeja *Opis rosarioensis* (**Figura 3-16c**) descrita por Anderson y Hanna en 1935 De acuerdo a Kilmer (1963) la presencia de estas especies de moluscos y de plantas indica un clima cálido para el periodo en que vivieron los organismos.

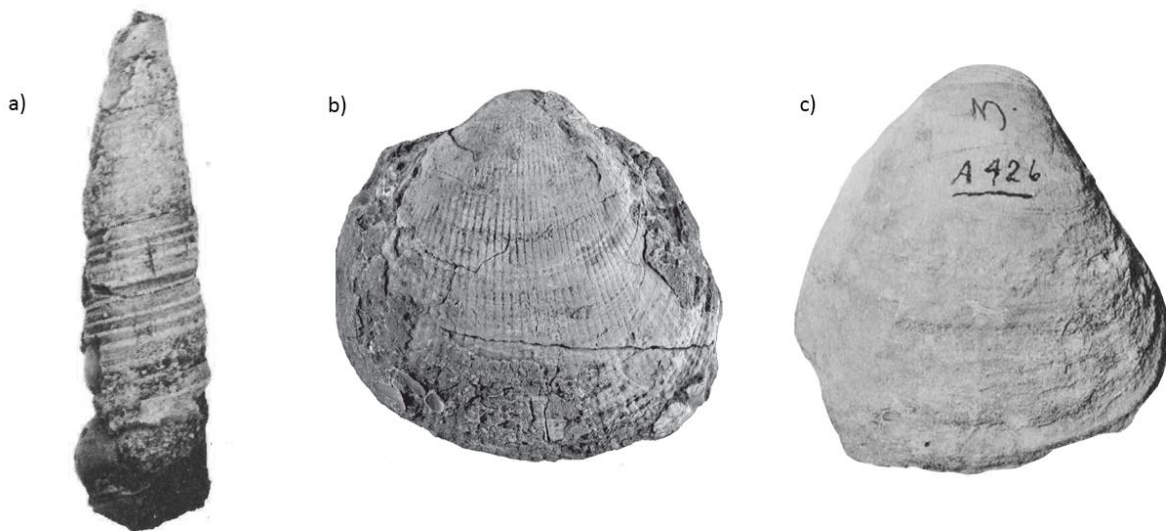


Figura 3-16. Fósiles marinos de la Formación Punta Baja (Cretácico tardío). a) El caracol *Turritella chicoensis*, 10 cm de largo (Perrilliat, 1968), b) La almeja *Glycymerita veatchii*, 8 cm (Squires, 2010) y c) La almeja *Opis rosarioensis*, holotipo, 6 cm (Anderson y Hanna, 1935)

ii. El Gallo

Una de los sitios paleontológicos de mayor importancia para el país y estudiado tanto por investigadores extranjeros como nacionales, son los depósitos terrestres de la Formación El Gallo (**Localidad 45**), descritos por Kilmer en 1963, la cual corresponde a un ambiente de deposición no marino del Cretácico tardío. Se localiza sobre rocas marinas de la Formación Punta Baja y por debajo de la Formación Rosario (unidad también marina). Representa una secuencia de depósitos fluviales y un subambiente de marea, seguido por una transgresión marina (Fulbord y Busby 1993, en Montellano-Ballesteros, 2015). La datación de rocas volcánicas sugiere una edad de 74.8 a 73.6 Ma para esta formación, la cual correspondería al Campaniano (Renne, Fulford y Busby-Spera, 1991). La Formación El Gallo corresponde a uno de los pocos depósitos no marinos conocidos de esta edad en el mundo, además una de las tres localidades en México con restos conocidos de mamíferos del Mesozoico (Montellano-Ballesteros y Jiménez-Hidalgo, 2006). Los fósiles reportados incluyen abundantes restos de madera silicificada, huesos y dientes de diversos grupos de vertebrados, y de manera ocasional algunos invertebrados.

El registro vegetal de El Gallo consiste desde impresiones vegetales hasta ramas y troncos petrificados de varios metros de largo (3 a 5 metros), así como algunos árboles con raíces *in situ*

(Morris, 1967; Morris, 1973a). La madera corresponde a diversas especies de gimnospermas y angiospermas, representadas por coníferas del género *Araucaria*, *Sequoia*, palmeras, hojas de *Ginkgo* y ramas de enredaderas tipo *Hedera* y *Cissus* (Morris, 1973b; Morris, 1974a; Hilton, 2003).

Para esta formación son abundantes los restos de dinosaurios⁹. Kilmer (1963) reporta restos dispersos de dinosaurios en el que se incluyen carnosaurios, hadrosaurios, y el diente de un posible ceratópsido (dinosaurio con cuernos). Se han recuperado varios huesos y esqueletos parciales de una especie de hadrosaurio gigante: *Magnapaulia laticaudus* (**Figura 3-17a**), conocida únicamente para Baja California (Morris, 1981; Prieto-Márquez *et al.*, 2012), y referida anteriormente con otros nombres: *Hypacrosaurus* y *Lambeosaurus laticaudus* (Morris, 1967; Morris, 1970, Morris, 1972). Su tamaño ha sido estimado de hasta 16,5 metros de largo, ubicándolo entre los dinosaurios pico de pato más grandes del mundo, solo por debajo del *Shantungosaurus* (Prieto-Márquez *et al.*, 2012). Se ha reportado también la presencia de dientes de diversos dinosaurios carnívoros terópodos de gran tamaño, los cuales se han asignado a los géneros *Gorgosaurus*, *Albertasaurus*, *Aublysodon*, así como un diente acanalado que pudiera corresponder a un dinosaurio venenoso (Morris, 1967; Ford y Chure, 2002; Rodríguez-de la Rosa y Aranda-Manteca, 2000b); recientemente fue encontrado en estos depósitos el primer elemento óseo asignado a un tiranosáurido (Peacock *et al.*, 2012). De igual manera se han recuperado osteodermos y dientes de dinosaurios acorazados herbívoros conocidos como anquilosaurios (Morris, 1967; Quintero de Leonardo, 2005; Rivera-Sylva *et al.*, 2011), así como de ornitomíidos (Morris, 1967; Hernández-Rivera, 1997). Se han reportado fragmentos de cáscaras de huevos de aves y dinosaurios (Rodríguez-de la Rosa, 1998). No se han reportado huellas de locomoción de los organismos, sin embargo se han recuperado impresiones de piel de hadrosaurios asociados a algunos esqueletos (Prieto-Márquez *et al.*, 2012).

Entre otros reptiles también comunes en los depósitos de El Gallo son las tortugas y cocodrilos (Kilmer, 1963; Estes, 1973 en Morris, 1974a), donde se incluye el hallazgo de un esqueleto casi

⁹ Uno de los grupos de vertebrados terrestres que dominaron en el Mesozoico, y con mayor reconocimiento en el mundo es el de los dinosaurios. Dentro del grupo de los dinosaurios, para el Cretácico Tardío en Norteamérica, eran comunes particularmente los hadrosaurios, también llamados dinosaurios de pico de pato, herbívoros de gran tamaño caracterizados por la posesión de crestas sobre la cabeza que variaban de tamaño y forma para cada especie (Dyken y Gillette, 2006).

completo de un cocodrilo (Morris, 1991 en Hilton, 2003). Quintero de Leonardo (2005) menciona la presencia de algunos elementos óseos asignados a reptiles voladores. Tampoco son raros los restos de lagartos de la especie *Dicothodon bajaensis* (Nydam, 1999; Chavarría, 2015) y del género *Paleosaniwa* sp. (**Figura 3-17c**) (Romo de Vivar, 2011). Para los anfibios se han reportado elementos de grupos de ranas primitivas (Estes, 1973, com. pers. en Morris, 1974a). Nuevos métodos de recuperación de material en localidades previamente estudiadas han arrojado nuevos registros donde se incluyen rayas y peces, cocodrilos, anfibios y restos de una probable ave, así como dientes de algunos dinosaurios carnívoros de tamaño mediano como *Troodon formosus*, *Saurornitholestes* sp. y *Richardoestesia* sp. (**Figura 3-17d**) (Romo de Vivar, 2011).

Para la mastofauna, en la Formación El Gallo se han recuperado restos de tres grupos de Mamíferos: multituberculados, marsupiales y placentarios¹⁰. Para el grupo de los multituberculados se reportan dientes aislados de *Mesodma* sp. cf. *formosa* y *Stygmis* sp. (Lillegraven, 1972, 1976), y recientemente el hallazgo de un cráneo casi completo y otros elementos postcraneales del multituberculado *Cimolodon*, siendo el único ejemplar de este género que se encuentra con cráneo y mandíbula asociados (Wilson, Meng y Montellano, 2011; Montellano-Ballesteros, 2015). También se han colectado restos dentales del marsupial *Pedionomys* sp., así como dientes y mandíbulas de un mamífero placentario enigmático cuya afinidad hasta la fecha sigue siendo incierta: *Gallolestes pachymandibularis* (**Figura 3-17b**) (Lillegraven, 1972, 1976; Morris, 1974a; Clemens, 1980; Montellano-Ballesteros, 2015).

Kilmer (1963) reporta un solo invertebrado para esta formación: un caracol dulceacuícola de una especie no identificada, sin embargo Morris (1973b) menciona también la presencia de un amonite asociado a la cola articulada de un hadrosaurio en estos depósitos.

¹⁰ Los mamíferos durante el Cretácico eran organismos pequeños que no superaban el tamaño de un perro mediano. Para el Cretácico se encontraban representados los tres grupos de mamíferos actuales: placentarios, los marsupiales y monotremas, así como otro grupo actualmente extinto conocido como multituberculados, organismos parecidos a los roedores de hoy en día aunque no emparentados. Los fósiles de estos organismos son recuperados mediante técnicas especiales que incluye el procesamiento de los sedimentos. Generalmente los restos mejor representados son dientes, mandíbulas, y fragmentos de otros huesos. Estos fósiles son de gran utilidad para comprender el origen y evolución la clase de vertebrados al cual pertenecemos.



Figura 3-17. Fósiles de vertebrados de la formación El Gallo a) Tibia del hadrosaurio *Magnapaulia laticaudus* (Prieto-Márquez et. al, 2012) b) Molar del mamífero *Gallolestes pachymandibularis* (UNIPALEO) c) Fémur, humero y vertebras caudales articuladas del lagarto *Dicathodon bajaensis* (Chavarría, 2015) d) Diente del dinosaurio *Troodon formosus*, barra 1 mm (Romo de Vivar, 2011)

iii. Formación Rosario

En el Rosario, las rocas de la Formación Rosario se distribuyen al norte del Arroyo El Rosario y donde actualmente se encuentra asentado el poblado del mismo nombre (**Localidad 46**); los fósiles más representativos son los amonites del género *Pachydiscus* llegando a alcanzar hasta 1 metro de diámetro (Minch et al., 2003). Se reporta en distintas concreciones de lutitas una gran variedad de fósiles de invertebrados marinos en distintas localidades que corresponden al menos a un total de 60 taxa, en los que se incluyen anélidos, corales, pelecípodos (ostiones, inocerámidos y otras almejas), gasterópodos, así como varias especies de amonites en sus formas típicas, rectos (*Baculites* spp.) y heteromorfos del género *Bostrychoceras* (Kilmer, 1963; Bárcenas, 1988).

iv. Otros depósitos

En el área de El Rosario, se ha documentado además de los abundantes depósitos del Mesozoico, la presencia de rocas sedimentarias de otras temporalidades: Paleoceno, Plioceno y Pleistoceno.

Paleoceno. Para el Paleoceno de El Rosario (Formación Sepultura), Kilmer (1963) reporta sitios **(Localidades 47 y 48)** con foraminíferos y más de cuarenta especies de macroinvertebrados marinos dentro de las cuales se encuentra un coral, un equinodermo, un escafópodo y un total de 20 bivalvos y 20 gasterópodos, con una nueva especie de caracol (*Cerithium weaveri*); la especie más abundante en estos depósitos es el caracol *Turritella pachecoensis*.

Plioceno. En el área de El Rosario se expone la Formación Cantil Costero **(Localidades 49-51)**, no obstante Kilmer (1963) nombra estos depósitos como Formación La Cresta. Santillán y Barrera (1930) (en Gastil *et al.*, 1975) colectaron fósiles de invertebrados en algunas localidades de Plioceno ubicadas en la mesa ubicada al norte de El Rosario. Kilmer (1963) reporta 9 especies de invertebrados donde incluye la galleta de mar *Dendraster ashleyi*, algunos pectínidos y bivalvos perforadores, así como el gasterópodo *Thais*. En una localidad se recuperaron fragmentos óseos identificados como mandíbula de manatí, que de acuerdo a la UCMP corresponden a la especie *Hydrodamalis cuestae*. Hertlein y Allison (1959) estudiaron estos mismos depósitos [UCMP 4300], mencionando que es posible encontrar sobre los cantiles de la mesa bivalvos como *Hinnites rugosus* y el gasterópodo *Cancellaria*.

Plio-Pleistoceno y Pleistoceno. A lo largo de Punta Baja **(Localidades 52 y 53)** es posible encontrar múltiples depósitos, asignados por distintos autores al Plioceno-Pleistoceno y al Pleistoceno. Santín (1994) colectó alrededor de 40 especies asignando una edad de Plioceno-Pleistoceno para el depósito. Kilmer (1963) describe estos depósitos con el nombre de Formación La Ribera y asignándolos al Plioceno-Pleistoceno. Emerson y Addicott (1958) identifican un total de 67 especies de invertebrados marinos, con moluscos, equinoideos y balanos, algunos de aguas más templadas, estableciendo zonas de surgencias para la época que permitían que dichas especies de aguas frías prevalecieran. Acosta (1965) estudia y mapea estos depósitos identificando al menos tres depósitos de terrazas marinas distintos.

Kilmer (1963) reporta los restos óseos de un vertebrado terrestre del Pleistoceno no identificado sobre los depósitos aluviales del Arroyo El Rosario (**Localidad 54**).

3c. Mesa de la Sepultura y Rancho Los Torotes

En Mesa de La Sepultura (**Figura 3-14**) se exponen las formaciones El Rosario y Sepultura, con fósiles de invertebrados marinos para el Cretácico y Paleoceno. Más hacia el este es posible encontrar fósiles en calizas de la Formación Alisitos con fósiles de invertebrados marinos del Cretácico temprano.

Cretácico temprano. Perrilliat (1968) reporta localidades de Cretácico temprano cerca de la Mina Santa Úrsula (**Loc. 57**) [Jor-51 B, Jor-51 C, Jor-53 B], ubicada a 10 km al Este de la Mesa de la Sepultura, describe tres especies de moluscos: *Exogyra whitneyi*, *Plesioptyxis subfleuriausa* y *Astarte* sp. En el área del Rancho Los Torotes (**58**) se exponen calizas sedimentarias de la Formación Alisitos de Cretácico temprano, donde es posible encontrar fósiles de invertebrados, los cuales han sufrido proceso de disolución y quedando los moldes internos (Almazán-Vázquez 1988). Almazán-Vázquez (1988), Muñoz (1991) y Jiménez (2015) reportan foraminíferos, corales, los gasterópodos *Nerinea* (*Plesioptygmatis*) *bosei*, *Peruviella dolium*, *P. gerthi*, *Ptygmatis tomasensis*, *Cossmanea pauli* y *Gymnentome paluxiensis*, los bivalvos *Pecten subalpinus*, *Lima blancensis* y los rudistas¹¹ *Caprinuloidea perfecta* y *Coalcomana ramosa*, así como algunos equinoideos (*Hemiaster* spp.). La Localidad nombrada como ‘San Fernando’ [OB-55] por Perrilliat (1968) pudiera ser la misma que la de Los Torotes dada la proximidad de estas; para esta localidad reporta únicamente al gasterópodo *Cossmanea* (*Eunerinea*) *riograndensis*.

Cretácico tardío. La Mesa de la Sepultura (**Loc. 56**) es una saliente de unos cuatro kilómetros cuadrados que se localiza a 20 kilómetros al este de El Rosario, obteniendo su nombre debido a que parece una elevada tumba sobre el terreno. En esta zona es posible encontrar fósiles del Cretácico superior pertenecientes a la Formación Rosario (Bárcenas, 1988; Perrilliat, 1968) [OB-

¹¹ Los rudistas, representaban un grupo aberrante de bivalvos marinos altamente especializados que evolucionaron a finales del Jurásico y diversos durante el Cretácico. Se cree que eran formadores de arrecifes al igual que los corales de hoy en día. Las dos valvas son altamente asimétricas entre si; la valva inferior es cónica y estaba adherida al sustrato, mientras que la valva superior actuaba a modo de tapa articulándose con la otra valva. Se extinguieron al final del Cretácico.

75]; hacia el este de la Mesa es posible encontrar amonites del género *Pachydiscus*, así como baculites, bivalvos como inoceramidos y ostiones, y algunos gasterópodos como la *Turritella pachecoensis*, dientes de tiburón, restos de peces, así como algunos restos de plantas a manera de impresiones vegetales y madera fósil.

Paleoceno. La Mesa de la Sepultura (55) es la localidad tipo para la Formación Sepultura del Paleoceno. Abbott *et al.* (1993) reportan, además de nanofósiles calcáreos y foraminíferos, abundantes restos de invertebrados marinos en los costados noreste y noroeste de la mesa, en los que se incluyen turritelidos (*Turritella peninsularis*), ostiones, almejas, tubos de gusanos y restos de equinoideos. Algunos estratos contienen rodolitos (cantos con algas rojas incrustadas), ostiones y almejas, además de piezas de madera de hasta 1 metro de largo ocupadas por colonias de gusanos calcáreos. Dentro de los invertebrados marinos, Santillán y Barrera (1930) (en Gastil *et al.*, 1975) reportaron los moluscos *Turritella pachecoensis*, *Retipirula crassitesta*, *Tellina undelifira* y otras once especies. Arzate (1989) reporta 73 taxa para dos localidades muestreadas, donde se incluyen moluscos como *Venericardia venturensis* y *Heteroterma striata*, y el icnofósil *Ophiomorpha* entre los más comunes, así como semillas y madera fosilizada. También menciona que son abundantes los dientes de tiburón de al menos tres especies.

Reconstrucción geológica y biológica del área de Colonet – Punta Baja

Los distintos fósiles presentes en el territorio pueden asociarse a los distintos eventos geológicos que ocurrieron en la región en el pasado en los últimos 125 millones de años, asignados a cinco eventos principales documentados por el registro paleontológico (**Figura 3-18**).

1. Durante el **Cretácico temprano**, hace 125 millones de años, el territorio estaba conformado por una serie de islas de intensa actividad volcánica producto de una zona de subducción. En los márgenes de estas islas habitaban un gran número de organismos formadores de arrecifes: los rudistas, así como otras especies de invertebrados como caracoles y algunas formas primitivas de erizos, los cuales evidencian condiciones climáticas de tipo tropical.
2. En el **Mesozoico**, el enfriamiento lento del magma que se encontraba por debajo de la corteza terrestre dio origen al batolito peninsular, el cual pasaría a conformar gran parte de la estructura de la actual península.
 - a. La erosión de estas rocas durante el **Cretácico tardío**, hace unos 80 millones de años, produciría los sedimentos que serían depositados en el oeste del actual territorio, donde quedaron atrapadas grandes cantidades de invertebrados marinos que habitaban en los mares de ese entonces, como amonites, almejas y caracoles, así como algunos erizos. Dentro de los fósiles de este periodo más representativos son los amonites, donde las conchas de algunas especies podían alcanzar más de 1 metro de diámetro, como las de la especie *Pachydiscus catarinae*. La fauna marina de este periodo indica condiciones cálidas para la época y un nivel del mar mayor que el actual.
 - b. En los sedimentos fluviales cercanos a la costa quedarían preservados elementos de la flora y fauna que componían los ecosistemas terrestres de ese entonces, con grandes especies de dinosaurios tanto carnívoros como herbívoros, cocodrilos, tortugas, lagartijas, así como algunas de las primeras aves y mamíferos primitivos. Los troncos y hojas encontrados indican una vegetación boscosa para este periodo compuesta de coníferas (araucarias y secuoyas), palmas y enredaderas.

Al fin del periodo Cretácico, hace 66 millones de años, ocurrió un gran evento de extinción producto del impacto de un asteroide en la tierra que resultaría en la desaparición de muchos grupos de organismos incluidos los amonites, rudistas y reptiles marinos, al igual que los dinosaurios y reptiles voladores.

3. Tras este periodo, y con los constantes cambios en el nivel del mar, quedarían enterradas grandes cantidades de conchas en donde hoy se encuentran representadas las antiguas líneas de costa, preservando distintos momentos geológicos y composiciones de especies marinas. Del **Paleoceno**, hace unos 60 millones de años, se han preservado restos abundantes de algas, turrítelas y dientes de tiburón de los organismos que dominaban los mares de ese entonces, en una transición de aguas tropicales a templadas.
- 4-5. Durante las épocas más recientes **Plioceno y Pleistoceno**, desde 3 millones hasta hace 10,000 años, se continúan evidenciando condiciones climáticas distintas a las actuales, así como cambios constantes en el nivel del mar producto de las glaciaciones, encontrándose en los depósitos de estas edades especies de moluscos extintas o que ya no se distribuyen actualmente en el área. Para los depósitos de Plioceno abundan almejas de gran tamaño como los ostiones (familia Ostreidae) y los pectínidos (Pectinidae), y restos de delfines y manatís que habitaban en los mares.
 - a. En ambientes pantanosos y fluviales quedarían atrapados los restos de la megafauna terrestre que deambulaba en el territorio durante el Pleistoceno tardío, tales como perezosos terrestres, mamuts y gonfoterios, durante la llamada Era del Hielo, donde el terreno estaba cubierto de pastizales y cuerpos de agua dulce que sustentaban estas formas de vida; parte importante del paisaje eran los volcanes que se encontraban activos durante este periodo. La gran extinción del Pleistoceno hace 10.000 años abrió paso al Holoceno, el periodo geológico en el que vivimos actualmente.

Con la llegada del hombre a Baja California a finales del Pleistoceno se comenzarían a acumular grandes cantidades de concha y hueso producto de las actividades culturales y de subsistencia, los cuales pasarían a conformar los depósitos arqueológicos de la región (Guía-Ramírez, 2013).

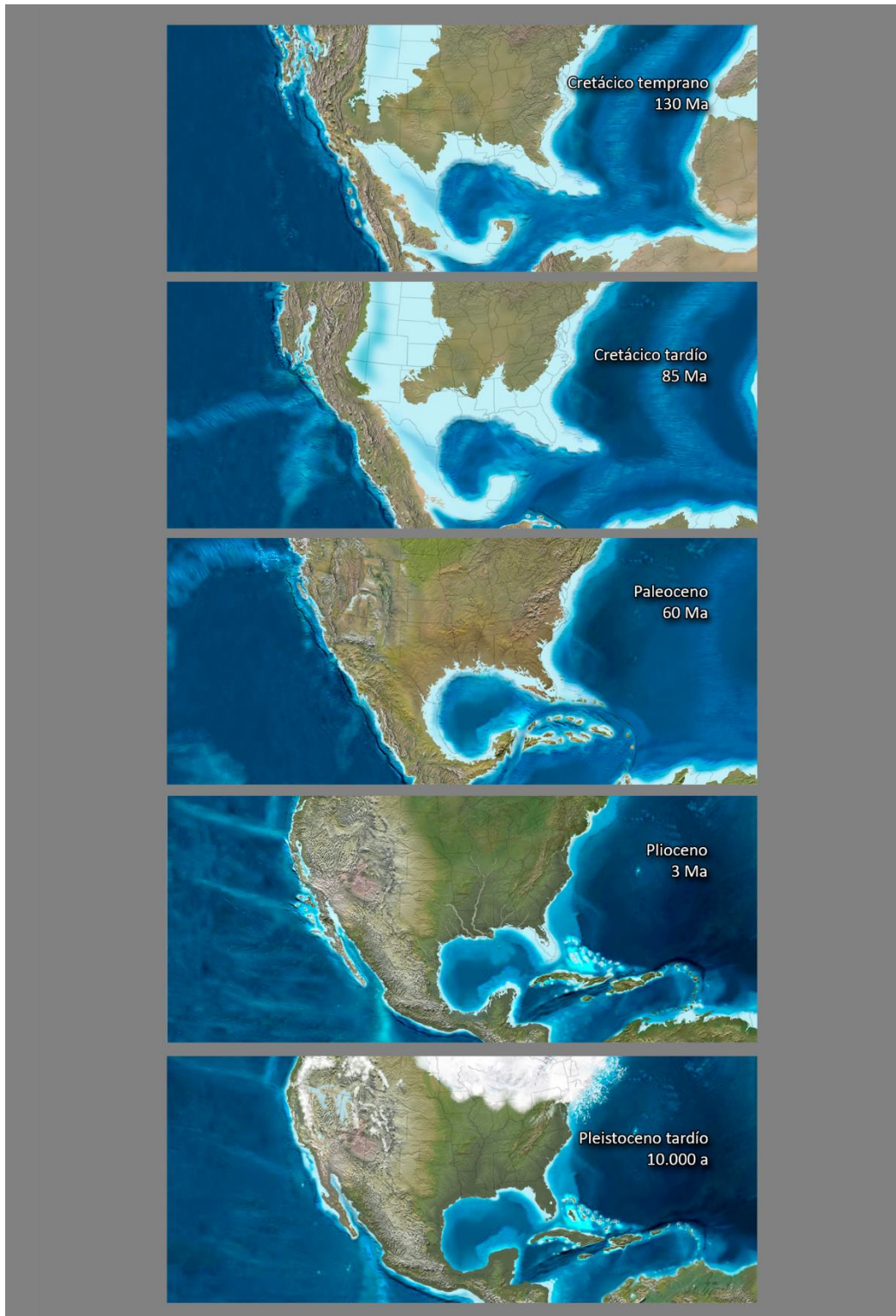


Figura 3-18. Configuración paleogeografía de México y parte de Norteamérica durante las etapas reconocidas por el presente trabajo (Northern Arizona University, 2005).

Conclusiones

Del presente capítulo se sintetizan los siguientes puntos:

En relación a las investigaciones.

- La región de Baja California cuenta con una historia relativamente reciente de exploraciones e investigaciones paleontológicas tanto extranjeras como nacionales, con las primeras especies de dinosaurios nombradas para todo el país.
- Se recuperaron 111 referencias bibliográficas durante 1921-2015, las cuales han ido aumentando desde de la década de los 50.
- Las investigaciones estadounidenses siguen representando un componente importante dentro de los estudios paleontológicos en Baja California, realizadas de manera independiente y en colaboración con otros científicos mexicanos.
- Los estudios de fósiles han sido abordados principalmente desde la paleontología y la geología, y de manera más reciente por la arqueología.
- La calidad de las investigaciones paleontológicas es alta, con una parte importante publicados de manera formal, en idioma inglés y en revistas científicas reconocidas.
- A la fecha se identifican al menos dos proyectos vigentes para la región que realizan colectas e investigaciones paleontológicas en San Quintín (CINAH-BC) y El Rosario (UNAM-UC-UABC).
- Los estudios científicos abarcan distintos periodos y unidades geológicas de la región, no obstante existe una poca representatividad para algunos periodos.
- Existen vacíos en cuanto al estudio científico formal de ciertos grupos taxonómicos.
- Se siguen realizando nuevos descubrimientos, con nuevo material y registros de especies en sitios incluso previamente estudiados.

En relación al material y las colecciones científicas:

- El material paleontológico se encuentra disperso en un total de 13 colecciones paleontológicas científicas (siete en Estados Unidos y seis en México).
- No todo el material paleontológico o localidades de colecta registrados en colecciones se encuentran referidas dentro de una publicación formal.

- Existe el potencial de realizar estudios paleontológicos con el material ingresado dentro de colecciones científicas.

En relación a los depósitos paleontológicos:

- El patrimonio paleontológico de Baja California es particularmente abundante y diverso.
 - Los yacimientos paleontológicos y los fósiles ilustran de manera discontinua la evolución geológica y biológica de la región de Baja California de los últimos 125 millones de años hasta hace poco menos de 30.000 años.
 - En la región al menos 58 depósitos paleontológicos en donde se han recuperado fósiles, los cuales abarcan al menos cinco temporalidades distintas.
 - Los depósitos de invertebrados marinos son los más abundantes.
 - Las evidencias paleontológicas son particularmente abundantes en el área de la Bahía San Quintín (para el Pleistoceno), y en el Rosario (Cretácico tardío).

El estudio y análisis bibliográfico permitió identificar los trabajos y la naturaleza de las investigaciones paleontológicas que se han realizado en una región del estado de Baja California a lo largo de casi un siglo, así como proyectos de investigación actuales. Con esto, se logra ofrecer un panorama más amplio de la historia y del estado actual de las investigaciones paleontológicas en esta área, lo cual permitiría determinar de una manera más precisa hacia dónde dirigir las atenciones, donde resalta la necesidad de estrechar relaciones entre los distintos institutos regionales, nacionales y extranjeros que se dedican o podrían dedicarse a la investigación científica de los fósiles de la región.

La recopilación y revisión documental permitió también, en conjunto con la consulta a colecciones científicas y el trabajo de campo realizado, concentrar el conocimiento paleontológico de la región en un solo trabajo, mediante la elaboración de una base de datos geoespacial, proporcionando información a considerar dentro de las investigaciones científicas futuras y en las acciones de conservación. De acuerdo a Mano (2010) un sistema de información geográfica es una herramienta ideal para dar seguimiento del estado de conservación de los depósitos y poder definir políticas de gestión de este patrimonio, previniendo futuras afectaciones por parte del hombre o factores naturales.

Existe la necesidad de regularizar las investigaciones paleontológicas de la región con el fin de contar con una base actualizada en cuanto a las localidades y al material que es colectado y estudiado, esto para conocer de manera más apropiada los recursos paleontológicos y valorar de una manera adecuada este patrimonio para su conservación y protección.

Cabe mencionar que aunque se haya caracterizado de manera extensiva el patrimonio paleontológico de esta región, puede haber otros tipos de fósiles (nuevos fósiles o registros de especies) en los mismos depósitos ya estudiados, u en otras formaciones geológicas aun no identificados o estudiadas. Por ejemplo, a pesar de que la Formación Rosario es un depósito de origen marino, tiene el potencial de albergar restos de dinosaurios que en su momento pudieron haber sido arrastrados en al mar, tal como se ha documentado en otros puntos de la misma formación localizados fuera del área de estudio, como en Punta San Isidro y El Destiladero (Langston y Oakes, 1954; Johnson, Ledesma-Vázquez y Gudveig, 2006). A su vez, aunque no se ha documentado científicamente los restos de reptiles marinos en esta formación, existe el potencial de que se encuentren ya que en formaciones geológicas similares y de la misma temporalidad en California, han arrojado restos de estos vertebrados. Los depósitos marinos de Plioceno y Pleistoceno con la posibilidad de albergar restos de cetáceos y otros mamíferos marinos.

Se encontró una relación entre la información proporcionada por el mapa geológico implementado y la temporalidad de las localidades georreferenciadas, aunque algunas unidades dentro del mapa no se encontraban diferenciadas (tales como las unidades no marinas del Cretácico Superior), o delimitadas dentro del mapa (como las rocas de Paleoceno en Mesa de La Sepultura). Como trabajo a futuro se recomienda realizar la digitalización de mapas geológicos adicionales (Kilmer, 1963; Gastil *et al.*, 1975), y a mayor escala para la integración de una cartografía más apropiada para el trabajo paleontológico.

De manera complementaria, la caracterización paleontológica permitió reconstruir la historia geológica y biológica de la región, la cual podría ser incorporada dentro de los espacios museográficos de la región asociado a las piezas fósiles expuestas.

La revisión adicional de bitácoras de investigadores que han colectado en el área proporcionaría información más precisa acerca de la ubicación de sitios paleontológicos. Se propone recuperar la información no presentada en documentos o colecciones en línea, a través de la visita de las instituciones que alojan estos datos. Entre estos registros identificados se incluyen los siguientes:

- Fósiles de megafauna ubicados en Punta Colonet; su importancia reside dados a los pocos casos documentados de mamíferos del Pleistoceno en la región, además de la posible relación que pudiese presentar con los primeros humanos en la zona. En la Universidad de California, se localizan las notas del colector del depósito de Colonet [Ruben A. Stirton Field Notes. Folder 18: R.A. Stirton Museum Notes, 1943-1952 <http://ucmparchives.berkeley.edu/archon/?p=collections/findingaid&id=324&q=>], las cuales incluye un mapa con la ubicación del depósito,
- En la UCMP se encuentra información suplementaria acerca de algunas localidades en México, donde se incluyen fotografías aéreas con localidades de vertebrados para la Formación El Gallo de LACM [México Supplemental Locality Files, 1924-1986. Folder 1: Baja California Norte; Campanian El Gallo Fm.: El Rosario (V85011) <http://ucmparchives.berkeley.edu/archon/?p=collections/findingaid&id=673&q=&rootcontentid=2557#id2557>], incluyendo localidad fue donde se colectó el holotipo del dinosaurio *Magnapaulia laticaudus*.

Existe un potencial científico de investigación en los depósitos paleontológicos de invertebrados del Pleistoceno bajo la perspectiva actual del cambio climático dada la alta concentración de ejemplares en estos depósitos y la abundancia relativa y amplia distribución de estos depósitos de este tipo en la región, sobre todo en áreas como San Quitín y Punta Baja, aportando información de las condiciones climáticas en el pasado y los cambios en los ecosistemas marinos mediante la elaboración de análisis paleoecológicos y de composición de isótopos de las conchas.

Existe una deficiencia de estudios paleontológicos del Cretácico inferior, Plioceno y Paleoceno, así como pocos estudios paleoecológicos formalmente publicados para las faunas marinas del Cretácico tardío, por lo que existe un potencial para la investigación científica en estas áreas. También existen otros vacíos científicos de estudios paleontológicos y taxonómicos en la región,

tales como los estudios formales de plantas y maderas fósiles de la Formación El Gallo, y estudios paleobiológicos y ecológicos que integren los hallazgos de megafauna encontrados años atrás, y de manera reciente en Baja California.

Bibliografía

- Acosta, M. G. (1965). Paleontology of the Late Pleistocene Marine Terraces, Punta Baja, Baja California, Mexico. *Undergraduate research reports*, 9(1), 1-298.
- Aguillon, M. C. M. (2010). *Fossil vertebrates from the Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico, and the distribution of Late Campanian (Cretaceous) terrestrial vertebrate faunas* (Tesis de Maestría). Southern Methodist University, Estados Unidos. Recuperado de ProQuest
- Allison, E. C. (1955). Middle Cretaceous gastropoda from Punta China, Baja California, Mexico. *Journal of Paleontology*, 29(3), 400-432.
- Allison, E. C. (1974). The type Alisitos Formation (Cretaceous Aptian-Albian) of Baja California and its bivalve fauna. *Geology of Peninsular California*, 21-59.
- Almazán-Vázquez, E. (1988). Marco paleosedimentario y geodinámico de la Formación Alisitos en la península de Baja California. *Revista del Instituto de Geología*, 7(1), 41-51.
- Anderson, F. M. (1958). Upper Cretaceous of the Pacific Coast. *The Geological Society of America Memoir*, 71, 1-378.
- Anderson, F. M., y Hanna, G. D. (1935). Cretaceous Geology of Lower California: California. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 23(1), 1-34.
- Anónimo (1924). Informe sobre la exploración geológica de la Baja California, por la "Marland Oil Company of México". *Boletín del Petróleo*, 17, 417-453.
- Aranda-Manteca, F. J (2013). Los Vertebrados fósiles en el norte de la Península de Baja California. *Paleontología Mexicana*, 3(1), 83-90.
- Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O. J., y Johnson, E. (2002). La mastofauna del Cuaternario tardío en México. En M. Montellano-Ballesteros y J. Arroyo-Cabrales (Eds.) *Avances en los estudios paleomastozoológicos* (pp. 103-123). México: Colección Científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

- Arzate, H. O. L. (1989). *Interpretación Paleoambiental de las facies marinas de la formación Sepultura en su localidad tipo, Mesa de la Sepultura, B. C. México* (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma de Baja California [UABC], México.
- Bárcenas, P. M. de los A. (1988). *Paleontología y paleoecología de la formación El Rosario (Campaniano - Maestrichtiano) Baja California, México* (Tesis de Licenciatura). UABC, México.
- Beal, C. H. (ed.) (1948). Reconnaissance of the geology and oil possibilities of Baja California, Mexico. *The Geological Society of America Memoir*, 31, 138.
- Brodkorb, P. (1976). Discovery of a Cretaceous Bird, apparently ancestral to the Orders Coraciiformes and Piciformes (Aves Carinatae). *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 27, 67-73.
- Carreño, A. L., y Montellano-Ballesteros, M. (2005). La Paleontología mexicana; pasado, presente y futuro. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 57(2), 137-147
- Carreño, A. L., y Smith, J. T. (2007). Stratigraphy and correlation for the ancient Gulf of California and Baja California Peninsula, Mexico. *Bulletins of American Paleontology*, 371, 1-146.
- Chavarría, A. M. L. (2015). *Tipo de locomoción y hábito alimenticio del teiido *Dicothodon bajaensis* del cretácico tardío, Baja California* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], México.
- Chávez, B. G., Guzmán, A. F., y Polaco, O. J. (2013). *Sinopsis de la herpetofauna en contextos paleontológicos y arqueológicos del cuaternario en México*. 1ra edición, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Clemens, W. A. (1980). *Gallolestes pachymandibularis* (Theria, incertae sedis; Mammalia) from Late Cretaceous deposits in Baja California del Norte, Mexico. *PaleoBios*, 33, 1-10
- Dall, W. H. (1921a). New fossil invertebrates from San Quentin bay, Lower California. *West American Scientist*, 19(2), 17-18.
- Dall, W. H. (1921b). New shells from the Pliocene or early Pleistocene of San Quentin Bay, Lower California. *West American Scientist*, 19(3), 21-23.

- Darton, N. H. (1921). Geologic Reconnaissance in Baja California. *The Journal of Geology*, 29(8), 720-748.
- Demetrion, R. A. (1989). *Variation in the Cretaceous-Tertiary boundary in southern and Baja California (Peninsular Ranges Terrane)* (Tesis de Maestría). Universidad de Carolina, Estados Unidos.
- Dykens, M., y Gillette, L. (2006). *Fossil Field Guide: Lambeosaurus lambei*. Recuperado de https://www.sdnhm.org/archive/exhibits/mystery/fg_lambeosaurus.html
- Emerson, W. K., y Addicott W. O. (1958). Pleistocene Invertebrates from Punta Baja, Baja California, México. *American Museum Novitates*, 1909, 1-11.
- Ensenadita.com (Noviembre, 2009). *Conferencia "Cómo rescatar un Mamut y no morir en el intento*. Recuperado de <http://ensenadita.com/news/conferencia-como-rescatar-un-mamut-y-no-morir-en-el-intento/>
- Gastil, R. G., Phillips, R. P., y Allison, E. C. (1975). Reconnaissance Geology of the State of Baja California. *Geological Society of America Memoirs*, 140, 1-201. doi: 10.1130/MEM140-p1
- Gío-Argáez, F. R., Hugo, E., y Rodríguez, Y. A. (2003) Panorama General de la Paleontología Mexicana. *Ciencia Ergo Sum*, 10(1), 85-95.
- Gío-Argáez, R. (2004). Los Fósiles. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencia*, 55(1), 4-7.
- Gudiño, J. L. M., y Guzmán, A. F. (2014). *El registro fósil de los dinosaurios en México*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Interdisciplina.
- Guía-Ramírez, A. (2013). *Compilado y diagnóstico de áreas paleontológicas en la costa oeste de Baja California* (Sin publicar). Centro INAH Baja California, México.
- Guía-Ramírez, A., Oviedo-García, F., y Pacheco, G. (2013). San Quintín, Baja California: una perspectiva paleontológica y arqueológica. *SCA Proceedings*, 27, 46-56.
- Guía-Ramírez, A., y Oviedo-García, F. (2012). The fauna of the Pleistocene and early settlers in Baja California. *SCA Proceedings*, 26, 71-77.
- Hernández, R. S., Fernández, C. C., y Baptista, P. L. (2010) *Metodología de la investigación*. 5ta Edición, México: McGrawHill.

- Hernández-Rivera, R. (1997). Mexican dinosaurs. En P. J. Currie y K. Padian (Eds.) *Encyclopedia of Dinosaurs*. California, Estados Unidos: Academic Press.
- Hertlein, L. G., y Allison, E. C. (1959). Pliocene Marine Deposits in Northwestern Baja California, México, with the Descriptions of a New Species of *Acanthina* (Gastropoda). *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 58(1), 17-26.
- Hilton, R. P. (2003). *Dinosaurs and Other Mesozoic Reptiles of California*. California, Estados Unidos: University of California Press.
- Jiménez, P. C. R. (2015). *Moluscos (Bivalvia y gastropoda) del Cretácico Temprano de la zona centro-occidental de Baja California* (Tesis de Licenciatura). UNAM, México
- Johnson, M. E., Ledesma-Vázquez, J., y Gudveig, B. B. (2006). Vertebrate Remains on Ancient Rocky Shores: A Review with Report on Hadrosaur Bones from the Upper Cretaceous of Baja California (México). *Journal of Coastal Research*, 22(3), 574-580
- Jordan, E. K. (1926). Molluscan fauna of the Pleistocene of San Quintin Bay, Lower California. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 15(7), 241-255
- Kilmer, F. H. (1963). *Cretaceous and Cenozoic stratigraphy and paleontology, El Rosario Area, Baja California, Mexico* (Tesis de Doctorado). Universidad de California, Estados Unidos.
- Langston, W., y Oakes, M. H. (1954). Hadrosaurs in Baja California. *Bulletin of the Geological Society of America*, 65, 1344.
- Ledesma-Vázquez, J., y Johnson, M. E. (2003). Plataforma de abrasión del Plioceno Tardío dentro de la formación Cantil Costero de Baja California. *Ciencias Marinas*, 20(2), 139-157
- Lillegraven, J. A. (1972). Preliminary report on Late Cretaceous mammals from the El Gallo Formation, Baja California Norte, Mexico. *Contributions in Science*, 232, 1-11
- Lillegraven, J. A. (1976). A new genus of therian mammal from the Late Cretaceous, El Gallo Formation Baja California, Mexico. *Journal of Paleontology*, 50(3), 437-444
- Londoño, P. O. L., Maldonado, G. L. F., y Calderón, V. L. C. (2014). *Guía para construir estados del arte*. Recuperado de http://www.colombiaaprende.edu.co/html/investigadores/1609/articles-322806_recurso_1.pdf

- Mano, A. de S. (2010). Sistema de Informação Geográfica Aplicado à Paleontologia (Tesis de Maestría). Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- McDonald, H. G. (2002). Fossil Xenarthra of Mexico: a review. En M. Montellano-Ballesteros y J. Arroyo-Cabrales (Eds.) (pp. 227-248). México: Colección Científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Meling, L. R. V. (1988). *Paleoecología de una comunidad bentónica de fondo blando del Pleistoceno superior de Bahía San Quintín, B. C.* (Tesis de Licenciatura). UABC, México.
- Miller, V. V., y Abbott, P. L. (1988). Sedimentology of the Upper Paleocene/Lower Eocene Sepultura Formation near Colonet, Baja California. En M. V. Filewicz, y R. L. Squires (Eds.), *Paleogene Stratigraphy West Coast of North America* (23-34), 58.
- Minch, J., E. Minch, J. Minch y Ledesma-Vázquez, J. (2003). *Caminos de Baja California. Geología y Biología para sus viajes*. California, Estados Unidos: John Minch and Associates, Inc.
- Molnar, R. E. (1974). A distinctive theropod dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California (Mexico). *Journal of Paleontology*, 48(5), 1009-1017.
- Montellano Ballesteros, M., (2015). Síntesis sobre el registro fósil de los mamíferos mesozoicos mexicanos. *Boletín Geológico y Minero*, 126(1), 7-20.
- Montellano, M., Wilson, G., Álvarez-Reyes, G., Hernández-Rivera, R., Quintero, E., Aranda-Manteca, F. J. (2005). New Material of Polyglyphanodon bajaensis from el Rosario, Baja California, Mexico. Resumen, *Journal of Vertebrate Paleontology*, Suplemento 25(3), 93.
- Montellano-Ballesteros, M., y Jiménez-Hidalgo, E. (2006). Mexican Fossil Mammals, Who, Where and When? En F. Vega *et al.* (Eds.) *Studies on Mexican Paleontology* (Vol. 24) (pp. 249-273). Países Bajos: Springer.
- Montellano-Ballesteros, M., Wilson, G. P., Hernández-Rivera, R., Álvarez-Reyes, G., Aranda-Manteca, F. (2008). Microvertebrados de la Formación El Gallo (Cretácico Superior), Baja California, México. Libro de Resúmenes III Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados-Neuquén, Patagona, Argentina, 161.

- Moore, E. J. (1992) Tertiary Marine Pelecypods of California and Baja California. U.S. GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER 1228-A-E
- Moore, E. J. (2003). Tertiary marine pelecypods of California and Baja California, Chapter F-G, 107, 88.
- Moore, J. D. (1999). The Archaeology on the forgotten peninsula: Prehistoric settlement and subsistence in Northern Baja California. *Journal of California and Grean Basin Anthropology*. 21(1), 17-44
- Morris, W. J. (1967). Baja California: Late Cretaceous Dinosaurs. *Science*, 155(3769), 1539-1541
- Morris, W. J. (1970). Late Cretaceous Dinosaur from Baja California. En Pacific Slope Geology of Northern Baja California and Adjacent California: Guide Book, 67.
- Morris, W. J. (1972). Giant Hadrosaurian dinosaur from Baja California. *Journal of Paleontology*, 46(5), 777-779
- Morris, W. J. (1973a). A review of Pacific Coast Hadrosaurs. *Journal of Paleontology*, 47(3), 551-556
- Morris, W. J. (1973b). Mesozoic and Tertiary Vertebrates in Baja California. *National Geographic Society Research Reports*, 1966, 197-209
- Morris, W. J. (1974a). Upper Cretaceous "El Gallo" Formation and its vertebrate fauna. En Gastil y Lillegraven (Eds.) *The Geology of Peninsular California*, 49th Annual Meeting, 60-66
- Morris, W. J. (1974b). A paleontologic reconnaissance of Baja California, Mexico, 1974. *National Geographic Society Research Reports*, 15, 157-175.
- Morris, W. J. (1981). A new species of hadrosaurian dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California: ?*Lambeosaurus laticaudus*. *Journal of Palaeontology*, 55(2), 453-462.
- Muñoz, C. A. (1991). *Los Invertebrados del Cretácico de Alisitos (Baja California Norte) y sus implicaciones paleobiogeo graficas y paleoecológicas* (Tesis de Licenciatura). UNAM, México.

- National History Museum. (s.f.). The Echinoid Directory: *Paleoechinoneus hannai*. Recuperado en Mayo de 2015 de: <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/echinoid-directory/taxa/specimen.jsp?id=4946>
- Northern Arizona University (2005). *Paleogeography and Geologic Evolution of North America*. Recuperado de <https://www2.nau.edu/rcb7/nam.html>
- Nydam, R. L. (1999). Polyglyphanodontinae (Squamata Teiidae) from the medial and Late Cretaceous- Baja California del Norte, Mexico. *Vertebrate Paleontology in Utah*, 99(1), 303-317.
- Peacock, B., Wilson, J. A., Hernandez-Rivera, R., Montellanos-Ballesteros, M., y Wilson, G. P. (2012). First tyrannosaurid remains from the Upper Cretaceous "El Gallo" Formation of Baja California, México. *Acta Palaeontologica Polonica*, 59(1), 71-80. doi: 10.4202/app.2012.0003
- Perrilliat, M. C. (1968). Fauna del Cretácico y del Terciario del Norte de Baja California. *Paleontología Mexicana*, 25, 1-36.
- Prieto-Márquez, A., Chiappe, L. M., y Joshi, S. H. (2012). The lambeosaurine dinosaur *Magnapaulia laticaudus* from the late cretaceous of Baja California, Northwestern Mexico. *PLoS One*, 7(6), e38207. doi:10.1371/journal.pone.0038207
- Quintero de Leonardo, E. (2005). *Interpretación ambiental y fosilífera de Lambeosaurus laticaudatus? Morris 1981 Cretácico tardío de Baja California, México* (Tesis de Licenciatura). UABC, México.
- Reed, R. G. (1967). *Stratigraphy and structure of the Alisitos Formation near El Rosario* (Tesis de Maestría). San Diego State College, Estados Unidos.
- Renne, P. R., Fulford, M. M. and Busby-Spera, C. (1991). High resolution $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronostratigraphy of the Late Cretaceous El Gallo Formation, Baja California del Norte, Mexico. *Geophysical Research Letters*, 18(3), 459-462.
- Reynoso, V. H. (2006). Research on Fossil Amphibians and Reptiles in Mexico, from 1869 to Early 2004 (Including marine forms but excluding Pterosaurs, Dinosaurs, and Obviously Birds). En F. Vega *et al.* (Eds.) *Studies on Mexican Paleontology* (Vol. 24) (pp. 209-231). Países Bajos: Springer.

- Rivera-Sylva, H. E., Caprenter K., y Aranda-Manteca, F. J. (2011). Late Cretaceous nodosaurids (Ankylosauria: Ornithischia) from Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28(3), 371-378.
- Rivera-Sylva, H. E., Rodríguez-de la Rosa, R., y Ortiz-Mendieta, J. A. (2006). A review of the Dinosaurian Record of Mexico. En F. Vega *et al.* (Eds.) *Studies on Mexican Paleontology* (Vol. 24) (pp. 233-248), Países Bajos: Springer.
- Robertson, J. J. S. (1970). *Blancan Mammals from Haile XVA Alachua County, Florida* (Tesis de doctorado). Universidad de Florida, Estados Unidos.
- Rodríguez-de la Rosa, R. A. (1998). Cascaras de huevo avianas (Neognathae) y de Ornitopoda (dinosauria) del Cretácico Tardío de Baja California. México. VI Congreso Nacional de Paleontología, Resumen, 59-60.
- Rodríguez-de la Rosa, R. A., y Aranda-Manteca, F. J. (2000a). Nuevos hallazgos de vertebrados de la Formación El Gallo (Campaniano Tardío) del Estado de Baja California. VI Congreso Nacional de Paleontología y I Simposio Geológico en el noreste de México, Memorias, 65-66.
- Rodríguez-de la Rosa, R. A., y Aranda-Manteca, F. J. (2000b). Were there venomous theropods? *Journal of Vertebrate Paleontology*, 20(3), 64A.
- Romo de Vivar, M. P. R. (2011). *Microvertebrados Cretácicos Tardíos del Área de El Rosario, Baja California, México* (Tesis de Licenciatura). UNAM, México.
- Ruiz, G. P. M. (2005). Caracterización de un paleoambiente del Pleistoceno superior de San Quintín, Baja California, México. XVIII Congreso Nacional de Zoología. Nuevo León.
- Santín, D. C. E. (1994). *Análisis de Facies para la Formación Cantil Costero, Plioceno medio, Baja California, México* (Tesis de Licenciatura). UABC, México.
- SGM [Servicio Geológico Mexicano] (2012). Ficha de Unidad Litoestratigráfica (Formación) Rosario. <http://mapserver.sgm.gob.mx/lexico/Rosario.pdf>
- Silva-Bárcenas, A. (1969). Localidades de Vertebrados Fósiles en la República Mexicana. *Paleontología Mexicana*, 28, 1-34.
- Squires, R. L. (2010). Northeast Pacific Upper Cretaceous and Paleocene Glycymeridid Bivalves. *Journal of Paleontology*, 84(5), 895-917.

- Squires, R. L., y Saul, L. R. (2001). New Late Cretaceous Gastropods from the Pacific Slope of North America. *Journal of Paleontology*, 75(1), 44-65.
- Squires, R. L., y Saul, L. R. (2006). Cretaceous Acila (Truncacila) (Bivalvia: Nuculidae) from the Pacific Slope of North America. *The Veliger*, 48(2), 83-104
- Téllez, M. (1983). *Paleoecología de una comunidad bentónica del Pleistoceno Superior de Bahía San Quintín, Baja California* (Tesis de Licenciatura). UABC, México.
- Téllez, M. A. (1993). Cultural Resources as a Criterion in Coastal Zone Management: The Case of Northwestern Baja California, México. En J. L. Fermán Almada, L. Gómez-Morín, y D. W. Fischer (Eds.). *Coastal Management in Mexico: The Baja California Experience* (pp. 137-147). Estados Unidos: American Society of Civil Engineers.
- Valentine, J. W. (1960). Pleistocene Molluscan Notes, 3, Rocky Coast Faunule, Bahia San Quintín, Mexico. *The Nautilus*, 74(1), 18-23.
- Vega, F. J., Nyborg, T. G., Perrilliat, M. D. C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S. R. S., y Quiroz-Barroso, S. A. (2006). *Studies on Mexican Paleontology* (Vol. 24). Países Bajos: Springer.
- Ward, P. D., Haggart, J. W., Mitchell, R., Kirschvick, J. L., y Tobin, T. (2012). Integration of macrofossil biostratigraphy and magnetostratigraphy for the Pacific Coast Upper Cretaceous (Campanian-Maastrichtian) of North America and implications for correlation with the Western Interior and Tethys. *Geological Society of America Bulletin*, 124(5/6), 957-974.
- White, C. A. (1885). New Cretaceous Fossils from California. *United States Geological Survey*, 15, 355-373.
- Wilson, G., Meng, C., y Montellano, M. (2011). A new multituberculate skull from the Upper Campanian “El Gallo” Formation, Baja California, México. IV Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, San Juan, Argentina.

Capítulo 4 Los cambios de uso de suelo sobre las unidades geológicas en el área de Colonet-Punta Baja, Baja California (1981-2011)

Introducción

Entre una de las consecuencias más conocidas de los cambios de uso de suelo se encuentra la deforestación (Galicia, García, Gómez-Mendoza y Ramírez, 2010), no obstante estos cambios no afectan únicamente a los elementos biológicos del paisaje, sino también a los abióticos (Forman, 1995 en Rosete, Pérez y Bocco, 2009); Las actividades humanas que perturban el suelo pueden impactar igualmente a los recursos paleontológicos localizados por debajo de la capa edáfica, de dos formas: 1) a través del daño o destrucción física de los fósiles, y 2) alterando el contexto estratigráfico en el que se localizan (Morales, Azanza y Gómez, 1999; Bureau of Land Management, 2008). Los recursos paleontológicos consisten en los restos o evidencias de la vida prehistórica (fósiles), y el concepto incluye tanto los fósiles como las localidades paleontológicas y las formaciones geológicas donde estos se localizan (Stephenson *et al.*, 2009). Los depósitos geológicos y paleontológicos, son considerados como un recurso limitado y no renovable.

En el presente capítulo se hace uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el fin de determinar en qué medida y dónde se han visto afectados los recursos paleontológicos ante el desarrollo socioeconómico de la región, principalmente por la agricultura y el desarrollo urbano, mediante la cuantificación de las coberturas de los distintos usos de suelo y de las unidades geológicas fosilíferas para el área de Colonet-Punta Baja en cinco series, durante un periodo de 30 años (1981-2011), y a partir de la elaboración de un análisis espacial detallado acerca de los cambios sucedidos en el paisaje de la región en el periodo entre 1997 y 2011. El entender cómo se dan los procesos de cambio en el paisaje es de importancia para determinar cómo se afectan o podrían verse afectados los recursos paleontológicos, y establecer estrategias de conservación y protección para los distintos yacimientos y sus fósiles ante un escenario cambiante.

Antecedentes

Las evaluaciones y análisis de impacto ambiental producido por los cambios de uso de suelo en México se han enfocado principalmente sobre las comunidades vegetales. En países como Estados Unidos y Sudáfrica, el impacto a los recursos paleontológicos debe ser evaluado dentro

de los estudios de impacto en los proyectos, y deben emplearse acciones de mitigación durante de las actividades de cambios en el uso de suelo (Paleontological Resources Preservation Act, 2009; National Heritage Resources Act No. 25, 1999), por lo que existen estudios y criterios en estos países para determinar el impacto de distintos proyectos sobre los yacimientos fósiles basados en el potencial paleontológico de cada unidad geológica (City of San Diego, 2007; Bureau of Land Management, 2008; Loughney, 2012)

Para Baja California se han elaborado análisis espaciales de los cambios que han existido entre los usos del suelo y los tipos de vegetación. En la península de Baja California para el periodo de 1978 a 2000 se calculó un cambio de uso de suelo del 7.7%, donde se determinó que los procesos de urbanización y desmatorralización son más intensos en la zona norte (Rosete *et al.*, 2009). En la actualidad, entre los principales procesos que han desencadenado los cambios de uso del suelo en Baja California son el crecimiento de las áreas urbanas como producto de la inmigración de población a la zona fronteriza, la actividad industrial y las actividades turísticas, teniendo consiguientemente como resultado el aumento de superficie agrícola, reservas territoriales para crecimiento urbano así como el incremento de sitios turísticos (Rosete *et al.*, 2009)

Área de Estudio: Colonet-Punta Baja

El Estado de Baja California, ubicado en la porción norte de la península del mismo nombre, se caracteriza por una baja densidad de población y una enorme dispersión de localidades, con un crecimiento concentrado en el norte, con ciudades como Tijuana, Mexicali y Ensenada, y muy disperso hacia el sur (Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California [POEEBC], 2014). El factor limitante principal para el desarrollo es la escasez del recurso hídrico

Los recursos paleontológicos

Para la región de Colonet-Punta Baja, existen distintas unidades geológicas, denominadas formaciones, cuyos fósiles registran de manera discontinua la historia geológica y biológica de la región de al menos los últimos 125 millones de años. Estas unidades se resumen en el **Cuadro 4-1**, con los tipos de evidencias paleontológicas reportados para cada unidad (elaborada a partir de la caracterización realizada en el capítulo anterior).

Cuadro 4-1. Estratigrafía generalizada de las rocas del área Colonet-Punta Baja y sus evidencias paleontológicas.

Era	Época	Edad	Unidad geológica	Fósiles
Cenozoico	Holoceno			
	Pleistoceno		Depósitos marinos. Depósitos marinos de arenas y conglomerados. Depósitos continentales aluviales.	Conchas de invertebrados marinos (moluscos). Restos de vertebrados terrestres (megafauna).
	Plioceno		Fm. Cantil Costero. Depósitos marinos de areniscas y conglomerados.	Conchas de invertebrados (moluscos) y restos de vertebrados marinos (cetáceos y sirénidos).
	Mioceno			
	Oligoceno			
	Eoceno			
	Paleoceno		Fm. Sepultura. Depósitos marinos de areniscas y conglomerados.	Conchas de invertebrados marinos, y restos de vertebrados marinos (dientes de tiburón).
Mesozoico	Cretácico superior	Maastrichtiano		
			Fm. Rosario. Depósitos marinos de areniscas, lutitas, limolitas y conglomerados.	Conchas de Invertebrados marinos (amonites y otros moluscos).
		Campaniano	Fm. El Gallo. Depósitos terrestres de areniscas, limolitas y tufa.	Restos de vertebrados terrestres (mamíferos, reptiles y dinosaurios), invertebrados marinos y restos de plantas (madera fósil).
			Fm. Punta Baja. Depósitos marinos de arenisca y esquistos.	Conchas de invertebrados marinos (moluscos)
		Santoniano Coniaciano	Fm. La Bocana Roja. Depósitos continentales de areniscas y conglomerados.	Restos de vertebrados terrestres (dinosaurios y aves)
		Turoniano	BATOLITO PENINSULAR	
		Cenomoniano		
	Cretácico inferior	Albiano	Fm. Alisitos. Depósitos metamórficos y sedimentarios de rocas volcánicas y calizas.	Invertebrados marinos (moluscos y equinodermos).
		Aptiano		

Características sociodemográficas

Los datos demográficos presentados fueron calculados a partir de los Censos Nacional de Población y Vivienda elaborados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el 2000 y 2010 (INEGI 2011; INEGI 2012). De acuerdo al censo, para el año 2010, dentro del área delimitada existían 360 localidades urbanas y rurales, de las cuales casi su totalidad (98%) se distribuyen a no más de 25 kilómetros de distancia de la costa. La población de todas estas localidades suma un total de 96,691 habitantes, la cual representa el 3% del total de la población de todo el Estado, y el 20% de todo el municipio de Ensenada.

En el municipio se da un fenómeno de alta concentración poblacional en pocas localidades, la cual se combina con una gran dispersión de localidades en el resto del territorio pudiendo encontrar muchas con menos de 10 habitantes (Gobierno del Estado de Baja California, 2010). Dentro del área de Colonet-Punta Baja encontramos un total de 10 localidades urbanas (con población mayor de 2,500 habitantes) y 350 localidades de tipo rural (**Figura 4-1**). La localidad urbana más poblada es la colonia Lázaro Cárdenas con 16,294 habitantes, seguida de Vicente Guerrero con 11,455. La población en todas las localidades urbanas suman un total de 63,287 habitantes, la cual representa el 66% de toda la población total en el área; el porcentaje restante se encuentra confinada en localidades rurales. Un total de trece localidades rurales, incluyendo Luis Rodríguez (El Vergel), Colonia Benito Juárez, Ejido Profesor Graciano Sánchez y El Rosario de Arriba, se encuentran pobladas por más de 1,000 habitantes cada una, representando la población del conjunto de estas más del 50% de la población de zonas rurales en el área de estudio.

Crecimiento poblacional 2000-2010

La población total en toda esta área para el año 2000 era de 77,251 habitantes, por lo que en un periodo de diez años la población aumentó cerca de veinte mil habitantes; esto representa un crecimiento de poco más del 25% para este periodo de tiempo. A nivel estatal, y municipal (Ensenada) existe una tendencia similar, donde el crecimiento poblacional para el mismo periodo fue del 27 y 26% respectivamente. De las localidades urbanas que presentaron un crecimiento poblacional más acelerado que el promedio, destaca la localidad Emiliano Zapata con un aumento del 65% en 10 años; los ejidos Papalote y Graciano Sánchez presentaron un aumento

cercano al 50%, mientras que la Colonia Lomas de San Ramón y el Ejido México (Punta Colonet) aumentaron cerca del 40% su población original. Las colonias Santa Fe y Nueva Era, así como los poblados de Camalú, y Lázaro Cárdenas (la localidad más poblada de la zona), presentaron un crecimiento levemente por encima del promedio. Algunas localidades urbanas registraron un aumento por debajo al promedio, tal como la Colonia Vicente Guerrero cuya población aumento tan solo el 4%, a pesar de ser la segunda localidad más poblada. En contraste, algunas de las localidades rurales más pobladas presentaron un decremento en sus poblaciones, tales como El Rosario de Arriba, y los Ejidos Rubén Jaramillo y General Leandro Valle, el primero con una disminución del 6%, y los otros dos con un decremento cercano al 19%. De acuerdo a las proyecciones elaboradas por el Sistema Estatal de Información Sociodemográfica (SEIS, 2014), los poblados de Lázaro Cárdenas y Camalú podrían estar cerca de alcanzar cada uno los 20,000 habitantes para el año 2030.

Toda esta región representa un área de cambios constantes y de un acelerado crecimiento poblacional en localidades urbanas, y de disminución en algunas localidades rurales. De acuerdo al Programa de Desarrollo Urbano de los Centros de Población de San Quintín y Vicente Guerrero (2010), la distancia que separa esta región de la cabecera municipal (Ensenada) y estatal no ha impedido su crecimiento, aunque sí es un factor que ha retrasado las acciones en materia de planeación, dotación de servicios públicos e infraestructura.

Procesos Migratorios: Inmigración y emigración

Los incrementos de la población registrados en la zona se han debido principalmente a procesos migratorios dada la demanda de trabajadores en las áreas agrícolas en el Valle de San Quintín. De acuerdo a los censos del INEGI casi la mitad de la población de la zona son originarios de otros estados, como Oaxaca, Guerrero, Sinaloa, y Michoacán, y son en su mayoría de procedencia indígena (Programa de Ordenamiento Ecológico de San Quintín [POESQ], 2007). A su vez, parte de la población emigra a las localidades urbanas, e incluso hacia Estados Unidos, en busca de mejores oportunidades de vida.

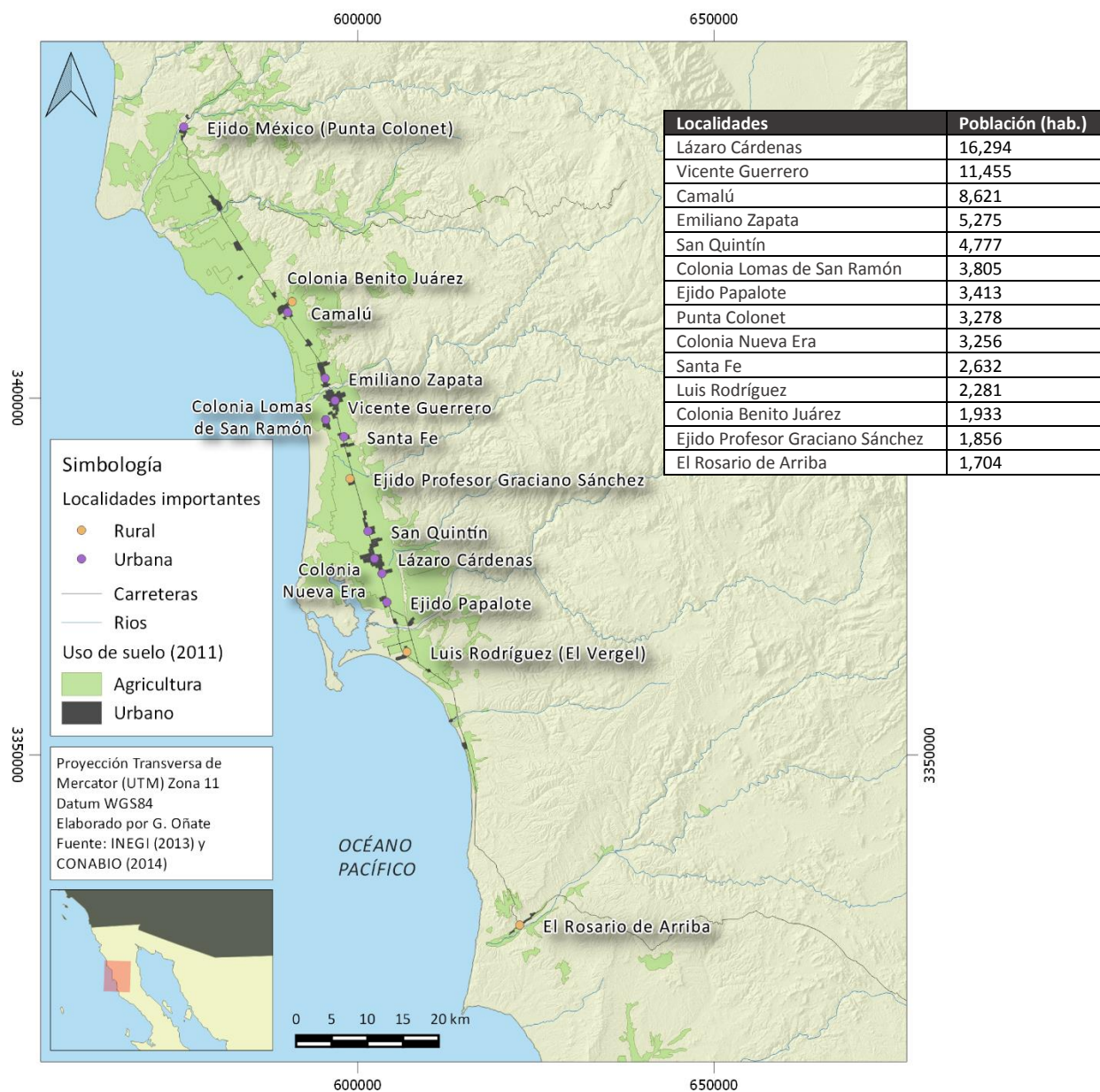


Figura 4-1. Localidades más pobladas en el área de Colonet-Punta Baja de acuerdo al censo de población y vivienda (INEGI, 2010). En el cuadro inserto se muestra el número de habitantes de cada localidad mostrada en el mapa.

Actividades económicas

La actividad económica principal es la agricultura de tecnología moderna, actividades comerciales, y de manera reciente la acuacultura, y el turismo en la laguna costera de San Quintín. A menor escala, pero no menos importantes, se encuentran también la pesca y la minería.

a. Agricultura y ganadería

La agricultura representa la principal actividad económica de la región, debido a dos factores fundamentales: la presencia de tierras aptas para la agricultura y a las grandes inversiones económicas realizadas en el área (Programa de Desarrollo Urbano de los Centros de Población de San Quintín y Vicente Guerrero, 2013). Entre los principales cultivos realizados en la zona son de tomate, cebollín y fresa. Para el 2011 se contaban con 52,000 hectáreas de suelo destinadas para la agricultura de riego anual, y 41,000 hectáreas para agricultura temporal (INEGI, 2013).

Las actividades agrícolas se realizan tanto de manera tradicional como a gran escala por empresas privadas; se cuenta con un gran número de empresas agrícolas instaladas en la región (alrededor de 37) que además del cultivo, realizan el empaque y la distribución de sus productos (POESQ, 2007), por lo que requiere la construcción de infraestructura especializada. El principal reto que enfrenta la agricultura en esta zona es la escasez del agua; la sobreexplotación de los mantos acuíferos ha obligado a estas empresas a contar con sus propias desaladoras de gran capacidad (POESQ, 2007). Dentro de estas mismas zonas agrícolas se ubican campamentos donde viven los jornaleros durante las temporadas altas (POESQ, 2007).

La ganadería es otra de las actividades que se realizan en el área, de tipo extensiva y principalmente con ganado bovino (POESQ, 2007). Las zonas ganaderas se encuentran en el área de Vicente Guerrero, Santo Domingo, y San Quintín.

b. Pesca y acuacultura

Las principales especies extraídas por empresas y personas físicas es en el área de San Quintín, moluscos como el abulón (*Haliotis* sp.), la almeja pismo (*Tivella stultorum*), el ostión (*Crassostrea gigas*), así como crustáceos como la jaiba y la langosta, algunas especies de algas y siete especies de peces (POESQ, 2007). De igual manera, el ostión es cultivado dentro de la Bahía de San Quintín.

c. Minería

De acuerdo a información del Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2014), dentro de la zona se realiza la extracción de piedra bola como material de construcción en el área de San Quintín (Ejido Chapala y Papalote) y en El Rosario (Ejido Reforma Agraria). A su vez se explotan otros

materiales pétreos y arenosos dentro de los cauces de los arroyos (POESQ, 2007). Entre las empresas mineras que se encuentran explorando en el área se encuentra la Thiess Chilena en búsqueda de cobre en San Quintín, así como la Cooperativa Rutilo de B. C. en San Antonio del Mar, en búsqueda de titanio en las arenas negras; la empresa Iberoamérica-China, de nacionalidad china, se encuentra actualmente explotando yacimientos ferríferos (Fe) en la mina Santa Úrsula, ubicada al Este de El Rosario (SGM, 2014).

d. Turismo

El turismo es un factor de desarrollo importante dentro del área costera del norte del Estado, principalmente en Tijuana, Rosarito y Ensenada; no obstante dentro del área de estudio no se han desarrollado proyectos turísticos a gran escala. El turismo realizado en estas zonas corresponde al tipo ecoturístico, en Bahía de San Quintín y dentro de las áreas naturales protegidas.

Tenencia de la tierra

La tenencia de la tierra en el área estudiada es principalmente de tipo Ejidal, aunque también la hay de propiedad privada y federal. De acuerdo al Registro Agrario Nacional (2015), existen 36 núcleos agrarios de tipo ejidal registrados en la zona (**Figura 4-2**), cuya superficie representa alrededor del 25% del territorio total en esta área de estudio, cubriendo prácticamente las zonas cercanas a la costa. El Ejido Reforma Agraria Integral, ubicado en la delegación de El Rosario, es el ejido más grande de todo México, con una extensión de 6,375 km² (Registro Agrario Nacional, 2015). Son de propiedad federal la zona marítimo-terrestre y las zonas federales de los cauces de los arroyos, al igual que otros cuerpos de agua y zonas de las carreteras, así como otras zonas como la Mesa El Pabellón ubicada al sureste; la zona volcánica de San Quintín pertenece al gobierno estatal (POESQ, 2007).

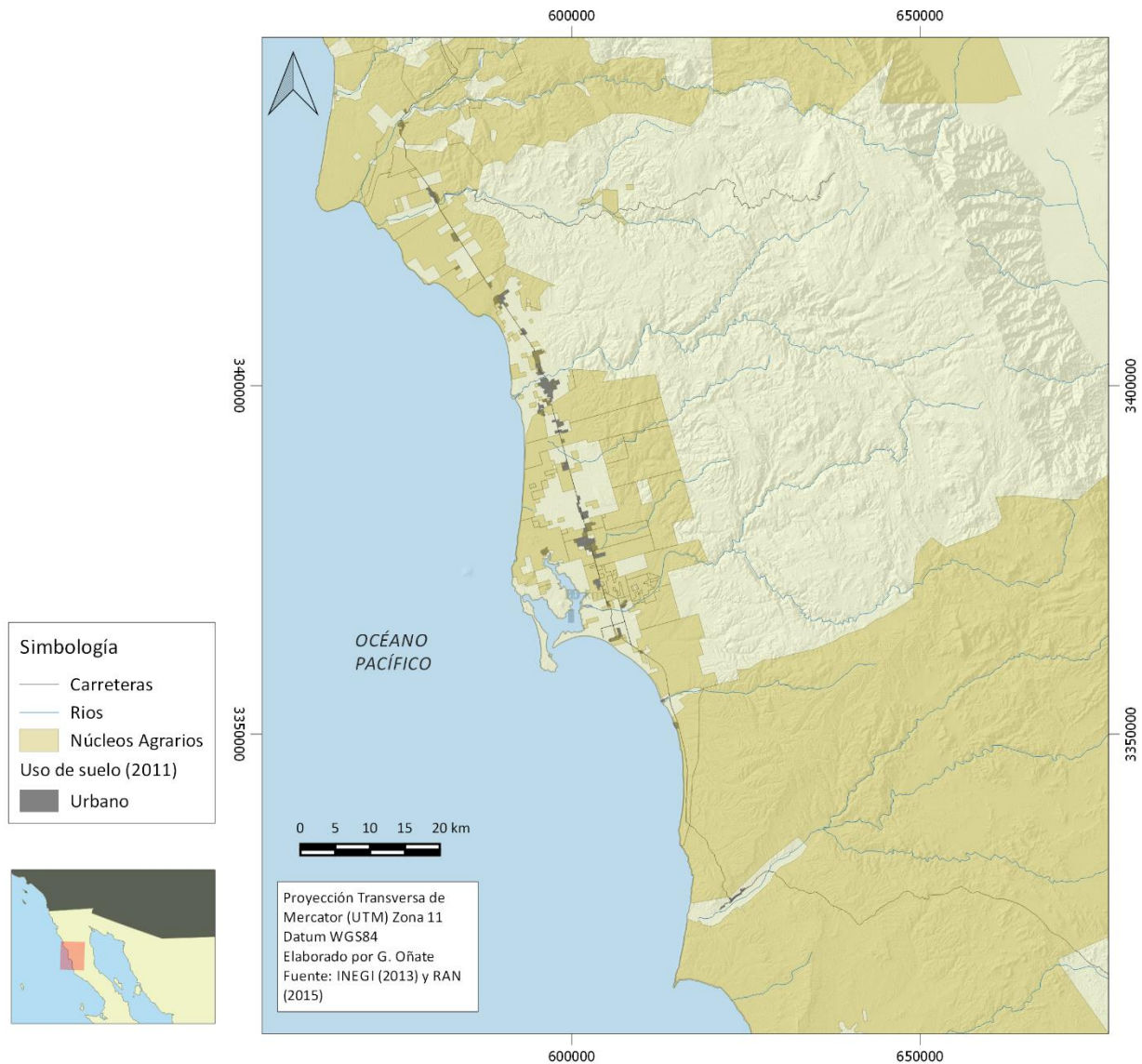


Figura 4-2. Núcleos agrarios de la región de Colonet-Punta Baja.

Metodología

De acuerdo a Bocco, Mendoza y Macera (2001), el analizar el proceso de cambio de uso implica tres pasos: a) la detección e interpretación cartográfica y digital del cambio, b) análisis de los patrones de cambio de cobertura y uso del suelo, y c) el análisis de las causas del cambio de uso del suelo. Aunque esta metodología ha sido propuesta para estudiar los cambios de los uso de suelo sobre la vegetación, puede ser aplicada igualmente para evaluar el cambio del paisaje sobre otro tipo de recursos, en el caso del presente trabajo los recursos paleontológicos.

El paisaje se compone de un conglomerado de unidades o patrones del suelo en un mapa. En diversas disciplinas como la geología, geomorfología, edafología, y en biología, la palabra paisaje es utilizada para indicar el patrón en los parches individuales que corresponden a los atributos del terreno que son objetos de estas ciencias, ya sean unidades geológicas, relieves, suelos y parches de vegetación (Zonneveld, 1990). En paleontología la unidad del paisaje que se trabaja es la formación geológica. Dada la dificultad que presenta delimitar yacimientos paleontológicos, y a que la presencia de los fósiles se encuentra fuertemente condicionada a la unidad geológica que los contiene (ya sea formación, miembro o estrato) (Bureau of Land Management, 2008), el estudio de los cambios de uso de suelo sobre los recursos paleontológicos puede realizarse a partir del análisis del cambio en la cobertura sobre las mismas unidades geológicas.

El potencial paleontológico de un área puede ser determinado a partir de la correlación establecida entre el fósil y la formación geológica en la que se encuentra (City of San Diego, 2007). Además, se sabe que los fósiles se encuentran en rocas de origen sedimentario, por lo que el potencial paleontológico de una unidad de roca ígnea, como el granito o basalto, es nulo; en unidades de rocas sedimentarias en donde se han realizado hallazgos previos, el potencial de realizar nuevos hallazgos es alto, incluso en otras ubicaciones de la misma unidad; áreas sin yacimientos paleontológicos conocidos, pero que poseen características geológicas similares a otras que si cuentan registros, puedan considerarse también como áreas con potencial paleontológico (Endere y Prado, 2008; Loughney, 2012). No obstante, debido a que muchas veces los fósiles se encuentran dispersos irregularmente (lateral y verticalmente) a través de una formación geológica, la localización de los fósiles no puede ser determinada de manera precisa (Stephenson *et al.*, 2009), por lo que solo puede determinarse el potencial de cada unidad geológica.

A diferencia de las unidades vegetales que pueden modificar su cobertura por causas naturales, la cobertura de las unidades geológicas no cambia naturalmente a la escala espacial y temporal estudiada; el crecimiento urbano y la agricultura al establecerse sobre las unidades geológicas pueden impactar los recursos del subsuelo mediante dos vías: a) a través del el impacto directo durante actividades de excavación o remoción de sedimentos, o indirectamente mediante b) la cobertura de las rocas, impidiendo el futuro acceso y estudio a los recursos. Cuando esto sucede

se considera como pérdida de cobertura de la unidad geológica, a pesar de que la roca quede debajo del asentamiento urbano o del suelo cultivado.

Para la detección del cambio de uso de suelo puede generarse la información a partir de una clasificación de imágenes satelitales tipo LANDSAT o de la interpretación de fotografías aéreas antiguas, o pueden utilizarse las capas de información de uso de suelo y vegetación elaboradas por INEGI, las cuales se encuentran disponibles en cinco series que van desde 1981 hasta 2011.

Obtención y procesamiento de las capas.

El área de estudio corresponde al área comprendida por Colonet-Punta Baja, para lo cual se generó un polígono (**Figura 1-1**) con los siguientes límites en UTM Zona 11: Norte 3450000 Sur 3307000 Este 555500 Oeste 677000. Se usaron datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Los insumos fueron generados a partir del Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales escala y las Capas de Uso de Suelo y Vegetación de cinco series a escala 1:250.000. Se utilizó el software QGIS 2.8.1 Wien para el manejo de información de capas y la cuantificación de las coberturas de cada clase para estas cinco series, y el programa IDRISI Selva para el análisis de cambio de uso de suelo en dos periodos de tiempo (1997-2011). Se manejó el sistema de coordenadas métricas UTM Zona 11 y datum WGS 84, para lo cual todas las capas trabajadas fueron convertidas a este sistema de referencia.

Se descargaron las siguientes capas de información del portal de INEGI correspondientes a varias cartas de cada una de las series disponibles.

- a) **Capas de Uso de suelo y Vegetación.** Escala 1:250 000. Series: I (1980-1981), II (1997), III (2002), IV (2010) y V (2011). Cartas: H1102, H1105, H1106 y H1109.

Estos archivos vectoriales fueron procesados de la siguiente manera:

1. Unión de las cuatro cartas por Serie
2. Cortar de acuerdo al polígono de extensión definido
3. Reclasificación de los atributos de la capa cortada:

La reclasificación de los atributos permitió asegurar que las estadísticas derivadas del estudio fueran equivalentes y comparables para cada una de las series. Los usos de suelo agrícolas fueron

reclasificados en una sola categoría, mientras que tanto las clases urbanas, localidades y asentamientos humanos fueron reclasificados bajo otra categoría.

b) **Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales.** Escala 1:250 000. **Cartas:** H1102, H1103, H1104, H1105, H1106, H1109. **Serie I**

Las cartas fueron procesadas siguiendo los siguientes pasos:

1. Unión de las capas de información en un solo archivo vectorial
2. Cortar de acuerdo al polígono de extensión
3. Reclasificación de los atributos

De acuerdo a los metadatos, el conjunto de datos geológicos vectoriales representa las diversas unidades de rocas que afloran en el área, referidas a un tiempo geológico (unidades cronoestratigráficas), los cuales son útiles para estudios a nivel regional y proyectos de ordenamiento territorial. Las rocas fueron clasificadas con el fin de simplificar la información geológica de acuerdo al objeto de interés: los fósiles. Las rocas sedimentarias fueron clasificadas en cinco categorías de acuerdo a su temporalidad: Cretácico Inferior (correspondientes a los depósitos de la Formación Alisitos), Cretácico Superior (Formaciones Bocana Roja, Punta Baja, El Gallo y El Rosario), Paleoceno (Fm. Sepultura), Plioceno (Fm. Cantil Costero); las rocas sedimentarias del Cuaternario de tipo aluvial, lacustre, palustre, y marinas fueron clasificadas dentro de la categoría Pleistoceno. El resto de rocas sedimentarias (depósitos no datados), así como unidades de suelo (litoral y depósitos eólicos), fueron clasificadas dentro de la categoría de “otras”. Las rocas restantes quedaron comprendidas dentro de las categorías de las rocas metamórficas e ígneas.

Generación de las capas de “Uso de suelo e información geológica”

Para generar las capas de información utilizadas para el análisis, se combinó la información del uso de suelo con la información geológica (**Figura 4-3**). Para esto, se procesó la capa geológica mediante la herramienta *Diferencia*, usando la selección de las entidades 1 y 2 (urbano y agrícola) de las series de datos de uso de suelo. Esto generó una nueva capa donde se eliminaron las áreas de las clases 1 y 2 (agrícola y urbana) de las unidades geológicas. Posteriormente, las entidades

seleccionadas (1 y 2) fueron Copiadas de la capa de Uso de suelo y pegadas en la capa nueva generada. Se realizó esto para cada serie.

1. Seleccionar entidades con ID 1 y 2
2. Herramienta diferencia (Usando únicamente los objetos espaciales seleccionados)
3. Copiar elementos seleccionados en la capa nueva generada

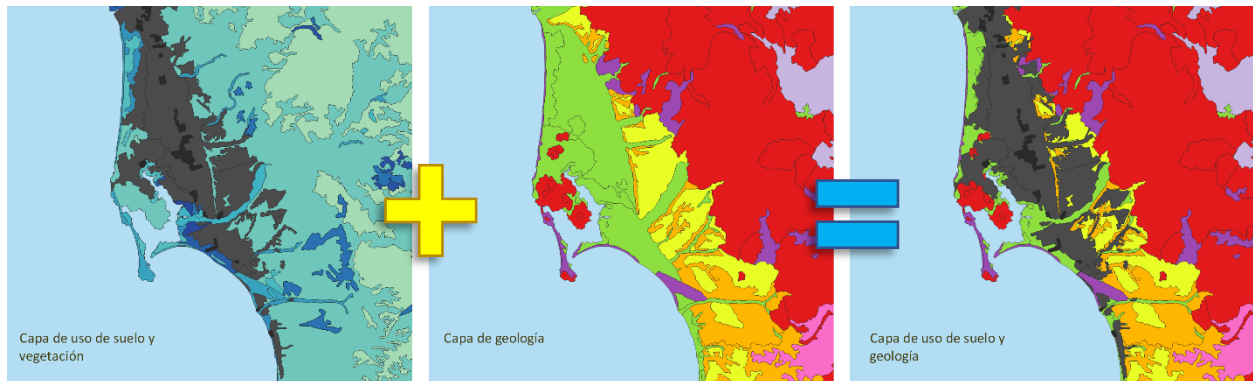


Figura 4-3. Diagrama que muestra el proceso simplificado de combinación para una de las series de uso de suelo, y la capa de geología.

Al final se obtuvieron cinco series de archivos vectoriales con información de Uso de suelo y geología para cinco periodos de tiempo, cuyos atributos quedaron definidos de la siguiente manera:

- **Agricultura (1):** Agricultura de riego anual, Agricultura de riego anual y permanente, Agricultura de temporada anual y Área Agrícola.
- **Zona Urbana (2):** Asentamientos humanos, Zona Urbana, Localidades
- **Cretácico temprano (3):** Rocas sedimentarias marinas (calizas) del Cretácico inferior
- **Cretácico tardío (4):** Rocas sedimentarias marinas y terrestres (arenisca y conglomerados) del Cretácico superior
- **Paleoceno (5):** Rocas sedimentarias marinas del Paleoceno
- **Plioceno (6):** Rocas sedimentarias marinas del Plioceno
- **Pleistoceno (7):** Rocas sedimentarias marinas del Cuaternario (areniscas y conglomerados), suelos de aluvión, de origen lacustre y palustre.
- **Otras sedimentaria (8):** Suelos eólicos, litoral, y otras rocas sedimentarias de Mioceno, o de temporalidad sin determinar.
- **Metamórfica (9):** Rocas metamórficas (incluyendo metasedimentarias)
- **Ígnea (10):** Rocas ígneas intrusivas o extrusivas

Los archivos vectoriales fueron transformados en formato raster (GEO TIFF) para facilitar el cálculo de cobertura por clase, con un tamaño de celda definido de 30 m x 30 m, donde el valor numérico de cada celda correspondió al número de la clase. Se cuantificó la cobertura para cada clase de cada una de las cinco series de datos mediante la herramienta de *Análisis de áreas* en QGIS. Se generaron tablas con las hectáreas y el porcentaje de cobertura total de cada serie de datos de uso de suelo y geología.

Análisis espacial de los cambios

Para el análisis espacial de los cambios se utilizaron las series correspondientes la Serie II (1997) y Serie V (2011). Los archivos raster de la serie II y V fueron convertidos a un archivo formato IDRISI (Con extensión .rst). Los archivos fueron cargados en el programa IDRISI The Selva Edition, donde en el módulo "*Land Chang Modeler/ES*" se calculó el cambio neto en la cobertura para cada clase (en hectáreas) y el cambio por proporción en área, así como datos de pérdida y ganancia para cada clase, y aportadores al cambio para la clase urbana y agrícola. Se generó un mapa donde se visualizaron los cambios entre las distintas clases, cuantificando la superficie para cada una de las transiciones.

Cartografía

Se generaron los productos cartográficos mediante la superposición de distintas capas de información en el programa QGIS 2.8.1 Wien. Para efectos de visualización, se generó un mapa de sombra de relieve (hillshade) a partir del modelo de elevación de terreno de resolución de 15 metros obtenido de INEGI, a su vez, se utilizó el contorno nacional escala 1:250,000, manipulando la transparencia de estas dos capas para generar el mapa base deseado.

Para visualizar los archivos generados en los análisis de cambio de uso de suelo, fue necesario modificar los atributos de las transiciones para simplificar los resultados, los cuales se sobrepusieron sobre las capas de información de uso de suelo (serie V), contorno nacional y sombra de relieve. Para fines de representación cartográfica de los cambios de uso de suelo, se utilizó la zonificación implementada en el Capítulo 3 (**Figura 3-9**). Con este trabajo fue posible identificar visualmente en donde se están llevando a cabo los principales usos de suelo así como

las distintas transiciones que existieron entre los distintos usos de suelo y con las unidades geológicas.

Resultados y discusión

Cuantificación general: Geología y usos de suelo entre 1981 y 2011.

El **Cuadro 4-2** muestra la cobertura en términos de porcentaje en superficie terrestre para las unidades geológicas, y para cada una de las series de uso de suelo procesadas. Geológicamente las rocas ígneas (extrusivas e intrusivas) comprenden el 51% del territorio, mientras que las rocas metamórficas el 15% (Fm. Alisitos). El 33% restante corresponden a rocas de tipo sedimentario; dentro de éstas el conjunto de depósitos de aluvión, palustre, lacustre y rocas marinas del Cuaternario representa el 14% del total, las del Cretácico Superior con una cobertura de cerca del 10% (Fm. Rosario), las rocas de Plioceno (Fm. Cantil Costero) y Paleoceno (Fm. Sepultura) ocupan un porcentaje de cobertura menor del territorio, alrededor del 4 y 2% respectivamente, mientras que las sedimentarias de Cretácico Inferior (Fm. Alisitos) resultaron las menos abundantes (con una cobertura menor al 1%); las sedimentarias de otro tipo representan el 5% total del territorio.

Cuadro 4-2. Porcentaje de cobertura de unidades geológicas y usos de suelo para cada serie de datos (1981-2011) para el área de Colonet-Punta Baja. Los cambios en la intensidad de los colores indican cambio (aumento o disminución) en la cobertura de cada clase. Las años marcada con asterisco (*) representan las series utilizadas para el análisis de cambios.

Clase		Porcentaje de cobertura por Serie (%)					
		Rocas	1981	1997*	2002	2010	2011*
Agricultura		0	4.29	6.30	7.91	7.99	7.99
Zona urbana		0	0	0.21	0.33	0.35	0.35
Roca sedimentaria	Cretácico inf.	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	Cretácico sup.	9.79	9.45	9.35	9.10	9.06	9.06
	Paleoceno	1.50	1.47	1.42	1.37	1.37	1.37
	Plioceno	3.70	3.27	2.90	2.53	2.49	2.49
	Pleistoceno	13.53	10.57	8.97	8.30	8.24	8.24
	Otro	4.65	4.61	4.56	4.44	4.44	4.44
Roca Metamórfica		15.13	15.10	15.12	15.12	15.13	15.12
Roca Ígnea		51.42	50.96	50.89	50.62	50.65	50.66

Cobertura de los usos de suelo de urbanos y agriculturas.

Respecto al uso de suelo, son las actividades agrícolas las que ocupan la mayor superficie en el área de estudio y por lo tanto, las que mayor impacto han tenido en el paisaje (Figura 4-4). Para el 2011 poco más de 90 mil hectáreas (ha), es decir el 8% del total del territorio, se encontraban destinada a algún uso agrícola, ya sea de agricultura temporal o permanente. En cambio, comparativamente solo 4,028 hectáreas se encontraban cubiertas por asentamientos humanos y por zona urbana (el 0.35% del territorio). De acuerdo a la SEMARNAT (2006), el estado de Baja California se encuentra entre los pocos estados del país que aún conservan más del 80% de superficie natural en su territorio, por lo que los valores de cobertura agrícola y urbanos encontrados para el presente trabajo coinciden con esta información, conservando sin actividades de suelo más del 90% del territorio. La problemática en la región es que estos usos de suelo se concentran principalmente en la zona costera ya que para el 2011, dentro de los 10 km a partir de la línea de costa, el 42% del territorio se encontraba modificado. A su vez, las coberturas de los usos urbanos y agrícolas fueron mayores para el área costera dentro del corredor que va de Colón hasta San Quintín, y menores en el parte sur del corredor (San Quintín - El Rosario).

Los usos de suelo agrícola (93,000 ha) se encontraban instalados principalmente sobre suelos originados a partir de rocas sedimentarias (91%), principalmente del Cuaternario (ya sea aluviales o depósitos marinos del Pleistoceno), Plioceno y Cretácico Superior, mientras que el porcentaje restante se encontraba confinada a suelos originados de rocas ígneas (9%) (**Figura 4-5**). De las 4,028 hectáreas de suelos con uso urbano, el 98% se encontraban sobre suelos de origen sedimentario, del Cuaternario (Pleistoceno) y Plioceno principalmente, y en menor proporción en las del Cretácico Superior.

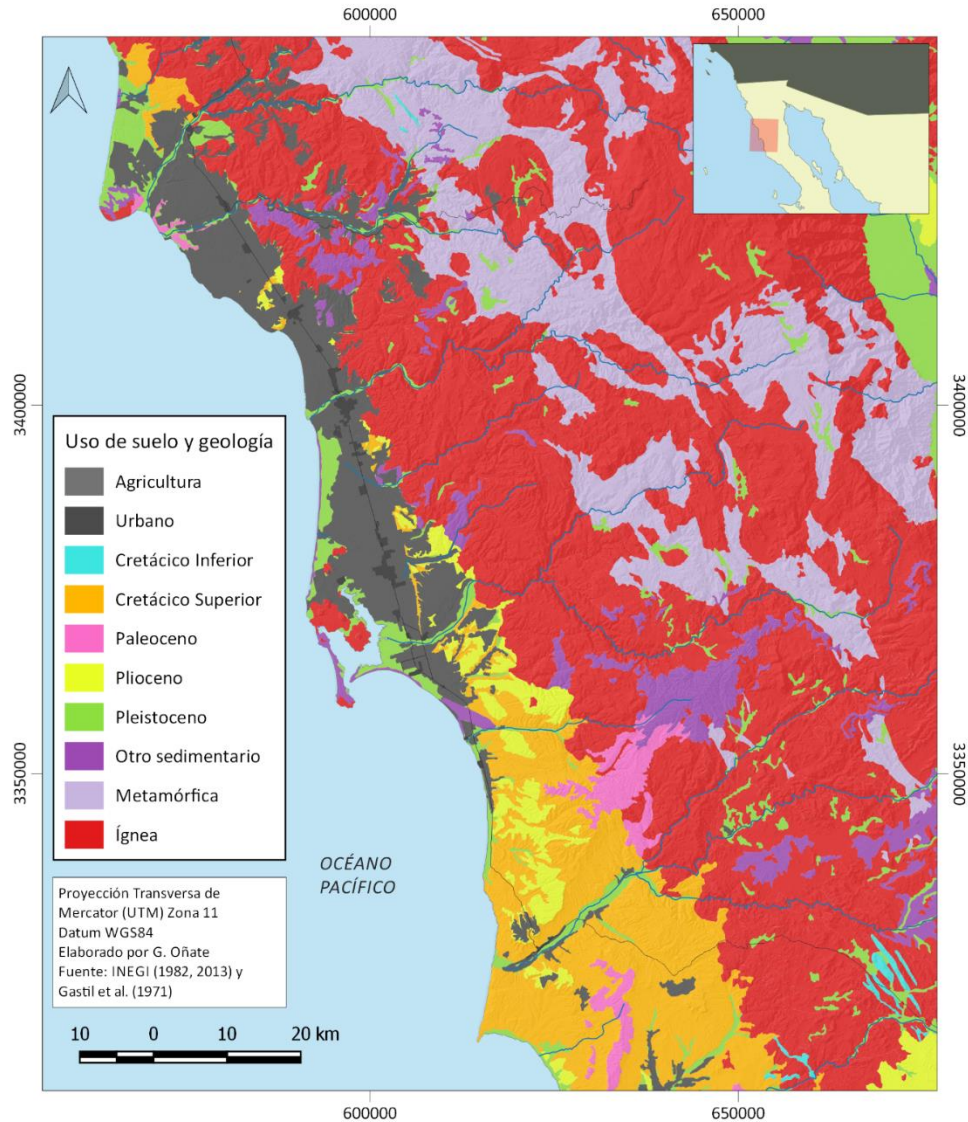


Figura 4-4. Geología y uso de suelo del área de Colonet-Punta Baja para el año de 2011.

Un cuarto del total de las rocas sedimentarias fosilíferas se encontraban ocupadas por algún uso de suelo (urbano o agrícola); los usos de suelo se encontraban cubriendo el 37% de las rocas sedimentarias del Cuaternario/Pleistoceno, el 31% de las rocas del Plioceno, mientras que para las rocas del Paleoceno presentaron una cobertura del 9% y 7% para las del Cretácico superior. Las unidades de rocas sedimentarias del Cretácico inferior no se encontraban ocupados por algún uso de suelo, las ígneas presentaron un valor cercano al 1%, mientras que la ocupación en unidades metamórficas fue casi nulo.

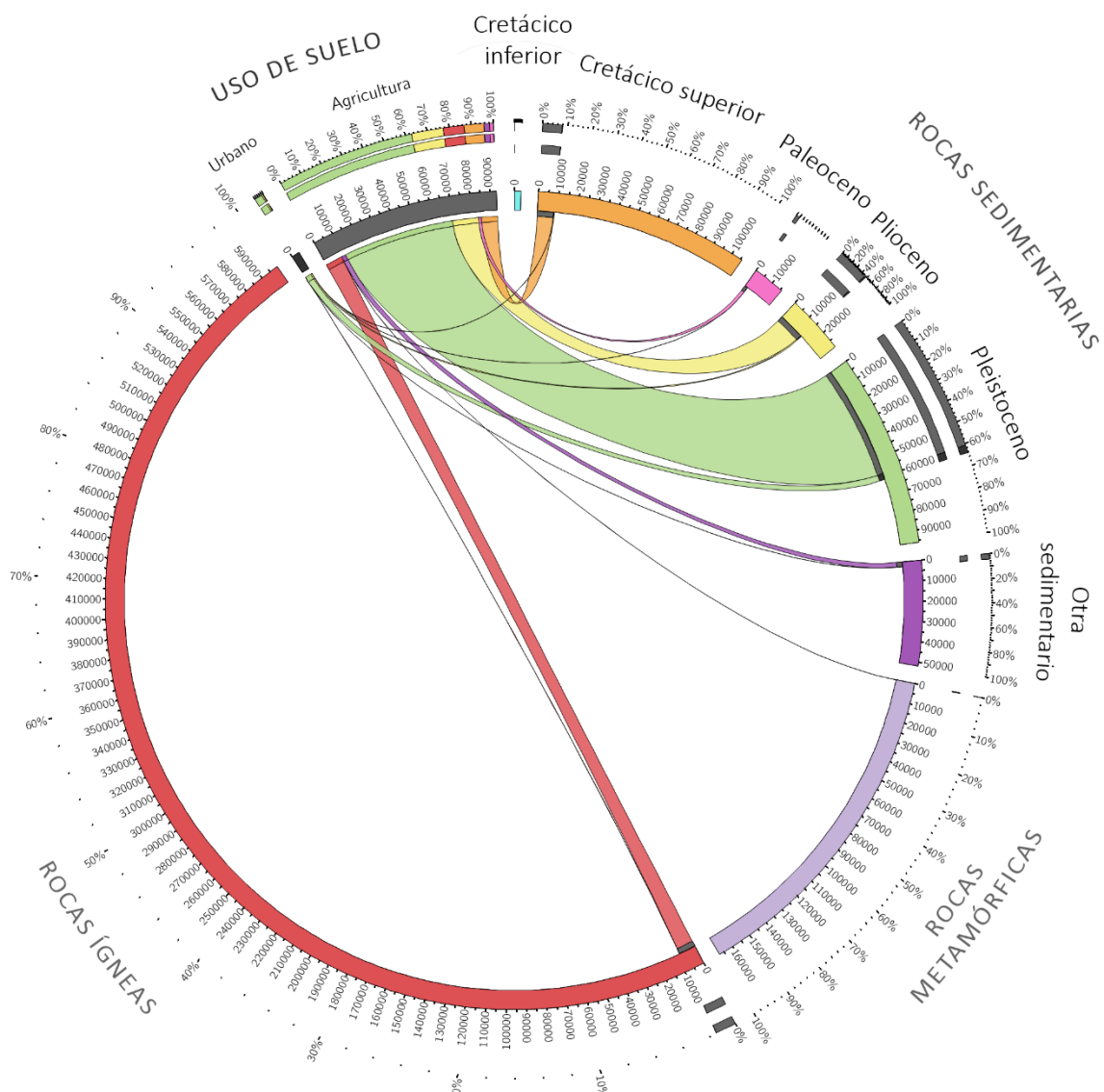


Figura 4-5 Grafico tipo Circos que muestra la relación entre la proporción de superficie entre unidades geológicas y la cobertura por los usos de suelo urbano y agrícola para el 2011. Elaborado en <http://mkweb.bcgsc.ca/tableviewer/>

Cambios en el uso de suelo agrícola y urbano entre 1981 y 2011

En un periodo de 30 años (desde 1981 hasta el 2011) el porcentaje de suelo utilizado para actividades agrícolas casi duplicó su cobertura (en un 46%), aumentando 23 mil hectáreas en los primeros 16 años de ese periodo, 19 mil de hectáreas en el periodo de 1997-2002, y únicamente 947 hectáreas en los siguientes nueve años (2002-2011), por lo que se podría decir que los cambios más grandes se dieron durante el periodo de 1981 a 2002, pudiendo responder a políticas de fomento al desarrollo agrícola en la región durante este periodo.

Las clases urbanas no se encontraban mapeadas en el área para la serie I de 1981. Esto puede deberse a dos causas: a que las áreas de este tipo no tenían el tamaño suficiente para poder ser mapeados a la escala trabajada por INEGI, o a que no existían en el área, no obstante muchos poblados ya se encontraban instalados en el área para ese tiempo: por ejemplo la población de San Quintín para 1980 ya era de alrededor de 1,100 habitantes. Hasta el año de 1997 se registran las primeras coberturas urbanas, donde el área total ya era de casi 2,500 hectáreas.

Durante el periodo de tiempo de 1997-2002 (5 años) se registró un crecimiento considerable de los usos agrícola y urbano en esta zona, aumentando en 20% las áreas agrícolas y en un 35% las zonas urbanas. Para el periodo de tiempo más reciente (2002-2011) la cobertura agrícola registró un aumento de poco más de 900 hectáreas (representando el 1% de su cobertura original), mientras que para el 2011 la mancha urbana había aumentado 189 ha., alrededor del 4.7% del total de su área en el 2002 (**Figura 4-6**). Lo anterior demuestra que en los últimos años las zonas urbanas han aumentado de manera más rápida que las áreas agrícolas.

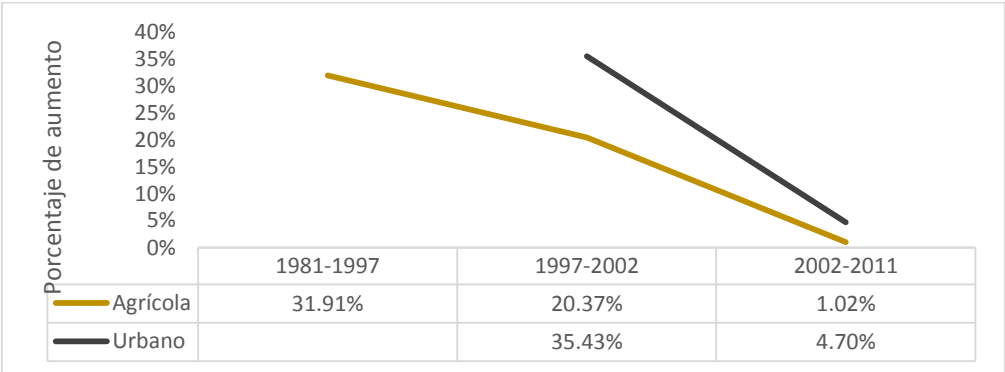


Figura 4-6. Porcentaje de aumento en la cobertura del uso de suelo agrícola y urbano para el área de Colonet-Punta Baja durante tres periodos de tiempo (1981-2011).

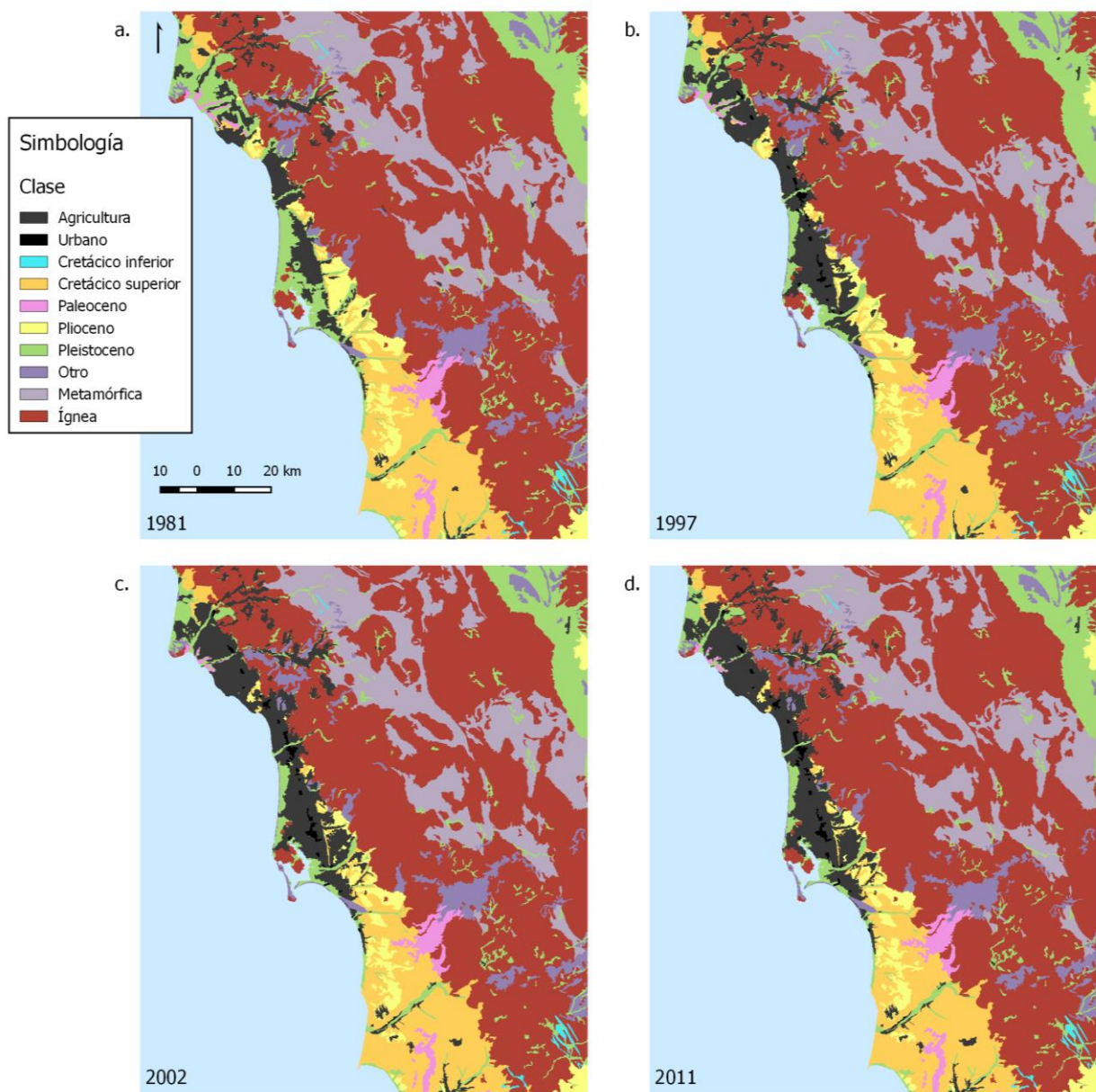


Figura 4-7. Cobertura de uso de suelo para el área de Colonet-Punta Baja para cuatro series de tiempo a) 1981 b) 1997 c) 2002 y d) 2011. Se omitió el mapa de la serie IV (2010) dada la alta similitud visual que presentaba con la serie subsiguiente (2011).

Rosete *et al.* (2009) determinaron que, para toda la península, la desmatorralización como producto de actividades agropecuarias fue el proceso de cambio más importante para el periodo de 1978 y 2000. Reportan también que, a pesar de que el crecimiento de la zona urbana en términos de magnitud no fue grande, la superficie incrementada representó el 270% de la superficie original, lo que representa un crecimiento muy acelerado. Aunque para el presente estudio se estudia en concreto una zona de la península de Baja California y se analiza un periodo

de tiempo menor, se observa que algunos de los procesos de cambio de uso de suelo (urbanización y crecimiento agrícola) se dieron también de manera acelerada, principalmente durante el periodo comprendido de 1981 a 2002, y donde los usos de suelo agrícolas fueron también los más importantes.

Análisis de cambio entre 1997-2011

El periodo de 1997-2011 representó un lapso de tiempo de 14 años, durante los cuales se dieron cambios en el uso de suelo y del paisaje (**Figura 4-7: b y d**). A pesar de que el cambio total del territorio fue de tan solo del 0.02%, las coberturas de los distintos usos de suelo aumentaron considerablemente; el área agrícola aumento de 73 mil a 93 mil hectáreas (el 21% de su área original), mientras que la zona urbana de 2,500 a 4,000 hectáreas, representando un aumento del 38%. Estos cambios se dieron principalmente en la región costera, y dentro del corredor Colonet-San Quintín.

Cambio neto (1997-2011)

El cambio neto se entiende como la diferencia entre el terreno ganado y el terreno perdido entre un periodo de tiempo determinado. Durante el periodo de 14 años comprendido por los años de 1997-2011, el cambio neto total en términos absolutos fue de 21,229 ha, representando un aumento del 22% de su superficie y el 2% total del territorio modificado.

El cambio neto para cada clase se encuentra representando en la **Figura 4-8a**. El suelo con un uso agrícola fue el que más aumento en cobertura con un crecimiento de casi 19,700 ha, mientras que el urbano aumento un poco más de 1,500 ha. Los terrenos con unidades de rocas sedimentarias fueron los que mayormente presentaron pérdidas; los sedimentos de Cuaternario (Pleistoceno) y Plioceno fueron los que mayor cobertura perdieron como consecuencia del aumento de los uso de suelo urbano y agrícola, seguido de las rocas del Cretácico superior e ígneas. Las rocas metamórficas y las sedimentarias del Cretácico inferior no se vieron afectados por los cambios de uso de suelo.

El análisis de cambio neto en términos del porcentaje de su cobertura permite determinar de manera más precisa qué tipo de rocas se encuentran más vulnerables ante el cambio dado la distribución restringida de algunas de estas unidades. Las rocas ígneas, a pesar de haber perdido

2,000 hectáreas durante este periodo, estas representaron menos del 1% de la cobertura inicial dada la gran extensión de estas rocas en el área. En el caso contrario, las rocas de Paleoceno sufrieron una pérdida de 653 ha (menos hectáreas perdidas que las de las rocas ígneas), sin embargo estas representaron el 4% de su cobertura.

Las unidades de roca sedimentarias de Plioceno, Pleistoceno resultaron las más amenazadas ante los cambios de uso de suelo (**Figura 4-8b**), con una pérdida neta mayor al 5% de su área (16% y 9%). Las rocas sedimentarias de Paleoceno y Cretácico superior presentaron pérdidas representativas de su cobertura con valores del 4% y 3% respectivamente.

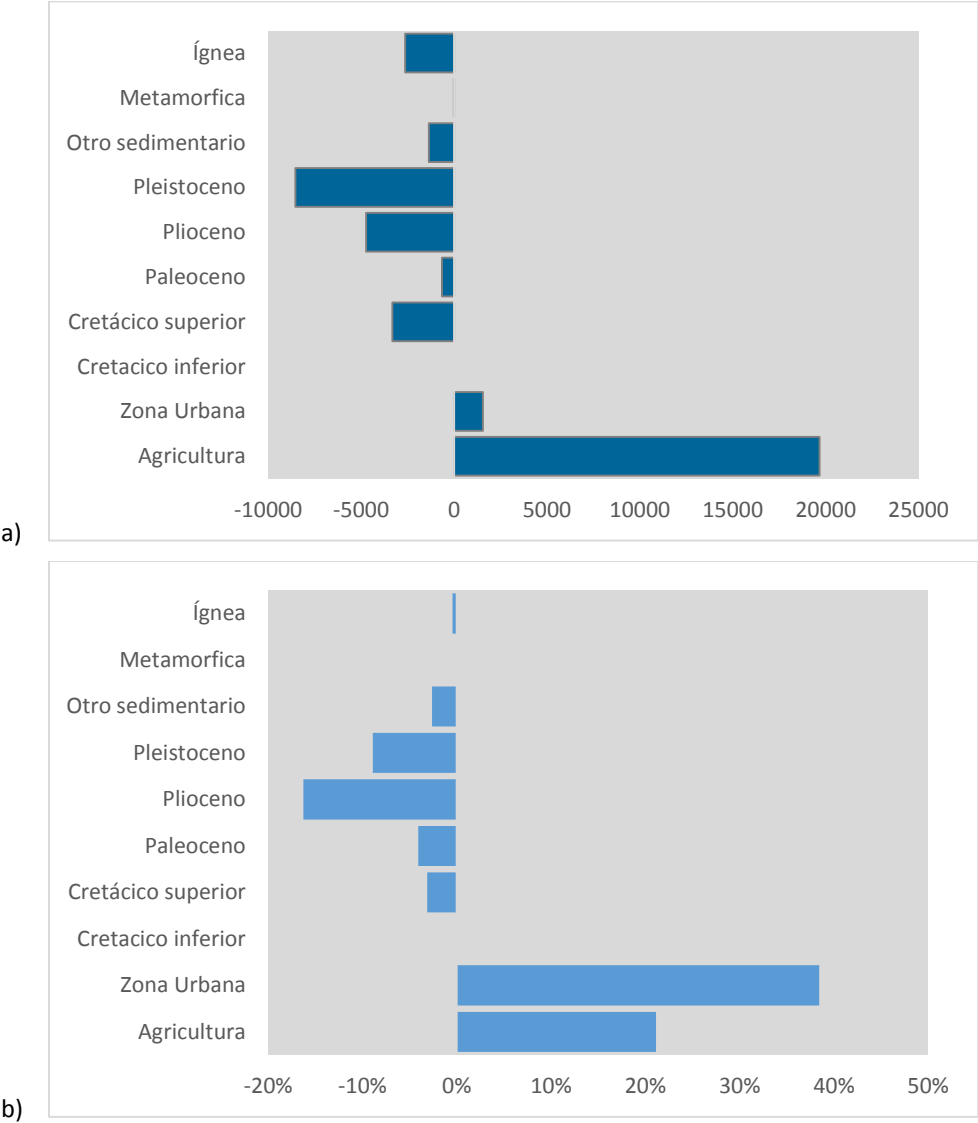


Figura 4-8. Cambio neto para cada clase entre 1997 y 2011 para el área de Colonet-El Rosario a) en hectáreas y b) en porcentaje de cobertura para cada unidad.

Pérdidas y Ganancias (1997-2011)

También resulta importante entender del cambio neto, qué cantidad se perdió y se ganó para cada una de las clases; un cambio neto positivo puede indicar no solamente ganancias, sino también pérdidas de terreno, aunque siempre menores a la cobertura aumentada. A pesar de que el cambio neto fue de 21,229 hectáreas, el cambio total, considerando tanto pérdidas y ganancias, fue de 35,559 ha, representando el 3% del total del territorio.

En la **Figura 4-9** observamos que la agricultura ganó un número de hectáreas considerable (27 mil ha.), pero de manera simultánea alrededor de otras 7,000 hectáreas de terrenos agrícolas dejaron de ser utilizadas para este propósito, no obstante el cambio neto se mantuvo positivo. La zona urbana aumento 1,609 hectáreas, perdiendo solamente 61 ha de manera simultánea. Entre las unidades de roca que ganaron más hectáreas por la pérdida de uso, de ya sea agricultura o urbana, fueron principalmente las rocas sedimentarias del Pleistoceno y de roca ígnea.

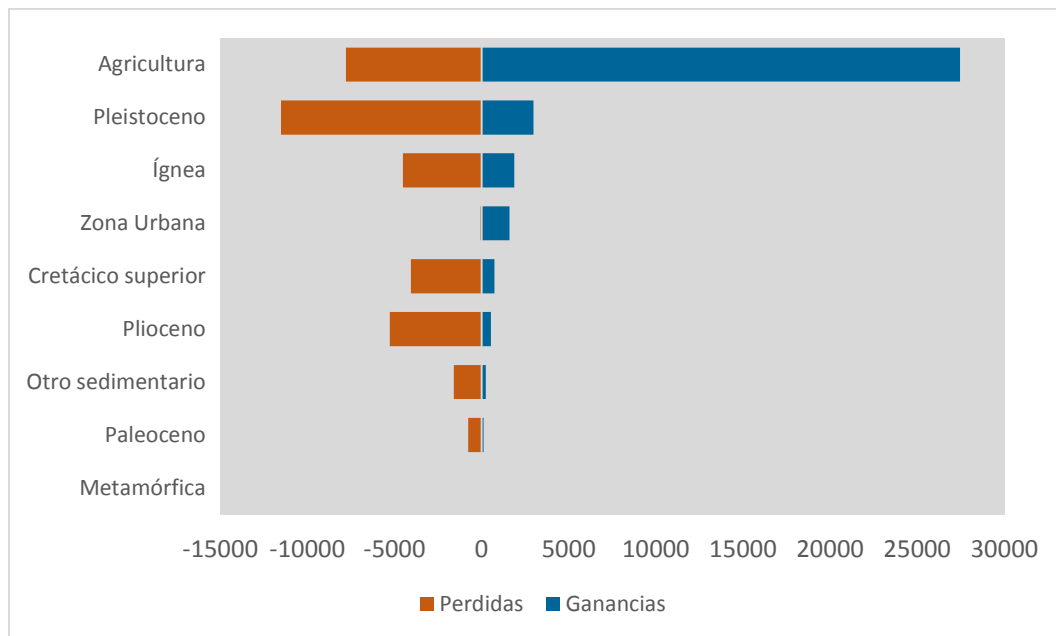


Figura 4-9. *Pérdidas y ganancias en hectáreas en el área de Colonet-Punta Baja entre 1997 y 2011.*

Procesos de cambio de uso de suelo

El realizar una relación y un análisis detallado de todos los cambios de uso en el suelo, permite englobar los cambios en el suelo en tres procesos principales en términos de área, los cuales se ilustran en la **Figura 4-10** y se cuantifican de manera específica para cada unidad geológica en el **Cuadro 4-3**. El principal es la conversión de unidades de las unidades geológicas (principalmente de las rocas sedimentarias de Pleistoceno y Plioceno) hacia la agricultura. El segundo proceso es la transición de coberturas agrícolas a zona con cobertura urbana, la cual corresponde a la urbanización de los suelos agrícolas. El tercero es la pérdida de cobertura de terrenos agrícolas, dejando al descubierto las unidades de rocas que una vez estuvieron ocupadas por estas actividades, principalmente en suelos de Pleistoceno y de rocas ígneas.

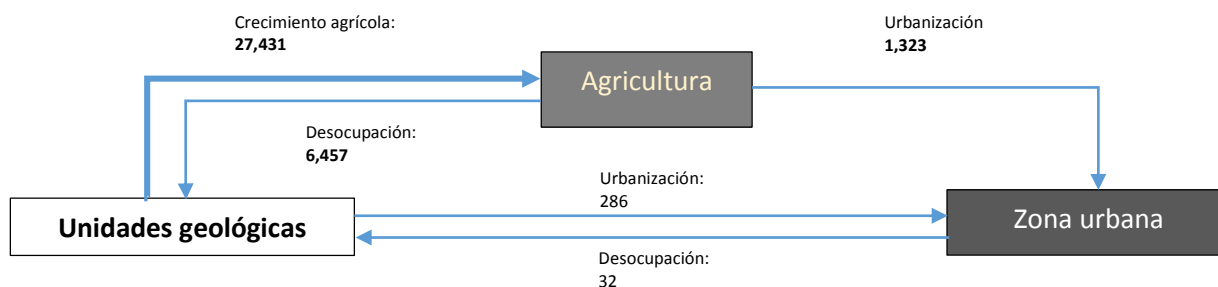


Figura 4-10. Diagrama de flujo de los cambios de uso de suelo en el área de Colonet-Punta Baja (1997-2011). Las cifras están en hectáreas.

El crecimiento agrícola puede explicarse por las diversas políticas existentes a nivel regional que fomentan las actividades económicas de tipo agrícola en la región, además de los procesos migratorios, en donde la población indígena proveniente del centro y sur del país proporcionan mano de obra para las labores del campo.

Los procesos de urbanización van relacionados con los procesos de crecimiento poblacional. En un periodo de 10 años (2000-2010) la población total del área aumentó el 25%, mientras que la superficie urbana aumento 38% (1997-2011). El promedio anual de crecimiento es de 2.5% mientras que el de la cobertura urbana del 2.7%. El crecimiento de la población dados los movimientos de inmigración en el territorio, así como parte de los procesos naturales de natalidad, se traduce en un aumento directo en la cobertura en las zonas urbanas sobre zonas

cercanas a los campos agrícolas y dentro de los mismos; este aumento da principalmente sobre suelos destinados anteriormente a algún uso agrícola.

La urbanización de los terrenos agrícolas se explica dada la distribución de estas unidades; gran parte de los terrenos agrícolas se encuentran localizados alrededor de los centros de población, por lo que el crecimiento urbano dentro de los mismos poblados solo puede realizarse sobre los suelos agrícolas localizados en las periferias de estos, mediante el fraccionamiento de las parcelas donde se van instalando los nuevos asentamientos.

Los procesos de pérdida de cobertura agrícola, es decir, el abandono de campos, puede explicarse por diversos factores, como pudiera ser 1) la salinización de los suelos (POESQ, 2007), 2) la falta de agua como producto del agotamiento de este recurso o de la intrusión salina en mantos acuíferos o, 3) por los movimientos migratorios de las poblaciones rurales hacia las ciudades o el extranjero lo que reduciría la mano de obra en los sembradíos.

Cuadro 4-3. Procesos de cambios de uso de suelo cuantificados para cada transición en el área de Colonet-Punta Baja para el periodo de 1997-2011. Las cifras se encuentran redondeadas a números enteros, y los procesos y transiciones se encuentran ordenados de mayor a menor.

Proceso	1997	2011	ha
Aumento de cobertura agrícola	Pleistoceno	Agricultura	11,347
	Plioceno	Agricultura	5,219
	Ígnea	Agricultura	4,483
	Cretácico Superior	Agricultura	4,018
	Otro	Agricultura	1,585
	Paleoceno	Agricultura	764
	Metamórfica	Agricultura	15
Pérdida de cobertura agrícola	Agricultura	Pleistoceno	2,967
	Agricultura	Ígnea	1,860
	Agricultura	Cretácico Superior	738
	Agricultura	Plioceno	534
	Agricultura	Otro	233
	Agricultura	Paleoceno	110
	Agricultura	Metamórfica	13
Urbanización de suelo agrícola	Agricultura	Urbano	1,323
Aumento de cobertura urbana (Urbanización)	Pleistoceno	Urbano	171
	Cretácico Superior	Urbano	42
	Plioceno	Urbano	40
	Ígnea	Urbano	33
	Otro	Urbano	1
Pérdida de cobertura urbana (Desurbanización)	Urbano	Agricultura	30
	Urbano	Ígnea	20
	Urbano	Pleistoceno	11
	Urbano	Plioceno	0

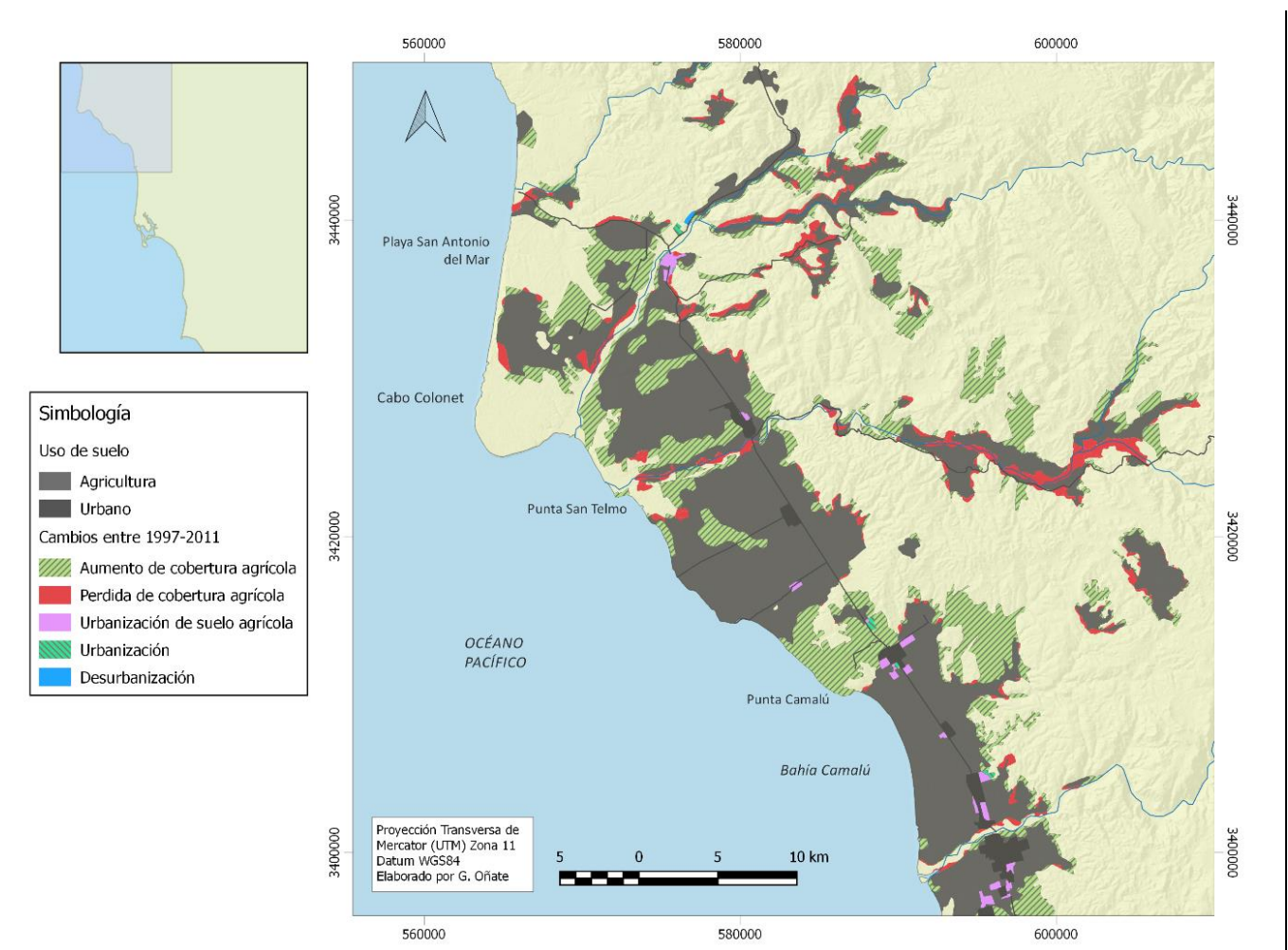


Figura 4-11. Uso de suelo y cambios de uso de suelo para el periodo de 1997 – 2011 para el área de Colonet- Camalú. Para efectos de visualización se omitieron las transiciones individuales menores a 9,000 ha.

Los procesos de cambio de uso de suelo, tanto agrícolas como urbanos, se dieron principalmente en el área costera de los corredores de San Antonio del Mar-Camalú (**Figura 4-11**), Vicente Guerrero-San Quintín (**Figura 4-12**), y en menor medida en El Rosario (**Figura 4-13**). En su análisis de cambio de uso de suelo, Rosete *et al.* (2009) encontraron que los procesos de urbanización en general son más intensos en el norte del Estado de Baja California, para lo cual existe una tendencia similar para el área estudiada.

Los procesos de urbanización se aprecian en color rosa y verde fuerte en los mapas, coincidiendo con ocho de las diez localidades urbanas ubicadas para la zona: Punta Colonet, Camalú, Emiliano Zapata, Vicente Guerrero, Lomas de San Ramón, Santa Fe, Lázaro Cárdenas, y Ejido Papalote.

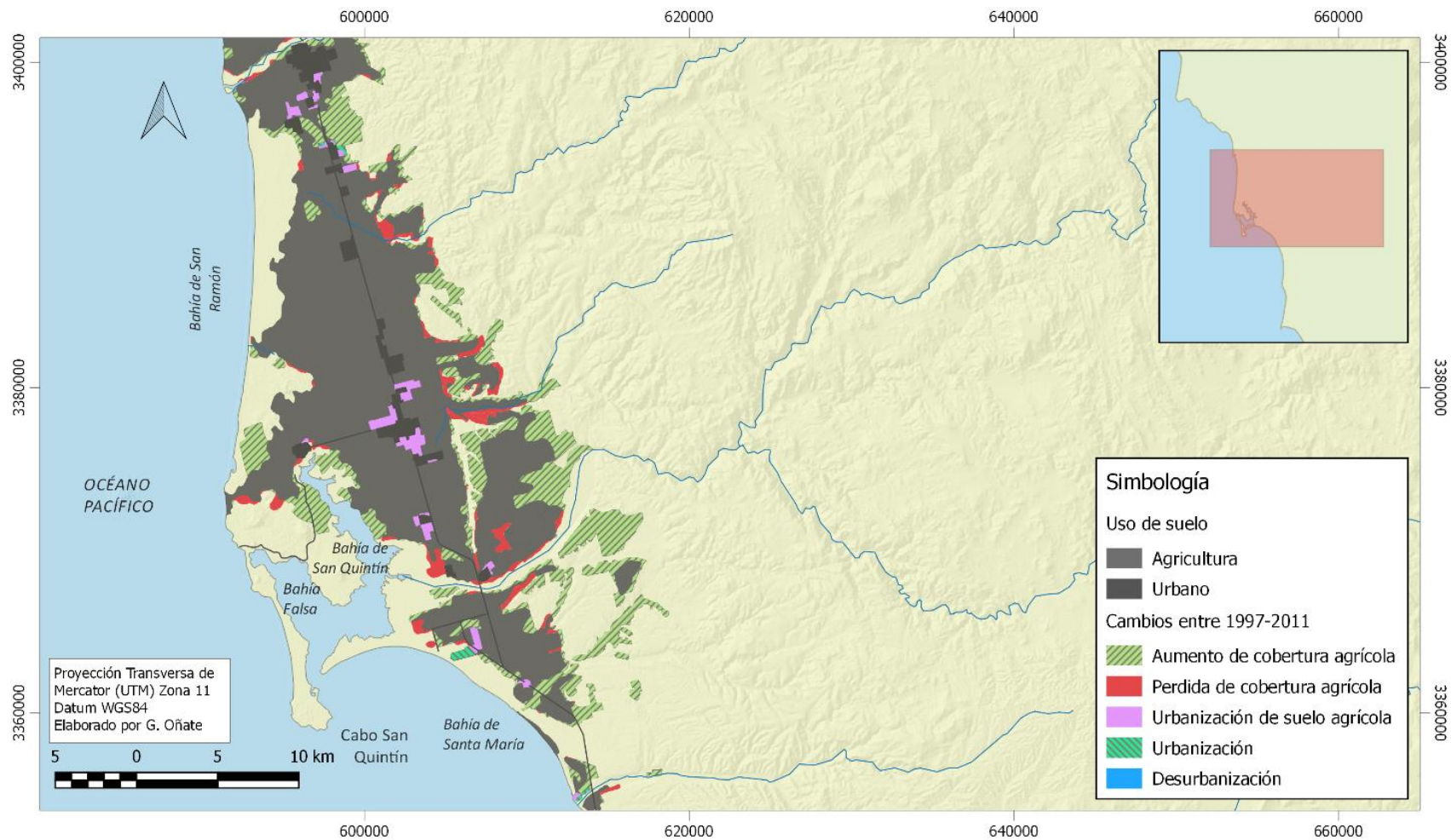


Figura 4-12. Uso de suelo y cambios de uso de suelo para el periodo de 1997 – 2011 para el área de San Quintín. Para efectos de visualización se omitieron las transiciones individuales menores a 9,000 ha.

Adicionalmente, aproximadamente 11 localidades rurales presentaron también un aumento de cobertura de uso urbano, como lo fue (de norte a sur) el Ejido 27 de Enero, el poblado Héroes de Chapultepec, Ejido Mesa de San Jacinto, Lomas de los Ángeles, Santa Cruz, Ejido Chapala, Ejido Francisco Villa, Luis Rodríguez, Ejido Nueva Odisea, El Coyote y El Rosario de Arriba. Los procesos de desurbanización se registraron únicamente en una localidad (Ejido 27 de Enero) ubicada en el **Figura 4-11**. La mayoría de los procesos de urbanización se dieron en la periferia del límite de las localidades urbanas hacia todas direcciones sobre zonas previamente establecidas con uso agrícola, a excepción de las localidades de tipo rural El Rosario y Luis Rodríguez, donde el crecimiento se está dando de manera lineal y polarizada (a lo largo de la carretera transpeninsular y de los arroyos), tanto sobre suelos de uso agrícolas y sobre terrenos nuevos.

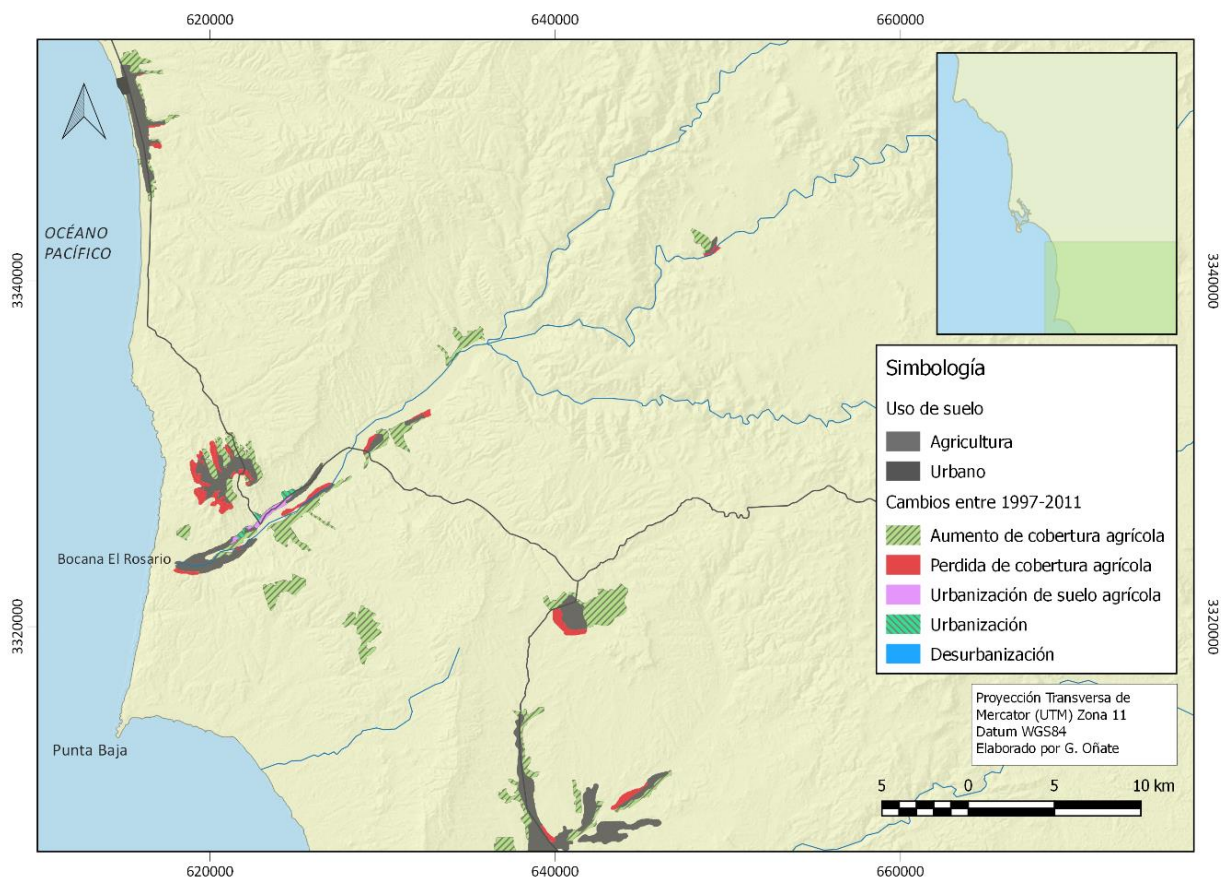


Figura 4-13. Uso de suelo y cambios de uso de suelo para el periodo de 1997 – 2011 para el área de El Rosario. Para efectos de visualización se omitieron las transiciones individuales menores a 9,000 ha.

Aportaciones a la zona agrícola y urbana (1997-2011)

Durante el periodo estudiado de 14 años, el principal aportador al aumento de la agricultura en terminos de superficie, fueron los suelos con rocas de tipo sedimentario, principalmente los de Cuaternario/Pleistoceno, Plioceno y Cretácico Superior (**Figura 4-14a**). La contribución alta por parte de rocas sedimentarias hacia la agricultura puede explicarse ya que, considerando que los suelos son producto por la desintegración física y química de las rocas del subsuelo, existe una relación directa entre el tipo de suelo y la roca que le origina; algunos suelos son más aptos para la agricultura que otros, generalmente los de origen sedimentario que no se encuentran tan consolidados. El aportador principal a la zona urbana fue la agricultura; esto implica que existe una tendencia en el aumento de asentamientos humanos y de procesos de urbanización sobre áreas que anteriormente estaban destinadas a un uso agrícola, siendo solo del 16% en suelos sin ningún uso anterior (**Figura 4-14b**).

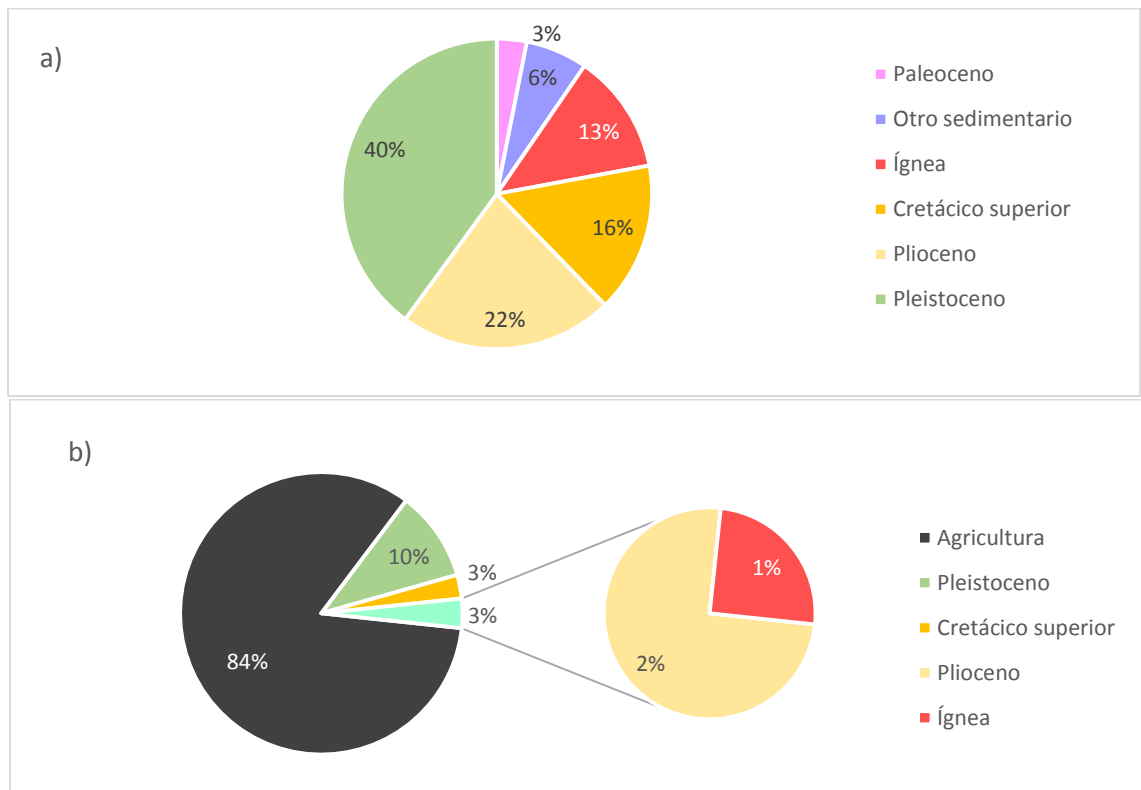


Figura 4-14. Aportaciones principales al cambio del uso de suelo en el área de Colonet-Punta Baja durante 1997-2011 para a) uso agrícola y b) uso urbano.

Usos de suelo y localidades paleontológicas

Los terrenos agrícolas y urbanos se encontraban instalados principalmente en suelos del Cuaternario (rocas sedimentarias marinas del Pleistoceno), y algunos otros sobre depósitos aluviales recientes localizados sobre los cauces de ríos y otros depósitos más antiguos, algunos pudiendo ser del Pleistoceno y con un potencial paleontológico alto dado los descubrimientos realizados anteriormente en estos depósitos (Guía-Ramírez, Oviedo-García y Pacheco, 2013).

Gran parte de estas localidades referenciadas en el capítulo anterior corresponden a zonas en donde se encuentran expuestas las rocas, tales como cañones, cantiles, cortes de terreno, lomeríos, las cuales son áreas no aptas para un uso agricultura o la instalación de asentamientos urbanos. No obstante las unidades geológicas que contienen fósiles se localizan también por debajo de la capa edáfica en zonas donde sí se presentan los cambios de uso de suelo, por lo que es común la aparición de evidencia paleontológica durante diversas actividades que impliquen la excavación o remoción de sedimentos.

Al superponer las capas de mapas de localidades paleontológicas (**Figura 3-10, Figura 3-12 y Figura 3-14**) sobre los mapas de uso de suelo y cambios de uso de suelo (1997-2011) (**Figura 4-11, Figura 4-12 y Figura 4-13**) se pudieron identificar las siguientes situaciones:

- Algunos de los sitios paleontológicos registrados para el área de Colonet se encuentran sobre terrenos destinados a un uso de suelo agrícola, tal como los depósitos del Cretácico de Rancho Johnson (Loc. 3). Las Canteras de Plioceno (Loc. 11) se encuentran amenazadas ante el crecimiento agrícola y urbano cercano en esa zona (Camalú). Los sitios ubicados sobre la costa se encuentran protegidos de estas actividades debido al difícil acceso a estos (Loc. 1 y 6). Pocos sitios de esta zona se encuentran relativamente cercanos a una localidad urbana o rural poblada.
- En San Quintín los depósitos sedimentarios de Pleistoceno se encuentran altamente amenazados por el crecimiento urbano y agrícola (**Figura 4-15**); algunos de los hallazgos de megafauna del Pleistoceno (23 y 24) han sido realizados producto de las actividades asociadas al desarrollo urbano. Los sitios ubicados en las zonas costeras se encuentran protegidos por sus características, de las actividades humanas (urbanas y agrícolas)

cercanas a la zona. Los sitios de Paleoceno se de San Quintín se encuentran próximos a áreas agrícolas, mientras que todos los sitios de Plioceno ubicados en las distintas mesas (25, 26, 27 y 28), se encuentran en áreas destinadas a algún uso de suelo agrícola de aumento reciente. Los sitios paleontológicos de la Formación Alisitos se encuentran alejadas de los poblados y zonas agrícolas (31).

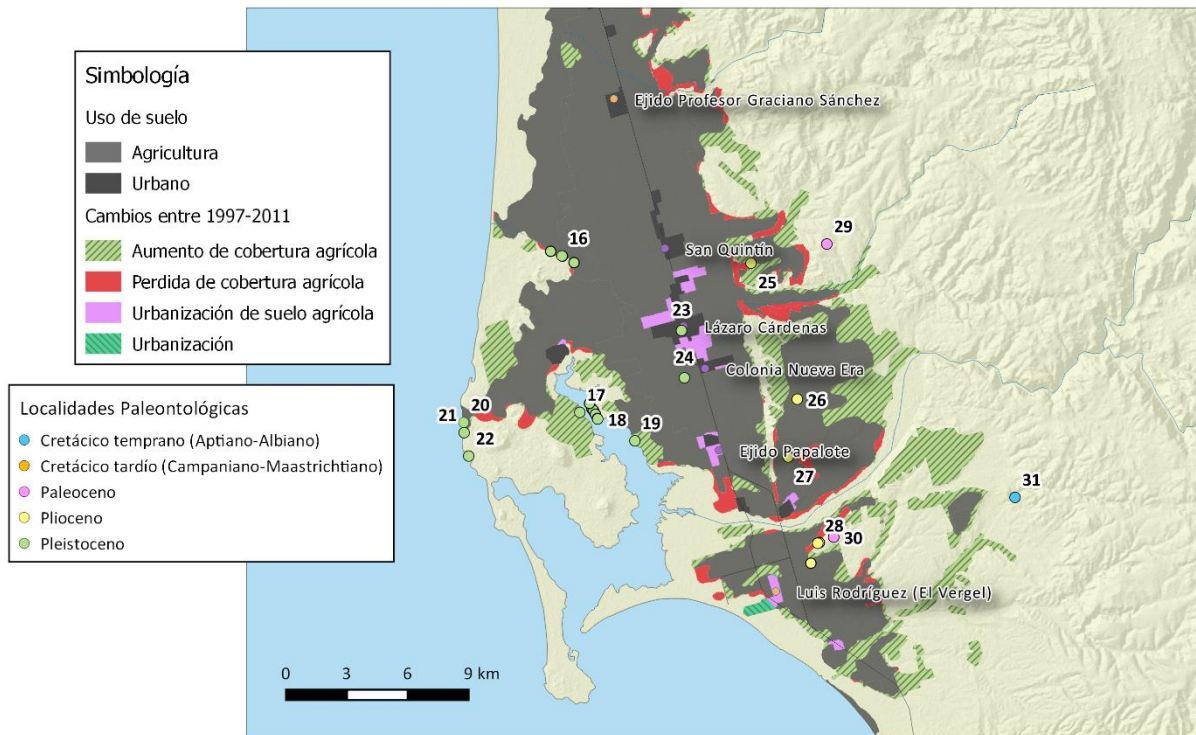


Figura 4-15. Sitios paleontológicos de San Quintín y los cambios de uso de suelo durante 1997-2011

- La zona de Valle Tranquilo, donde fue recuperado el molar de mamut, se encuentra destinada a la agricultura. Los sitios de Cretácico tardío y Plioceno de Valle Tranquilo y El Consuelo (Loc. 36 y 40) no presentan cuantificado un uso de suelo antrópico. El mismo poblado de El Rosario se ubica sobre rocas de la Formación Rosario y El Gallo, donde incluso muchas de las localidades paleontológicas estudiadas por Kilmer (1963) coinciden con algún uso urbano u agrícola actual. Una zona agrícola de reciente apertura se localiza dentro de los mismos depósitos paleontológicos de El Gallo (Loc. 45). Sobre la mesa El Rosario se realizan actividades agrícolas en proximidad a sitios paleontológicos

correspondientes al Plioceno (Loc. 50) (**Figura 4-16**). Los sitios paleontológicos de La Bocana Roja y Punta Baja localizados hacia el sur del Arroyo El Rosario, no se encuentran con algún tipo de uso de suelo detectable. Los yacimientos ubicados en Mesa de la Sepultura y los Torotes se mantienen alejados de las actividades de desarrollo.

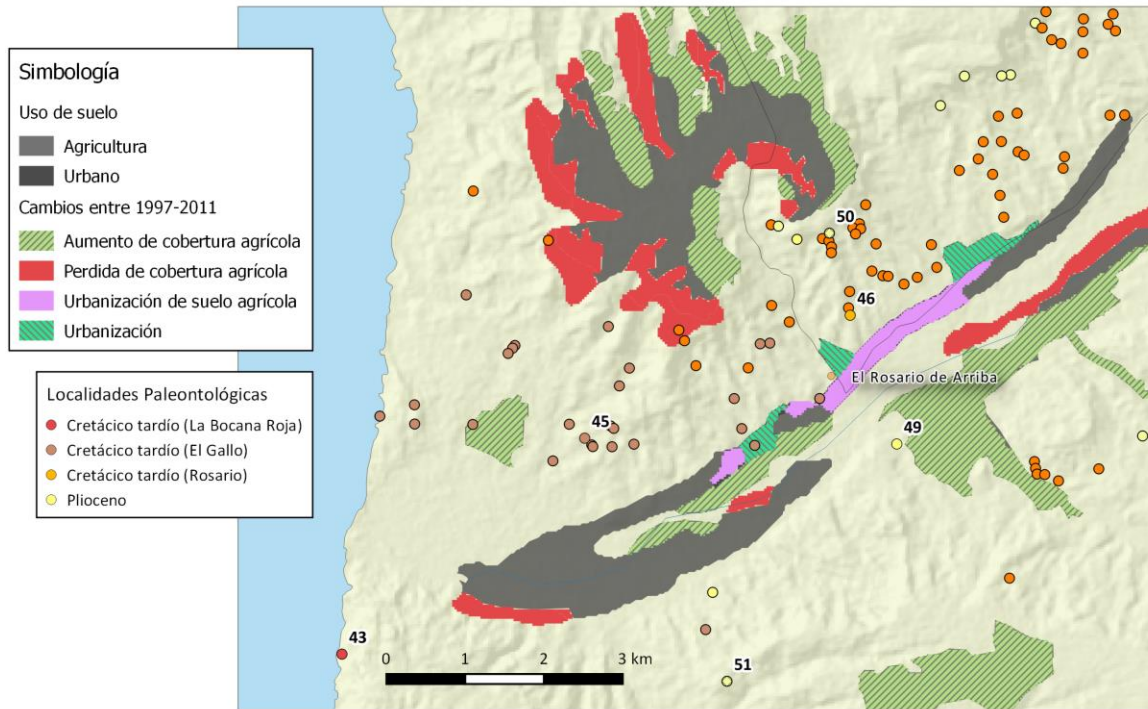


Figura 4-16. Sitios paleontológicos de El Rosario y los cambios de uso de suelo (1997-2011)

Conclusión

La metodología implementada permitió determinar a la escala estudiada los usos de suelo actuales (al 2011) para el área de Colonet-Punta Baja, los cambios en las coberturas de los usos de suelo y de las unidades geológicas del área a través de 30 años, así como las transiciones entre cada una de los usos de suelo para el periodo de 1997-2011 (en un total de 14 años). Se pudo determinar en qué medida se han visto afectados los recursos paleontológicos a través del análisis de los cambios en las unidades geológicas. Se pudo establecer además el posible impacto de los usos de suelo sobre algunas de las distintas localidades paleontológicas georreferenciadas en el Capítulo 3. A pesar de que los cambios masivos de uso de suelo se encuentran focalizados en la zona norte del Estado (Tijuana, Mexicali y Ensenada), en el área de Colonet-Punta Baja han

existido cambios importantes en el paisaje dados principalmente por las actividades agrícolas, y en menor medida a los procesos de urbanización.

Del siguiente trabajo destacan los siguientes puntos:

- En el área de Colonet-Punta Baja existían al 2010, un total de diez localidades urbanas (+2,500 hab.) y 13 localidades rurales de más de 1,000 habitantes cada una.
 - La localidad más poblada es la colonia Lázaro Cárdenas con 16,294 habitantes
 - Algunas localidades urbanas han presentado un crecimiento poblacional muy acelerado de hasta del 65% para un periodo de diez años (2000-2010), muy por encima del promedio para todo el Estado.
- Para el año de 2011:
 - El 8% del paisaje se encontraba modificado principalmente por la agricultura, y en menor medida por los procesos de urbanización.
 - Dentro de los 10 km a partir de la línea de costa, el 42% del territorio se encontraba modificado.
 - Los usos de suelo antrópicos son mayores en el norte y centro del corredor, Colonet y San Quintín, que hacia el sur, en el área de El Rosario.
 - El 29% del total de las unidades geológicas corresponden a rocas sedimentarias fosilíferas.
 - EL 25% del total rocas sedimentarias fosilíferas se encuentran ocupadas con algún uso urbano o agrícola.
 - Las unidades geológicas más impactadas en términos de cobertura por los distintos usos de suelo antrópicos son los depósitos sedimentarios de Pleistoceno y Plioceno.
- Para el periodo de 1981-2011
 - Las zonas urbanas han presentado un crecimiento más rápido que el de las zonas agrícolas.
- Para el periodo de 1997-2011

- El crecimiento urbano se cuantificó en alrededor de 15 localidades tanto urbanas como rurales.
- A pesar de que los cambios representan un porcentaje pequeño del total del territorio, éstos se están dando principalmente en la zona costera, donde se distribuyen de igual manera las unidades geológicas fosilíferas.
- Durante 1997-2011 el área de los usos de suelo antrópicos aumentaron un 22%.
- Las rocas de Plioceno se encuentran más vulnerables principalmente por los usos de suelo del tipo agrícola.
- Se documentaron tres procesos de cambio principales
 - La superficie agrícola aumenta sobre terrenos nuevos
 - La desocupación de suelos para la agricultura
 - El área urbana crece sobre terrenos previamente ocupados por las actividades agrícolas
- Los cambios de uso de suelo ha sido más intensos en el norte que hacia el sur de la region.
- De manera específica, algunos depósitos paleontológicos de importancia científica y cultural, han sido y están siendo afectados por los cambios en el uso de suelo: los depósitos de Pleistoceno y Plioceno por el desarrollo agrícola y urbano en San Quintín, y las rocas del Cretácico Superior (El Gallo y El Rosario) por el crecimiento urbano y agrícola en El Rosario.

Bibliografía

- Bocco, G., Méndez, M., y Masera, O. R. (2011). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, 44, 18-38.
- Bureau of Land Management (2008). *Potential Fossil Yield Classification (PFYC) System for Paleontological Resources on Public Lands*. Recuperado de http://www.blm.gov/wo/st/en/prog/more/CRM/paleontology/paleontological_regulations.print.html
- City of San Diego (2007). *Draft General Plan: PALEONTOLOGICAL RESOURCES*. Recuperado de <http://www.sandiego.gov/planning/genplan/pdf/peir/paleontological.pdf>
- Endere, M. L., y Prado, J. L. (2008). Criterios de selección, valorización y zonificación de yacimientos arqueológicos y paleontológicos. En M. L. Endere y J. L. Prado (Eds.), *Patrimonio, ciencia y comunidad: su abordaje en los partidos de Azul, Olavarría y Tandil* (pp. 47-65). Argentina: INCUAPA.
- Galicia, L., García, R. A., Gómez-Mendoza, L., y Ramírez, I. (2010). *La degradación de los recursos forestales en México*. Recuperado de http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=135
- Gobierno del Estado de Baja California [GEBC] (2010). Perfil sociodemográfico de Ensenada. Recuperado de : http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/ensenada/evolucion_demo.jsp
- Guía-Ramírez, A., Oviedo-García, F., y Pacheco, G. (2013). San Quintín, Baja California: una perspectiva paleontológica y arqueológica. *SCA Proceedings*, 27, 46-56.
- INEGI (2011). XII Censo General De Población y Vivienda 2000.
- INEGI (2012). Censo de Población y Vivienda 2010
- Loughney, K. (2012). *Paleontology Resource Management Plan. Colorado, Estados Unidos: Geoscientists-In-theParks document*. Recuperado de

https://www.nature.nps.gov/geology/gip/web_products/CHOH_2012_GIP_Loughney_PaleoResourceManagementPlan.pdf

- Morales, J. R., Azanza, B. A., y Gómez, E. R. (1999). El Patrimonio Paleontológico Español. *Coloquios de Paleontología*, 50, 53-62.
- *National Heritage Resources Act No. 25* (1999). Sudáfrica.
http://www.unesco.org/culture/natlaws/media/pdf/southafrica/za_natheritagresources1999_engorof.pdf
- Paleontological Resources Preservation Act (2009). *Omnibus Public Land Management Act of 2009*. Estados Unidos. Recuperado de
https://nature.nps.gov/geology/nationalfossilday/prpa_text.cfm
- Programa de Desarrollo Urbano de los Centros de Población de San Quintín y Vicente Guerrero (2003). Acuerdo mediante el cual se aprueba el Programa de Desarrollo Urbano de los centros de Población de San Quintín y Vicente Guerrero del municipio de Ensenada, Baja California, así como los documentos de mención. *Periódico Oficial del Estado de Baja California*, 110(21), 6-158.
- Programa de Ordenamiento Ecológico de San Quintín [POESQ] (2007). Acuerdo del Ejecutivo del Estado por medio del cual se aprueba el programa de Ordenamiento Ecológico de la Región de San Quintín. *Periódico Oficial del Estado de Baja California*, 115(25), 1-207.
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California [POEEBC] (2014). Acuerdo del Ejecutivo mediante el cual se aprueba la publicación del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California actualizado. *Periódico Oficial del Estado de Baja California*, 121(34), 1-434.
- Rosete, V. F. A., Perez, D. J. L., y Bocco, G. (2009). Contribución al análisis del cambio de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la Península de Baja California, México. *Investigación ambiental*, 1(1), 70-82.
- SEMARNAT (2006). Vegetación y uso de suelo. En José Luis Lueg Tamargo *et al.* (Eds.) *El Medio Ambiente en México 2005*. Recuperado de
http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/pdf/2_info_resumen.pdf

- Servicio Geológico Mexicano [SGM] (2014). Panorama Minero del Estado de Baja California. Recuperado de http://www.sgm.gob.mx/pdfs/BAJA_CALIFORNIA.pdf
- Sistema Estatal de Información Sociodemográfica (SEIS, 2014). Proyecciones por localidades 2010-2030. Recuperado de <http://www.copladebc.gob.mx/seis.html>
- Stephenson, B., Griffen, J., Gibson, E., Demere, T., Kennedy, G. L., y Minch, J. A. (2009). Guidelines for Determining Significance Paleontological Resources. Recuperado de <http://www.sandiegocounty.gov/dplu/docs/Paleo-Guidelines.pdf>
- Zonneveld, I. S. (1990). Scope and Concepts of Landscapes Ecology as an Emergin Science. En I. S. Zonneveld y R. T. T. Forman (Eds.) *Scope Changing Landscapes: An Ecological Perspective* (pp. 3-19). Estados Unidos: Springer.

Cartografía

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (1982). *Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales*. Escala 1:250 000. Serie I.
- INEGI (2013). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación*. Escala 1:250.000, Serie V (Conjunto Nacional).
- Registro Agrario Nacional (2015). *Polígonos de Núcleos Agrarios del Estado de Baja California*. Servicio web en formato KML para Google Earth.

Capítulo 5 La legislación y administración del patrimonio paleontológico en México y Baja California

Introducción

Desde 1986 el patrimonio paleontológico forma parte del patrimonio cultural de México, y desde entonces su jurisdicción se encuentra a cargo del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). El estudiar y analizar de manera específica de qué manera se encuentra comprendido el patrimonio paleontológico por la legislación nacional, y el cómo se ha trabajado desde entonces dentro de las distintas instancias encargadas de su conservación y protección, permite determinar la situación actual de este patrimonio en el país en relación a su protección y administración, ya sea si el marco normativo existente es el adecuado para la protección particular de los fósiles, así como la identificación de las distintas herramientas y figuras legales que se han utilizado o se pudieran implementar para la protección legal de los sitios paleontológicos. Resulta importante también estudiar de qué manera se ha incluido este patrimonio dentro de los distintos instrumentos de políticas públicas y ambientales de la región, tales como los ordenamientos ecológicos y territoriales, los distintos programas y planes de desarrollo, y dentro de las Áreas Naturales Protegidas del país, con el fin de integrar la protección del patrimonio paleontológico dentro de los distintos instrumentos de protección ambiental ya existentes.

Antecedentes históricos de la protección paleontológica en México

En esta sección se redactan algunos de los antecedentes de la protección paleontológica en el país, desde la promulgación y las distintas reformas de las leyes relacionadas con el patrimonio paleontológico, hasta las distintas iniciativas que han existido en esta materia. Este texto fue elaborado a partir de una investigación documental, así como de los resultados preliminares de una indagación histórica en el tema realizada por Felisa Aguilar a lo largo de su labor en gestión del patrimonio paleontológico, comunicados de manera personal en enero del 2015.

La protección paleontológica en México

En el país han existido diferentes leyes relacionadas a la protección del patrimonio cultural de la nación bajo distintos nombres desde 1930 (Schroeder, 1983). No fue hasta 56 años después

cuando el patrimonio paleontológico figuró de manera explícita por primera vez dentro de la legislación mexicana, bajo el marco de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas de 1972 como consecuencia de diversos factores.

Debido a que las actividades de colecta y estudio de fósiles en el país se venían realizando tanto por instituciones académicas como por aficionados y, tras el descubrimiento en 1984 de material paleontológico por científicos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en una serie de canteras explotadas comercialmente en el estado de Puebla, conocido como La Cantera de Tlayúa, surgió la necesidad de contar en el país con una legislación y de un organismo que regulara las actividades tanto de investigación como comerciales realizadas en los yacimientos paleontológicos, y con esto disminuir los procesos de destrucción y saqueo que se estaban llevando a cabo en ese entonces (Aguilar, 2005).

A inicios del año 1985, paleontólogos del Instituto de Geología de la UNAM expusieron sus inquietudes ante el entonces presidente Miguel de la Madrid, esperando que al mismo Instituto de Geología se le otorgara competencia legal en esta área. En Enero del año de 1986, y como respuesta a la petición anterior, en el Diario Oficial de la Federación se publicó un decreto que adicionaba a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas el artículo 28-bis, en el cual se establecía que las disposiciones sobre monumentos y zonas arqueológicas serían aplicables a los vestigios fósiles. En el mismo Diario Oficial, y para poder dar cumplimiento a la adición señalada, se reformó la Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia; de esta forma el patrimonio paleontológico quedó bajo la jurisdicción absoluta de la Secretaría de Educación Pública (SEP) a través del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). El INAH se estableció como la figura que regularía las cuestiones paleontológicas en el país, debido a que desde 1939 se encontraba desempeñando las mismas funciones para la arqueología, quedando el Instituto de Geología descartado dada su vinculación con un organismo autónomo.

Por ocho años, al no contar con personal capacitado, las distintas atribuciones del patrimonio paleontológico ante el INAH permanecieron al margen de las actividades del Instituto; no fue hasta 1994 cuándo se constituyó por vez primera el Consejo Nacional de Paleontología, órgano

consultivo y técnico de la Dirección General del INAH, con el propósito de que un grupo multidisciplinario e interinstitucional pudiera llegar a un acuerdo sobre cómo regular los aspectos de la protección paleontológica en el país (Carreño y Montellano-Ballesteros, 2005). El consejo estuvo constituido por paleontólogos de diversas instituciones a nivel nacional, quienes en sus reuniones periódicas entre 1994 y 1996 elaboraron un documento en el cual se establecía de manera concreta las diferentes disposiciones reglamentarias necesarias para llevar a cabo la aplicación del artículo 28-bis en el país (García-Barcena *et al.*, 1995). El documento derivó en una propuesta de reglamento el cual fue presentada ante la Comisión de Cultura, quien formuló esta iniciativa turnada a la Cámara de Diputados y, hasta el 2005, todavía se encontraba en revisión por las Legislaturas locales de cada Estado (Carreño y Montellano-Ballesteros, 2005).

En 1998, y como parte de un interés personal en el tema, los senadores Mauricio Fernández y Eloy Cantú formularon una Iniciativa de Ley Sobre Vestigios o Restos Fósiles para el país, la cual ingresó al Senado en ese mismo año y fue turnada a la Comisión de Cultura para su revisión, no obstante este documento no paso de ser una iniciativa. En septiembre del 2000 se modificó el artículo constitucional número 73 para otorgar al Congreso de la Unión la facultad de legislar sobre vestigios y restos fósiles en el país.

En el mismo año se crea la primera y única plaza existente de Paleontología en el Instituto Nacional de Antropología, en el Centro INAH Coahuila, a cargo de la bióloga Felisa J. Aguilar Arellano, esto con el fin de dar cumplimiento de las funciones del Instituto en el área paleontológica para el noreste del país. Desde entonces en la región se han generado diferentes trabajos en el que se incluye la atención de denuncias ciudadanas, el rescate de material paleontológico, el registro de algunas localidades, así como la delimitación ante el Registro Público de las primeras dos zonas paleontológicas del país en el Estado de Coahuila en 2010 y 2011: Rincón Colorado y Las Águilas (Aguilar, 2012a). En 2012 la zona de Rincón Colorado se incorporaría al esquema estatal de Área Natural Protegida en el 2012 bajo carácter de zona paleontológica, la única en el país con esta denominación.

Las actividades de registro del patrimonio paleontológico en colecciones públicas y privadas comenzaron a realizarse hasta el año 2004 por el Registro Público de Zonas y Monumentos

Arqueológicos e Históricos dependiente del INAH. A partir de esta fecha se ha venido trabajando en algunas entidades del país con el registro de bienes paleontológicos tanto muebles como inmuebles.

La muerte en el año 2010 del entonces presidente del Consejo Nacional de Paleontología, Joaquín García Bárcena, dio como resultado la disolución de dicho consejo, determinándose que todo asunto paleontológico fuese referido directamente al Consejo Nacional de Arqueología, situación que viene realizándose hasta el momento. En 2015, bajo el marco del XIV Congreso Nacional de Paleontología, se dio la noticia que el Consejo finalmente sería reactivado dentro de la institución para el año de 2016

En el año de 2011 se formuló una iniciativa de reforma de la ley federal, de parte del Diputado Jaime Cárdenas Gracia, quien propone la incorporación de los conceptos de bienes y zonas de interés paleontológico dentro de la legislación vigente, así como la creación de un área especializada dentro del INAH en paleontología (Cárdenas, 2011; Dirección General de Apoyo Parlamentario, 2011), la misma que quedó desechada ese mismo año.

De manera más reciente, en el mes de septiembre de 2015 se propuso la creación de una Secretaría de Cultura con el propósito de integrar todo el patrimonio cultural del país (arqueológico, histórico y artístico) bajo un mismo enfoque (Talavera y Bautista, 2015), hecho fuertemente criticado por académicos del INAH e INBA (Instituto Nacional de Bellas Artes), y sin quedar clara la situación del patrimonio paleontológico dentro de esta iniciativa, la cual seguirá siendo incierta hasta no conocer mayor información.

Metodología

Análisis de la legislación nacional y estatal

Para el análisis del marco legal en México, se revisaron y analizaron en materia de conservación y protección paleontológica las últimas versiones publicadas al 2015 de los siguientes documentos, con sus respectivas adiciones o aclaraciones: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917 (2015), Ley General de Bienes Nacionales de 2004 (2013), la Ley Federal de Zonas y Monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos de 1972 (2015), el Reglamento de la Ley Federal de Zonas y Monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos de

1975 (1993), y se comparó con la legislación planteada para otros países de Latinoamérica y Europa. Se revisó el proyecto de disposiciones reglamentarias del artículo 28-bis elaborado por los miembros del entonces Consejo Nacional de Paleontología (García-Barcena *et al.*, 1995), y algunas iniciativas y propuestas de reformas a la ley federal que han existido. Se revisaron las cédulas de registro de muebles e inmuebles paleontológicos del Sistema Único de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas (SURPMZAH: www.registropublico.inah.gob.mx), así como una consulta de los distintos bienes paleontológicos registrados por esta dependencia para el país y Baja California.

Se revisó también, a nivel regional, la última versión publicada de la Ley de Preservación del Patrimonio Cultural del Estado de Baja California (2012), se comparó con las leyes estatales para algunas otras entidades de México, y se analizó su relación respecto a la legislación nacional en materia de patrimonio paleontológico.

Estudio de los instrumentos de políticas públicas.

En el estudio de los instrumentos de políticas públicas y ambientales se revisaron distintos documentos, incluyendo las versiones más actuales disponibles de los programas de ordenamientos ecológicos y territoriales a nivel Estatal y local para Baja California, así como planes y programas de desarrollo Estatales, y de manera específica para la región de Colón, San Quintín y El Rosario. Esto se elaboró con el fin de determinar si se ha incluido, y de ser así, de qué manera se han considerado las evidencias paleontológicas dentro de estos instrumentos. Los documentos revisados incluyeron también los decretos y planes de manejo de algunas de las áreas naturales protegidas con yacimientos paleontológicos para la región, y se compararon con los de otras zonas de México. A continuación se enlistan los documentos revisados y la instancia correspondiente encargada de su elaboración:

Programas Estatales: Gobierno Estatal.

- Plan Estatal de Desarrollo – [PEDBC] COPLADE. 2014 – 2019.
- Plan Estatal de Desarrollo Urbano – [PEDU] SIDUE. 2009 – 2013.

Ordenamientos Ecológicos: SEMARNAT, y Gobierno Estatal - Municipal.

- Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California [POEEBC] (Actualizado al 2014)
- Ordenamiento Ecológico de la Región de San Quintín (2007) (POERSQ) (Actualizado al 2012)

Planes y Programas Municipales:

- Plan Municipal de Desarrollo de Ensenada (2014-2016)
- Programa de Desarrollo Regional (PDR) – Región San Quintín
- Programa de Desarrollo Regional (PDR) – Región Punta Colonet
- Programa de Desarrollo Regional (PDR) – Región Sur
- Programa de Desarrollo Urbano de los Centros de Población San Quintín-Vicente Guerrero (2003)

Áreas Naturales Protegidas: SEMARNAT y CONANP

- Plan de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna “Valle de los Cirios” 2013
- Plan de Manejo para el sitio Ramsar de Punta Banda 2012*¹²

Resultados y discusión

Legislación nacional

En México el patrimonio paleontológico se encuentra comprendido a nivel nacional por un amplio marco jurídico, conformado inicialmente por los artículos constitucionales 27 y 73, por la Ley General de Bienes Nacionales, la Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia, y por la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. A nivel Estatal es considerado dentro de la Ley de Preservación del Patrimonio Cultural del Estado de Baja California.

¹² Al no existir plan de Manejo de sitio Ramsar de la Bahía de San Quintín, se consultó el de otro sitio que sí contara con un instrumento de manejo elaborado a la fecha, y que presentara a su vez evidencias paleontológicas dentro de su polígono de delimitación: Punta Banda, ubicado dentro del centro de población de Ensenada.

Bases legales: Constitución Mexicana y la Ley de Bienes Nacionales

Con base en el Artículo 27 de la Constitución Mexicana, se establece como propiedad de la Nación todos los recursos naturales, por lo tanto también los fósiles y sus yacimientos si se consideran como tales. El Artículo 73 (Fracción XXV) de la Constitución Mexicana otorga al Congreso de la Unión la facultad para legislar sobre vestigios o restos fósiles cuya conservación sea considerada de interés nacional.

De acuerdo a los artículos 3 y 6 de la Ley General de Bienes Nacionales (2004), todas las piezas paleontológicas son consideradas como bienes de la Nación, al igual que las colecciones científicas (incluyendo las paleontológicas), formando parte del dominio público de la Federación. Se establece que los fósiles y colecciones son propiedad de la misma, de carácter inalienable e imprescriptible; esto quiere decir que éstos no pueden ser ni de propiedad privada, ni objeto de comercialización o exportación.

En México y otros países de Latinoamérica, tales como Argentina y Brasil (Endere y Prado, 2008; Piranha, Aparecida y de La Corte, 2011), se sigue la tendencia de países europeos como España, de otorgar al Estado total dominio de los bienes paleontológicos, a diferencia de Estados Unidos o Inglaterra, en donde sólo son objeto de protección aquellos que se encuentren dentro de terrenos federales, en Parques Nacionales o enlistados previamente como monumentos o sitios de interés (Lipps, 2009; Raup *et al.*, 1987).

Los fósiles y la ley federal

La Ley Federal de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Históricas y Artísticas fue publicada en el Diario Oficial de la Federación en 1972, y se encuentra destinada a la protección y salvaguarda del patrimonio cultural monumental de México. Desde su publicación, ha recibido varias reformas: en 1986 para incluir el patrimonio paleontológico, y una reforma más reciente en 2014 para abarcar al patrimonio subacuático (tanto arqueológico como paleontológico). El reglamento de esta ley fue publicado en el Diario Oficial de la Federación en el año de 1975; en éste se enlistan los distintos procedimientos mediante los cuales se hace cumplir lo estipulado por la Ley Federal de 1972.

De acuerdo a la Ley Federal de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Históricas y Artísticas (2015), el patrimonio paleontológico comprende “los vestigios o restos fósiles de seres orgánicos que habitaron el territorio nacional en épocas pretéritas y cuya investigación, conservación, restauración, recuperación o utilización revistan interés paleontológico”. De esta definición surgen algunos puntos a discutir. Primeramente, a diferencia de la definición de patrimonio arqueológico en la ley federal donde se hace una distinción entre bienes muebles e inmuebles, el patrimonio paleontológico se define como “vestigios o restos”, sin hacer referencia explícita a los depósitos geológicos o yacimientos donde se encuentran y son recuperados los fósiles; en Argentina por ejemplo, dentro de la legislación la definición del patrimonio paleontológico incluye tanto a los fósiles, como a “la concentración natural de estos en rocas o sedimentos” ya sea en superficie o subsuelo (Ley Nacional 25743, 2003).

Adicionalmente, Mirambell, Polaco y Sánchez (1988) cuestionaron acerca de cuáles materiales son los que presentan interés paleontológico, debido que prácticamente cualquier evidencia fósil puede ser objeto de estudio de la paleontología. En México el registro se extiende desde hace aproximadamente 1,600 millones de años hasta hace 10.000 años, y se cuenta en el país con al menos dos casos especiales: el estudio de la prehistoria en México (dada la relación de los restos paleontológicos de finales del Pleistoceno con los primeros pobladores del país), y los yacimientos fosilíferos de importancia económica, tales como el carbón o las calizas, e incluso el petróleo (García-Barcena *et al.*, 1995), los cuales no se consideran actualmente dentro de la legislación mexicana.

El artículo 28-bis de la Ley Federal de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Históricas y Artísticas (LFMZAHA, 2015) determina que las disposiciones sobre monumentos y zonas arqueológicas serán aplicables al patrimonio paleontológico, quedando enmarcada la conservación y protección del patrimonio paleontológico dentro del patrimonio cultural, y no dentro del natural. Al realizarse una equiparación entre el patrimonio arqueológico y paleontológico surgen algunos problemas a la hora de proteger y conservar dadas las diferencias que presentan estos bienes con los restos arqueológicos del país. Por esto, muchos paleontólogos mexicanos consideran que la legislación no es adecuada en México para la protección particular del patrimonio paleontológico mueble e inmueble (Carreño y Montellano-Ballesteros, 2005; Alvarado, 2015).

En países europeos como España, Italia y Alemania, se han adoptado leyes culturales para la protección de los bienes paleontológicos (Alcalá y Paricio, 1988; Wimbledon, 2006); este mismo modelo se ha replicado en los países de América Latina, tal es el caso particular de México y Argentina (Endere y Prado, 2008). En cambio en otros países, los sitios paleontológicos y sus fósiles son considerados bajo la legislación en materia de conservación natural, como en el Reino Unido, donde los sitios paleontológicos se designan como Sitios de Interés Especial Científico (SSSI) a través del Consejo de Conservación Nacional (NCC) (Taylor y Harte, 1988). En Estados Unidos se protegen solamente los sitios con fósiles de vertebrados restringiendo la colecta no científica de estos, pero no para los yacimientos con invertebrados o plantas; a su vez se protegen los fósiles que se encuentren dentro de Parques Nacionales, donde todos los recursos naturales se encuentran protegidos o sitios previamente seleccionados como monumentos naturales (Lipps, 2009).

La idea del planteamiento legal de los fósiles como bienes culturales ha sido debatida anteriormente (Taylor y Harte, 1989). Como señalan los autores Braga (2006) y Raup *et al.* (1987), sólo los restos de vertebrados podrían equipararse a los vestigios arqueológicos, mientras que la mayoría de los bienes de interés paleontológico, como los microfósiles o los fósiles de invertebrados, no se ajustan a este planteamiento como objetos arqueológicos o culturales, ya que muchos fósiles son indisolubles de su componente geológico ya que estos forman parte de la roca, o componen enteramente a esta. Dada la naturaleza biológica y geológica de los fósiles y sus yacimientos, estos deberían estar incluidos dentro de la legislación de conservación del medio natural (Díaz-Martínez *et al.*, 2008; Henriques y Pena, 2015). No obstante, el planteamiento legal como bienes culturales no ha sido un impedimento en algunos países para proteger los distintos sitios paleontológicos, y por lo tanto tampoco debería serlo para el país.

En España el patrimonio paleontológico es considerado tanto por leyes referidas al patrimonio cultural como natural; la legislación considera al patrimonio paleontológico como un bien cultural objeto de protección por la Ley del Patrimonio Histórico Español de 1985, mientras que la Ley del Patrimonio Natural y Biodiversidad de 2007 permite declarar a los yacimientos paleontológicos como monumentos naturales. Las distintas comunidades autónomas de España han adaptado sus propias leyes a partir de la legislación nacional, con yacimientos paleontológicos declarados

tanto como bienes de interés cultural, como monumentos naturales (Decreto 29/2006 3 de Marzo; Decreto 45/2001 19 de Abril).

El INAH y los fósiles

El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) es un organismo federal centralizado que está conformado por una Dirección General, y un total de 31 centros regionales distribuidos en cada una de las entidades de la República. El artículo 44 de la Ley Federal establece al INAH como competente en materia de patrimonio arqueológico (paleontológico) e histórico. De acuerdo al artículo segundo de la Ley Orgánica del INAH (2012), además de realizar la investigación antropológica e histórica del país, el INAH es también responsable de proteger, conservar, restaurar y recuperar el patrimonio tanto arqueológico como paleontológico que se encuentre en el territorio nacional, así como de realizar la promoción y difusión de estos.

En el mismo artículo de la Ley Orgánica, en relación al patrimonio paleontológico se incluyen dentro de las funciones del Instituto: 1) la aplicación de la normatividad (leyes, reglamentos...) en materia de su competencia, en este caso de la Ley Federal y el reglamento de la misma ley, 2) la expedición de reglamentos que contengan normas y técnicas para la conservación y restauración de zonas y monumentos paleontológicos en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, 3) el proponer la celebración de acuerdos de coordinación con las autoridades de distintos niveles para la protección y conservación del patrimonio paleontológico, 4) promover, conjuntamente con los gobiernos de los estados y los municipios, la elaboración de manuales y cartillas para la protección de este patrimonio, 5) el efectuar investigaciones, exploraciones y excavaciones científicas paleontológicas, 6) el proponer al ejecutivo federal las declaratorias de zonas y monumentos de restos paleontológicos, 7) llevar el registro público de los bienes paleontológicos tanto muebles como inmuebles, e 8) impulsar la formación de consejos consultivos estatales para la protección y conservación del patrimonio paleontológico.

Tras la inclusión en el 86 de estas funciones a desempeñar por el INAH dentro de la Ley Orgánica en relación al patrimonio paleontológico, Mirambell, Polaco y Sánchez (1988) clasificaron en dos tipos las actividades a realizar por el Instituto dentro de la paleontología nacional:

- a) **Exclusivas:** en materia de normatividad y vigilancia del patrimonio paleontológico, que incluye el registro de colecciones, de sitios y de zonas, la realización del inventario del acervo paleontológico, y la delimitación y protección de zonas paleontológicas
- b) **Compartidas con otras instituciones:** la investigación, catalogación, restauración, conservación y difusión, ya que el INAH no puede cubrir todos estos aspectos.

Las evidencias paleontológicas son tan abundantes en el territorio nacional que podrían superar incluso en número la de los sitios arqueológicos, además se cuenta con una gran diversidad tanto temporal como orgánica de yacimientos paleontológicos y de fósiles (Mirambell *et al.*, 1988). Desde la reforma a la ley orgánica del INAH, la atención asignada por el instituto a nivel nacional para el patrimonio paleontológico ha sido y sigue siendo relativamente baja; las actividades de investigación en el INAH se han centrado principalmente en los restos de vertebrados de una época geológica: el Pleistoceno, dada la relación de esta fauna con los primeros pobladores de México y el patrimonio arqueológico nacional (Aguilar, 2013).

Los recursos humanos existentes y el presupuesto destinado en el Instituto para las actividades de investigación, conservación y protección paleontológicas no son suficientes para satisfacer las necesidades que existen actualmente en el país; en todo México sólo se cuenta con una plaza asignada a la realización de actividades exclusivas del patrimonio paleontológico de profesor-investigador en el Centro INAH Coahuila a cargo de la M. C. Felisa Josefina Aguilar Arellano, abarcando solamente la región noreste del país (en los estados de Coahuila, Nuevo León y Chihuahua), a diferencia de los más de 300 arqueólogos registrados ante el INAH donde el 15% de sus actividades van encaminadas a la protección del patrimonio arqueológico (López, 2009).

Dadas las características áridas y semiáridas de la región, y a su lejanía con el resto del país, Baja California cuenta con recursos limitados para la investigación, conservación y divulgación de incluso el patrimonio arqueológico (Aceves-Calderón, 2005; Bendímez, 2010), ya que estos son destinados principalmente a las zonas arqueológicas del centro y sur del país. Al igual que en otros estados como Sonora y Querétaro, las actividades paleontológicas son delegadas al personal encargado del estudio antropológico, arqueológico o arqueozoológico, por lo que en el país tampoco se cuenta con una suficiente capacidad de abordar de una manera adecuada los

aspectos de protección y conservación del patrimonio en materia de conservación y protección, o estudio paleontológico.

En la Ley Orgánica se establece la competencia y las distintas funciones del Instituto en materia del patrimonio paleontológico para cada uno de los artículos, no obstante, dentro de la Ley Federal, la única mención explícita de los fósiles es en el artículo 28-bis, donde se realiza la equiparación de este patrimonio al arqueológico, pero no se ve reflejada en el resto de los artículos la inclusión de los bienes paleontológicos o los distintos conceptos derivados, por ejemplo, dentro de las definiciones de monumentos muebles o inmuebles paleontológicos, o lo que pudieran ser las zonas de monumentos paleontológicos. Esta ambigüedad ha generado problemáticas al momento de aplicar la legislación, generando demandas legales ganadas hacia el mismo instituto (Mendoza, 2013), o incluso al establecer nomenclaturas dentro del registro y designación de sitios paleontológicos.

Sanciones

En relación a las sanciones, una nueva reforma en 2014 a la Ley Federal aumentó las multas a quien posea sin consentimiento, comercie, trafique o saque del país bienes arqueológicos, o cause daño a los monumentos arqueológicos, así como a quienes efectúen excavaciones en monumentos inmuebles sin autorización (igualmente aplicable para lo paleontológico); anteriormente estas sanciones eran menores y consideradas como insignificantes (Figueroa, 2009), ya que éstas podían solventarse jurídica y económicamente.

El Consejo Nacional de Paleontología

El artículo 30 de la Ley Federal determina que los trabajos materiales (excavaciones o exploraciones) en monumentos o zonas de monumentos, serán realizados únicamente por el INAH, o por instituciones científicas reconocidas previa autorización. Derivado de este artículo, resulta la estructuración del Consejo Nacional de Arqueología, el cual es el encargado de analizar los proyectos en materia arqueológica, y de enviar su dictamen a la Dirección General de acuerdo a las disposiciones reglamentarias de las investigaciones arqueológicas (Consejo de Arqueología, 1994).

Al ya no existir un Consejo Nacional de Paleontología, actualmente los proyectos sometidos son remitidos al Consejo Nacional de Arqueología, el cual se encuentra constituido enteramente por arqueólogos; los proyectos no reciben respuesta o no son aprobados dado al desconocimiento de los miembros en temas paleontológicos. Lo anterior ha conllevado a que muchos investigadores de instituciones científicas que se dedican al estudio de los fósiles no sometan los proyectos ante dicho Consejo y trabajen de manera desvinculada del INAH. Además, a diferencia de las investigaciones arqueológicas, estas actividades no se encuentran reguladas por las mismas instituciones o por los centros de financiamiento de proyectos; los proyectos arqueológicos presentados por los investigadores ante el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT), requieren contar con la autorización ante el Consejo Nacional de Arqueología, mientras que esto no se vuelve un requisito para los proyectos de tipo paleontológico.

Dentro de la comunidad científica de las instituciones de educación superior de Baja California y otras entidades, no existe un conocimiento adecuado en cuanto a las funciones del INAH dentro de la paleontología nacional. En las carreras de biología o geología del país no se imparte la legislación en esta materia a los estudiantes de los cursos de estratigrafía, paleontología, paleobiología o legislación ambiental, lo que genera que los alumnos (futuros profesionistas) desconozcan y trabajen de manera independiente del INAH a la hora de coleccionar material fósil o de establecer los proyectos de investigación.

Otra de las problemáticas que existen en el país es que los paleontólogos se forman a través de carreras de biología o geología. No existe una carrera específica en el país o una cédula profesional que avale a alguien como paleontólogo, lo que dificulta la ubicación de estos dentro de los distintos puestos en el área. En la Dirección General del INAH, se encuentra la Subdirección de Paleontología, cuya función es la de coadyudar a la Coordinación Nacional de Arqueología en la elaboración de normas, programas y prioridades, en apoyo a la investigación y conservación del patrimonio paleontológico (INAH, 2007), no obstante el encargado de esta Subdirección es arqueólogo de formación.

Baja California es una de las regiones más alejadas del centro del país en términos geográficos y culturales; la centralización del organismo en competencia (INAH) ocasiona un problema a la hora de someter proyectos arqueológicos o paleontológicos regionales. En Baja California, muchos de los proyectos sometidos ante el consejo, incluso del tipo arqueológicos, no son valorados adecuadamente dadas las diferencias que presentan los sitios arqueológicos del norte del país con los del centro, y ya que el comité está conformado principalmente por arqueólogos mesoamericanos (Figueroa, 2009).

Proyecto de Disposiciones Reglamentarias y otras iniciativas

Tras la inclusión del artículo 28-bis, y al no ser posible aplicar la normatividad arqueológica para los fósiles dadas las diferencias entre ambos patrimonios, el entonces establecido Consejo Nacional de Paleontología comenzó a desarrollar en 1994 una normatividad propia para el patrimonio paleontológico bajo dos niveles: 1) el Reglamento del Artículo 28-bis presentado ante el senado y 2) las Disposiciones reglamentarias para la aplicación del mismo artículo (García-Barcena *et al.*, 1995).

El proyecto referente a las Disposiciones reglamentarias fue presentado en el V Congreso Nacional de Paleontología, estableciendo en 48 artículos los criterios de las actividades de protección de las investigaciones paleontológicas, los proyectos, informes, publicaciones, prácticas de campo y otras actividades, así como del resguardo de los materiales en las colecciones paleontológicas, y del registro y protección de localidades y zonas paleontológicas. Dentro de este proyecto se hace una diferenciación entre las investigaciones paleontológicas de interés científico y las acciones de rescate. Se estipula que para cualquier investigación paleontológica se requiere presentar previamente el proyecto ante el Consejo Nacional de Paleontología, exceptuando en las intervenciones de rescate o salvaguarda, de igual manera en que se dispone actualmente para lo arqueológico (Consejo de Arqueología, 1994), entregándose informes de los proyectos e intervenciones de rescate ante el mismo Consejo.

Un punto interesante dentro de este proyecto es que se introduce la comercialización del material paleontológico, únicamente en el caso de que un experto en la materia los considere previamente como fósiles comunes, no obstante para esto se tendría que realizar otro tipo de

reformas a ley federal. Exceptuando este último punto, se considera que este documento es adecuado para regular el patrimonio paleontológico, sin embargo, sin la existencia de un consejo paleontológico constituido, ya sea a nivel nacional o regional, que aplique las distintas disposiciones propuestas, o sin un reglamento existente del artículo 28-bis publicado oficialmente que lo vuelva de carácter obligatorio, no se podrán regular adecuadamente las investigaciones paleontológicas en el país.

Han existido otras iniciativas presentadas ante la Cámara de Diputados en relación del patrimonio paleontológico. La Iniciativa de Ley Sobre Vestigios o Restos Fósiles de 1998, presentada por el senador Mauricio Fernández, planteaba la comercialización legal de los fósiles, restándole funciones al INAH mediante el establecimiento del Instituto Nacional de Ecología como organismo competente (Fernández y Cantú, 1998). De acuerdo a académicos del INAH, esta iniciativa ponía en riesgo al patrimonio nacional, fomentando el saqueo y destrucción de los vestigios y restos fósiles (Comité Ejecutivo, 2000), no obstante no trascendió y actualmente ya no se encuentra vigente (Transparencia y Acceso a la Información, 2008).

Una propuesta de reforma a la Ley Federal reciente, propone la incorporación de los distintos conceptos de bienes paleontológicos y zonas de interés paleontológicos, así como la creación de un área especializada dentro del INAH en paleontología (Cárdenas, 2011; Dirección general de Apoyo Parlamentario, 2011). La aprobación de una reforma de este tipo sería lo más recomendable si se desea incorporar de una manera menos ambigua la protección y conservación paleontológica dentro de la legislación nacional, y dentro de la administración del Instituto, no obstante al igual que la iniciativa anterior, esta propuesta no fue considerada por el Senado.

El Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas

Por medio de la Ley Federal de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas (2015), se establece en el artículo 21 la creación del Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas (RPMZAH), dependiente del INAH, para la inscripción de monumentos arqueológicos, históricos, y también paleontológicos.

El Registro Público se entiende como la institución mediante la cual el Estado da publicidad a hechos o actos jurídicos, que precisan de este requisito para surtir efectos ante terceros (Socorro y Tostado, 2009). En el reglamento de la ley federal se establecen las distintas categorías concebidas para los bienes arqueológicos y paleontológicos: 1) monumentos muebles 2) monumentos inmuebles, y 3) las declaratorias de las zonas de monumentos correspondientes. Los bienes muebles e inmuebles, al ser propiedad de la nación, no requieren de una declaratoria como tal; las zonas de monumentos arqueológicos/paleontológicos, en cambio, se declaran mediante decreto presidencial en el Diario Oficial de la Federación. De acuerdo a Villareal (2009) el registro de monumentos y zonas permite 1) otorgar a los bienes inscritos seguridad jurídica, e 2) identificar sitios inventariados para fines jurídicos, de investigación científica, y de información a las autoridades municipales, estatales y al público en general.

La inscripción era realizada mediante el llenado físico de las cédulas, para ser enviadas posteriormente a la Dirección de Registro Público ubicado en el centro del país, lo cual era un proceso generalmente tedioso y tardado. Desde el 2011 el registro puede elaborarse a través de medios electrónicos (Sistema de Registro <http://www.registropublico.inah.gob.mx/>), agilizando la inscripción de los bienes, aunque se mantiene la opción de enviarse físicamente a la Dirección (Boletín INAH, 2011). Los monumentos ya sea muebles o inmuebles, antes de quedar inscritos en este registro, requieren la aprobación de un especialista en el área.

Anteriormente eran utilizados los mismos formatos de inscripción de bienes arqueológicos para la inscripción de los bienes fósiles, lo que ocasionaba que las cédulas no fueran adecuadas para incluir todas las características particulares de los muebles o inmuebles paleontológicos. Las fichas de registro paleontológicas han sido incorporadas de manera reciente, y son actualizadas constantemente para registrar de una manera más apropiada este patrimonio (Ver [Anexo II](#)). Estas consideran los distintos tipos de evidencias paleontológicas presentes en el territorio, tanto fósiles como yacimientos de vertebrados, invertebrados, microfósiles, plantas e icnofósiles.

1. Para los monumentos muebles paleontológicos, en custodia de instituciones o particulares, se requiere la descripción del mueble ya sea como piezas individuales, lotes,

o conjuntos de estos, donde se incluya el tipo de fósil, temporalidad, dimensiones, cantidad de piezas, así como la ubicación física de donde se encuentra custodiada la pieza.

2. Para los monumentos inmuebles paleontológicos, o sitios paleontológicos, se requiere incluir nombre con el que se le conoce al sitio, la ubicación geográfica en UTM, la extensión aproximada del sitio (en m²), el horizonte cronológico al que pertenece (abarcando desde el Paleozoico hasta el Cuaternario), la unidad geológica, y descripción, así como el nombre y domicilio del propietario del terreno (Ver Anexo II).
3. Dentro de las declaratorias de zonas de monumentos arqueológicas/paleontológicas se deberá determinar, además de la ubicación, los linderos y superficie de la zona delimitada.

Muebles paleontológicos: piezas y colecciones.

Toda colección paleontológica, pública o privada, deberá estar inscrita en el Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, de igual manera las piezas paleontológicas que se encuentren en colecciones mixtas o de otra índole; el registro público es el único medio para identificar y proteger el patrimonio arqueológico y paleontológico mueble en manos de particulares (Castillo, 2009). A nivel nacional existe una deficiencia en el número de colecciones científicas de tipo paleontológicas ingresadas en este registro debido a la gran cantidad de fósiles y a la gran labor que representa el registro de todo el material. Recientemente se han reactivado las cuestiones relacionadas al registro de los bienes paleontológicos muebles; en el estado de Coahuila se ha comenzado con el registro de colecciones particulares y privadas, para continuar con el material alojado dentro de los distintos museos municipales. En el país existen alrededor de 18 mil muebles paleontológicos registrados en diez acervos paleontológicos, no obstante para Baja California ninguna pieza o colección paleontológica se encuentra ingresado dentro de este Registro Público, a pesar de existir material dentro de distintos museos públicos, privados y comunitarios y en, al menos, dos colecciones paleontológicas en instituciones académicas.

Inmuebles paleontológicos: Sitios y zonas de monumentos.

Para Enero del 2015 se contaba a nivel nacional con al menos 23 sitios paleontológicos ingresados en el sistema de registro bajo la categoría de Bienes inmuebles de tipo paleontológico, distribuidos en 12 Estados de la República, de los cuales dos sitios se localizan en Baja California

(Cuadro 5-1). Otros sitios paleontológicos se encuentran registrados como inmuebles arqueológicos.

De acuerdo a Medina (2009), hasta 1985 no se contaba con ningún sitio arqueológico registrado para el Estado, mientras que en el 2002, se encontraban registrados tan solo 300 sitios arqueológicos para Baja California de los 32 mil sitios arqueológicos del país, lo que permite suponer que las actividades de registro han sido más recientes en la región que en el resto del país. De manera comparativa, a la fecha se encuentran más de 40 mil sitios arqueológicos registrados para todo México, de los cuales poco más de mil se encuentran en Baja California.

Cuadro 5-1. Sitios paleontológicos ingresados en el Sistema de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas. Los estados se enlistan de acuerdo a su ubicación geográfica.

Estado	Número de sitios	Inmuebles paleontológicos
Baja California	2	Ros 51 y El Cuervito
Sonora	1	Sierra Agua Verde
Coahuila	3	Rincón Colorado, Parras y Mamut el Doce
Nuevo León	2	Vallecito, Los Lobos
Tamaulipas	1	Ejido San Lázaro
San Luis Potosí	1	TAM-1
Jalisco	3	Lomas del Rodeo I, Lomas del Rodeo II, San Miguel
Puebla	2	Cantera Tlayua, Pie de Vaca
México	2	Tocuila, San Bartolo Lanzados-Acambay
Guanajuato	2	Gto-30 Coecillos, Rancho Viejo
Oaxaca	3	Rosario nuevo, Rio Numi, San José Ayukila
Chiapas	1	Ocozocoautla

Tanto en la legislación como en el Registro Público, las definiciones de bienes inmuebles están planteadas bajo la concepción monumental del patrimonio arqueológico e histórico del centro del país (Aceves-Calderón, 2005), siendo el “monumento” la unidad de protección a nivel legal. Para los bienes inmuebles de tipo paleontológico, no existe una distinción establecida entre sitio o zona paleontológica más que la señalada por la extensión aproximada del inmueble. A diferencia de cómo se manejan estos conceptos dentro de la paleontología, donde el “inmueble” puede existir como una localidad paleontológica (a manera de un punto geográfico en donde se encuentra expuesto un depósito o donde se recuperó un fósil), o como el área de una unidad geológica (ya sea estrato, formación o grupo), la cual puede extenderse hasta por varios

kilómetros y presentando evidencias paleontológicas ya sea de manera continua o en distintos puntos. De aquí surge la importancia del planteamiento de conceptos o categorías adicionales.

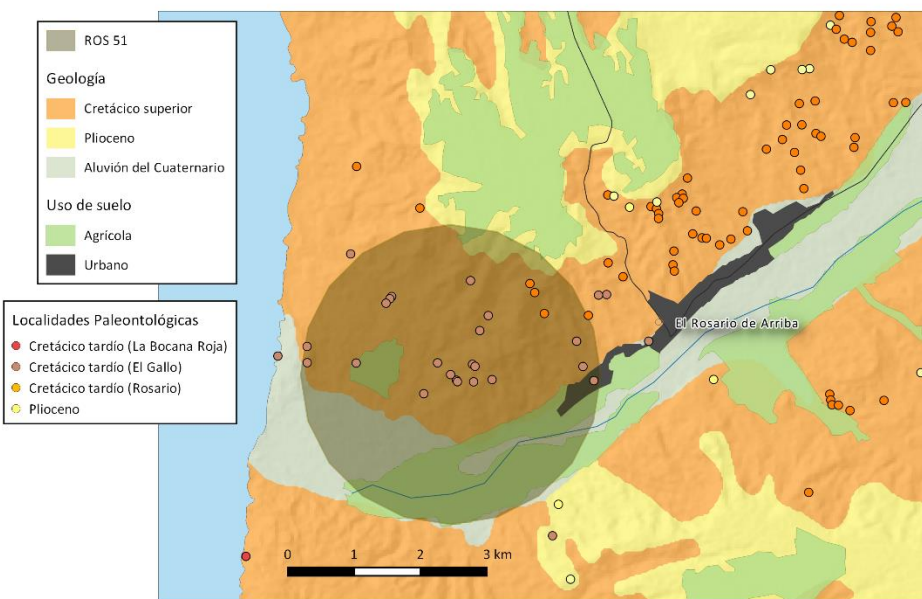


Figura 5-1. Extensión de la superficie del sitio paleontológico **ROS 51** y algunas localidades paleontológicas del área de El Rosario, Baja California.

Para el caso particular de El Rosario, Baja California, los depósitos paleontológicos de la Formación El Gallo ([Ver Capítulo 3](#)) se encuentran inscritos como **Ros 51**. De acuerdo a la ficha de registro del “monumento”, el inmueble cuenta con una extensión de 16 km², considerando a éste como una zona paleontológica dada el área establecida. Dentro de las cédulas no se incluye una categoría para describir la forma geométrica de la extensión del inmueble; bajo los términos geométricos más simples podría interpretarse como un área circular, cuyo radio es igual a la raíz cuadrada del área dividida sobre pi (en este caso 2.25 kilómetros de radio). Si dibujamos un círculo de estas características con las coordenadas del sitio como punto central, observamos que cubre parte importante de las localidades paleontológicas de El Gallo pero no incluye en su totalidad los depósitos paleontológicos de esta formación, e incluso pudiendo incluir evidencias de otros depósitos paleontológicos correspondientes a la Formación Rosario, mas no mencionadas en la cédula del sitio (**Figura 5-1**).

Una definición adicional dentro de la legislación es el de zona de monumentos; de acuerdo al artículo 39 de la Ley Federal, una zona de monumentos arqueológicos es el área que comprende varios monumentos inmuebles de este tipo, o donde se presume la existencia de estos. A pesar de que en la legislación no existe una definición específica para las zonas paleontológicas, dentro del Manual de Normas y Procedimientos de la Dirección de Registro (2014) se consideran las Zonas de Monumentos Paleontológicos. Estas zonas de monumentos podrían llegar a componerse de monumentos inmuebles de distintas características, así como áreas donde se pudiera presumir también la existencia de restos fósiles.

La inscripción de estas zonas ante el Registro Público es un proceso que involucra una caracterización geográfica del sitio, considerando la distribución de las evidencias paleontológicas basadas en trabajo de campo y colectas en estudios anteriores, contando con las distintas cédulas de registro de los sitios a incluirse dentro del polígono, y de ser posible involucrando a las comunidades locales; previa delimitación del sitio, se deberá notificar a los propietarios del sitio, ya sea una persona física, moral o ejidatarios, de la existencia de vestigios paleontológicos en su propiedad, si estos están de acuerdo se proseguirá con las actividades (Aguilar, 2012a). Con esto se genera un anteproyecto que contenga un plano preliminar del área por delimitar con todas sus características. Posteriormente, la Dirección del Registro Público se encarga del levantamiento topográfico del sitio, mediante la colocación de mojoneras con el sello oficial del INAH (**Figura 5-2**), y la toma precisa de coordenadas (Escartín, 2009). Finalmente la declaratoria del área como zona de monumentos se realiza por decreto presidencial de acuerdo al artículo 37 de la Ley Federal.

Un total de 42 declaratorias presidenciales como zonas de monumentos arqueológicos han sido publicadas en el Diario Oficial de la Federación entre 1986 y 2002 (Medina, 2009). De manera reciente se ha comenzado a impulsar la declaración de zonas paleontológicas en el país; a la fecha dos zonas paleontológicas en México se encuentran delimitadas (Rincón Colorado y Las Águilas), bajo la cual se establecen como zona de monumentos arqueológicos: Rincón Colorado, del Cretácico tardío, es un sitio abierto al público donde se recuperaron los restos de una especie única de un dinosaurio pico de pato (*Velafrons coahuilensis*), mientras que Las Águilas muestra las huellas de locomoción fosilizadas de distintas especies de dinosaurios (Aguilar, 2012a). De

acuerdo al Programa Institucional de Mediano Plazo del INAH (2014), en el país se tiene como meta para el presente sexenio abrir dos nuevas zonas paleontológicas.



Figura 5-2. Mojoneras de concreto con el sello oficial del INAH para la zona paleontológica de Rincón Colorado, Coahuila.

La legislación estatal y el patrimonio paleontológico

La Ley Estatal del Patrimonio Cultural del Estado de Baja California fue publicada en 1995 con el objeto de proteger los bienes culturales del Estado, fue reformada dos veces en los años de 1998 y 2012, resultando finalmente en la Ley de Preservación del Patrimonio Cultural del Estado de Baja California. Los bienes y zonas paleontológicas entran dentro del concepto de Patrimonio cultural definido por la legislación estatal; en el artículo 3 de la Ley de Preservación del Patrimonio Cultural del Estado de Baja California (2012) considera como parte de su patrimonio cultural a los “bienes y zonas paleontológicas de importancia para los habitantes del Estado”, previa declaratoria correspondiente, excluyendo del régimen de esta ley los monumentos o zonas de monumentos del dominio federal. El Instituto de Cultura de Baja California es la autoridad competente en materia de protección del Patrimonio Cultural del Estado.

Si bien, la legislación permitiría declarar los propios bienes paleontológicos estatales, los muebles o inmuebles paleontológicos al ser propiedad de la nación forman parte también del dominio federal, por lo que prácticamente todos estos bienes (monumentos) paleontológicos quedarían excluidos del régimen de esta ley. Al igual que otras leyes de patrimonio cultural de otros estados del país, la Ley de Baja California entra en conflicto con la Ley Federal en materia de competencia de los bienes paleontológicos, sin embargo los estados han respetado la facultad de la ley federal

sobre estos, declarando únicamente monumentos históricos y artísticos a nivel estatal. De manera reciente, se han propuesto reformas constitucionales con el fin de poder otorgar a las entidades federales competencia sobre algunos monumentos arqueológicos y paleontológicos específicos, que de acuerdo a Cottom (2006), esto podría resultar en desorden y conflictos entre las entidades y el gobierno federal, y sus distintas dependencias.

De acuerdo al Artículo 4, el patrimonio paleontológico de Baja California es integrado, además de los bienes paleontológicos, por las zonas de entorno de estos, las cuales corresponden al área territorial que colinda perimetralmente o conduce hacia el monumento o a la zona de monumentos paleontológicos declarados por la autoridad federal o enumerados por la Ley Federal, y que no formen parte del mismo. No obstante no se establecen criterios para la delimitación específica de estas zonas de entorno, hecho cuestionado anteriormente por Aceves-Calderón (2005) para las zonas de entorno de bienes arqueológicos no monumentales.

De acuerdo a la Ley Estatal, se deberá expedir un plan o programa de desarrollo urbano para cualquier zona de entorno declarada en el estado. Endere y Prado (2008) sugieren emplear diferentes categorías de zonificación para proteger tanto aquellas áreas que posean sitios ya identificados, como aquellas donde su localización sea altamente probable. Si bien, los monumentos declarados como bienes paleontológicos son competencia del gobierno federal, se podría manejar la definición de zona de entorno paleontológico a nivel estatal para proteger las áreas colindantes a los inmuebles o zonas paleontológicas por medio de la planeación territorial donde, pudieran presentarse también vestigios paleontológicos, conservando los ecosistemas contiguos a estos y el mismo paisaje.

De acuerdo al Instituto de Cultura de Baja California (ICBC, 2014), a la fecha se encuentran cinco bienes declarados como Patrimonio Cultural del Estado de Baja California, los cuales corresponden únicamente a edificios de tipo histórico. No se ha declarado ningún bien arqueológico o paleontológico, ni área colindante a estos, como parte de los bienes culturales del estado. No existen leyes adicionales, reglamentos o manuales a nivel Estatal o Municipal que consideren la protección de los sitios paleontológicos en sus variantes regionales.

En otros Estados se han considerado recientemente conceptos adicionales dentro de la legislación estatal en materia de patrimonio cultural, tal es el caso de Chihuahua y Tabasco, con la definición de Zonas con Paisajes Culturales, los cuales pueden incluir rasgos geomorfológicos y otros elementos naturales relevantes (Ley de Patrimonio Cultural del Estado de Chihuahua, 2012). De manera similar, algunas comunidades autónomas de España han optado por legislar de una manera más precisa el patrimonio paleontológico a las establecidas por la legislación nacional (Andrés, 2006); en la legislación la comunidad de Aragón se establecen sistemas de zonificación de acuerdo al grado de protección de los vestigios fósiles (zonas de protección y prevención), contando también con el concepto de Parques Culturales, definido como el espacio de integración de los diversos tipos de patrimonio, tanto mueble e inmueble (incluyendo el patrimonio paleontológico), como inmaterial.

Ordenamientos territoriales, programas y planes de desarrollo para Baja California

Para Baja California se encuentra expedido por el Gobierno Estatal y el Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado (COPLADE), el Plan Estatal de Desarrollo (2014-2019), así como el Plan Estatal de Desarrollo Urbano (PEDU) (2009-2013) elaborado por el mismo gobierno y la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado (SIDUE). Existen programas de desarrollo urbano elaborados por la SIDUE para los corredores Tijuana-Rosarito-Ensenada, Tijuana-Rosarito 2000 y San Felipe-Puertecitos-Bahía de los Ángeles, así como distintos programas de ordenamiento territorial para las zonas metropolitanas de la entidad.

Dentro de los distintos ordenamientos realizados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se encuentra, a nivel regional, el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California publicado por primera vez en 1995 y actualizado en el 2014. A nivel local se cuentan con cuatro programas de ordenamiento, incluyendo el Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región de San Quintín, publicado en 2007. Este programa es el único existente a este nivel dentro del área de estudio. En lo referente al Gobierno Municipal se encuentran expedidos el Plan Municipal de Desarrollo de Ensenada 2014-2016, los Programas de Desarrollo Regional de las Región de Colón, de la Región de San Quintín y la Región Sur. Se encuentra también el Programa de Desarrollo Urbano de los Centros de Población San Quintín-Vicente Guerrero.

Para las áreas naturales se encuentran elaborados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y SEMARNAT los planes de manejo para el Parque Nacional de San Pedro Mártir (2009) y para el área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios (2013). A la fecha no existe un instrumento de manejo elaborado para la Bahía de San Quintín declarada como sitio Ramsar.

Ordenamientos territoriales y ecológicos

De acuerdo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 2015), el ordenamiento es un instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Los ordenamientos ecológicos propone un esquema de organización de actividades en un territorio con el fin de evitar conflictos y garantizar la permanencia de los recursos naturales (SEMARNAT, 2009). El municipio es el responsable de la formulación y expedición de los programas de ordenamiento ecológico local del territorio, así como el control y la vigilancia de los usos y los cambios de uso del suelo. Para el estado de Baja California, Aceves-Calderón (2011) menciona que a pesar de existir varios ordenamientos territoriales y ecológicos, no se ha logrado establecer una planificación territorial adecuada en cuanto a los cambios actuales en el paisaje.

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California (2014), desde su expedición en 1995 en el Periódico Oficial Estatal, ha sido actualizado tres veces: en 2005, 2013 y siendo la última actualización en el 2014. Dentro de la caracterización física y cultural se incluyen las pinturas rupestres como parte de la riqueza arqueológica de Baja California, dejando a un lado el resto de las manifestaciones culturales como los concheros arqueológicos, así como los restos paleontológicos. En su modelo de ordenamiento se establecen distintas Unidades de Gestión Ambiental (UGA) con la política general aplicable para cada una de estas, ya sean de aprovechamiento o de protección; los yacimientos paleontológicos del Estado no son considerados dentro de la caracterización del área ni dentro de las políticas generales de las UGA. Desde su primera publicación define políticas para Áreas Especiales de Conservación (AEC), independientemente de la política general que se aplique para cada UGA; los patrimonios naturales y culturales, en las cuales se incluyen los sitios paleontológicos, son considerados como

AEC, estableciendo lineamientos para estas áreas donde se prohíben las construcciones sobre los mismos sitios y, donde se proyecte realizar alguna actividad y se localicen estos sitios, se deberá de informar al centro INAH regional para que determine el procedimiento a seguir. A pesar de existir estas AEC, estas no se han implementado en el Estado para la protección particular de sitios paleontológicos antes obras públicas.

En el Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región de San Quintín (2007), se aplican los mismos lineamientos que en el Ordenamiento Estatal para las AEC, prohibiendo de igual manera construcciones sobre sitios paleontológicos y estableciéndolos dentro de la competencia del INAH. Algunos de los sitios paleontológicos del área de San Quintín y El Rosario, se encuentran de manera coincidente dentro de las UGA definidas bajo Política Ambiental de Conservación. Para los distintos impactos ambientales identificados por este programa de ordenamiento, se considera de manera específica la pérdida del patrimonio arqueológico por la apertura de terrenos agrícolas. Dentro de las medidas de mitigación sugeridas se encuentra la prohibición de desmontes, condicionar la apertura de nuevos terrenos mediante instrumentos de impacto ambiental, y si la unidad se encuentra cerca de la Bahía de San Quintín se deberá solicitar un dictamen de congruencia de uso de suelo ante el INAH. Algunas de estas medidas podrían beneficiar la preservación de los recursos paleontológicos ubicados dentro del área, o permitirá establecer rescates oportunos si se considera el patrimonio paleontológico dentro de los MIA y de la liberación de los predios elaboradas por el INAH.

Dentro del Plan Estatal de Desarrollo Urbano de Baja California (2010) se determinan 10 Unidades de Gestión Territorial (UGT), en congruencia con el Programa de Ordenamiento Ecológico (2013), considerando las mismas políticas que éste para las Áreas Especiales de Conservación (AEC). Se consideran los recursos paleontológicos únicamente dentro de la UGT-5 (bajo la temática de Desarrollo Social), en donde se propone como estrategia particular, en paralelo a la consolidación del centro de población de El Rosario, la preservación de los sitios paleontológicos de la zona, apoyando a la vez la agricultura a pequeña escala y las actividades turísticas para atractivos naturales y sitios arqueológicos. Dentro de los distintos instrumentos, el Plan Estatal de Desarrollo Urbano es el único en el cual figura de manera explícita el patrimonio paleontológico dentro de una UGT.

La pérdida del patrimonio es una de las consecuencias mas graves de la falta de políticas de planeación (Endere y Prado, 2008); aunado a esto, de acuerdo a Fernández (2008), existe una tendencia dentro de la planificación territorial de no considerar algunos componentes materiales como los sitios arqueológicos y paleontológicos, así como los inmateriales (narraciones, tradiciones), que forman parte del patrimonio cultural asociado al territorio. Endere y Prado (2008) mencionan que los planeamientos territoriales suelen presentar deficiencias en relación a la incorporación de elementos del patrimonio natural y cultural abordados desde disciplinas ajenas a estos, como la Geografía o Arquitectura; este caso puede hacerse extensivo en la región de Baja California o incluso para el país, a pesar de que en años anteriores se ha propuesto integrar la dimensión temporal del territorio (histórico y arqueológico) dentro de los distintos ordenamientos territoriales de la región (Aceves-Calderón, 2005; Aceves-Calderón, 2011).

Evaluaciones de Impacto Ambiental

De acuerdo al artículo 28 de la LGEEPA (2015), la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual se establecen las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico. En México, para la realización de las obras o actividades contempladas por la LGEEPA y su reglamento, requieren contar con la resolución por parte de la SEMARNAT. De igual manera, toda obra en monumentos o zonas, o en predios colindantes a estos, requiere contar con la autorización del INAH para determinar que el proyecto no afecte a los monumentos o zonas arqueológicos (Artículo 42 y 44 del Reglamento de la Ley Federal); al no existir un registro completo de los inmuebles paleontológicos dentro del Registro Público, y considerando que son los arqueólogos los encargados de realizar la inspección y verificación de los sitios, no se consideran las evidencias paleontológicas dentro de este procedimiento. De igual manera, en Baja California dentro de los Manifiestos de Impacto Ambiental elaborados ante SEMARNAT, la consideración de los distintos elementos arqueológicos, al igual que los paleontológicos quedan a criterio de quien lo elabora (Figueroa, 2009).

A diferencia del país, en España existen normas legales relacionadas con la Ordenación del territorio y con el Medio Ambiente donde se considera al patrimonio paleontológico como bienes que pueden verse afectados por el desarrollo económico, a pesar de verse considerados como

patrimonio cultural (Andrés, 2006). En la comunidad autónoma de Aragón se obliga a los organismos promotores de una obra pública o privada a redactar un estudio de las afecciones relativas al patrimonio paleontológico. De igual manera en los países de Estados Unidos y Sudáfrica la legislación vuelve obligatorio que los proyectos de construcción cuenten previamente con una evaluación de impacto sobre los recursos paleontológicos, contando con mapas de potencial paleontológico específicos para algunas zonas de acuerdo a las unidades geológicas presentes en el territorio.

Planes de desarrollo regionales

Un plan de desarrollo es un instrumento de gestión pública que se utiliza para impulsar el desarrollo social de un territorio, ya sea país, estado, municipio o región a partir de distintas estrategias (Plan Nacional de Desarrollo, 2013). En el Plan Estatal de Desarrollo de Baja California (2001), dentro de las múltiples estrategias establecidas bajo el eje de desarrollo económico sustentable, se incluye implementar una adecuada reglamentación de protección al patrimonio cultural y natural, así como el desarrollar e implementar zonas de protección, estrategias y planes de manejo para conservación de la biodiversidad y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales emblemáticos de Baja California. A pesar de que dentro de estas políticas se realizan algunas propuestas de conservación conjunta del patrimonio cultural con el natural, la propia conceptualización del patrimonio que subyace en esas propuestas no permite una integración adecuada (Aceves-Calderón y Riemann, 2012)

Dentro del plan Estatal no se manejan de manera específica los recursos paleontológicos o arqueológicos dentro de las estrategias de desarrollo, a diferencia de otros estados como Coahuila, donde dentro de una de las líneas para el desarrollo económico, menciona que se debe diseñar y promocionar nuevas rutas turísticas a partir de las riquezas naturales, sitios históricos y paleontológicos para aprovechar el potencial del estado y sus regiones (Plan Estatal de Desarrollo, 2014). Incluso, para la misma región existe de manera específica un Programa de Desarrollo Urbano Turístico de la Zona Paleontológica de Coahuila (2009) cuyo objetivo es impulsar el desarrollo socioeconómico alrededor de las actividades turísticas paleontológicas de una manera sustentable, estableciendo estrategias, acciones e inversiones concretas.

El Plan de Desarrollo Urbano de los Centros de Población de San Quintín-Vicente Guerrero (2003), determina como uno de sus objetivos el establecer acciones para revalorar los elementos del patrimonio cultural y arqueológico de la zona, pero no incluye de manera explícita los recursos paleontológicos de la región. Los programas regionales (los Programas de Desarrollo Regional de Colón, San Quintín y de la Región Sur), de igual manera que los estatales, no consideran las evidencias paleontológicas dentro de sus estrategias de desarrollo, además de que ninguno de estos tres programas incluye la delegación de El Rosario, en el cual se encuentran los sitios paleontológicos con un potencial para promover el desarrollo socioeconómico de las comunidades locales.

Las Áreas Naturales Protegidas y el patrimonio paleontológico.

De acuerdo al artículo 45 de la LGEEPA (2015), además de la protección de la biodiversidad y de los procesos ecológicos de los ecosistemas, uno de los objetos de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) es la protección de los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos, y, por lo tanto también podrían considerarse los entornos naturales de los bienes paleontológicos. Entre las distintas categorías establecidas por la legislación para las ANP se encuentran: Reservas de la biosfera, Parques Nacionales, Monumentos naturales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Áreas de Protección de Flora y Fauna, Santuarios, así como las distintas designaciones establecidas por las legislaciones locales, ya sea a nivel estatal o municipal. Algunos yacimientos paleontológicos se encuentran protegidos mediante decreto presidencial bajo el marco de la LGEEPA, tales como los depósitos marinos del Cretácico de San Juan Raya los cuales se consideran dentro del polígono Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán en Puebla y se incluyen como parte de la justificación de dicha categoría dentro del decreto presidencial (Decreto Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, 1999).

En el país existen casos en donde se ha realizado una doble declaratoria, tal como el Parque Nacional de Palenque ubicado en la zona arqueológica de Palenque, Chiapas, la cual se encuentra decretada como Zona de monumentos arqueológicos y como Área Natural Protegida. En el Estado de Coahuila, la zona paleontológica de Rincón Colorado se encuentra decretada tanto como de zona de monumentos a nivel federal, y a nivel Estatal como Área Natural Protegida con carácter de zona paleontológica (Aguilar, 2012b), contando con el mismo polígono de

delimitación. Una doble declaratoria permite suponer un alcance mayor en las acciones de conservación, no obstante muchas veces estas no son del todo integrales y no se encuentran articuladas de una manera eficiente entre las distintas instancias en competencia (Aceves-Calderón, 2005). Una adecuada coordinación entre las distintas dependencias de las Áreas Naturales con el INAH permitirá establecer proyectos de conservación más apropiados para la protección y conservación tanto de las áreas paleontológicas (o arqueológicas), como de los ecosistemas contiguos. Como un claro ejemplo de esto tenemos que en el sitio arqueológico de Yagul, Oaxaca, en lugar de realizar una doble declaratoria, se amplió la poligonal oficial de la zona de monumentos arqueológicos con el propósito de incluir reservas naturales con especies endémicas de plantas y animales cercanas al sitio arqueológico (Martínez, 2009).

Baja California

El Estado de Baja California cuenta con un total de cinco áreas naturales protegidas (ANP) a nivel federal, las cuales ocupan el 39.02% del territorio estatal, e incluidas en tres categorías de protección: Área de Protección de Flora y Fauna, Reserva de la Biosfera y Parques Nacionales (<http://www.conanp.gob.mx/>). Cabe mencionar que Baja California es uno de los dos estados del país que no cuenta con áreas naturales protegidas designadas ni a nivel estatal o municipal (Bezaury-Creel, Ochoa y Torres, 2007).

En algunas ANP, como en los dos Parques Nacionales de San Pedro Mártir y Constitución de 1857, no se tienen documentadas evidencias paleontológicas, y la probabilidad de que estas se encuentren es nula o muy baja dada la naturaleza geológica de estas zonas. No obstante, en el Área de Protección de Flora y Fauna de Valle de los Cirios se presentan distintos tipos de evidencias paleontológicas dentro de su polígono de delimitación.

Valle de los Cirios

El Área de Protección de Flora y Fauna de Valle de los Cirios, es la segunda ANP más grande de todo México. Abarca la porción sur del Estado de Baja California, por debajo del paralelo 30 y hasta el paralelo 28 en su límite con Baja California Sur. Esta área se caracteriza por sus paisajes desérticos donde como elemento importante se encuentra el cirio (*Fouqueria columnaris*). Fue

decretada en 1980, no obstante su plan de Manejo no fue publicado hasta el 2013 en el Diario Oficial de la Federación.

El Programa de Manejo de Valle de los Cirios (SEMARNAT, 2013a) menciona que los vestigios paleontológicos son abundantes y se encuentran en buenas condiciones de conservación, no obstante no se enlistan o mencionan los distintos depósitos paleontológicos presentes dentro del ANP, ni se establecen ningún programa particular para la protección, conservación o difusión específica de estas evidencias a pesar de la importancia científica de este patrimonio y del potencial turístico para algunas zonas. Como ejemplos tenemos el área del arroyo de Santa Catarina, donde los amonitas del Cretácico son particularmente abundantes (Walker, 1948), o el depósito de Lomas Tetas de Cabra, donde se encuentra representada una fauna de mamíferos de hace 52 millones de años única para el país (Novacek *et al.*, 1991), las madrigueras fósiles de roedores (de gran importancia para la reconstrucción de las comunidades vegetales del Pleistoceno), o los recientes hallazgos de fauna del Pleistoceno en Montevideo (Aceves-Calderón, 2005). A manera de contexto, dentro de la descripción geológica de la ANP se mencionan la presencia de restos de dinosaurios y aves primitivas, no obstante estos depósitos mencionados se encuentran a kilómetros fuera del polígono de protección de esta área (en El Rosario).

Dentro de unos de sus subprogramas de conservación, se incluye el Componente Patrimonio Histórico y Cultural, en el cual se busca promover el manejo de los recursos culturales (arqueológicos, históricos y culturales) bajo esquemas de desarrollo sustentable, y con el fin de generar beneficios económicos a los pobladores. Esto se pretende lograr mediante el establecimiento de mecanismos de coordinación adecuados entre el ICBC y el INAH. Dentro de las acciones se establece el crear un inventario de los sitios arqueológicos del ANP a mediano plazo; dentro de este programa no se menciona de manera explícita los recursos paleontológicos, aunque pudiera suponerse su inclusión si se considera parte del concepto de patrimonio cultural definido por la legislación, o si se considera en conjunto con las evidencias arqueológicas.

Dentro de su reglamento se establece que los investigadores que como parte de su trabajo requieran extraer de la región cualquier recurso natural, incluyendo los fósiles, deberán contar con la autorización por parte de las autoridades correspondientes, en este caso del INAH. Dentro

de la zonificación del ANP, se establece que para las zonas con políticas de preservación, de aprovechamiento sustentable y uso público, se prohíbe la construcción de obras sobre sitios paleontológicos, no obstante esto no se señala para las zonas con asentamientos humanos o en las zonas de influencias.

El Valle de los Cirios es uno de los 23 sitios en México que se encuentra desde 2004 dentro de la Lista Indicativa para ser nombrado Patrimonio Mundial de la Humanidad (WHC, 2012); en la descripción del sitio no se consideran los aspectos paleontológicos, los cuales podrían fortalecer la inclusión de este sitio como parte del patrimonio mundial; en relación a las evidencias culturales, Aceves-Calderón (2005) menciona que solo se consideran las pinturas rupestres y la Misión de San Borja, dejando a un lado otras manifestaciones culturales no monumentales, tales como los concheros arqueológicos.

La misma situación relacionada al patrimonio paleontológico puede hacerse extensiva a la mayoría de las ANP del país. Por ejemplo, en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, a pesar de considerar las evidencias paleontológicas como parte de la dentro de la declaratoria presidencial, en su programa de manejo (SEMARNAT, 2013c) no se considera ni se regula de manera específica las actividades turísticas asociadas a los sitios paleontológicos “Parque de las Turritelas” y “Huellas de dinosaurio” existentes en el Área Natural Protegida, ni se establecen mecanismos de coordinación entre las autoridades competentes (en este caso, el INAH). La única mención explícita relacionada al patrimonio paleontológico es hacia el potencial comercial a partir de la elaboración de réplicas de fósiles.

Sitios Ramsar

Algunos humedales de México cuentan con un nivel de protección internacional: sitio Ramsar; a la fecha, para la costa del Pacífico de Baja California se encuentran declaradas bajo esta categoría el Estero de Punta Banda y la Bahía de San Quintín.

La Bahía de San Quintín se encuentra desde el 2008 declarada como un Humedal de Importancia Internacional bajo esta designación. Bajo el polígono de protección se encuentran algunos sitios paleontológicos y arqueológicos de importancia científica y cultural para la región y el país, que explicarían el origen y conformación geológica del mismo humedal, y la posible relación de los

primeros pobladores de México con la fauna marina y terrestre de ese entonces. En la ficha de declaración del sitio no se incluyen estas evidencias como elementos a considerar para la protección integral del sitio (CONANP, 2007), y a la fecha no sea publicado los lineamientos o un instrumento para el manejo del sitio. El Sitio Ramsar Estero de Punta Banda, declarado como tal desde el 2006, considera las evidencias arqueológicas del área dentro de la ficha y dentro de su plan de manejo (CONANP, 2005; CONANP 2012), sin embargo no hace referencia a los sitios paleontológicos como el depósito de rudistas del Cretácico tardío encontrado en el área, a pesar del potencial científico, educativo y turístico existente para el yacimiento y la anterior propuesta de construcción de un museo de sitio (Téllez, 1993).

Conclusión

El estudio de la legislación y administración del patrimonio paleontológico permitió determinar los siguientes puntos:

- El patrimonio paleontológico se encuentra comprendido por un amplio marco jurídico
- La inclusión del patrimonio paleontológico dentro de la legislación en el país es relativamente reciente.
- Las piezas paleontológicas son bienes de la Nación y no pueden ser de propiedad privada, comercializarse, ni transportarse al extranjero.
- El Congreso de la Unión es el encargado de legislar en materia de restos o vestigios paleontológicos.
- La legislación vigente no ha sido adecuada para la protección particular del patrimonio paleontológico a nivel nacional (en México) o regional para el Estado de Baja California.
 - No se definen adecuadamente los bienes paleontológicos dentro de la Ley Federal
 - No se consideran los casos particulares del patrimonio paleontológico (yacimientos de interés económico o en contextos arqueológicos)
 - Las distintas definiciones utilizadas en la ley se basan en la monumentalidad de los bienes arqueológicos del centro y sur del país, por lo que no son adecuadas para abarcar los distintos bienes paleontológicos del país, o incluso los sitios arqueológicos de las zonas áridas como Baja California.

- Han existido propuestas de reglamentos y de reformas a las leyes existentes que podrían beneficiar significativamente a la conservación y protección paleontológica, sin embargo no se les ha prestado la suficiente atención.
- Se vuelve necesaria la reactivación del Consejo Nacional de Paleontología y una reglamentación adecuada del artículo 28-bis.
- El registro público constituye una herramienta para el conocimiento y necesaria para la protección de piezas y sitios paleontológicos en México y Baja California.
 - Las actividades en materia de registro del patrimonio paleontológico, tanto mueble como inmueble, comienzan a desarrollarse en el país.
- La delimitación de zonas paleontológicas se vuelve necesaria para proteger los yacimientos paleontológicos en áreas identificadas como amenazadas por el desarrollo socioeconómico, o en donde se realicen o planeen realizarse actividades turísticas.
- A nivel Estatal se encuentra la figura de Zonas de entorno, el cual podría complementar las figuras anteriores para una protección integral del patrimonio paleontológico mediante la planificación territorial.

A partir de la revisión y el estudio de los ordenamientos e instrumentos de políticas públicas, se puede concluir:

- Los distintos ordenamientos y planes de desarrollo urbanos no consideran las evidencias paleontológicas dentro de la definición de las unidades de gestión ambientales (UGA).
 - Las áreas especiales de conservación (AEC) protegen los yacimientos paleontológicos, no obstante no se ha establecido ninguna de estas características para Baja California.
 - El plan de desarrollo urbano señala únicamente preservar los sitios paleontológicos de El Rosario
- Hace falta una coordinación adecuada entre los paleontólogos investigadores, el INAH y las distintas instancias encargadas de planificar el territorio.
- No se consideran las evidencias paleontológicas dentro de los Manifiestos de Impacto Ambiental a la hora de otorgar los permisos para cambio de uso de suelo.

- Los sitios paleontológicos inscritos en el Registro Publico se pudieran considerar dentro de los dictámenes de obras por el INAH.
- Los planes de desarrollo consideran únicamente al patrimonio histórico y arqueológico monumental para fomentar el desarrollo social y económico de la región, excluyendo otras manifestaciones culturales y al mismo patrimonio paleontológico, a diferencia de otros estados como Coahuila donde si se considera.
- Las distintas áreas naturales protegidas (ANP y Sitios Ramsar) de la región no consideran las evidencias paleontológicas dentro de sus decretos o instrumentos de manejo, en las cuales podrían establecerse, en coordinación con el INAH, políticas de protección para los yacimientos paleontológicos dentro de sus polígonos, o de aprovechamiento sustentable mediante la realización de actividades turísticas.

La revisión y estudio de los distintos documentos permitió determinar la situación legal y administrativa del patrimonio paleontológico. A pesar de que aún existen vacíos y deficiencias dentro de la legislación mexicana, existen ciertos elementos y figuras que podrían ser utilizados para la protección y conservación del patrimonio paleontológico en el país y Baja California, y así favorecer su inclusión dentro del ordenamiento territorial, políticas de desarrollo social y económico, y su adecuada incorporación dentro de las Áreas Naturales Protegidas ya establecidas.

Se vuelve necesaria la inscripción de los distintos bienes paleontológicos, tanto muebles como inmuebles, en el registro público con el fin de otorgarles seguridad jurídica y permitir la aplicación de la legislación, contar con un inventario del patrimonio paleontológico presente en el territorio y en custodia de particulares, tanto para fines de investigación como de conservación. El contar con un registro de los mismos inmuebles paleontológicos y zonas de monumentos permitirá considerarlos dentro de la planificación del territorio, así como dentro de la elaboración de los dictámenes en la construcción de obras dentro o cercanos a los sitios, protegiéndolos y garantizando su preservación, o estableciendo acciones de rescate. El registro de inmuebles, y la delimitación precisa de zonas donde se estén llevando a cabo o se planeen realizar actividades turísticas (o la aplicación de algún esquema de conservación adicional), o en zonas que se encuentren amenazadas ante distintos factores antropogénicos (ya sea la colecta ilegal o el

desarrollo urbano) se vuelve necesario con el fin de proteger los sitios y regular dichas actividades.

Aceves-Calderón (2005) señala la problemática presente para los recursos arqueológicos de zonas áridas ante la dificultad que representa la delimitación de este patrimonio. Al igual que éstas, y a diferencia de un edificio histórico o una pirámide del sur del país, algunas evidencias paleontológicas pueden encontrarse dispersas de manera irregular en el territorio, dificultando su delimitación precisa. El registro y delimitación física no siempre es suficiente para garantizar su conservación, por lo que es necesario establecer distintas zonificaciones basadas en el potencial paleontológico del territorio que pudieran abarcar no solo las evidencias paleontológicas conocidas previamente, así como la aplicación de esquemas alternativos de gestión integrales que sean compatibles con la legislación. Actualmente en el país existen marcos normativos que pueden servir de contexto para una propuesta integral de conservación que genere beneficios a la comunidad bajo las concepciones del patrimonio a nivel mundial (Aceves-Calderón, 2005), considerando el aprovechamiento sustentable de sus recursos y la conservación del paisaje.

Bibliografía

- Aceves-Calderón, P. M. (2005). *Los paisajes culturales como modelo holístico de conservación en Zonas Áridas* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Baja California [UABC], México.
- Aceves-Calderón, P. M. (2011). *Entre el pasado y el futuro: El patrimonio cultural en el ordenamiento territorial y ecológico en el municipio de Ensenada*. VI Congreso Internacional de Ordenamiento Ecológico y Territorial. Ensenada, México.
- Aceves-Calderón, P., y Riemann, H. (2008) Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. En G. D. Danemann y E. Ezcurra (ed.) *Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Línea base 2007*. México: SEMARNAT.
- Aguilar, F. (2005). *Sección de Paleontología del Centro INAH Coahuila* (Reporte). Centro INAH Coahuila, México.

- Aguilar, F. J. (2012a). ¿Cómo proteger yacimientos paleontológicos?, lo (sic) experiencia del INAH en Coahuila. *El Tlacuache*, suplemento cultural de La Jornada Morelos, 529 (Julio 29, 2012):1-2.
- Aguilar, F. J. (2012b). Rincón Colorado y su reconocimiento legal como la primera Zona Paleontológica en México. *El Tlacuache*, suplemento cultural de La Jornada Morelos, 546 (Diciembre 2, 2012)
- Aguilar, F. J. (2013). Algunas aportaciones del INAH a la paleontología del Pleistoceno en México. *El Tlacuache*, suplemento cultural de La Jornada Morelos, 602 (Diciembre 29, 2013):3-4.
- Alcalá, L., y Paricio, C. (1988). Protección y conservación de yacimientos paleontológicos españoles. *II Congreso Español de Geología*, 1, 253-256.
- Alvarado, O. J. (2015). Las colecciones paleontológicas en México, beneficios y retos. En V. H. P. Reynoso, F. A. Flores-Mejía, F. J. Aguilar, y J. A. Moreno Bedmar (comps.). Programa y Resúmenes del XIV Congreso Mexicano de Paleontología: Melchor Múzquiz. *Paleontología Mexicana*, Volumen especial, 1, p. 24.
- Andrés, M. J. A. (2006). Paleontología en Aragón: legislación y aplicación. En L. G. Mestre (ed.), Actas Simposio Internacional. *Huellas que perduran, icnitas de dinosaurios: patrimonio y recurso*. Valladolid, España: Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León
- Bendímez, P. J. (2010). The Communities of Baja California and their participation in the deffense of their achaeological legacy. *SCA Proceedings*, 24, 1-6.
- Bezaury-Creel, J. E., Ochoa, L. M. O., y Torres, J. F. (2007). *Áreas Naturales Protegidas Estatales, del Distrito Federal y Municipales de México*. CONABIO. Recuperado de <http://www.participacionambiental.org.mx/WebANP1/index.html>
- Boletín INAH (Marzo, 2011). *INAH estrena nuevo sistema de registro de bienes culturales*. Recuperado de <http://www.inah.gob.mx/boletines/786-inah-estrena-nuevo-sistema-de-registro-de-bienes-culturales>
- Braga, A. J. C. (2006). El patrimonio paleontológico en España: un patrimonio natural. En L. G. Mestre (ed.), Actas Simposio Internacional. *Huellas que perduran, icnitas de*

dinosaurios: patrimonio y recurso. Valladolid, España: Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León

- Cárdenas, G. J. (2011). Iniciativa que reforma y adiciona diversas disposiciones de las Leyes Orgánica de la Administración Pública Federal; y Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricas. *Gaceta Parlamentaria*, 3394(5). México. Recuperado de <http://gaceta.diputados.gob.mx/Black/Gaceta/Anteriores/61/2011/nov/20111117-IV/Iniciativa-6.html>
- Carreño, A. L., y Montellano-Ballesteros, M. (2005). La Paleontología mexicana; pasado, presente y futuro. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 57(2), 137-147
- Castillo, M. M. T. (2009). El registro nacional de colecciones de piezas arqueológicas en custodia de particulares. En S. Mesa, M. T. Castillo, P. F. Sánchez y M. Medina (coords. y Eds.), *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años* (pp. 665-679). México: Colección científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP] (2005). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Estero de Punta Banda*. México. Recuperado de http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Baja_California/Estero_de_Punta_Banda/Estero_de_Punta_Banda.pdf
- Comité Ejecutivo (2000). *Legislación del Patrimonio Cultural: A los Profesores de Investigación Científica y Docencia*. Recuperado de <http://www.sindicato.8k.com/sindicato4.html>
- CONANP (2007). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Bahía de San Quintín*. México. Recuperado de http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Baja_California/Bahia_de_San_Quintin/Mexico_Bahia_de_San_Quintin_2008_RIS.pdf
- CONANP (2012). *Plan de Manejo Sitio Ramsar Estero de Punta Banda*. México. Recuperado de http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/lineamientos_instrumentos/ESTERO_PUNTA_BANDA.pdf

- Consejo de Arqueología (1994). *Disposiciones reglamentarias para la investigación arqueológica en México*. México. Recuperado de http://consejoarqueologia.inah.gob.mx/?page_id=9
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2015). *Constitución publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917, Última reforma publicada DOF 10-07-2015*. México. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_100715.pdf
- Cottom, B. (2006). La Concurrencia y Administración de los vestigios o restos fósiles, monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos: Las Reformas a los artículos 27 y 124 de la Constitución. *Diario de Campo*, 87, 113-119.
- Decreto 29/2006 (2006). *Decreto 29/2006 3 de Marzo, del Consell de la Generalitat, por lo que se declaran Bien de Interés Cultural, con la categoría de Zona Paleontológica, los yacimientos de icnitas de los términos municipales de Morella, Bicorp, Bejis, Alpuente, Dos Aguas y Millares, de la Comunidad Valenciana*. España.
- Decreto 45/2001 (2001). *Decreto 45/2001 19 de Abril, por el que se declaran Monumento Natural los yacimientos de icnitas de Asturias*. España.
- Decreto Tehuacán-Cuicatlán (1999). *DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Tehuacán-Cuicatlán, ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla. (Segunda publicación)*. México. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4948942&fecha=28/05/1999
- Díaz-Martínez, E., Guillen, M. F., Mata, P. J. M., y Santisteban, B. C. de (2008). La conservación de la naturaleza debe incluir la geodiversidad y el patrimonio geológico como parte del patrimonio natural. *Boletín de la Sección del Estado Español de EUROPARC (Tribuna de opinión)*, 25, 54-60.
- Dirección general de Apoyo Parlamentario (2011). *Análisis Técnico Preliminar*. Recuperado de http://sitl.diputados.gob.mx/LXI_leg/cuadros_comparativos/1PO3/2846-1PO3-11.pdf

- Endere, M. L., y Prado, J. L. (2008). Criterios de selección, valorización y zonificación de yacimientos arqueológicos y paleontológicos. En M. L. Endere y J. L. Prado (Eds.), *Patrimonio, ciencia y comunidad: su abordaje en los partidos de Azul, Olavarría y Tandil* (pp. 47-65). Argentina: INCUAPA.
- Escartín, A. R. (2009). Aspectos técnicos involucrados en la elaboración de las poligonales de las zonas arqueológicas En S. Mesa, M. T. Castillo, P. F. Sánchez y M. Medina (coords. y Eds.), *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años* (pp. 373-387). México: Colección científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Fernández, C. S. (2008). *Patrimonio Arqueológico y Planificación Territorial. Estrategias de Gestión Para Andalucía*. Sevilla, España: Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía y Universidad de Sevilla.
- Fernández, G. M., y Cantú, S. E. (1998). Decreto que establece la Ley sobre vestigios y restos fósiles; que adiciona el código penal para el distrito federal en materia de fuero común y para toda la Republica en materia de fuero federal; y que reforma diversas fracciones del artículo segundo de la Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Diario de los Debates de la Cámara de Senadores. *Diario de los Debates de la Cámara de Senadores*. México. Recuperado de http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/1998/04/asun_1179_19980416_1_121838.pdf
- Figueroa, B. C. (2009). *La Arqueología del Holoceno en el corredor costero Colnett [sic] - El Rosario (Baja California México). Un Análisis orientado a la gestión* (Tesis de Doctorado). UABC, México.
- García-Barcena, J., Aranda, M. F. J., Contreras, M. B. Y., Espinoza, A. L., Gómez, S. J., Polaco, R. O. J., Rueda, G. J., Wolfgang, S. K., Villaseñor, M. A. B., Xelhuantzi, L. M. S. (1995). Proyecto de Disposiciones Reglamentarias acerca del Patrimonio Paleontológico. En *Sociedad Mexicana de Paleontología, V Congreso Nacional de Paleontología* (pp. 8-19). México.
- Henriques, M. H., y Pena, d. R. R. (2015). Framing the Palaeontological Heritage within the Geological Heritage: An Integrative Vision. *Geoheritage*, 7(3), 249-259.

- INAH (2007). *Manual General de Organización del Instituto Nacional de Antropología e Historia*. México. Recuperado de http://www.gobiernodigital.inah.gob.mx/Transparencia/Archivos/manual_gral_org_01.pdf
- Instituto de Cultura de Baja California [ICBC] (2014). *Patrimonio Cultural*. Recuperado de http://www.icbc.gob.mx/patrimonio_cultural.html
- Ley de Patrimonio Cultural del Estado de Chihuahua (2012). *Ley de Patrimonio Cultural del Estado de Chihuahua*.
- Ley de Patrimonio Histórico Español (2015). *Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español*. España. Recuperado de http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/l16-1985.html
- Ley de Preservación del Patrimonio Cultural del Estado de Baja California (2012). *Ley de Preservación del Patrimonio Cultural del Estado de Baja California, Última reforma PO No. 42, Sección I, 21-Sep- 2012*. México. Recuperado de http://www.congresobc.gob.mx/contenido/legislacionestatal/Parlamentarias/TomosPDF/Leyes/TOMO_VI/LEYPATCU_21SEP2012.pdf
- Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (2015). *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*. España. Recuperado de http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/l42-2007.html
- Ley Nacional 25743 (2003). *Ley Nacional 25743/03, 2003 Protección Del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico*. Argentina. Recuperado: <http://www.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/85000-89999/86356/norma.htm>
- Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas [LFMZAAH] (2015). *Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, Última Reforma DOF 28-01-2015*. México. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/131_280115.pdf
- Ley General de Bienes Nacionales (2013). *Ley General de Bienes Nacionales, Última Reforma DOF 07-06-201*. México. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/267.pdf>

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente [LGEEPA] (2015). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Última Reforma DOF 09-01-2015*. México. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_090115.pdf
- Ley Orgánica del INAH (1998). *Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia, Última Reforma DOF 23-01-1998*. México. Recuperado de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/170.pdf>
- Lipps, J. H. (2009). PaleoParks: Our paleontological heritage protected and conserved in the field worldwide. En J. H. Lipps y B. R. C. Graniel (Eds.), *PaleoParks - The protection and conservation of fossil sites worldwide: Carnets de Géologie / Notebooks on Geology*.
- López, W. L. A. (2009). Proteger y Registrar el Patrimonio Arqueológico. En S. Mesa, M. T. Castillo, P. F. Sánchez y M. Medina (coords. y Eds.), *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años* (pp. 787-791). México: Colección científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Martínez, y O. E. (2009) Yagul y la protección de especies vegetales endémicas. En S. Mesa, M. T. Castillo, P. F. Sánchez y M. Medina (coords. y Eds.), *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años* (pp. 557-567). México: Colección científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Manual de Normas y Procedimientos del Registro Público (2014). *Manual de Normas y Procedimientos de la Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas*. México. Recuperado de <http://www.normateca.inah.gob.mx/documents/Manual-de-la-Direccion-de-Registro-P%C3%ABlico-de-Mtos.-y-Zonas-Arq.-Art.-e-Hist.-COMERI-JUNIO-DEL-2014.pdf>
- Medina, J. M. (2009). El Inventario Nacional de Zonas Arqueológicas: Situación Actual y Perspectivas. En S. Mesa, M. T. Castillo, P. F. Sánchez y M. Medina (coords. y Eds.), *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años* (pp. 169-194). México: Colección científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

- Mendoza, L. G. (Mayo, 2013). Pierde INAH juicio por 389 fósiles; deberá regresarlos. Milenio. Recuperado de <http://www.milenio.com/cdb/doc/noticias2011/e3538a2d640a032967f2facde3ccceba>
- Mirambell, L., Polaco, O. J., y Sánchez, F. M. (1988). El Instituto Nacional de Antropología e Historia y el patrimonio paleontológico. *Antropología, Boletín Oficial del Instituto Nacional de Antropología e Historia, Nueva Época*, 22, 73-81.
- Novacek, M. J., Ferrusquia-Villafranca, I., Flynn, J. J., Wyss, A. R., Norell, M. A. (1991). Wasatchian (early Eocene) mammals and other vertebrates from Baja California, Mexico: the Lomas Las Tetas de Cabra fauna. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 208, 3-87.
- Piranha J. M., Aparecida, y de la Corte, B. D. (2011). Geoparks in Brazil—strategy of Geoconservation and Development. *Geoheritage*, 3, 289–298.
- Plan Estatal de Desarrollo [PEDBC] (2014). *Plan Estatal de Desarrollo 2014 – 2019*. <http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/ped/ped.jsp>
- Plan Estatal de Desarrollo Urbano [PEDUBC] (2010). Acuerdo del Ejecutivo del Estado mediante el cual se aprueba el Plan Estatal de Desarrollo Urbano de Baja California 2009 – 2013. *Periódico Oficial del Estado de Baja California*, 127(15), 1-213. Recuperado de <http://www.sidue.gob.mx/doctos/2014/ot/PEDU.pdf>
- Plan Municipal de Desarrollo de Ensenada (2015). *Plan Municipal de Desarrollo de Ensenada 2014-2016*. México. Recuperado de <http://transparencia.ensenada.gob.mx/doc/file6207s101d71.pdf>
- Plan Nacional de Desarrollo (2013). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. *Diario Oficial de la Federación*. México. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013
- Programa de Desarrollo Regional de Colón (2007). *Programa de Desarrollo Regional Región Punta Colón*. México. Recuperado de <http://imipens.org/planes-y-programas/>
- Programa de Desarrollo Regional de San Quintín (2007). *Programa de Desarrollo Regional Región San Quintín*. México. Recuperado de <http://imipens.org/planes-y-programas/>

- Programa de Desarrollo Regional Sur (2007). *Programa de Desarrollo Regional Región Sur*. México. Recuperado de <http://imipens.org/planes-y-programas/>
- Programa de Desarrollo Urbano de los Centros de Población de San Quintín y Vicente Guerrero (2003). *Acuerdo mediante el cual se aprueba el Programa de Desarrollo Urbano de los centros de Población de San Quintín y Vicente Guerrero del municipio de Ensenada, Baja California, así como los documentos de mención. Periódico Oficial del Estado de Baja California*, 110(21), 6-158. Recuperado de http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/legislacion/periodico/030503_N21_SII.pdf
- Programa de Desarrollo Urbano-Turístico de la Zona Paleontológica de Coahuila (2009). *Programa de Desarrollo Urbano-Turístico de la Zona Paleontológica de Coahuila. Periódico Oficial del Estado de Coahuila*, 116(22), 1-16. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/COAHUILA/Programas/COAHPROG02.pdf>
- Programa de Ordenamiento Ecológico de San Quintín [POESQ] (2007). Acuerdo del Ejecutivo del Estado por medio del cual se aprueba el programa de Ordenamiento Ecológico de la Región de San Quintín. *Periódico Oficial del Estado de Baja California*, 115(25), 1-207. Recuperado de [http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20decretados/actualizacion 2012/estudio tecnico poe san quint in.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20decretados/actualizacion%202012/estudio%20tecnico%20poe%20san%20quintin.pdf)
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California [POEEBC] (2014). Acuerdo del Ejecutivo mediante el cual se aprueba la publicación del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California actualizado. *Periódico Oficial del Estado de Baja California*, 121(34), 1-434. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/ordenamiento/decreto bc 140703.pdf>
- Programa Institucional de Mediano Plazo (2014) *Programa Institucional de Mediano Plazo 2014-2018 del INAH*. Recuperado de

http://www.inah.gob.mx/images/stories/Transparencia/2014/pimp_2014_2018_institucional.pdf

- Raup, D. M., Black, C. C., Blackstone, S., Dole, H., Grogan, S., Larson, P., ... Wolberg, D. (1987). *Paleontological collecting*. Washington, Estados Unidos: National Research Council (U.S.). Recuperado de <http://www.aaps-journal.org/pdf/Paleontological-Collecting/Paleontological-Collecting.pdf>
- Reglamento de la Ley Federal de Zonas y Monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos (1993). *Reglamento de la Ley Federal de Zonas y Monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos, Última reforma DOF 05-01-1993*. México. Recuperado de http://www.inah.gob.mx/Transparencia/Archivos/207_regla_ley_fed_mntos_zon_arq.pdf
- Schroeder, F. A. C. (1983). Legislación protectora de los monumentos y zonas de monumentos en México. *Memoria del III Congreso De Historia del Derecho Mexicano*. Recuperado de <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/2/700/43.pdf>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2009). *Guía de ordenamiento ecológico del territorio para autoridades municipales*. México. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20ordenamiento/zip/Guia%20OET%20CD.pdf>
- SEMARNAT (2013a). *Acuerdo por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Area de Protección de Flora y Fauna Silvestre Valle de los Cirios*. México. Recuperado de http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2013/APFFS_VALLE_DE_LOS_CIRIOS.pdf
- SEMARNAT (2013b). *Plan de Manejo de Flora y Fauna Valle de los Cirios*. México. Recuperado de http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2013/VALLE_CIRIO_S.pdf

- SEMARNAT (2013c). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán*. México. Recuperado de http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/tehuacan_2013.pdf
- Socorro, V. M. del P., y Tostado, R. E. A. (2009). El ámbito jurídico y función sustantiva del registro arqueológico. En S. Mesa, M. T. Castillo, P. F. Sánchez y M. Medina (coords. y Eds.), *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años* (p. 47-51). México: Colección científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Talavera y Bautista, (Septiembre de 2015). *Peña Nieto propone creación de Secretaría de Cultura*. Recuperado de <http://www.excelsior.com.mx/expresiones/2015/09/03/1043704#view-1>
- Taylor M. A., y Harte, J. D. C. (1989). Paleontological site conservation and the law in Britain. En P. R. Crowther y W. A. Wimbledon (Eds.). *The Use and Conservation of Palaeontological Sites* (pp. 21-39), *Special papers in palaeontology*, 40, 1-200.
- Téllez, M. A. (1993). Cultural Resources as a Criterion in Coastal Zone Management: The Case of Northwestern Baja California, México. En J. L. Fermán Almada, L. Gómez-Morín, y D. W. Fischer (Eds.). *Coastal Management in Mexico: The Baja California Experience* (pp. 137-147). Estados Unidos: American Society of Civil Engineers.
- Transparencia y acceso a la información (2008). *Respuestas de las solicitudes de información, folio: UE/LX/0891/2008*. Recuperado de http://transparencia.senado.gob.mx/index.php?option=com_respuestas&date=20080821
- Wimbledon, W. A. P. (2006). Los yacimientos paleontológicos como parte del patrimonio geológico. En L. G. Mestre (ed.), *Actas Simposio Internacional. Huellas que perduran, icnitas de dinosaurios: patrimonio y recurso*. Valladolid, España: Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León.

Capítulo 6 La gestión del patrimonio paleontológico a nivel internacional y nacional: una perspectiva desde Baja California

Introducción

La conservación del patrimonio paleontológico ha sido abordada de diferentes maneras y desde distintas perspectivas en todo el mundo. El primer intento de conservación de un sitio paleontológico se encuentra documentado en Glasgow, Escocia, en donde los troncos fosilizados de licopodios pertenecientes al Carbonífero fueron protegidos legalmente en 1887 (Gray, 2004), no obstante tratados al principio meramente como monumentos no permitían que los científicos colectaran nuevo material (Cleal, 1988). Actualmente existen esquemas de protección y conservación integrales donde se permite incluso realizar un aprovechamiento de los recursos paleontológicos mediante la implementación de actividades turísticas, sin frenar las investigaciones científicas e involucrando a las comunidades locales para fomentar el desarrollo socioeconómico regional. El estudiar las distintas figuras existentes a nivel internacional, y las experiencias en otras regiones del país, resulta importante con la finalidad de determinar los esquemas más apropiados para la conservación, en función de las características particulares socioeconómicas de la región y de los mismos recursos paleontológicos presentes en el territorio.

Metodología

Se realizó una revisión de los distintos esfuerzos realizados a nivel internacional y nacional en materia de conservación y protección del patrimonio paleontológico, con el fin de determinar los esquemas existentes para la conservación de estos sitios, y revisar las experiencias en otras regiones del país. La revisión se realizó a partir de una búsqueda a través de internet. Un número importante de fuentes bibliográficas fueron proporcionados por la M. en C. Felisa Josefina Aguilar Arellano durante una estancia realizada en el Centro INAH Coahuila en la ciudad de Saltillo, durante el periodo de Enero-Febrero de 2015, incluyendo libros, artículos, reportes, informes y memorias de congreso. Se documentaron las distintas experiencias acerca de la conservación y protección paleontológica en Coahuila, realizándose en dos visitas las zonas paleontológicas delimitadas y los poblados cercanos a estas en el mes de enero de 2015, dentro de las que se incluye una zona abierta al público. Se visitó también la cabecera municipal de General Cepeda

(Coahuila) donde se encuentran los restos de uno de los descubrimientos paleontológicos más importantes para México en los últimos años, correspondiente a un esqueleto casi completo de un dinosaurio que incluye una cola articulada.

Para Baja California, se participó en distintas salidas de campo de a) prospección y estudio paleontológico, y b) atención de denuncias y rescate paleontológico, en el periodo de 2013-2015 dentro del área correspondiente al noroeste de Baja California, desde Tijuana hasta Punta Baja, a cargo del Centro INAH Baja California. Se realizó además un recorrido de algunos de los sitios paleontológicos que permitió determinar las condiciones de conservación de los sitios y zonas, y la identificación de situaciones y problemáticas asociadas. Como parte de estas mismas actividades y de manera independiente, durante el 2015 se realizó la visita a algunos de los distintos museos de la misma zona (Tijuana-El Rosario) con el fin de realizar la evaluación del material paleontológico expuesto dentro de los distintos espacios museográficos o de interés cultural de la región. Se realizó una breve investigación documental de algunas exposiciones temporales de fósiles realizadas en el Estado.

Resultados y discusión

Internacional

Se han desarrollado diferentes esquemas a nivel internacional para la protección del patrimonio natural y cultural; algunos considerando a los yacimientos paleontológicos solo de manera implícita, y otros incluyéndolos como parte de un esquema integral como parte del paisaje, mientras que algunos se encuentran orientados particularmente a la conservación de este patrimonio.

La IUCN

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) es una organización fundada en Fontainebleau, Francia, en 1948, cuya misión es velar por la conservación de la Naturaleza en todo el mundo, siendo el principal referente medioambiental a nivel internacional en la búsqueda de fórmulas para hacer efectivo el desarrollo sustentable. Este organismo desarrolló un sistema preliminar de seis categorías a nivel internacional para la gestión de áreas protegidas, la cual funciona como guía para distintos países del mundo (IUCN, 2009).

Dentro de sus distintas categorías se encuentra la Reserva Natural Estricta (categoría 1a) cuyo propósito es conservar a escala regional, nacional o global, los ecosistemas, especies o rasgos de geodiversidad extraordinarios. La geodiversidad se encuentra incluida dentro el concepto de “conservación natural” propuesto por la IUCN (Dudley, 2008), y pudiendo considerar a los sitios paleontológicos dentro de esta categoría de protección.

La UNESCO y el Patrimonio Mundial

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por sus siglas en inglés), ha adoptado un conjunto de convenciones para garantizar la protección y salvaguardia del patrimonio común de la humanidad en sus formas tanto material como inmaterial (UNESCO, 2009). La Convención del Patrimonio Mundial, establecida por la UNESCO en 1972, tiene como propósito la protección del patrimonio cultural y natural de valor universal; el patrimonio cultural considera a todos aquellos monumentos, conjuntos, lugares o zonas (incluyendo arqueológicas) que tengan un valor excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia. El patrimonio natural, en cambio, hace referencia a aquellos monumentos naturales constituidos por formaciones físicas y biológicas, zonas delimitadas que constituyan el hábitat de especies amenazadas o lugares naturales, que posean un valor universal excepcional desde el punto de vista estético o científico (UNESCO, 1972). Dentro de este esquema las formaciones geológicas de valor excepcional, incluyendo yacimientos paleontológicos, forman parte de este patrimonio natural mundial a conservar.

El programa de Patrimonio Mundial de la UNESCO (<http://whc.unesco.org/>) ha incluido hasta la fecha (Abril, 2015) 1007 propiedades que forman parte del patrimonio natural y cultural de la humanidad; dentro de estos se reconocen al menos 18 sitios declarados dada la excepcionalidad de sus yacimientos paleontológicos o sus fósiles descubiertos (World Heritage Sites, 2015). Entre ejemplos representativos se encuentran el sitio fosilífero de Messel (Alemania), donde los fósiles correspondientes al Eoceno han proporcionado información acerca de las primeras etapas de evolución de los mamíferos, el sitio paleontológico Chengjiang (China), el cual representa el registro más completo de una comunidad marina del Cámbrico temprano con una fauna excepcionalmente preservada, y el Valle de las Ballenas (Wadi Al-Hitan) en Egipto, donde los numerosos fósiles de cetáceos relatan la historia evolutiva de este grupo de mamíferos marinos.

La mayoría de los sitios paleontológicos se encuentran dentro de la categoría de patrimonio natural, sin embargo casos especiales como los depósitos donde se recuperaron fósiles de los primeros homínidos figuran bajo las categorías de patrimonio cultural o mixto. En otros lugares, los sitios paleontológicos actúan como complemento a la excepcionalidad paisajística del sitio inscrito, tal como en el Gran Cañón de Colorado (USA), mientras que en otros casos, los sitios paleontológicos son protegidos bajo este esquema sin ser el objeto principal de protección.

A la fecha 191 países, incluyendo México en 1984, han ratificado la convención; los países firmantes se comprometen a conservar sus lugares incluidos dentro de la lista de Patrimonio Mundial, y a actuar en la protección de su otro patrimonio nacional. Cada país, en coordinación con el gobierno local y regional, las comunidades locales, organizaciones no gubernamentales (ONG) y partes interesadas, deberán desarrollar y postular una lista tentativa de sitios que consideren que posean valor universal excepcional con el fin de integrarse a la lista de Patrimonio Mundial.

La Convención del Patrimonio Mundial adoptó en 1992 una nueva categoría: la del paisaje cultural, definido como el resultado del trabajo conjunto del hombre y la naturaleza; este resultado ilustra la evolución de las actividades humanas condicionadas por la naturaleza, así como el producto de fuerzas sociales, económicas y culturales (UNESCO, 2008). Hasta la fecha se han incluido 95 paisajes culturales en todo el mundo, incluido dos en México: el Paisaje agavero de Tequila y los sitios arqueológicos correspondientes a la cuevas prehistóricas de Yagul y Mitla, Oaxaca.

México, con 33 sitios (27 culturales, 5 naturales y 1 mixto), se encuentra en el lugar número seis de los países con mayor número de sitios ingresados como patrimonio mundial, y encabeza la lista en Latinoamérica por encima de países como Brasil y Uruguay. Ningún sitio de México ha sido considerado dentro de la lista dada la excepcionalidad de su registro paleontológico, a pesar de que en el país existen al menos 6 sitios de este tipo denominados *lagerstätte* (Alvarado y Porras, 2015), y uno de los pocos sitios del mundo con fósiles en ámbar. Únicamente el sitio de la Reserva de biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar ha ingresado por sus características geológicas.

De acuerdo a las Directrices Prácticas para la Aplicación de la Convención del Patrimonio Mundial (UNESCO, 2008), un sitio paleontológico posee un Valor Universal Excepcional sólo si este es un ejemplo “eminente representativo de las grandes fases de la historia de la tierra, incluido el testimonio de la vida”, de acuerdo al criterio viii (p. 23). Entre una de las recomendaciones realizadas por Wells (1996) fue el de seleccionar sitios con “acumulaciones de fósiles bien preservados, con una diversidad de especies alta, en combinación con una historia bien documentada de los cambios en la comunidad y en el ambiente a través del tiempo”; este autor concluye que los pocos sitios paleontológicos incluidos en la lista de patrimonio mundial no son representativos. De acuerdo a un análisis efectuado por Dingwall, Weighell y Badman (2005), cinco fases geológicas (Plioceno, Oligoceno, Paleoceno, Silúrico y Precámbrico) no se encontraban representadas en la lista de sitios paleontológicos considerados como Patrimonio Mundial.

A nivel internacional figuran proporcionalmente pocos sitios paleontológicos dentro de la lista de patrimonio mundial, por lo que existe una baja representatividad de las distintas etapas de la historia de la vida en la Tierra. En México los sitios inscritos dada la excepcionalidad de su patrimonio natural y geológico son muy escasos. Ambas situaciones pudieran resolverse mediante la postulación de sitios paleontológicos emblemáticos del país, los cuales pudieran contar con una categoría de protección internacional y acceder a fondos mundiales para promover su conservación. A su vez el concepto de paisaje cultural surge como una categoría apropiada para la inclusión de sitios arqueológicos e históricos de zonas áridas como Baja California (Aceves-Calderón, 2005), pudiendo integrarse a su vez los distintos yacimientos paleontológicos como parte integral de estos mismos paisajes propuestos.

La Red Mundial de Geoparques

La idea de los geoparques fue concebida dentro de la declaración de Digne en 1991, donde se estableció que el patrimonio geológico es un bien común de la Humanidad y de la Tierra (, 1991). En 1999 la UNESCO adoptó la propuesta de Geoparques, para más tarde sostener la Red Mundial de Geoparques (GGN por sus siglas en inglés), la cual trata de establecer y aplicar el concepto de Geoparques en todo el mundo; esta red internacional representa una plataforma para la

cooperación y el intercambio de ideas entre los distintos miembros mediante reuniones periódicas cada dos años (UNESCO, 2012).

El concepto de geoparque hace referencia a una zona protegida la cual cuenta con un patrimonio geológico de importancia internacional, el cual es utilizado para promover el desarrollo sostenible de las comunidades locales establecidas en el lugar (UNESCO, 2012; Missotten y Patzak, 2008). Las actividades turísticas en los geoparques representan un componente esencial de su desarrollo (Dowling, 2010). A diferencia de lo que el nombre de geoparque sugiere, este no es exclusivamente acerca de la geología, si no que busca desarrollar los distintos vínculos existentes entre este y los demás aspectos del patrimonio natural y cultural, vinculando así a la sociedad humana con el planeta (Global Geoparks Network [GGN], 2010).

La Red Mundial cuenta hasta la fecha con 120 Geoparques establecidos y distribuidos en 33 países parte, principalmente de Europa y Asia. Hasta la fecha, existen solo dos Geoparques en América Latina ingresados dentro de la red mundial: el Geoparque de Araripe ubicado en Brasil y designado como tal en el 2006, y de manera más reciente las Grutas del Palacio en Uruguay (en 2013). Algunos sitios, como el Geoparque Araripe, destacan por su riqueza y diversidad paleontológica, convirtiéndose en el principal promotor de la paleontología local para la comunidad y los mismos visitantes (GGN, 2007; Piranha, Aparecida y de La Corte, 2011).

México no se ha integrado a esta red con ningún sitio; a manera de proyectos se encuentran planteados en el país la postulación de cinco geoparques a la red mundial (Boletín UNAM, 2015). A pesar de no contar con un marco legal que reconozca la geología dentro de la conservación, Palacio-Prieto (2013) menciona que los geoparques son potencialmente aplicables en el país y compatibles con otras figuras encaminadas a la protección del medio natural. Sánchez (2013) concibe la posibilidad de emplear el conocimiento del patrimonio geológico, geoconservación y paisaje, como fuente de desarrollo comunitario y local, considerando a las Áreas Naturales Protegidas como la base de proyectos de geoparques para México y América Latina. Dada la creciente popularidad de los geoparques y del turismo ecológico, y con la integración de los distintos aspectos naturales y culturales, de acuerdo a Posada, García, Bruschi, y Téllez (2014) esta esquema podría ser adecuado para la conservación en México y Baja California, con la

paleontología (como parte de la geología), como eje central para impulsar el desarrollo socioeconómico regional, y la conservación conjunta de otros elementos poco considerados a nivel regional, tales como sitios arqueológicos no monumentales o los ecosistemas de tipo mediterráneos.

El nombre de Geoparque ya es constantemente utilizado en algunos lugares de México para nombrar ciertos puntos de interés geoturístico, aunque no siempre bajo la filosofía del mismo concepto (como el Geo Parque Casa de Piedra La Rumorosa, Baja California: <https://www.facebook.com/Geo-Parque-Casa-de-Piedra-la-Rumorosa-395320683891446/>).

La Iniciativa Paleoparque

La Iniciativa Paleoparque (Paleoparks Initiative en inglés) fue desarrollada por la Asociación Paleontológica Internacional (IPA) desde 1996 en el Congreso Geológico Internacional (ICG), con el objetivo de identificar y proteger sitios paleontológicos importantes que se encontraran amenazados (Lipps, 2009). Este representa el primer esfuerzo de una iniciativa a nivel mundial para incluir los sitios paleontológicos bajo un mismo esquema de protección. Dentro de estas reuniones se seleccionaron diez ejemplos de “paleoparques” alrededor del mundo, así como una lista tentativa de objetivos y procedimientos a realizarse dentro del esquema propuesto. Aunque no establecido como paleoparque, se consideró a Baja California Sur y su patrimonio paleontológico como parte de esta red de trabajo (Gaitán y Álvarez, 2009).

A pesar de ser un esquema novedoso, la iniciativa paleoparque no ha contado con un seguimiento adecuado hasta la fecha, y actualmente el sitio web de la Asociación Paleontológica permanece inactivo (<http://ipa.geo.ku.edu/index3.html>). La idea de paleoparques ha permanecido latente, con el término adoptado en algunos sitios de México y Estados Unidos en donde se realiza turismo “paleontológico”, pero de manera desvinculada con la asociación que generó esta iniciativa.

México

Actualmente en el país existen al menos cinco zonas paleontológicas abiertas al público con fines turísticos en los estados de Coahuila, Puebla, Hidalgo y en el Estado de México (Aguilar y Polaco, 2005), aunque no todas se encuentran reguladas por el INAH. Al encontrarse las actividades de

turismo del tipo ecológico (ecoturismo) reguladas por la SEMARNAT, esta dependencia ha llegado a aportar recursos para la promoción de actividades turísticas asociadas a los fósiles. Para el caso de Puebla, se generó la sociedad cooperativa Águila del Cretácico con el fin de brindar servicios ecoturísticos en relación al patrimonio paleontológico (huellas de reptiles e invertebrados) ubicados en la localidad San Juan Raya (dentro de la Reserva de la biosfera Tehuacán – Cuicatlán) (Águila del Cretácico, 2010 <http://www.sanjuanraya.com/nosotros.html>); el sitio al no encontrarse regulado por el INAH, no cuenta con las medidas de conservación adecuadas, lo que ha provocado el deterioro de los yacimientos producto de las actividades turísticas y los agentes naturales de destrucción (Aguilar y Polaco, 2006).

En zonas áridas del país, como en los estados de Baja California y Baja California Sur, se han explorado algunas alternativas de gestión relacionadas a la conservación paleontológico en conjunto con el paisaje, utilizándolos como atractivo turístico para promover el desarrollo económico de las comunidades locales y para el financiamiento de investigaciones paleontológicas (Téllez y Aranda, 2010; Gaitán y Álvarez, 2009; Morales, 2015).

En zonas del país donde los restos paleontológicos son abundantes, como en el Estado de Coahuila, además de la vía legal (mediante la aplicación de la ley federal), el INAH ha optado por proteger y conservar el patrimonio paleontológico a través de la protección por convicción, formando en la gente local una cultura de conservación en el que los fósiles son conservados como parte de su patrimonio, reconociendo su valor como fuente de información sobre el pasado y como promotores de identidad cultural (Aguilar y Polaco, 2005).

El patrimonio paleontológico de Coahuila

El estado de Coahuila de Zaragoza, es el tercer estado con mayor extensión territorial del país y cuenta con un 90% de rocas sedimentarias, haciendo que el hallazgo de fósiles sea un evento bastante común, principalmente los del periodo Cretácico. Desde agosto del 2004, el Centro INAH Coahuila cuenta con el proyecto “Protección Técnica y Legal del Patrimonio Paleontológico en el estado de Coahuila”, el cual tiene por objetivos principales, la investigación y documentación del material paleontológico en el estado, el registro de los bienes y la atención de denuncias (Aguilar, 2005).

Para el Estado se han publicado distintos decretos, además de un Área Natural Protegida estatal con carácter de zona paleontológica, en 2014 se denominó a Coahuila como Tierra de Dinosaurios mediante una declaratoria Estatal. Con esta iniciativa se buscó impulsar las investigaciones paleontológicas de estos organismos, así como difundir el conocimiento a la sociedad mediante actividades principalmente turísticas, preservando así el legado de la entidad (Poder Ejecutivo del Estado de Coahuila, 2014).

Las zonas paleontológicas de Rincón del Colorado y Las Águilas

En Coahuila existen dos sitios importantes para el desarrollo de las investigaciones en relación al grupo de dinosaurios: Rincón Colorado y Las Águilas (Aguilar, 2012a). La zona paleontológica de Rincón Colorado, abierta al público desde 1994, es conocida por la abundancia y la calidad de preservación de restos de dinosaurios, mientras que Las Águilas es un lugar donde se conservan las impresiones de la locomoción de estos organismos. Tanto Rincón del Colorado como Las Águilas han sido las primeras zonas paleontológicas registradas y delimitadas legalmente en México, y hasta la fecha las únicas, buscando que la política y experiencia se hicieran extensivas hacia otros lugares con características similares en el país (Aguilar, 2012a).

Rincón del Colorado es una zona paleontológica donde se han recuperado fósiles tanto de vertebrados como de invertebrados, incluyendo una especie de un dinosaurio pico de pato nombrado como *Velafrons coahuilensis* que solo se ha encontrado en este sitio. Pertenece a la Formación Cerro del Pueblo, del Cretácico tardío, en donde se intercalan distintos ambientes marinos y terrestres. La zona se encuentra ubicada dentro del Ejido Rincón del Colorado, el cual cuenta con una población de 145 habitantes de acuerdo al censo del 2010 (INEGI, 2012), y su principal actividad económica es la agricultura y la ganadería. Dentro del mismo poblado se localiza un Museo Paleontológico gestionado por la Secretaría de Educación Pública (SEP).

El sitio se abrió al público desde 1994 bajo apoyos de la SEMARNAT, pero fue hasta julio del 2010 cuando la zona paleontológica de Rincón Colorado quedó inscrita en el Registro Público de Zonas y Monumentos Arqueológicos, al realizarse la delimitación del sitio estableciendo una poligonal de protección, producto del trabajo conjunto entre el INAH, las distintas autoridades a nivel local y estatal, y las comunidades locales (Aguilar, 2012a).

Actualmente se realizan actividades turísticas en el sitio de Rincón Colorado, donde a través los andadores contruidos se pueden observar réplicas de los restos de dinosaurios que fueron extraídos de las canteras, además de fósiles de ostiones y caracoles localizados *in situ* en las rocas de las inmediaciones; el recorrido se complementa al observar el paisaje y la variedad de las plantas típicas de desierto de la región. La infraestructura utilizada no rompe con el paisaje (Aguilar, 2012b); se muestra una escultura la cual representa la silueta del dinosaurio *Velafrons coahuilensis* armado a partir de ramas secas de una planta del desierto de la región (*Fouqueria* sp.) (**Figura 6-1**), y los senderos se encuentran delimitados utilizando rocas propias de la zona.

Adicionalmente en 2013 Rincón del Colorado se declaró como Área Natural Protegida a nivel estatal con el carácter de zona paleontológica, utilizando como base el mismo plano de delimitación del Registro Público, y tomando como justificación la riqueza y diversidad de fósiles tanto de dinosaurios, invertebrados, así como de plantas (Aguilar, 2012b; Poder Ejecutivo del Estado de Coahuila, 2013). En Rincón Colorado no fue hasta julio del año 2014 cuando se creó un Taller de memoria e historia oral, con el cual se buscaba que contribuyera a crear un vínculo con algunos pobladores y ampliara la gama de historias y temáticas que pudieran ser inscritas en el espacio museográfico o divulgado a través de otros medios (Coordinación Nacional de Museos y Exposiciones, 2014). Mesa (2009) señala que, para las zonas arqueológicas, las delimitaciones se han realizado bajo criterios únicamente académicos, sin considerar las necesidades sociales de la población que habita dentro del objeto de estudio, lo que ha resultado en disputas legales y en una consecuente destrucción de los vestigios, por lo que los talleres participativos como el realizado en Rincón Colorado, se recomendarían realizarse previa la delimitación y aplicación de algún esquema de conservación o protección, con el fin de incluir rasgos paleontológicos adicionales identificados por la comunidad, así como considerar el patrimonio cultural material e inmaterial de los pobladores asociado a los fósiles y yacimientos dentro de los polígonos.

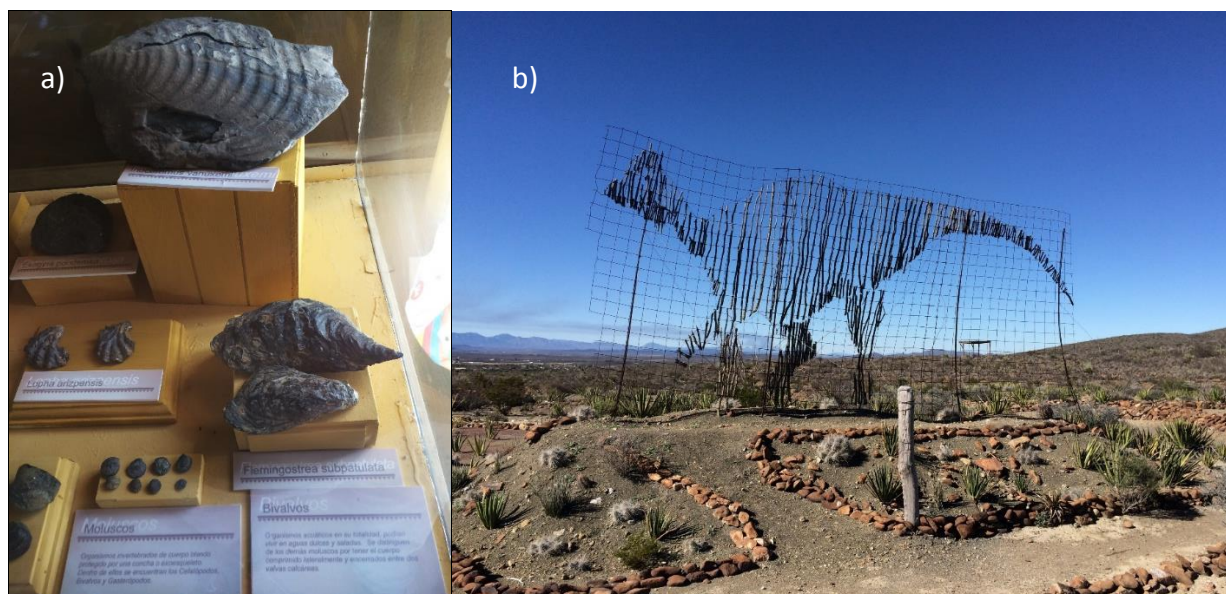


Figura 6-1. El patrimonio paleontológico de Rincón Colorado, Coahuila a) Almejas fósiles expuestas en el museo de Rincón Colorado y b) Escultura del dinosaurio *Velafrons coahuilensis* en su localidad tipo.

En 2003, se descubrió una zona paleontológica en el ejido de Porvenir de Jalpa donde además huesos de dinosaurio, peces, tortugas y cocodrilos, se localizó una diversidad de huellas de dinosaurios (**Figura 6-2**) (Aguilar y Polaco, 2009); desde su descubrimiento el área ha quedado expuesta ante el deterioro producto del crecimiento de la vegetación y procesos físicos como erosión, además del daño producido por las personas que visitan el área. Se propuso la delimitación de esta zona paleontología con el fin de generar un proyecto previo de gestión integral que garantizara su conservación en conjunto con la comunidad (Aguilar, 2009). En diciembre del 2011 quedó declarada la zona paleontológica de Las Águilas. El polígono delimitado cuenta con 17 vértices en el que se incluyen dos sitios con icnitas de dinosaurios, así como otras zonas con concentración de material tanto de vertebrados como de invertebrados, y actualmente recibe visitas de algunos turistas mientras se realizan algunos proyectos de investigación regulados por el mismo INAH (Aguilar, 2012a).



Figura 6-2. Panorámica de uno de los yacimientos de icnitas en Las Águilas, Coahuila.

Otros hallazgos

En el Ejido Guadalupe Alamos se realizó el hallazgo de una cola articulada de dinosaurio de 5 metros de largo que incluía alrededor de 50 vertebras. A pesar de que el hallazgo había sido realizado en mayo de 2005, la primera etapa del rescate se elaboró de manera exitosa luego de una inspección por parte del INAH en junio de 2012, en colaboración con investigadores de la UNAM, y bajo apoyos del gobierno municipal y del sector privado. Actualmente el material fósil correspondiente al dinosaurio se encuentra en proceso de preparación dentro de la cabecera municipal de General Cepeda (COAH), lugar dónde se permite el ingreso a la población y a los turistas para que estos conozcan el proceso de preparación, conservación e identificación de los restos, acercando la paleontología a la sociedad local y foránea, mientras los estudios y excavaciones de los restos continúan.

Vemos la importancia de la vinculación entre las distintas instancias del gobierno y los sectores tanto públicos y privados, los cuales pueden otorgar apoyos económicos, o en especie, para el financiamiento de excavaciones e investigaciones paleontológicas. Estos esquemas de patrocinio han sido aplicados en países como Inglaterra (Robinson, 1988), en donde el financiamiento por parte de empresas privadas involucradas en obras públicas, en colaboración con los aficionados, han contribuido significativamente al aumento del conocimiento paleontológico. Además, el dar aviso e involucrar a las comunidades locales dentro de las actividades de excavación facilitan el trabajo paleontológico, tal como lo señalan Arroyo *et al.* (2015) para el caso de Oaxaca y los hallazgos de megafauna en Chazumba, así como para el sitio paleontológico de Tocuila en el Estado de México y los restos de mamuts (Arroyo-Cabrales, Morett y Polaco, 2003).

Baja California

Sobre las investigaciones paleontológicas

De acuerdo a Gío-Argáez (2004), en la década pasada se encontraban alrededor de 60 paleontólogos en el país realizando trabajos paleontológicos. Se desconoce cuáles son las tendencias respecto a la proporción de geólogos o biólogos que se especializan dentro del estudio paleontológico, sin embargo las perspectivas a nivel nacional se mantienen positivas en cuanto al futuro de la investigación paleontológica, con jóvenes científicos formándose dentro del país y en el extranjero (Carreño y Montellano-Ballesteros, 2005).

El Baja California, el estudio paleontológico se ha visto amenazado ante varios factores institucionales, tal como la posible eliminación de la asignatura de Paleobiología del plan curricular de la carrera de Biología en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), mientras que la materia de Paleontología dejó recientemente de ser considerada obligatoria en la carrera de Oceanología en la Facultad de Ciencias Marinas de esta misma institución (UABC, 2012); el interés y la formación por parte de los estudiantes locales en esta disciplina, al igual que los trabajos y productos de investigación (tesis, presentaciones en congresos y artículos) podrían verse reducidos. La jubilación de docentes responsables de la impartición de estas materias y de la investigación paleontológica, así como la falta de renovación de la planta académica en instituciones de educación superior de la región, situación señalada anteriormente para los arqueólogos en el país (López, 2009), son algunos factores que atentan con la continuación de los trabajos paleontológicos locales a futuro y de la integridad de las mismas colecciones científicas. Se cuenta con la problemática de falta de mantenimiento de algunas colecciones científicas, como la colección paleontológica la Facultad de Ciencias (UABCFC) (**Figura 6-3**); la pérdida y el deterioro tanto del material como de la información asociada se traduce en una pérdida directa de este patrimonio. Estos factores son producto de una falta de interés en el tema de parte de los directivos y del personal administrativo de las instituciones, el cual podría solucionarse mediante una adecuada comunicación por parte de los científicos encargados del estudio e investigación paleontológica, los cuales contamos con una responsabilidad moral por velar por la protección de este patrimonio alojado dentro de nuestras instituciones.

De acuerdo a Santucci (1997), de manera reciente el mismo estudio del patrimonio ha representado también una línea emergente de investigación dentro de la paleontología, y de campo laboral para las nuevas generaciones de paleontólogos, interesados en los problemas asociados al manejo y protección de los fósiles como recursos no solo científicos.



Figura 6-3. Colección Paleontológica de la Facultad de Ciencias (UABCFC) en el 2015.

La apertura de nuevas instituciones en la región, tales como el próximo Museo del Caracol (<http://www.caracol.org.mx/>) en el centro urbano de Ensenada, además de representar un espacio para difundir el patrimonio paleontológico de Baja California mediante la exposición temporal y permanente de fósiles regionales, podría convertirse en un elemento importante para promover las investigaciones paleontológicas (tal como funciona el Museo del Desierto para Coahuila, o el Museo de la Ballena para Baja California Sur). Cabe destacar la importancia del establecimiento de líneas de investigación dentro de las instituciones locales, en vinculación con las distintas instituciones académicas nacionales y extranjeras, y con el INAH.

Por otro lado, no existe un control de lo que actualmente se colecta en Baja California y de lo que es transportado por científicos hacia el extranjero como parte de sus investigaciones. En Coahuila se ha implementado la regulación de las actividades de investigación paleontológica mediante el documento elaborado por el Consejo Nacional de Paleontología, Disposiciones reglamentarias para la aplicación del 28-bis (García-Barcena *et al.*, 1995), en donde las instituciones y partes interesadas deben dar aviso al Centro INAH Coahuila para la autorización de cualquier proyecto

de tipo paleontológico (Aguilar, 2005); solicitando un informe al finalizar el trabajo, un inventario de los fósiles colectados y la colección donde se resguardan, así como los formatos correspondientes en el caso de que los fósiles salgan del estado con el fin de poder darles seguimiento. Este tipo de acciones a nivel regional se vuelven necesarias, ante la falta de consejo de paleontológico a nivel nacional que regule dichas actividades.

Es común escuchar dentro de los retenes militares que han sido trasladados “huesos” de gran tamaño. Las autoridades de la región desconocen además los distintos procedimientos a realizar ante los casos y situaciones presentadas, tal como el caso emblemático donde la Procuraduría Federal de la Republica detuvo a científicos y estudiantes extranjeros de la Universidad de Pasadena, quienes realizaban excavaciones de un cráneo de mamut en el área de la Chorera, San Quintín, no obstante, al no dar noticia inmediata del hallazgo a las autoridades correspondientes, los restos quedaron expuestos durante varias semanas, severamente afectados por el saqueo y a la destrucción natural, hasta la realización de una denuncia por parte de un poblador de la zona. En el Estado de Coahuila se han establecido operativos para detectar redes de tráfico y saqueo con las autoridades civiles, militares y aduanales (Aguilar, 2005).

Los sitios paleontológicos del noroeste: Tijuana – El Rosario

Muchos sitios paleontológicos de Baja California se han visto afectados por factores tales como el crecimiento urbano, el desarrollo turístico y la industrialización, sobre todo en el norte del estado donde los procesos de cambio de uso de suelo han sido más intensos (Rosete, Pérez y Bocco, 2009), mientras que hacia el sur se han visto afectado tanto por actividades urbanas y agrícolas, como por los procesos de saqueo y comercio informal, los cuales son comunes en algunas zonas. Algunos yacimientos se encuentran sujetos a impactos directos de los agentes naturales, productos de los fenómenos meteorológicos, erosión, y cambios en el nivel del mar.

En Playas de Tijuana, sitios paleontológicos de Pleistoceno y Plioceno se han visto afectados por el crecimiento urbano; de los casos documentados se encuentra el rescate del esqueleto de un cetáceo de la fm. San Diego de Plioceno descubierto por estas actividades, no obstante otros depósitos de invertebrados han sido destruidos por los mismos procesos de urbanización sin la elaboración de un rescate adecuado. Mientras tanto, algunos yacimientos paleontológicos de

importancia científica se encuentran amenazados por el desarrollo urbano de esta zona, tal como el depósito paleontológico de La Joya para el Plioceno tardío, el cual documenta presencia más reciente del tiburón *Carcharodon megalodon* (Ashby y Minch, 1984) (**Figura 6-4a**). En el municipio de Rosarito, el de más reciente creación (en 1995), sucede una situación similar: algunos yacimientos paleontológicos de invertebrados marinos asignados al Pleistoceno (Valentine y Rowland, 1969), han sufrido el impacto de actividades asociadas al crecimiento urbano y turístico de esta región, sin el levantamiento apropiado de denuncias o la realización de rescates, ocasionando la pérdida del mismo material fósil o de su posición estratigráfica (**Figura 6-4 b y c**).



Figura 6-4. Sitios paleontológicos del norte de Baja California a) Depósitos de Plioceno, Formación Rosarito Beach en el área de La Joya, Tijuana b) Depósito paleontológico del Pleistoceno impactado por el desarrollo urbano en Rosarito y c) almeja fósil (*Hinnites* sp.) fuera de su contexto estratigráfico.

En un caso especial, personal del mismo Centro INAH Baja California intervino de manera oportuna un yacimiento paleontológico al percatarse del proyecto de un gasoducto que atravesaría la Formación Rosarito Beach de Mioceno, en el área de la Misión (ubicado en el límite del municipio de Rosarito y Ensenada). En 2005 se logró elaborar el rescate paleontológico de algunos fósiles de invertebrados durante la construcción de dichas obras. Este ha sido el primer

rescate paleontológico de tipo preventivo realizado para la región, cuyo ejemplo debería de considerarse dentro de las distintas obras realizadas en zonas con potencial paleontológico.

Las actividades asociadas al desarrollo urbano han arrojado descubrimientos de nuevos registros de fósiles, incluso en zonas previamente exploradas por geólogos; tras la construcción de la carretera del corredor Tijuana-Rosarito 2000 la década pasada, se escuchaba a los trabajadores hablar de la aparición de caracoles gigantes. En lo que va del año en curso, durante las construcciones de unidades residenciales en esta zona, personal del Centro INAH Baja California, en coordinación con la constructora, ha realizado el rescate de varios ejemplares del amonite *Pachydiscus* sp., algunos de los cuales alcanzan un metro de diámetro, además de una diversa fauna de invertebrados marinos no reportada anteriormente. No obstante una gran cantidad de ejemplares fueron saqueados o destruidos a la par por los mismos procesos que los descubrieron, algunos vendidos, e incluso otros fueron “recuperados” por personal de Centro Cultural Tijuana (CECUT), espacio al cual acudieron los trabajadores como primera instancia.

En otros lugares del Estado los fósiles se ven afectados por el aprovechamiento comercial de los recursos geológicos: en el área de Punta China (al sur de Ensenada) se exponen calizas con rudistas, corales y gasterópodos de la Formación Alisitos del Cretácico temprano (Allison, 1955), no obstante parte de las localidades están desapareciendo como parte de la explotación comercial de los mismos depósitos para la elaboración de cemento (Posada *et al.*, 2014). En Rancho San Marcos (entre Ensenada y Tecate) se exponen parte de los pocos depósitos del Paleozoico registrados para Baja California, con resto de algunos de los primeros vertebrados denominados como conodontes (Lothringer, 1984); aunque éstos depósitos no son objeto de interés económico, cerca de la zona se realiza la explotación de calizas, poniendo en riesgo estos yacimientos paleontológicos, de importancia para la reconstrucción de esta Era en el Estado.

En el área de San Quintín, en las distintas actividades asociadas a la urbanización del territorio, tales como la excavación de fosas sépticas e instalación de tuberías, y gracias a la denuncia oportuna, se ha realizado el rescate de diversos elementos óseos de megafauna de mamut y otros proboscídeos, descubrimientos paleontológicos importantes para la región (Guía- Ramírez, Oviedo-García y Pacheco, 2013). Los depósitos al parecer se encuentran a una profundidad

constante en los sedimentos sobre los que se encuentra la colonia Lázaro Cárdenas (San Quintín), a algunos pares de metros por debajo de la superficie. Los mismos pobladores señalan la aparición y destrucción de otras osamentas, sin haber procedido a la realización de una denuncia dado que, algunos de los restos han sido interpretados erróneamente como esqueletos de animales enterrados, o a la falta de conocimiento de los procedimientos a realizarse. Aunque el impacto antropogénico producto del desarrollo urbano ha afectado a los mismos fósiles, este ha sido una de las causas por lo que muchos de los restos hayan sido descubiertos que de otra manera habrían pasado inadvertidos.

En el Rosario, de acuerdo a los pobladores de la zona, es frecuente la aparición de amonites e invertebrados marinos correspondientes a la Formación Rosario, así como de madera de la Formación El Gallo, durante las excavaciones realizadas para la construcción de las casas del poblado, donde incluso se ha llegado a incorporar el mismo material paleontológico dentro de las mismas estructuras de construcción. Algunas de las cercas de las casas del poblado de El Rosario se encuentran construidas con troncos fosilizados y, en algunos muros se encuentran embebidos algunos amonites locales a manera de bloques.

Generalmente el impacto de la agricultura sobre los recursos del subsuelo es menor que en las áreas urbanas, ya que las prácticas de cultivo tradicionales generalmente se dan solamente sobre la capa superficial del suelo. No obstante, otras actividades asociadas a la agricultura, sobre todo en la agricultura a escala comercial como sucede en la región, requiere otras actividades como el corte de cerros para la ampliación de parcelas, el rellenado de terrenos, así como la construcción de caminos y de infraestructura asociada, tales como viveros o desaladoras, que causan un impacto mayor sobre el suelo y el subsuelo, y por lo tanto a los recursos paleontológicos. En Rancho Los Pinos se logró documentar un impacto de este tipo tras la construcción de una pista de aterrizaje dentro de un campo agrícola, donde se expusieron fósiles de algunos troncos de madera fosilizada.

Entre una de las problemáticas identificadas a nivel nacional y regional, es el desconocimiento por parte de la sociedad de las instancias competentes en cuestión de conservación y protección paleontológica, o que puedan realizar un rescate paleontológico (Aguilar, 2010; Aguilar y Polaco,

2008). De acuerdo a Prado (2008), los rescates paleontológicos representan una alternativa de futuro profesional de la paleontología relacionada con las actividades asociadas al desarrollo socioeconómico, sin embargo estos no pueden realizarse si no se notifica a las instancias correspondientes. Se vuelve importante el realizar actividades de difusión y de concientización para que la misma población pueda identificar los restos paleontológicos antes de que sean saqueados o destruidos, y a su vez, de las instancias a las cuales acudir a realizar la denuncia. Ente las actividades de concientización ciudadana realizadas por el INAH en Baja California, se encuentra la campaña “Piedra con forma de hueso o hueso con forma de piedra” en la cual se buscaba dar a conocer a las comunidades locales que hacer ante el hallazgo de fósiles en su territorio.

Además del impacto por el desarrollo socioeconómico (urbano y agrícola), muchos sitios se encuentran afectados de manera indirecta por otras actividades humanas, tales como los basureros en cielo abierto, donde se disponen residuos agrícolas y urbanos. Estos no solamente impactan de manera visual el paisaje, sino que también son considerados como una fuente de contaminación al medio ambiente. Se documentó la presencia de estos basureros en canteras de Camalú y en El Rosario, en caminos cercanos y dentro de los mismos depósitos de la Formación El Gallo.

Existen causas de destrucción natural de los fósiles producto de los procesos erosivos; con el aumento del nivel del mar estimado para los próximos 100 años como consecuencia del cambio climático, se podrían cubrir, volver inaccesibles, o destruir algunos de los sitios paleontológicos ubicados en la costa de la región (Guía-Ramírez, Oviedo-García y Pacheco, 2013). Actualmente algunos estratos son erosionados dentro de la Bahía de San Quintín y en la zona costera durante las mareas altas y por acción del oleaje. En el depósito paleontológico de invertebrados de Pleistoceno encontrado en Molino Viejo, la construcción de un rompe olas cubre parcialmente algunos estratos fosilíferos; no obstante el resto de la sección se encuentra sujeta al intemperismo durante las mareas altas y a la colonización por organismos biológicos actuales.

Algunas zonas son altamente dinámicas, donde se exponen nuevos elementos fósiles tras fenómenos meteorológicos de gran magnitud. Hilton (2003) menciona que las lluvias torrenciales

ocurridas en 1969 pusieron al descubierto nuevos elementos fósiles, incluyendo los restos del dinosaurio *Labocania anomala* descubiertos en ese tiempo. En San Quintín, la erosión del mar logró exponer nuevos elementos postcraneales de un mamut a once años de haber sido recuperados el cráneo y las defensas del mismo ejemplar.

No se pueden frenar o detener los procesos físicos de destrucción natural en los sitios e incluso estos son la fuente de renovación natural de los estratos. En algunos Geoparques se ha determinado que para los depósitos de invertebrados costeros, algunos macrofósiles son destruidos completamente dentro de un periodo de 10 a 20 años una vez expuestos (Ávila *et al.*, 2015). Las visitas periódicas a los distintos yacimientos paleontológicos resultan de importancia para la identificación de material nuevo que se encuentre vulnerable ante los procesos naturales de destrucción, realizadas de parte de las instancias correspondientes, o en colaboración con las instituciones académicas y las comunidades locales quienes pueden realizar las denuncias necesarias.

La venta de fósiles y actividades turísticas no controladas

En algunos puntos turísticos de la ciudad de Ensenada se realiza la venta de fósiles provenientes de Chihuahua, Baja California y Baja California Sur, incluyendo amonites, equinodermos, vertebras de mamíferos marinos y dientes de tiburón, algunos incluso contando con un certificado de autenticidad expedido por parte de algunos museos a pesar de que la venta de fósiles mexicanos se encuentra prohibida dentro y fuera del país; tampoco es raro encontrar la venta por internet de fósiles de Baja California (**Figura 6-5**). Los fósiles marinos procedentes de Baja California, tales como los dientes de tiburón, son vendidos en diversos puntos del país.

La venta de fósiles dentro de los poblados se logró documentar en El Rosario, realizada dentro de restaurantes y establecimientos locales de la misma localidad rural, y de manera independiente por parte de los mismos pobladores quienes ofrecen los fósiles a turistas o curiosos. A la vez, algunas personas comentan que dentro del mismo poblado existen grupos organizados de jóvenes que se dedican a la búsqueda y colecta de material paleontológico (principalmente amonites) para obtener un ingreso económico a partir de la venta de este material.



Figura 6-5. Venta de fósiles de Baja California en: a) el área turística de La Bufadora y b) registro de la subasta de un amonite de Baja California en un portal extranjero por 5,000 USD (Fineart, 2015).

De manera no controlada, se realizan “tours” geológicos operados por norteamericanos y orientados al mercado estadounidense, en donde se invita al turista a visitar, de acuerdo a un folleto informativo ubicado en un restaurante local de El Rosario, los depósitos de la Formación Rosario y El Gallo, con el objeto de observar y coleccionar “huesos y dientes de hadrosaurio y Albertosaurus”, además de amonites de hasta dos pies de largo. Estas actividades se realizan de manera no controlada y sin involucrar directamente a la gente de la comunidad local.

A su vez, varios sitios web cuentan con información en inglés relacionada para la realización de actividades dirigidas al turismo de aventura, donde los restos paleontológicos representan el principal interés, tales como en el portal BAJABOND para el bosque petrificado de la Formación el Gallo (http://espanol.bajabound.com/bajaadventures/bajatravel/_baja_fossils.php), y VivaBaja (<http://vivabaja.com/206/>). En algunos de los sitios si se advierte acerca de la situación legal de los fósiles en México mencionando que está prohibido coleccionar el material.

Los museos de Baja California

Los museos y las colecciones científicas han jugado un papel importante para la divulgación y protección del patrimonio paleontológico en México (Carreño y Montellano-Ballesteros, 2005; Cristín y Perrilliat, 2011), mediante los programas de difusión y exposiciones ya sea temporales o permanentes realizados en estos. De acuerdo a Wimbledon (2006), el espacio más adecuado para mostrar un fósil es un museo y no *in situ*, en donde puedan estar sujetos a los efectos de erosión y saqueo o robo. Los gobiernos han apoyado en la consolidación de museos, tales como el del Museo del Desierto de Coahuila, el Museo Regional de Historia de Aguascalientes, el Museo

de Tamaulipas (TAMUX), Museo de Paleontología de Guadalajara Federico A. Solórzano Barreto, y el Museo de Paleontología Eliseo Palacios (Chiapas) (Carreño y Montellano-Ballesteros, 2005). En Querétaro se han implementado distintos proyectos de difusión para el patrimonio paleontológico con el fin de darlo a conocer y concientizar a la población sobre la importancia de éste patrimonio (Fenoglio, Lara y Aguilar, 2015). Otro elemento importante es el papel que han jugado los aficionados a la paleontología, y que en algunos casos con sus propios medios, han llegado a financiar museos tales como el Museo Regional de La Laguna, en Coahuila o el Museo de Paleontología de la ciudad de Delicias, Chihuahua (Carreño y Montellano-Ballesteros, 2005).

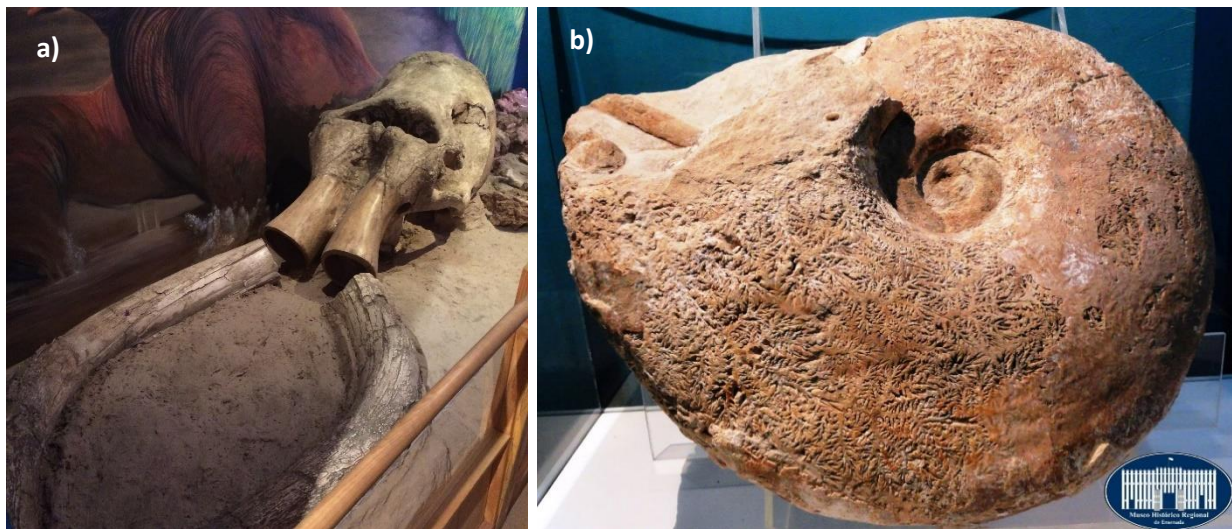


Figura 6-6. Exposiciones en el Museo de Historia Regional de Ensenada A) Sala de paleontología con cráneo y defensas del mamut recuperado de la Bahía de San Quintín, y b) amonite del género *Pachydiscus* de Tijuana, expuesto como pieza del mes (Museo Histórico de Ensenada, 2015).

En el Estado de Baja California se han realizado distintas exposiciones temporales y permanentes sobre la paleontología de la región; dentro de las exposiciones permanentes existen distintos museos que alojan o han llegado a incorporar material paleontológico dentro de sus exposiciones. El Museo Histórico Regional, Ex Cuartel de la Compañía Fija, ubicado en la ciudad de Ensenada, además de difundir el patrimonio histórico y arqueológico del Estado, cuenta con una Sala permanente de Paleontología, en conjunto de exposiciones temporales de fósiles. Dentro de esta sección se encuentran expuestos restos de dos individuos de mamut de la especie *Mammuthus columbi*, rescatados en el área de la Bahía de San Quintín y la colonia Lázaro Cárdenas; como parte de las exposiciones temporales recientemente se presentaron algunos

amonites rescatados en el corredor 2000 del municipio de Tijuana como piezas del mes (**Figura 6-6**). Es este mismo espacio a donde acude la gente a presentar denuncias de posibles vestigios arqueológicos o paleontológicos, o a realizar la donación de algunos materiales. Adicionalmente se realizan pláticas y conferencias periódicas donde se ofrecen los resultados de las investigaciones del personal del INAH al público en general.

Dentro de las temporales se ha contado con la exposición “Viaje en el tiempo de fósiles y ballenas”, la cual mostró los mamíferos marinos fósiles de la región en la Sala de Exposiciones Temporales del Museo de las Californias, del Centro Cultural Tijuana (CONACULTA, 2009) (**Figura 6-7**). Para las actividades de difusión realizadas para el Estado de Coahuila se encuentra la distribución de trípticos informativos, la impartición de talleres, conferencias y de exposiciones temporales, así como la Semana Nacional de Paleontología, donde se incluyó la Exposición itinerante “Al rescate del Patrimonio Paleontológico Mexicano”, cuya finalidad era mostrar distintas situaciones en relación a la protección de este patrimonio y como se puede ayudar a conservar y proteger los fósiles (Aguilar, 2008). La misma exposición itinerante fue presentada en el Museo de Historia Regional de Ensenada.



Figura 6-7. Exposición temporal de esqueleto de sirénido presentado en el Centro Cultural Tijuana (CECUT) (CONACULTA, 2009)

Además del Museo de Historia Regional de Ensenada, en Baja California se encuentran establecidos algunos museos comunitarios, destacando para la región el Museo Comunitario Altigracia A. de Arauz y el Museo Comunitario de El Rosario. El primero se encuentra ubicado

dentro del poblado de San Vicente, localidad de 3 mil habitantes localizada al sur de la ciudad de Ensenada, en donde, además de piezas de su historia regional, se exponen los restos de al menos dos proboscídeos (mastodontes), encontrados y rescatados en 1994 en las inmediaciones del poblado, en una región agrícola conocida como Valle San Jacinto. La exposición consiste en un húmero, algunas costillas, vertebras (**Figura 6-8a**) y la defensa de uno de los ejemplares.



Figura 6-8 Fósiles expuestos en el Museo comunitario de San Vicente a) Vértebra cervical del Mastodonte b) Bivalvo del género *Crassatella* del Cretácico tardío c) Vaciados interno de dos almejas, donadas al museo en 1994.

En este lugar han ocurrido ciertas problemáticas asociadas al mal manejo de las piezas; además de la desaparición de un molar durante su exposición, en la extracción de los restos el material no fue preparado mediante las técnicas adecuadas, por lo que las piezas se han deteriorado incluso llegando a destruir completamente. El material paleontológico del museo no se encuentra identificado de manera científica y la información desplegada es poco precisa dada la ausencia de un lenguaje común; esto se ha generado como producto de la falta de un vínculo permanente entra la comunidad científica o académica con el museo y la comunidad local; la difusión de los resultados científicos hacia la gente local es necesario para que con ello se promueva una actitud de conservación de patrimonio (Aguilar, 2005 Prado, 2012). A pesar de la

situación, este espacio se ha convertido en un lugar donde la comunidad ha depositado algunos de los fósiles que encuentran durante sus actividades cotidianas (**Figura 6-8b-c**).

Como se mencionó, uno de los problemas es la falta de conexión con los encargados de realizar el estudio paleontológico dentro de las distintas exposiciones; algunos amonites y bivalvos rescatados como parte de la construcción de un puente en el área de Playas de Tijuana terminaron en una exposición temporal dentro de la casa de la Cultura, los cuales fueron etiquetados como “caracoles” y “piedras” (**Figura 6-9**), además de no contar con un espacio adecuado que favoreciera la interpretación, ni información específica de la naturaleza de las piezas o del contexto de donde fue recuperado este material. De igual manera, el Museo del Estero en Punta Banda cuenta con una gran variedad de réplicas de objetos arqueológicos (mesoamericanos), así como piezas paleontológicas originales y biológicas (conchas de invertebrados marinos), no obstante, para los fósiles la información desplegada es incorrecta o las identificaciones son muy vagas (**Figura 6-10**). Gran parte del personal de los museos carece a menudo de los conocimientos técnicos que corresponden a las normas profesionales internacionales (UNESCO, 2013).

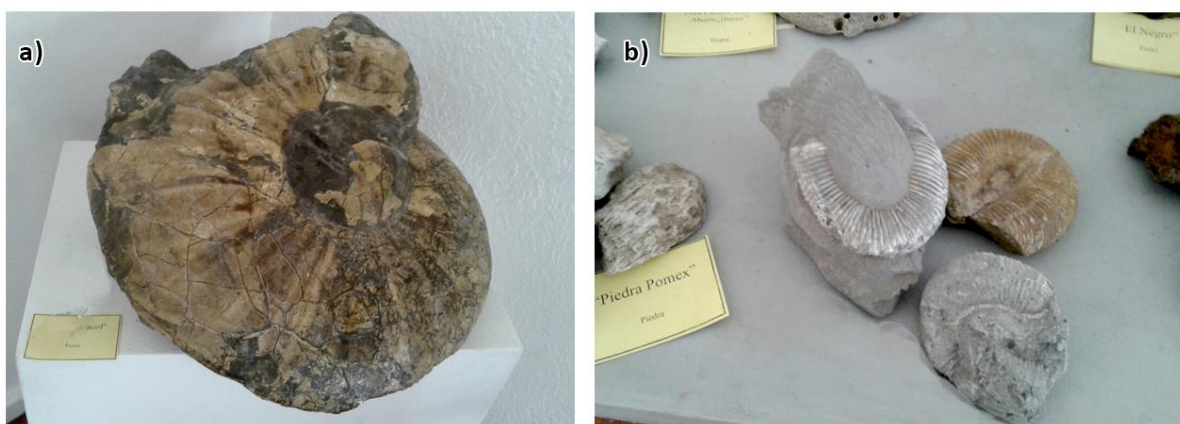


Figura 6-9. Piezas paleontológicas expuestas temporalmente en la Casa de la Cultura, Tijuana B. C. a) Fósil de Amonite etiquetado como “caracol/piedra” b) Amonites heteromorfos sin información adicional.



Figura 6-10. Fósiles del Museo del Estero, Ensenada Baja California a) Vista general de la exposición b) Amonite c) Fragmento de la defensa de un proboscídeo y d) gasterópodos.

Otro problema documentado es que el material ingresado dentro de las colecciones no se encuentra inventariado o catalogado, por lo que al momento de realizarse el préstamo de ciertas piezas para su estudio o exposición, éstas tienden a extraviarse, se les pierde el seguimiento o nunca son devueltas.

Existen algunos museos de iniciativa privada en el área que incluyen material paleontológico dentro de sus exposiciones: el Museo “Juan Rodríguez Cabrillo”, ubicado en la Bahía de San Quintín, es un museo privado el cual cuenta con piezas tanto paleontológicas (amonites y vertebrados), como arqueológicas de la región, en un espacio expositivo adecuado, no obstante al ser un museo de iniciativa privada, es un espacio generalmente rechazado por las comunidades locales. De acuerdo a Robinson (1988), se vuelve necesario que las comunidades fortalezcan sus vínculos con los museos locales. A pesar de que a escasos metros de este museo se localiza un depósito paleontológico de invertebrados del Pleistoceno, no se incluye material dado la falta de interés en la región en las piezas de estas características (conchas), los cuales a veces ni siquiera se reconocen como fósiles.

Dentro de algunos establecimientos, como el Restaurant de Mama Espinoza, en el poblado de El Rosario, se exponen fósiles de la región como parte de la decoración del lugar, en espacios más o menos adecuados pero sin presentar información de los ejemplares o de su contexto geográfico o geológico. Estos locales podrían bien funcionar como espacios alternativos para la divulgación y disfrute del patrimonio paleontológico.

La UNESCO (2013) menciona que los museos favorecen un enfoque integrado del patrimonio. La idea de los museos comunitarios ha sido explorada en la región dentro de algunas comunidades como en el Ejido Nuevo México o Colonet (Figueroa, 2009), donde ha recibido buena aceptación por parte de los pobladores; este autor concluye que la idea del trabajo comunitario es un motor para la gestión del patrimonio arqueológico, pudiéndolo ser de igual manera para el paleontológico o el conjunto de ambos. Bendímez (2010) menciona que para el Ejido Ignacio Zaragoza del municipio de Tecate, Baja California, gracias a los labores de difusión y concientización, las propietarias de las tierras optaron por dejar de cultivar en un sitio arqueológico en orden de conservar los vestigios, instalándose un museo comunitario en el área para promover el turismo y ofrecer un ingreso económico alternativo a la comunidad. Los museos comunitarios se convierten en una alternativa de gestión adecuada, ya que estos permiten que la comunidad identifique el recurso, generando una apropiación del mismo, y de esta manera encargándose ellos mismos de la salvaguarda de este patrimonio.

No obstante los museos pueden generar una problemática adicional; los objetos muebles a causa de su valor comercial, son bienes especialmente amenazados que pueden ser objeto de tráfico ilícito (UNESCO, 2013). Por ejemplo, en Rincón Colorado, Coahuila, el Museo comunitario establecido en la zona turística paleontológica, funciona inintencionadamente como punto de venta de fósiles, donde la colecta y comercio de conchas y caracoles por parte de los mismos habitantes, principalmente niños, es realizada con el fin de obtener un ingreso económico. Esto se debe a una carencia de apropiación y valoración por parte de la misma comunidad, por lo que se recalca nuevamente en la importancia de la elaboración de programas de difusión y concientización con el fin de dar a conocer a la población acerca de la importancia de este patrimonio.

En Coahuila, el Centro Regional INAH ha fomentado la creación de grupos coadyudantes que permitan cumplir las funciones del instituto, entre los cuales se encuentran juntas de protección y conservación del patrimonio cultural, asociaciones civiles, y vigilantes honorarios. Las asociaciones civiles se convierten en custodio oficial de piezas paleontológicas y coadyuvante del INAH en la protección de este patrimonio (Aguilar y Porras-Múzquiz, 2009); la colección paleontológica de la Asociación Civil Museo de Múzquiz, constituida en 2005, ingresó al Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas del INAH. Con esto, se logra establecer un vínculo entre la sociedad civil y los científicos, lo que ha resultado en la publicación de al menos dos trabajos, poniendo el conocimiento paleontológico al alcance de la sociedad y de la comunidad científica. A su vez, se encuentra constituida la Asociación de Paleontólogos aficionados de Sabinas, la cual coadyuva al INAH en las labores de rescate, preservación y estudio del patrimonio paleontológico de la entidad; gracias a la participación de este grupos de aficionados es que se han realizado nuevos descubrimientos de sitios y fósiles en los últimos 20 años (Flores, 2015).

En el Estado de Baja California, a diferencia de Coahuila, las Organizaciones no gubernamentales (ONG) y asociaciones civiles no se han explorado para la conservación de los fósiles. De acuerdo a Bendímez (2010), en 2004 se creó el programa “Adopte un sitio arqueológico”, sin embargo, dado los obstáculos para consolidarse como una Organización No Gubernamental resultó en la pérdida de interés por parte de los voluntarios, lo que sugiere que son muchas las dificultades que se presentan a la hora de validar una organización de este tipo por el INAH, con el fin de que actué de manera legal.

Dentro de las actividades educativas en la región se cuenta también con la participación de los alumnos Facultad de Ciencias en la Semana de Ciencias llevada a cabo cada año por la Universidad Autónoma de Baja California, con exposiciones de material paleontológico. En las actividades de difusión en el estado se encuentran los ciclos de conferencias relacionados a la paleontología; para la parte arqueológica regional se encuentra el programa educativo “Mayo, Mes de la Arqueología”, donde los investigadores dan pláticas en escuelas con el fin de difundir el conocimiento generado en el área (Bendímez, 2010). Este tipo de actividades acercan el conocimiento científico a la sociedad enriqueciendo la cultura científica local y concientizando a la población acerca de la importancia de estos patrimonios.

Entre algunos ejemplos de conservación arqueológica, se ha involucrado a la comunidad local de manera exitosa, como en el caso ya mencionado del Ejido Ignacio Zaragoza, donde los ejidatarios, en su mayoría mujeres, optaron por dejar de cultivar sus tierras con el fin de preservar un sitio arqueológico importante, o en el caso de Cataviña donde se involucró de manera directa a la comunidad local en la restauración de pinturas rupestres en el área, además de la impartición de cursos a los pobladores y la capacitación como guías turísticos (Bendímez, 2010). Vemos que el considerar a las comunidades locales dentro de los proyectos de gestión del patrimonio arqueológico es un factor importante para la conservación y protección de estos, por lo que el mismo modelo podría aplicarse para los sitios paleontológicos de la región. De acuerdo a Wimbledon (2006), resulta práctico establecer relaciones con los propietarios y ocupantes del lugar para hacerles comprender la importancia de su patrimonio paleontológico. La participación de los ejidatarios ha sido de gran importancia en localidades rurales con este tipo de régimen territorial en el país, donde la misma gente se convierte en los depositarios de este patrimonio mediante la creación de Museos, y encargándose de la vigilancia y protección del mismo (Aguilar y Polaco, 2009).

Conclusión

El explorar las distintas alternativas de gestión a nivel internacional permitió conocer los distintos esquemas y figuras para la conservación y protección del patrimonio paleontológico existentes en un nivel internacional, de los cuales algunos podrían aplicarse en México y Baja California dada la importancia y riqueza paleontológica del país y la región, y a las particularidades socioeconómicas de esta zona.

De este estudio se concluye lo siguiente:

- Existe sitios paleontológicos en México que, gracias a la excepcionalidad de sus fósiles podrían por sí solos incluirse en la Lista del Patrimonio Mundial, incrementando la representatividad a nivel mundial de estos y reduciendo el sesgo de sitios naturales inscritos para el país.
- La perspectiva del paisaje es apropiada tanto para el estudio, como para conservación y protección del patrimonio paleontológico, con la necesidad de contar con esquemas de

conservación integradores que consideren el patrimonio natural (geológico y biológico), cultural (arqueológico e histórico) e inmaterial (costumbres y tradiciones).

- La categoría de Paisajes Culturales establecido por la UNESCO, es adecuada para conservar el patrimonio cultural y natural en zonas áridas (Aceves-Calderón, 2005), incorporando a los yacimientos paleontológicos como parte de este concepto.
- El esquema de Geoparques es adecuado para México y Baja California para la conservación del patrimonio paleontológico en conjunto del paisaje (Posada *et al.*, 2004), mediante el aprovechamiento sustentable de estos recursos por parte de las comunidades locales por medio de actividades turísticas.
- La figura de Paleoparque, al ser una iniciativa de reciente creación, debería de contar con un seguimiento más adecuado.

En relación a la situación actual en Baja California

- Las investigaciones paleontológicas por parte de investigadores en los centros regionales de Baja California podrían verse disminuidas ante factores institucionales.
- Muchos sitios paleontológicos se han visto y se ven constantemente afectados por el desarrollo socioeconómico, las actividades turísticas y de colecta, así como por los procesos naturales.
 - Además de destruir, las actividades antropogénicas y los fenómenos naturales son la causa de la realización de nuevos descubrimientos
- No existen condiciones adecuadas para la exposición del material paleontológico en algunos de los espacios museográficos de Baja California.
- Existen actividades turísticas alrededor de sitios paleontológicos no reguladas, y sin una participación directa de las comunidades locales.

Con base en las experiencias en otras zonas del país y en Baja California se puede concluir que:

- La vigilancia continua, y los rescates paleontológicos se vuelven una alternativa necesaria ante el acelerados desarrollo socioeconómico (urbano, agrícola y minero)
 - Los rescates de tipo preventivos son los más adecuados

- Es necesaria el informar de los distintos mecanismos de acción existentes a la comunidad, empresas, y autoridades responsables ante el hallazgo de evidencias paleontológicas.
- Se vuelve necesaria la realización de actividades de difusión y concientización ciudadana para la valoración de este patrimonio.
- Los museos comunitarios surgen como una alternativa para propiciar los procesos de arraigo y apropiación del patrimonio paleontológico, así como puntos de enlace entre la comunidad, el INAH y los científicos.
- Las actividades turísticas realizadas en los sitios paleontológicos deben encontrarse regulados por las instancias correspondientes para garantizar la conservación adecuada de los yacimientos y su correcta divulgación.
- En la delimitación de las zonas de monumentos paleontológicos por el INAH debe realizarse de una manera integral, realizando previamente talleres participativos dentro de las comunidades y considerando las necesidades de estas.
- Se vuelve importante el involucrar los distintos niveles de gobierno federal, estatal y municipal, así como al sector privado y los grupos sociales, dentro de los proyectos turísticos, así como dentro de las actividades de investigación paleontológica.
- Los grupos sociales coadyuvantes (asociaciones civiles, ejidatarios...) pueden ayudar a la conservación y protección del patrimonio paleontológico mediante la custodia de los sitios y las piezas paleontológicas.

Bibliografía

- Aceves-Calderón, P. M. (2005). *Los paisajes culturales como modelo holístico de conservación en Zonas Áridas* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Baja California [UABC], México.
- Águila del Cretácico (2010). *Nosotros, Águila del Cretácico, San Juan Raya*. Recuperado de <http://sanjuanraya.blogspot.mx/>
- Aguilar, F. (2005). *Sección de Paleontología del Centro INAH Coahuila* (Reporte). Centro INAH Coahuila, México.
- Aguilar, F. J. (2008). La Exposición Itinerante “Al rescate del patrimonio paleontológico mexicano”. *CamINAH por el centro: Experiencias de éxito*. 2(2).
- Aguilar, F. J. (2012a). ¿Cómo proteger yacimientos paleontológicos?, lo (sic) experiencia del INAH en Coahuila. *El Tlacuache*, suplemento cultural de La Jornada Morelos, 529 (Julio 29, 2012):1-2.
- Aguilar, F. J. (2012b). Rincón Colorado y su reconocimiento legal como la primera Zona Paleontológica en México. *El Tlacuache*, suplemento cultural de La Jornada Morelos, 546 (Diciembre 2, 2012)
- Aguilar, F. J., y Polaco, O. J. (2006). El Patrimonio paleontológico del norte de México, una propuesta para su protección. *Memorias del Segundo Encuentro Regional para el Estudio del Patrimonio Cultural* (pp. 88-91). Monterrey, México: Museo de Historia Mexicana.
- Aguilar, F. J., y Polaco, O. J. (2009). El sitio de icnitas de dinosaurio “Las Águilas”, Porvenir de Jalpa, General Cepeda, Coahuila: su panorama actual y su proyecto de gestión. *Memorias del Cuarto Encuentro Regional para el Estudio del Patrimonio Cultural del Noroeste*. Monterrey, México: Museo de Historia Mexicana.
- Aguilar, F. J., y Polaco, O. J. (2005). *¿Es necesaria la conservación del patrimonio paleontológico en el estado de Coahuila?* (Tríptico). Centro INAH Coahuila, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Aguilar, F. J., y Porras-Múzquiz, H. (2009). Los fósiles del Museo de Múzquiz A. C. y su resguardo patrimonial por el Instituto Nacional de Antropología e Historia. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 61(2), 147-153.

- Allison, E. C. (1955). Middle Cretaceous gastropoda from Punta China, Baja California, Mexico. *Journal of Paleontology*, 29(3), 400-432.
- Arroyo, C. J., Vinas, V. R., Rivera, G. I. I., Rodríguez, A. X. P, y Rubio, M. A. (2015). Nuevos Hallazgos para el conocimiento arqueo-paleontológico de Oaxaca: Barranca del Muerto, Santiago Chazumba (Mixteca Baja). En V. H. P. Reynoso, F. A. Flores-Mejía, F. J. Aguilar, y J. A. Moreno Bedmar (comps.). Programa y Resúmenes del XIV Congreso Mexicano de Paleontología: Melchor Múzquiz. *Paleontología Mexicana*, Volumen especial 1, 25-26.
- Arroyo-Cabral, J., Morett, L. A., Polaco, O. J. (2002). Tocuila and its Research/Public Outreach Program. En R. C. M. Lawerier, y I. Plug (Eds.) *The Future from the Past Archaeozoology in wildlife conservation and heritage management* (pp. 153-158). Durham, Inglaterra.
- Ashby, J. R., y Minch, J. A. 1984. The upper Pliocene San Diego Formation and the occurrence of *Carcharodon megalodon* at La Joya, Tijuana, Baja California, Mexico. En J. A. Minch, J. R. Ashby (Eds.), *Miocene and Cretaceous Depositional Environments of Northwestern Baja California*, Mexico: Pacific Section AAPG Guidebook 54:19-17.
- Ávila, S. P., Cachão, M., Ramalho, R. S., Botelho, A. Z., Madeira, P., Rebelo, A. C., ... Lipps, J. H. (2015). The Palaeontological Heritage of Santa Maria Island (Azores: NE Atlantic): a Re-evaluation of Geosites in GeoPark Azores and Their Use in Geotourism. *Geoheritage*, 1-17. doi: 10.1007/s12371-015-0148-x
- Bendímez, P. J. (2010). The Communities of Baja California and their participation in the defense of their archaeological legacy. *SCA Proceedings*, 24, 1-6.
- Bocco, G., Mendoza, M., y Masera, O. (2001). La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán: Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación, *Investigaciones Geográficas*, 44, 18-38.
- Boletín UNAM (Junio de 2015). Buscan crear Geoparques en México con asesoría de la UNAM. *Boletín UNAM-DGCS*, 339. Recuperado de http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_339.html
- Braga, A. J. C. (2006). El patrimonio paleontológico en España: un patrimonio natural. En L. G. Mestre (ed.), Actas Simposio Internacional. *Huellas que perduran, icnitas de*

dinosaurios: patrimonio y recurso. Valladolid, España: Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León.

- Carreño, A. L., y Montellano-Ballesteros, M. (2005). La Paleontología mexicana; pasado, presente y futuro. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 57(2), 137-147
- Cleal, C. J. (1988). British palaeobotanical sites. En P. R. Crowther y W. A. Wimbledon (Eds.). *The Use and Conservation of Palaeontological Sites* (pp. 57-71), *Special papers in palaeontology*, 40, 1-200.
- CONACULTA (2009). *Notas del Centro Cultural Tijuana: Muestran fósiles de animales de nuestra península*. Recuperado de http://www.conaculta.gob.mx/estados/jul09/16_cec02.html
- Coordinación Nacional de Museos y Exposiciones (2014). *Proyecto de Vinculación Comunitaria a Través del Taller de la Memoria: Ejido Rincón Colorado*.
- Cristín, A., y Perrilliat, M. del C. (2011). Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(3), 421-427
- Dingwall, P., Weighell, T., y Badman, T. (2005). *Geological World Heritage: a global framework*. IUCN. Recuperado de <http://www.iucn.org/about/work/programmes/water/index.cfm?uNewsID=2214>
- Dowling, R. K. (2010). Geotourism's Global Growth. *Geoheritage*, 3(1), 1-13.
- Dudley, N. (2009). *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*: IUCN.
- Endere, M. L., y Prado, J. L. (2015). Characterization and Valuation of Paleontological Heritage: A Perspective from Argentina. *Geoheritage*, 7(2), 137-145.
- Fenoglio, L. F., Lara, B. I. D., y Aguilar, F. A. (2015). En V. H. P. Reynoso, F. A. Flores-Mejía, F. J. Aguilar, y J. A. Moreno Bedmar (comps.). Programa y Resúmenes del XIV Congreso Mexicano de Paleontología: Melchor Múzquiz. *Paleontología Mexicana*, Volumen especial, 1, 35-36.
- Figueroa, B. C. (2009). *La Arqueología del Holoceno en el corredor costero Colnett - El Rosario (Baja California México). Un Análisis orientado a la gestión*, (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma de Baja California, México.

- Fineart (2015). *MUSEUM QUALITY AMMONITE Pachydiscus catarinae Cretaceous. Baja California, Mexico*. Recuperado de <http://fineart.ha.com/itm/fossils/cephalopoda/museum-quality-ammonitepachydiscus-catarinaecretaceousbaja-california-mexico/a/5110-87332.s>
- Flores, V. J. G. (2015). 20 años de descubrimientos en Coahuila. En V. H. P. Reynoso, F. A. Flores-Mejía, F. J. Aguilar, y J. A. Moreno Bedmar (comps.). Programa y Resúmenes del XIV Congreso Mexicano de Paleontología: Melchor Múzquiz. *Paleontología Mexicana*, Volumen especial 1, p. 37.
- Gaitán, M. J., y Álvarez, A. A. (2009). The protection and use of the geological and paleontological heritage in Baja California Sur, Mexico. En J. H. Lipps y B. R. C. Graniel (Eds.), *PaleoParks - The protection and conservation of fossil sites worldwide: Carnets de Géologie / Notebooks on Geology*.
- García-Barcena, J., Aranda, M. F. J., Contreras, M. B. Y., Espinoza, A. L., Gómez, S. J., Polaco, R. O. J., Rueda, G. J., Wolfgang, S. K., Villaseñor, M. A. B., Xelhuantzi, L. M. S. (1995). Proyecto de Disposiciones Reglamentarias acerca del Patrimonio Paleontológico. En Sociedad Mexicana de Paleontología, *V Congreso Nacional de Paleontología* (pp. 8-19). México.
- GGN (2010). *What is a geopark?* Recuperado de <http://www.globalgeopark.org/aboutGGN/6398.htm>
- Gío-Argáez, R. (2004). Los Fósiles. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencia*, 55(1), 4-7.
- Global Geoparks Network [GGN] (2007). *Araripe Geopark*. Recuperado de <http://www.globalgeopark.org/aboutGGN/list/Brazil/6404.htm>
- Gray, J. M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Chichester, Inglaterra: Wiley.
- Guía-Ramírez, A., Oviedo-García, F., y Pacheco, G. (2013). San Quintín, Baja California: una perspectiva paleontológica y arqueológica. *SCA Proceedings*, 27, 46-56.
- Hilton, R. P. (2003). *Dinosaurs and Other Mesozoic Reptiles of California*. California, Estados Unidos: University of California Press.

- INEGI (2012). *Censo de Población y Vivienda 2010*.
- Lipps, J. H. (2009). PaleoParks: Our paleontological heritage protected and conserved in the field worldwide. En J. H. Lipps y B. R. C. Graniel (Eds.), *PaleoParks - The protection and conservation of fossil sites worldwide: Carnets de Géologie / Notebooks on Geology*.
- López, W. L. A. (2009). Proteger y Registrar el Patrimonio Arqueológico. En S. Mesa, M. T. Castillo, P. F. Sánchez y M. Medina (coords. y Eds.), *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años* (pp. 787-791). México: Colección científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Lothringer, C. J. (1984). Geology of a Lower Ordovician Allochthon, Rancho San Marcos, Baja California, Mexico. En V. A. Frizzell (ed.) *Geology of the Baja California Peninsula: Pacific Section* (pp. 17-22). 39.
- Mesa, D. S. (2009). Responsabilidad y ética en las delimitaciones de zonas arqueológicas. En S. Mesa, M. T. Castillo, P. F. Sánchez y M. Medina (coords. y Eds.), *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años* (pp. 479-498). México: Colección científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Missotten, R., y Patzak, M. (2008). *Global Network of National Geoparks*. <http://www.globalgeopark.org/Articles/6386.htm>
- Morales (2015). Perspectiva sobre la conservación paleontológica en el Estado de Baja California Sur, México. En V. H. P. Reynoso, F. A. Flores-Mejía, F. J. Aguilar, y J. A. Moreno Bedmar (comps.). Programa y Resúmenes del XIV Congreso Mexicano de Paleontología: Melchor Múzquiz. *Paleontología Mexicana*, Volumen especial 1, 47-48.
- Museo Historico de Ensenada (2015). *Pieza del mes. Abril - mayo 2015* [Facebook]. Recuperado de <https://www.facebook.com/MuseoHistoricoRegionaldeEnsenada/photos/a.928125023904614.1073742046.310215019028954/928125737237876/>
- Palacio-Prieto, J. L. (2013). Geositios geomorfositos y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México. *Investigaciones Geológicas*, 82, 24-37.
- Piranha J. M., Aparecida, y de la Corte, B. D. (2011). Geoparks in Brazil—strategy of Geoconservation and Development. *Geoheritage*, 3, 289–298.

- Poder Ejecutivo del Estado de Coahuila (2013). DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de Zona Paleontológica, al polígono ubicado en el Ejido Rincón Colorado del Municipio de General Cepeda, Coahuila. *Periódico Oficial del Estado de Coahuila*, 35(120), 2-5. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Coahuila/wo81018.pdf>
- Poder Ejecutivo del Estado de Coahuila (2014). DECLARATORIA que denomina como Tierra de Dinosaurios al Estado de Coahuila de Zaragoza. *Periódico Oficial del Estado de Coahuila*, 35(121), 58-60. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Coahuila%20de%20Zaragoza/wo94906.pdf>
- Posada, A. I. H., García, G. A., Bruschi, V. M., y Téllez, D. M. A. (2014). Geodiversidad y paisaje: un análisis de su potencial en Baja California, México. *Investigaciones Geográficas Chile*, 48, 19-40.
- Robinson, E. (1988). The interface between 'professional' palaeontologist and 'amateur' fossil collector. En P. R. Crowther y W. A. Wimbledon (Eds.). *The Use and Conservation of Palaeontological Sites* (pp. 113-121), *Special papers in palaeontology*, 40, 1-200.
- Rosete, V. F. A., Perez, D. J. L., y Bocco, G. (2009). Contribución al análisis del cambio de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la Península de Baja California, México. *Investigación ambiental*, 1(1), 70-82.
- Sánchez, J. L. C. (2013). *Propuesta para generación y gestión de Geoparques bajo estructuras de participación comunitaria en América Latina* (Tesis de Doctorado). UABC, México.
- Santucci, V. L. (1999). Legislation Protecting Dinosaur Fossils. En P. J. Currie y K. Padian (Eds.) *Encyclopedia of Dinosaurs* (pp. 403-404). Estados Unidos: Academic Press.
- Téllez, M. A., y Aranda, F. J. (2010, Septiembre). *Paleontología y geodiversidad como estrategia de desarrollo sustentable en Baja California, México*. Objeto de conferencia presentado en el X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía-VII Congreso Latinoamericano de Paleontología, La Plata, Argentina. Resumen recuperado de <http://hdl.handle.net/10915/16978>

- UNESCO (1972). *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural* 1972. París, Francia.
- UNESCO (2008). *Directrices Prácticas para la aplicación de la Convención del Patrimonio Mundial*. Recuperado de <http://whc.unesco.org/archive/opguide08-es.pdf>
- UNESCO (2009). *UNESCO, ¿Qué es?* Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001473/147330s.pdf>
- UNESCO (2012) *Red Mundial de Geoparques*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/earth-sciences/global-geoparks/>
- UNESCO (2013). *Patrimonio Mueble y Museos*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/office-in-montevideo/cultura/movable-heritage-and-museums/>
- Universidad Autónoma de Baja California [UABC] (2012). *Plan de Estudios de Oceanología*. Recuperado de http://fcm.ens.uabc.mx/?p=lic_oc_plan.html
- Valentine, J. W., y Rowland, R. R. (1969). Pleistocene invertebrates from northwestern Baja California del Norte, Mexico. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 36, 511-530.
- Wells, R. T. (1996). Earth's geological history: a contextual framework for assessment of World Heritage fossil site nominations. *IUCN Natural Heritage Programme Working Paper*, 1, 1-43. Recuperado de [https://www.iucn.org/about/work/programmes/wcpa_worldheritage/publications/pub_nominations/?uPubsID=1838](https://www.iucn.org/about/work/programmes/wcpa_worldheritage/publications/publications/pub_nominations/?uPubsID=1838)
- WHC (2012). *Tentative Lists: México*. <http://whc.unesco.org/en/tentativelists/state=mx>
- Wimbledon, W. A. P. (2006). Los yacimientos paleontológicos como parte del patrimonio geológico. En L. G. Mestre (ed.), *Actas Simposio Internacional. Huellas que perduran, icnitas de dinosaurios: patrimonio y recurso*. Valladolid, España: Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León.
- World Heritage Sites (2015). *Geological Formation, Paleontology*. Recuperado de <http://www.worldheritagesite.org/categories/category11.html>

Capítulo 7 Propuesta para la conservación y protección del patrimonio paleontológico de Baja California

Introducción

El trabajo culmina en la elaboración de la siguiente propuesta, estructurada a partir de una serie de recomendaciones bajo distintos ejes (institucionales, políticos, sociales y de conservación) con el propósito de garantizar la protección y conservación del patrimonio paleontológico de la región de Baja California, y de manera específica, para el área de Colonet-Punta Baja. A pesar de que la propuesta fue producto del estudio particular de Baja California, algunos de los puntos tienen incidencia a nivel nacional, mientras que otros particulares podrían aplicarse para otras regiones de México. Aunque esta propuesta va orientada hacia la conservación y protección particular los fósiles y sus sitios en Baja California, representa la propuesta de un esquema integral de no solo el patrimonio paleontológico, sino también los distintos patrimonios asociados a éste, como el natural, arqueológico y cultural, donde se concibe al paisaje y a los mismos fósiles además de un recurso científico, como un elemento para impulsar el desarrollo socioeconómico de la región, en beneficio de las comunidades locales.

Metodología

Valoración patrimonial

Se realiza una caracterización y valoración de dos de los principales yacimientos documentados para la región dentro de la caracterización del Capítulo 3. Entre las zonas paleontológicas identificadas, en términos de abundancia, diversidad e importancia de las evidencias paleontológicas, se encuentran el área de la Bahía de **San Quintín**, y la zona paleontológica de **3b. El Rosario**. Se aplicaron los criterios propuestos por Endere y Prado (2015) para la caracterización y valoración de yacimientos paleontológicos, considerando criterios no solamente científicos. El valor fue asignado a partir de los resultados de la caracterización paleontológica, geológica, social de los sitios, y de las amenazas socioeconómicas determinadas, así como de las distintas observaciones adicionales realizadas en campo para estos sitios, Los criterios considerados y el valor asignado para cada uno de las categorías pueden ser revisadas en el **Anexo III**.

La elaboración de la propuesta fue realizada a partir de la integración de resultados, conclusiones y reflexiones de los objetivos trabajados en los capítulos anteriores. Se consultaron y retomaron algunas de las propuestas y recomendaciones para la conservación y protección paleontológica y arqueológica, realizadas anteriormente en otros trabajos: Téllez (1993), García-Barcena *et al.* (1995), Figueroa (2009), Aceves-Calderón (2005) y Aguilar y Polaco (2006), Aceves-Calderón (2009), Sánchez (2013), y Posada, García, Bruschi, y Téllez (2014).

Resultados

Las zonas paleontológicas de la Bahía de San Quintín y de El Rosario, obtuvieron un total de 29 y 33 puntos respectivamente (**Cuadro 7-1** y **Cuadro 7-2**). El máximo valor alcanzable por los criterios es de 53; de acuerdo a Endere y Prado (2015) se debe obtener una puntuación mayor de 25 puntos para sustentar la aplicación de algún esquema de conservación basado en el paisaje, así como para justificar su inclusión dentro de la planeación territorial nacional y regional. Endere y Prado (2015), a modo de ejemplo, determinaron el valor de dos sitios de Argentina a través de la aplicación de los mismos criterios: la Gran Barranca del Lago Colhue-Huapi en Patagonia, la cual representa una secuencias de depósitos del Cenozoico medio en donde se han recuperado mamíferos fósiles, consiguió un total de 29 puntos ($8+7+4+2+8=29$), mientras que el Parque Nacional de Ischigualasto y Talampaya, con fósiles de los primeros dinosaurios del Triásico, y actualmente considerado como patrimonio de la Humanidad, alcanza un valor más alto con un total de 45 puntos ($9+8+6+7+15=45$).

Valoración del patrimonio paleontológico de Baja California:

a. Bahía de San Quintín.

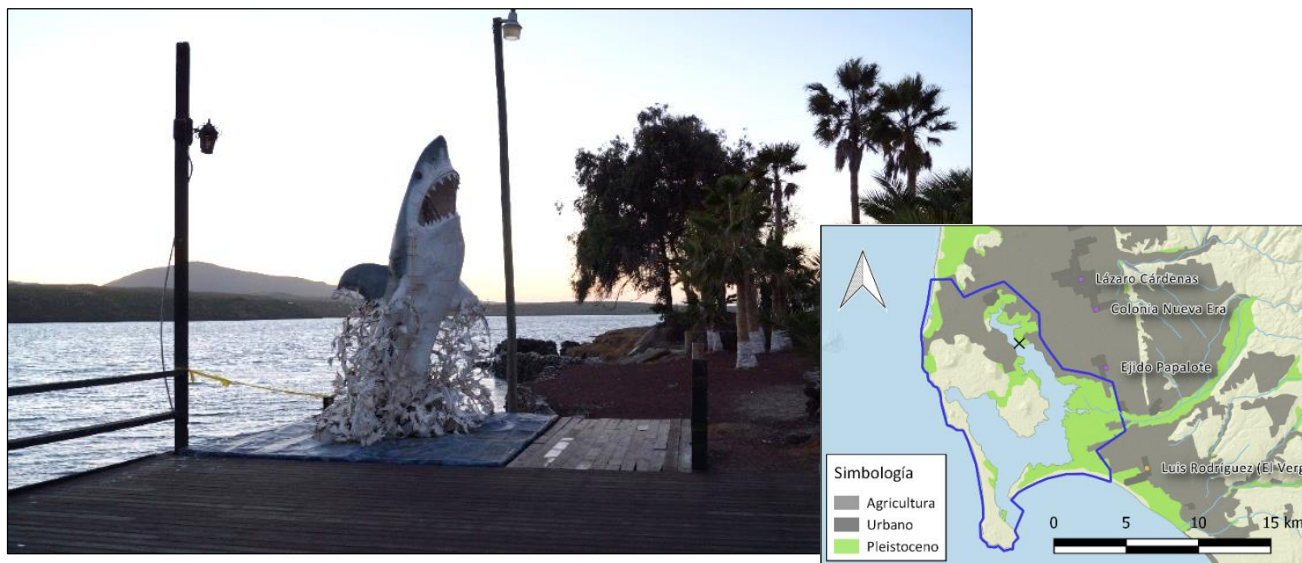


Figura 7-1 Bahía de San Quintín. En el mapa inserto se muestra el polígono establecido para el sitio Ramsar, y la ubicación de la fotografía.

Descripción: Se consideran como parte de la zona paleontológica los yacimientos paleontológicos de invertebrados marinos del Pleistoceno ubicados en el área delimitada como sitio Ramsar de la Bahía de San Quintín (**Figura 7-1**), así como los distintos yacimientos y restos de megafauna de este mismo periodo recuperados en la costa Pacífico del Cabo San Quintín, y dentro del poblado de la colonia Lázaro Cárdenas como producto de las actividades recientes de urbanización.

Cuadro 7-1. Valoración patrimonial la zona paleontológica del Pleistoceno de la Bahía de San Quintín.

Criterios						
Paleontológicos (11)	2	1	1	1	-	5
Geológicos (8)	3	1	2			6
Contextuales (8)	1	2	2			5
Integridad del sitio (3)	1	0				1
Socioculturales (17)	3	2	1	2	1	9
Socioeconómicos (6)	1	0	2			3
Total						29

b. El Rosario

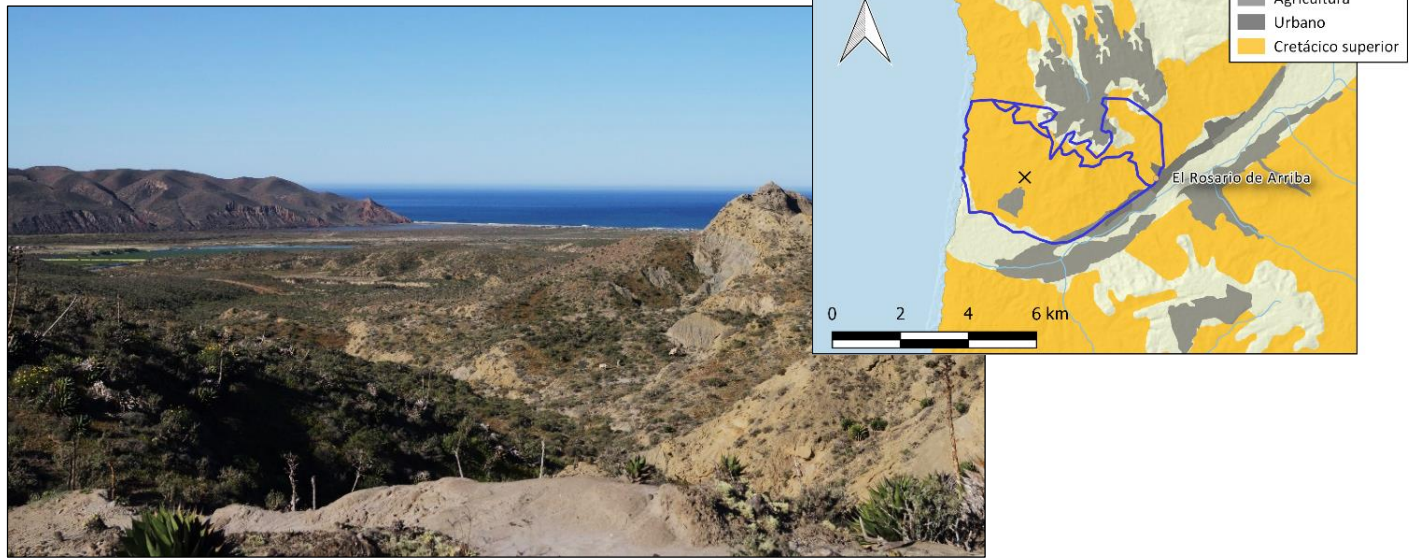


Figura 7-2. La zona paleontológica de El Rosario. En el mapa inserto se muestra el polígono para la unidad geológica El Gallo (izquierda) y El Rosario (derecha) (a partir de Kilmer, 1963) y la ubicación de la fotografía.

Descripción: Los depósitos con restos de vertebrados (mamíferos, dinosaurios y otros reptiles), madera petrificada, e invertebrados marinos (amonites), del Cretácico tardío, delimitado por la unidades geológicas fosilíferas de la Formación El Gallo, localizados al norte del Arroyo El Rosario, y los depósitos de la Formación Rosario expuestos en las inmediaciones del poblado El Rosario de Arriba (**Figura 7-2**).

Cuadro 7-2. Valoración patrimonial para la zona paleontológica del Cretácico tardío de El Rosario

Criterios						
Paleontológicos (11)	3	1	2	2	-	8
Geológicos (8)	3	1	3			7
Contextuales (8)	1	3	1			5
Integridad del sitio (3)	0	1				1
Socioculturales (17)	3	1	1	1	3	9
Socioeconómicos (6)	2	0	1			3
Total						33

Propuesta

Científicos e institucionales.

1. Promover las investigaciones paleontológicas en la región. De manera específica para la región de Colonet-Punta Baja:
 - a. Dar prioridad a los yacimientos paleontológicos menos estudiados, y los más vulnerables ante el desarrollo socioeconómico, dentro de las colectas e investigaciones (depósitos de Plioceno).
 - b. Promover la investigación de los depósitos de invertebrados marinos del Pleistoceno, que pudiera aportar información para comprender los cambios climáticos actuales.
 - c. Continuar con las actividades de investigación en los depósitos de Cretácico tardío (El Rosario) y Pleistoceno (Bahía de San Quintín).
 - d. Elaborar la reconstrucción de los distintos paisajes paleontológicos de la región.
2. Realizar las actividades de excavación e investigación de vertebrados del Pleistoceno en colaboración con un arqueólogo.
3. Fomentar la apertura de plazas de investigación para el estudio paleontológico dentro de universidades (UABC) y del Centro INAH Regional.
4. Continuar con la impartición de asignaturas de paleontología y paleobiología en las carreras de Biología y Oceanografía dentro de las instituciones de educación superior de la región (UABC).
5. Establecer convenios de colaboración entre las instituciones regionales (UABC), nacionales (UNAM y otras), y extranjeras (Universidad de California, y los Museos de Historia Natural de San Diego y de Los Ángeles) para el estudio científico de los fósiles.
Para esto se recomienda:
 - a. Contar con un investigador de Baja California dentro de los proyectos de investigación realizados por instituciones tanto nacionales como extranjeras.

6. Consolidar las distintas colecciones de fósiles encontradas en las instituciones de educación superior de la región, incluyendo la catalogación del material depositado y de las localidades de colecta.

INAH.

1. Regular las actividades de colecta e investigación paleontológicas realizadas por las instituciones regionales, nacionales y extranjeras, donde se entreguen ante el Centro Regional INAH:
 - a. El reporte de las localidades de colecta y del material colectado
 - b. Informes periódicos de estudios preliminares
 - c. Publicaciones derivadas de los estudios
2. Promover la reactivación del Consejo Nacional de Paleontología, o de ser posible explorar la creación de un consejo a nivel local o regional (para el Noroeste de México) en el cual se someten los distintos estudios paleontológicos, de acuerdo a los criterios presentados en el Reglamento propuesto del artículo 28-bis.
3. Realizar la verificación de los sitios paleontológicos más importantes para su inscripción ante el Registro Público
4. Elaborar proyectos para la delimitación de zonas de monumentos paleontológicas
5. Realizar visitas periódicas a sitios o zonas paleontológicas vulnerables ante el desarrollo socioeconómico, y altamente erosivas por procesos naturales.
6. Elaborar el registro de colecciones y piezas paleontológicas ingresadas dentro de:
 - a. Museos comunitarios y colecciones privadas.
 - b. Colecciones científicas (una vez catalogado el material)
7. Establecer espacios de exposición e información adecuada para el material paleontológico expuesto dentro de los distintos museos (y espacios alternativos) de la región, en coordinación de las instituciones académicas.

Políticos.

Legislación.

1. Incluir las distintas definiciones de sitios paleontológicos y zonas paleontológicas dentro de la legislación federal.

- a. Regular de manera más específica los distintos tipos de yacimientos y fósiles encontrados en el país de acuerdo a sus características: vertebrados, invertebrados, plantas, icnofósiles y microfósiles.
 - b. Considerar los dos casos especiales de la paleontología mexicana dentro de la legislación: los yacimientos de importancia económica y los fósiles relacionados con el hombre temprano.
2. Promover la aprobación de iniciativas de reformas a leyes federales y orgánicas que favorezcan la conservación del patrimonio paleontológico, y su integración adecuada dentro de las actividades del Instituto (INAH)
3. Reglamentar el artículo 28-bis.
4. Proponer conceptos de conservación adicionales dentro de la legislación estatal en materia de patrimonio cultural, tales como los paisajes y el de paisajes culturales, que incluyan al patrimonio paleontológico.
5. Considerar las particularidades del registro paleontológico regional dentro de la legislación y los reglamentos estatales.

Instrumentos de políticas públicas.

1. Incluir la dimensión histórica del territorio dentro del ordenamiento y planificación territorial de la región.
 - a. Coordinar el Centro INAH Regional con las distintas dependencias encargadas del desarrollo y elaboración de ordenamientos y planes estatales-municipales (SEDUE, SEMARNAT, IMIP).
 - b. Establecer zonas de entorno a nivel estatal, alrededor de sitios y zonas paleontológicas previamente delimitadas.
 - c. Considerar las zonas paleontológicas (una vez delimitadas), dentro de la delimitación de las Unidades de Gestión Ambiental de ordenamientos ecológicos, territoriales y planes de desarrollo urbano.
 - d. Utilizar las Áreas Especiales de Conservación establecidas dentro de los ordenamientos ecológicos para evitar la construcción sobre sitios paleontológicos importantes.

2. Conservar los yacimientos paleontológicos que pudieran descubrirse durante las actividades socioeconómicas
 - a. Considerar las evidencias paleontológicas dentro de los Manifiestos de Impacto Ambiental, y dentro de los trámites de liberación de predios para cambios de uso de suelo por parte de la SEMARNAT y del INAH.
 - b. Utilizar mapas de potencial paleontológico dentro de las distintas definiciones de los instrumentos de política ambiental, con la creación de políticas específicas para cada zonificación; en zonas con potencial paleontológico Alto y Medio se deberá realizarse un estudio detallado y la elaboración de manifiesto de impacto paleontológico, y durante las actividades de excavaciones realizar un monitoreo y rescate de los restos que pudieran aparecer.
3. Impulsar la integración del patrimonio paleontológico dentro de las políticas de desarrollo económico, turístico y social a nivel nacional (Aguilar y Polaco, 2006), en Baja California, y dentro de las distintas áreas de San Quintín y El Rosario.

Conservación

1. Para las Áreas Naturales Protegidas (ANP) ya existentes:
 - a. Considerar los distintos yacimientos paleontológicos existentes en las ANP dentro de las zonificaciones y políticas establecidas dentro de los instrumentos de manejo (planes y programas) en México y Baja California.
2. Explorar la creación de nuevas ANP a nivel nacional, estatal o municipal
3. Aplicación de esquemas integrales de conservación, como los **Geoparques**, donde se integre el **patrimonio natural** (biodiversidad, geología y **fósiles**) y **cultural** (material e inmaterial) a partir de figuras ya existentes (Zonas de monumentos, Áreas Naturales Protegidas, Sitios Ramsar).
 - a. Establecer una adecuada coordinación entre el INAH con la SEMARNAT y la CONANP
4. Incluir los distintos yacimientos paleontológicos dentro de la lista indicativa de patrimonio mundial de Valle de los Cirios, mediante el cambio de su inscripción a Paisajes Culturales (Aceves, 2005).

Económicos.

1. Establecer proyectos turísticos alternativos alrededor de zonas paleontológicas, que generen beneficios económicos y sociales a las comunidades locales.
2. Buscar fuentes de financiamiento alternativas para las actividades de excavación e investigación paleontológica, a través de:
 - a. las actividades turísticas
 - b. del apoyo de los distintos niveles de gobierno (municipal, estatal o nacional), empresas privadas y ONGs.

Sociales

1. Difundir el conocimiento paleontológico dentro de la población local con el fin de que se identifiquen las variantes de los fósiles como parte de su patrimonio paleontológico:
 - a. Invertebrados marinos del Cretácico Temprano al Pleistoceno (conchas de amonites, almejas y caracoles)
 - b. Vertebrados terrestres del Cretácico tardío (dinosaurios, microfósiles de mamíferos) y Pleistoceno (megafauna).
 - c. Madera fosilizada
2. Generar campañas de valoración y sensibilización del patrimonio paleontológico regional.
3. Informar a los habitantes de la región de los distintos mecanismos a realizarse ante el hallazgo de material paleontológico.
 - a. Enfocarse en donde se estén dando los cambios de uso de suelo más intensos y se han documentado evidencias paleontológicas (como en la Colonia Lázaro Cárdenas).
4. Promover la creación o consolidación de museos comunitarios y de grupos coadyuvantes (tales como organizaciones no gubernamentales y asociaciones civiles) para la protección y conservación del patrimonio paleontológico en la región.
5. Establecer modelos de gestión participativa, involucrando las comunidades locales dentro de los proyectos de delimitación, y la aplicación de esquemas para conservación y protección paleontológica.

Específicos, para la región de Colón-Punta Baja

1. Para la **Bahía de San Quintín**

- a. inscribir los distintos depósitos paleontológicos dentro del registro público
- b. considerar los elementos paleontológicos dentro del instrumento de manejo del sitio Ramsar
- c. integrar a futuro el sitio Ramsar a la red Mundial de Geoparques

2. Para El Rosario

- a. realizar la delimitación integral de la zona paleontológica de las formaciones El Gallo y El Rosario
- b. explorar la creación de un área natural protegida a nivel estatal o nacional
- c. integración a futuro a la red de geoparques u otro esquema internacional

Bibliografía

- Aceves-Calderón, P. M. (2005). *Los paisajes culturales como modelo holístico de conservación en Zonas Áridas* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Baja California [UABC], México.
- Aceves-Calderón, P. M. (2009). *Entre el pasado y el futuro. La conservación del patrimonio cultural y la planeación en el municipio de Ensenada*. II Foro IMI IESI: La innovación para el desarrollo sustentable del Municipio de Ensenada. Ensenada, México.
- Aguilar, F. J. A., y Polaco, O. J. R. (2006). El Patrimonio paleontológico del norte de México, una propuesta para su protección. *Memorias del Segundo Encuentro Regional para el estudio del patrimonio cultural* (pp. 88-91). Monterrey, México: Museo de Historia Mexicana
- García-Barcena, J., Aranda, M. F. J., Contreras, M. B. Y., Espinoza, A. L., Gómez, S. J., Polaco, R. O. J., Rueda, G. J., Wolfgang, S. K., Villaseñor, M. A. B., Xelhuantzi, L. M. S. (1995). Proyecto de Disposiciones Reglamentarias acerca del Patrimonio Paleontológico. En *Sociedad Mexicana de Paleontología, V Congreso Nacional de Paleontología* (pp. 8-19). México.
- Posada, A. I. H., García, G. A., Bruschi, V. M., y Téllez, D. M. A. (2014). Geodiversidad y paisaje: un análisis de su potencial en Baja California, México. *Investigaciones Geográficas Chile*, 48, 19-40.

- Sánchez, J. L. C. (2013). *Propuesta para generación y gestión de Geoparques bajo estructuras de participación comunitaria en América Latina* (Tesis de Doctorado). UABC, México.
- Téllez, M. A. (1993). Cultural Resources as a Criterion in Coastal Zone Management: The Case of Northwestern Baja California, México. En J. L. Fermán Almada, L. Gómez-Morín, y D. W. Fischer (Eds.). *Coastal Management in Mexico: The Baja California Experience* (pp. 137-147). Estados Unidos: American Society of Civil Engineers.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP] (2015a). *Áreas Naturales Protegidas Federales de la República Mexicana*. Escala 1:250.000
- Kilmer, F. H. (1963). *Cretaceous and cenozoic stratigraphy and paleontology, El Rosario Area, Baja California, Mexico* (Tesis de Doctorado). Universidad of California, Estados Unidos.

ANEXOS

Anexo I. Listado bibliográfico

Trabajos de exploraciones geológicas

1. Anónimo (1924). Informe sobre la exploración geológica de la Baja California, por la "Marland Oil Company of México". *Boletín del Petróleo*, 17, 417–453.
2. Anónimo (1924). Informe sobre la exploración geológica de la Baja California, por la "Marland Oil Company of Mexico". *Boletín del Petróleo*, 18, 14–53.
3. Beal, C. H. (ed.) (1948). Reconnaissance of the geology and oil possibilities of Baja California, Mexico. *The Geological Society of America Memoir*, 31, 1-138.
4. Carreño, A. L., y Smith, J. T. (2007). Stratigraphy and correlation for the ancient Gulf of California and Baja California Peninsula, Mexico. *Bulletins of American Paleontology*, 371, 1-146.
5. Darton, N. H. (1921). Geologic Reconnaissance in Baja California. *The Journal of Geology*, 29(8), 720-748.
6. Gastil, R. G., Philips, R. P., y Allison, E. C. (1975). Reconnaissance Geology of the State of Baja California. *Geological Society of America Memoir*, 140, 1-170.
7. Kilmer, F. H. (1963). *Cretaceous and cenozoic stratigraphy and paleontology, El Rosario Area, Baja California, Mexico* (Tesis de Doctorado). Universidad of California, Estados Unidos.
8. Kilmer, F. H. (1965). Late Cretaceous Stratigraphy and Paleontology, El Rosario, Northwest Baja California, Mexico. Abstracts for 1965. *Special GSA Papers*, 87, p. 211.
9. Manger, G. E. (1934). The geology of San Quintin Bay. The Johns Hopkins University Studies in Geology, 11, 273-303.
10. Perrilliat, M. C. (1968). Fauna del Cretacico y del Terciario del Norte de Baja California. *Paleontología Mexicana*, 25, 1-36.

Compilaciones

1. Aranda-Manteca, F. J. (2013). Los vertebrados fósiles en el norte de la Península de Baja California. *Paleontología Mexicana*, 3(1), 83-90.

2. Ferrusquía-Villafranca, I. (1981). The Mesozoic and Cenozoic Land Mammal Record in Baja California. *Geological Society of America, Cordilleran Section, Annual Meeting*, Hermosillo, Sonora, (Mexico), Abstracts, 13(2), p. 56.
3. Ferrusquía-Villafranca, I., y Torres-Roldán, V. (1980). El registro de los mamíferos terrestres del Mesozoico y Cenozoico de Baja California. *Revista del Instituto de Geología*, 4(1), 56–62.
4. Hernández-Rivera, R. (1997). Mexican dinosaurs. En P. J. Currie y K. Padian (Eds.) *Encyclopedia of Dinosaurs*. California, Estados Unidos: Academic Press.
5. Hilton, R. P. (2003). *Dinosaurs and Other Mesozoic Reptiles of California*. California, Estados Unidos: University of California Press.
6. Minch, J., Minch, E., Minch, J., y Ledesma-Vázquez, J. (2003). *Caminos de Baja California. Geología y Biología para sus viajes*. California, Estados Unidos: John Minch and Associates.
7. Montellano Ballesteros, M., y Arroyo-Cabrales, J. (Eds.) (2002). *Avances en los estudios paleomastozoológicos*. México: Serie Arqueología INAH, 443.
 - a. McDonald, H. G. (2002). Fossil Xenarthra of Mexico: a review. En M. Montellano-Ballesteros y J. Arroyo-Cabrales (Eds.) *Avances en los estudios paleomastozoológicos* (pp. 227-248). México: Colección Científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
 - b. Montellano Ballesteros, M. (2002). Panorama de los mamíferos mesozoicos en México. En M. Montellano-Ballesteros y J. Arroyo-Cabrales (Eds.) *Avances en los estudios paleomastozoológicos* (pp. 11-24). México: Colección Científica, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
8. Moore, E. J. (1992A) Tertiary Marine Pelecypods of California and Baja California: Nuculidae through Malleidae. *U. S. GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER*, 1228-A.
9. Moore, E. J. (1992B). Tertiary Marine Pelecypods of California and Baja California: Propeamussiidae through Pectinidae. *U. S. GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER*, 1228-B.
10. Moore, E. J. (1992C). Tertiary Marine Pelecypods of California and Baja California: Picatulidae to Ostreidae. *U. S. GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER*, 1228-C.

11. Moore, E. J. (1992D). Tertiary Marine Pelecypods of California and Baja California: Lucinidae through Chamidae. *U. S. GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER*, 1228-D.
12. Moore, E. J. (1992E). Tertiary Marine Pelecypods of California and Baja California: Erycinidae through Carditidae. *U. S. GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER*, 1228-E.
13. Moore, E. J. (2003). Tertiary marine pelecypods of California and Baja California, Chapter F: Crassatellidae, Cardiidae, Mactridae, Mesodesmatidae, Solenidae, Pharidae: 107.
14. Moore, E. J. (2003). Tertiary marine pelecypods of California and Baja California, Chapter G: Tellinidae, Donacidae, Psammobiidae, Semelidae: 88.
15. Vega, F. J., Nyborg, T. G., Perrilliat, M. d. C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S. R. S., y Quiroz-Barroso, S. A. (2006). *Studies on Mexican Paleontology* (Vol. 24). Países Bajos: Springer.
 - a. Montellano-Ballesteros, M., y Jiménez-Hidalgo, E. (2006). Mexican Fossil Mammals, Who, Where and When? En F. Vega *et al.* (Eds.) *Studies on Mexican Paleontology* (Vol. 24) (pp. 249-273). Países Bajos: Springer.
 - b. Rivera-Sylva, H. E., Rodríguez-de la Rosa, R., y Ortiz-Mendieta, J. A. (2006). A review of the Dinosaurian Record of Mexico. En F. Vega *et al.* (Eds.) *Studies on Mexican Paleontology* (Vol. 24) (pp. 233-248), Países Bajos: Springer.
16. Weishampel, D. B. (1990). Dinosaurian distribution. En D. B. Weishampel, P. Dodson, y H. Osmolska (Eds.), *The Dinosauria* (pp. 63-139). Berkeley, Estados Unidos: California University Press.
17. Santillán, M., y Barrera, T. (1930). Las posibilidades petrolíferas en la costa occidental de la Baja California entre los paralelos 30° y 32° de latitud norte. *Anales de Instituto de Geología*, 5, 1-37.

Cretácico temprano

1. Almazán-Vázquez, E. (1988). Marco paleosedimentario y geodinámico de la Formación Alisitos en la península de Baja California. *Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 7(1), 41-51.

2. Almazán-Vázquez, E., y Buitrón, B. E. (1984). Bioestratigrafía del Cretácico Inferior de Baja California norte, México. *Memoria III Congreso Latinoamericano de Paleontología*, Oaxtepec, Morelos, México, p. 78.
3. Jiménez, P. C. R. (2015). *Moluscos (Bivalvia y gastropoda) del Cretácico Temprano de la zona centro-occidental de Baja California* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.
4. Muñoz, C. A. (1991). *Los Invertebrados del Cretácico de Alisitos (Baja California Norte) y sus implicaciones paleobiogeográficas y paleoecológicas* (Tesis de Licenciatura). UNAM, México.
5. Reed, R. G. (1967). *Stratigraphy and structure of the Alisitos Formation near El Rosario* (Tesis de Maestría). San Diego State College, Estados Unidos.

Cretácico tardío

1. Anderson, F. M. (1958). Upper Cretaceous of the Pacific Coast. *The Geological Society of America Memoir*, 71, 1-378.
2. Anderson, F. M., y Hanna, G. D. (1935). Cretaceous Geology of Lower California: California. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 23(1), 1-34.
3. Bárcenas, P. M. de los A. (1988). *Paleontología y paleoecología de la formación El Rosario (Campaniano - Maestrichtiano) Baja California, México* (Tesis de Licenciatura), Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México.
4. Demetrion, R. A. (1989). *Variation in the Cretaceous-Tertiary boundary in southern and Baja California (Peninsular Ranges Terrane)* (Tesis de Maestría) Universidad de Carolina, Estados Unidos.
5. Helenes, J., y Téllez-Duarte, M. A. (2002). Paleontological evidence of the Campanian to Early Paleocene paleogeography of Baja California. *Palaeogeography, palaeoclimatology, Palaeoecology*. 186, 61-80.
6. Squires, R. L. (2010). Northeast Pacific Upper Cretaceous and Paleocene Glycymeridid Bivalves. *Journal of Paleontology*, 84(5), 895-917.
7. Squires, R. L., y Saul, L. R. (2001). New Late Cretaceous Gastropods from the Pacific Slope of North America. *Journal of Paleontology*, 75(1), 44-65.

8. Squires, R. L., y Saul, L. R. (2005). New Late Cretaceous (Santonian and Campanian) gastropods from California and Baja California, Mexico. *The Nautilus*, 119(4), 133-148.
9. Squires, R. L., y Saul, L. R. (2006). Cretaceous Acila (Truncacila) (Bivalvia: Nuculidae) from the Pacific Slope of North America. *The Veliger*, 48(2), 83-104.
10. Squires, R. L., y Saul, L. R. (2009). Cretaceous Opine Bivalves from the Pacific Slope of Baja California. *Paleontology*, 52(6), 1311-1347.
11. Shenck, H. G. (1936). Nuculid Bivalves of the Genus Acila. *Geological Society of America Special Papers*, 4.
12. Ward, P. D., Haggart, J. W., Mitchell, R., Kirschvick, J. L., y Tobin, T. (2012). Integration of macrofossil biostratigraphy and magnetostratigraphy for the Pacific Coast Upper Cretaceous (Campanian-Maastrichtian) of North America and implications for correlation with the Western Interior and Tethys. *Geological Society of America Bulletin*, 124(5/6), 957-974.

El Gallo

1. Chavarría, A. M. L. (2015). *Tipo de locomoción y hábito alimenticio del teiido Dicathodon bajaensis del Cretácico tardío, Baja California* (Tesis de licenciatura). UNAM, México.
2. Clemens, W. A. (1980). *Gallolestes pachymandibularis* (Theria, incertae sedis; Mammalia) from Late Cretaceous deposits in Baja California del Norte, Mexico. *PaleoBios*, 33, 1-10.
3. Ford, T. L., y Chure, D. J. (2002). "Aublysodon" teeth from the El Gallo Formation (Late Campanian) of Baja California: the southernmost record of tyrannosaurid theropods. En R. D. McCord, y D. Boaz (Eds.) *Western Association of Vertebrate Paleontologists and Southwest Paleontological Symposium* (pp. 75-89). Southwestern Museum Bulletin, 8.
4. Lillegraven J. A. (1970). Note on Baja California Cretaceous Mammals. En G. Gastil y J. Lillegraven (Eds.) *Pacific Slope Geology of northern Baja California: Guide Book* (p. 68). Estados Unidos: AAPG-SEPM-SEG.
5. Lillegraven, J. A. (1972). Preliminary report on Late Cretaceous mammals from the El Gallo Formation, Baja California Norte, Mexico. *Contributions in Science*, 232, 1-11.
6. Lillegraven, J. A. (1976). A new genus of therian mammal from the Late Cretaceous, El Gallo Formation Baja California, Mexico. *Journal of Paleontology*, 50(3), 437-444.

7. Montellano, M., Wilson, G., Álvarez-Reyes, G., Hernández-Rivera, R., Quintero, E., Aranda-Manteca, F. J. (2005) New Material of Polyglyphanodon bajaensis from el Rosario, Baja California, Mexico. ABSTRACTS OF PAPERS, *Journal of Vertebrate Paleontology*, Suplemento 25(3), p. 93.
8. Montellano-Ballesteros, M., Wilson, G. P., Hernández-Rivera, R., Álvarez-Reyes, G., y Aranda-Manteca, F. (2008). Microvertebrados de la Formación El Gallo (Cretácico Superior), Baja California, México. *Libro de Resúmenes III Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados-Neuquén, Patagona, Argentina*. 161.
9. Morris, W. J. (1967a). Baja California: Late Cretaceous Dinosaurs. *Science*, 155(3769), 1539-1541.
10. Morris, W. J. (1967b). Late Cretaceous vertebrates from Baja California. *The Geological Society of America Special Paper* (Abstracts), 115, p. 341.
11. Morris, W. J. (1968). Late Cretaceous dinosaurs from Baja California. *The Geological Society of America Special Paper* (Abstracts), 121, p. 209.
12. Morris, W. J. (1970). Late Cretaceous Dinosaur from Baja California. En G. Gastil y J. Lillegraven (Eds.) *Pacific Slope Geology of northern Baja California: Guide Book* (p. 67). Estados Unidos: AAPG-SEPM-SEG.
13. Morris, W. J. (1971). Mesozoic and Tertiary Vertebrates in Baja California. *National Geographic Society Research Reports*, 1965, 195-198.
14. Morris, W. J. (1972). Giant Hadrosaurian dinosaur from Baja California. *Journal of Paleontology*, 46(5), 777-779.
15. Morris, W. J. (1973). A review of Pacific Coast Hadrosaurs. *Journal of Paleontology*, 47(3), 551-556.
16. Morris, W. J. (1973). Mesozoic and Tertiary Vertebrates in Baja California. *National Geographic Society Research Reports*, 1966, 197-209.
17. Morris, W. J. (1974a). Upper Cretaceous "El Gallo" Formation and its vertebrate fauna. En Gastil y Lillegraven (Eds.) *The Geology of Peninsular California*, 49th Annual Meeting, 60-66.

18. Morris, W. J. (1974b). A paleontologic reconnaissance of Baja California, Mexico, 1974. *National Geographic Society Research Reports*, 15, 157–175.
19. Morris, W. J. (1981). A new species of hadrosaurian dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California: ?*Lambeosaurus laticaudus*. *Journal of Palaeontology*, 55(2), 453–462.
20. Morris, W. J. (1982). Terrestrial Avian Fossils from Mesozoic Strata Baja California, 1973. *National Geographic Society Research Reports*, 14, 487-489.
21. Nydam, R. L. (1999). Polyglyphanodontinae (Squamata Teiidae) from the medial and Late Cretaceous- Baja California del Norte, Mexico. *Vertebrate Paleontology in Utah*, 99(1), 303-317.
22. Nydam, R. L. (2000). *New records of early, medial, and late cretaceous lizards and the evolution of the cretaceous lizard fauna of North America* (Tesis de Doctorado). Universidad de Oklahoma, Estados Unidos.
23. Nydam, R. L., Eaton, J. G., y Sankey, J. (2007). New taxa of transversely-toothed lizards (Squamata: Scincomorpha) and new information on the evolutionary history of "teiids". *Journal of Paleontology*, 81(3), 538-549.
24. Peacock, B., Wilson, J. A., Hernandez-Rivera, R., Montellanos-Ballesteros, M., y Wilson, G. P. (2012). First tyrannosaurid remains from the Upper Cretaceous "El Gallo" Formation of Baja California, México. *Acta Palaeontologica Polonica*, 59(1), 71-80. doi: 10.4202/app.2012.0003
25. Prieto-Márquez, A., Chiappe, L. M., y Joshi, S. H. (2012). The lambeosaurine dinosaur *Magnapaulia laticaudus* from the late cretaceous of Baja California, Northwestern Mexico. *PLoS One*, 7(6), e38207. doi:10.1371/journal.pone.0038207
26. Quintero de Leonardo, E. (2005). *Interpretación ambiental y fosilífera de Lambeosaurus laticaudatus? Morris 1981 Cretácico tardío de Baja California, México* (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma de Baja California (UABC), México.
27. Rivera-Sylva, H. E., Capreuter K., y Aranda-Manteca, F. J. (2011). Late Cretaceous nodosaurids (Ankylosauria: Ornithischia) from México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28(3), 371-378.

28. Rodríguez-de la Rosa, R. A. (1998). Cascaras de huevo avianas (Neognathae) y de Ornitopoda (dinosauria) del Cretácico Tardío de Baja California. México. VI Congreso Nacional de Paleontología, Resumen, 59-60.
29. Rodríguez-de la Rosa, R. A., y Aranda-Manteca, F. J. (1999). Theropod teeth from the Late Cretaceous El Gallo Formation, Baja California, Mexico. VII International Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, Buenos Aires, Argentina Resumen. 56
30. Rodríguez-de la Rosa, R. A., y Aranda-Manteca, F. J. (2000). Nuevos hallazgos de vertebrados de la Formación El Gallo (Campaniano Tardío) del Estado de Baja California. VI Congreso Nacional de Paleontología y I Simposio Geológico en el noreste de México, Memorias, 65-66.
31. Rodríguez-de la Rosa, R. A., y Aranda-Manteca, F. J. (2000). Were there venomous theropods? *Journal of Vertebrate Paleontology*, 20(3), 64A.
32. Romo de Vivar, M. P. R. (2011). *Microvertebrados Cretácicos Tardíos del Área de El Rosario, Baja California, México* (Tesis de Licenciatura). UNAM, México.
33. Wilson, G., Meng, C., y Montellano, M. (2011). A new multituberculate skull from the Upper Campanian “El Gallo” Formation, Baja California, México. IV Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, San Juan, Argentina, 22–27 de septiembre de 2011.

La Bocana Roja

1. Brodkorb, P. (1976). Discovery of a Cretaceous Bird, apparently ancestral to the Orders Coraciiformes and Piciformes (Aves Carinatae). *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 27, 67-73.
2. Molnar, R. E. (1974). A distinctive theropod dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California (Mexico). *Journal of Paleontology*, 48(5), 1009-1017.

Paleoceno

1. Arzate-Hernández, O. L., y Téllez-Duarte, M. (1988). Paleo-Environmental Interpretation of Paleocene Sepultura Formation in Type Locality, Mesa La Sepultura, Baja California, Mexico. AAPG-SEPM-SEG Pacific Sections and SPWLA Annual Convention.

2. Arzate, H. O. L. (1989). *Interpretación Paleoambiental de las facies marinas de la formación Sepultura en su localidad tipo, Mesa de la Sepultura, B. C. México* (Tesis de Licenciatura). UABC, México.
3. Hanson, A. D. C., Thomson, D. L., Logue, D. L., y Abbott, P. L. (1993). Unusual Paleocene Limestone at Mesa la Sepultura, Baja California, Mexico. AAPG Pacific Section Meeting, Long Beach, California.
4. Miller, V.V., y Abbott, P. L. (1988). Sedimentology of the Upper Paleocene/Lower Eocene Sepultura Formation near Colonet, Baja California. En M. V. Filewicz y R. L. Squires (Eds.) *Paleogene Stratigraphy West Coast of North America*, 58, 23-34.
5. Abbott, P. L., Hanson, A. D., Thomson, C. N., Logue, D. L., Bradshaw, K. D., Pollard, J. P., y Seeliger, T. E. (1993). Geología de la Formación Sepultura del Paleoceno, en Mesa de La Sepultura, Baja California. *Ciencias Marinas*, 19(1), 75-93.

Plioceno

1. Hertlein, L. G., y Allison, E. C. (1959). Pliocene Marine Deposits in Northwestern Baja California, México, with the Descriptions of a New Species of Acanthina (Gastropoda). *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 58(1), 17-26.
2. Ledesma-Vázquez, J., y Johnson, M. E. (2003). Plataforma de abrasión del Plioceno Tardío dentro de la formación Cantil Costero de Baja California. *Ciencias Marinas*, 20(2), 139-157.
3. Santín, D. C. E. (1994). *Análisis de Facies para la Formación Cantil Costero, Plioceno medio, Baja California, México* (Tesis de Licenciatura). UABC, México.

Pleistoceno

1. Acosta, M. G. (1965). Paleontology of the Late Pleistocene Marine Terraces, Punta Baja, Baja California, Mexico. *Undergraduate research reports*, 9(1), 298.
2. Berry, S. S. (1926). Fossil chitons from the Pleistocene of San Quintin Bay, Lower California. *American Journal of Science*, 5(12), 455-456.
3. Carter, B., y Di Fiori, R. (2004). *Fossils collected in Baja California 1999-2004* (Reporte). Centro INAH-Baja California, México.

4. Dall, W. H. (1921). New fossil invertebrates from San Quentin bay, Lower California. *West American Scientist*, 19(2), 17-18.
5. Dall, W. H. (1921). New shells from the Pliocene or early Pleistocene of San Quentin Bay, Lower California. *West American Scientist*, 19(3), 21-23.
6. Emerson, W. K., y Addicott W. O. (1958). Pleistocene Invertebrates from Punta Baja, Baja California, México. *American Museum Novatites*, 1909, 11.
7. Guía-Ramírez, A. (2007). Como rescatar un mamut y no morir en el intento. *CamINAH por los Centros*, 12-18.
8. Guía-Ramírez, A., y Oviedo-García, F. (2011). Realidad o mito: La cacería de mamut en Baja California. *Memorias del Encuentro Binacional: Balances y Perspectivas 2005-2011*,
9. Guía-Ramírez, A., Oviedo-García, F., y Pacheco, G. (2013). San Quintín, Baja California: Una perspectiva paleontológica y arqueológica. *SCA Proceedings*, 27, 46-56.
10. Guía-Ramírez, A., y Oviedo-García, F. (2009). Historia de un rescate: Mamut de San Quintín. Documento presentado en X Encuentro Binacional: Balances y Perspectivas, Mexicali, Baja California.
11. Guía-Ramírez, A., y Oviedo-García, F. (2012). The fauna of the Pleistocene and early settlers in Baja California. *SCA Proceedings*, 26, 71-77.
12. Jordan, E. K. (1926). Molluscan fauna of the Pleistocene of San Quintin Bay, Lower California. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 15(7), 241-255.
13. Manger, G. E. (1929). *Some Pleistocene mollusks of San Quintin Bay and other localities from Lower California* (Tesis de Doctorado). Johns Hopkins University, Estados Unidos.
14. Meling, L. R. V. (1988). *Paleoecología de una comunidad bentónica de fondo blando del Pleistoceno superior de Bahía San Quintín, B. C.* (Tesis de licenciatura). UABC, México.
15. Moore, J. D. (1999). The Archaeology on the forgotten peninsula: Prehistoric settlement and subsistence in Northern Baja California. *Journal of California and Grean Basin Anthropology*. 21(1), 17-44
16. Orcutt, C. R. (1921). Paradise lost. *West American Scientist*, 19(2), 18-20.
17. Orcutt, C. R. (1921). Pleistocene beds of San Quintin Bay, Lower California. *West american Scientist*, 19(3), 23-74.

18. Robertson, J. J. S. (1970). *Blancan Mammals from Haile XVA Alachua County, Florida* (Tesis de Doctorado). Universidad de Florida, Estados Unidos.
19. Ruiz, G. P. M. (2005). Caracterización de un paleoambiente del Pleistoceno superior de San Quintín, Baja California, México. XVIII Congreso Nacional de Zoología. Nuevo León.
20. Téllez, M. (1983). *Paleoecología de una comunidad bentónica del Pleistoceno Superior de Bahía San Quintín, Baja California* (Tesis de licenciatura). UABC, México.
21. Valentine, J. W. (1960). Pleistocene Molluscan Notes, 3. Rocky Coast Faunule, Bahia San Quintín, Mexico. *The Nautilus*, 74(1), 18-23.
22. Valentine, J. W. (1980). Camalú: A Pleistocene Terrace Fauna from Baja California. *Journal of Paleontology*, 6(6), 1310-1318.

Anexo II. Fichas de inscripción

Datos de inscripción pública			
Ubicación del monumento:	Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas		
Responsable:	Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas - Titular en turno -		
* Tipo de bien paleontológico:	Seleccione una opción ▼		
Procedencia:	Nombre del Estado o del Distrito Federal:	Seleccione una opción ▼	
	Nombre del Municipio o Delegación:	Seleccione una opción ▼	
	Localidad Paleontológica:		
		0 de 500 caracteres	
	Sitio:		
		0 de 100 caracteres	
Coordenadas UTM: (DATUM WGS84)	Este:		
	Norte:		
	Zona UTM:	Seleccione una opción ▼	
* Geocronología:	Era Seleccione una opción ▼	Período Seleccione una opción ▼	Época Seleccione una opción ▼
Litoestratigrafía:	Formación:		
		0 de 200 caracteres	
* Dimensiones (cm.):	Y:		
	X:		
	Z:		
Elementos esqueléticos:			
	0 de 300 caracteres		
Observaciones:	B I U		
	0 de 500 caracteres		
* Fotografías:	Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado Archivos jpg de hasta 1 MB.		
	Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado Archivos jpg de hasta 1 MB.		

Figura II-1. Fichas de registro para monumentos muebles paleontológicos (fósiles)

Datos de inscripción pública					
* Nombre del sitio:					
* Ubicación:	Coordenadas UTM: (DATUM WGS84)	* Este:			
		* Norte:			
		* Zona UTM:	Seleccione una opción ▼		
	* Nombre(s) de el/los Estado(s) o del Distrito Federal, Nombre de el/los Municipio(s) o Delegación(es), Nombre(s) de la(s) Localidad(es):	1:	Seleccione una Entidad Federativa ▼	Seleccione una opción ▼	Seleccione una opción ▼
		2:	Seleccione una Entidad Federativa ▼	Seleccione una opción ▼	Seleccione una opción ▼
3:		Seleccione una Entidad Federativa ▼	Seleccione una opción ▼	Seleccione una opción ▼	
	* ¿El inmueble presenta datos que se adecuan a la Norma Técnica sobre domicilios geográficos de INEGI?:	Seleccione una opción ▼			
	Localidad Paleontológica:				
	0 de 300 caracteres				
La información complementaria sobre la ubicación de este sitio, puede ser consultada en el Sistema de Información Geográfica de la Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas.					
* Área aproximada del sitio paleontológico (m²):					
* Tipo de bien paleontológico:	☐ Invertebrados ☐ Vertebrados ☐ Microfósiles ☐ Plantas ☐ Icnofósiles ☐ No determinado				
* Tipo de paleoambiente: (Biofacies)	Marino:	☐ Planctónica ☐ Nectónica ☐ Pelágica ☐ Bentónica			
	Mixta:	☐ Salobre ☐ De estuario ☐ Lagunar			
	Agua dulce:	☐ Lacustre ☐ Tubería (carbón) ☐ Termal	☐ Pantanosa ☐ Fluvial		
	Terrígenas:	☐ Eólica ☐ Coluvial ☐ Morrenica ☐ Volcánicas (cenizas, tobas volcánicas)	☐ Aluvial ☐ Piedemonte ☐ Travertínica ☐ Endorreica		
Contexto:	☐ Elemento in situ ☐ Elemento ex situ				
Características del sitio:	☐ Acantilado ☐ Cueva ☐ Lomerío ☐ Planicie aluvial ☐ Cañada ☐ Duna ☐ Meseta ☐ Río arroyo ☐ Cenote ☐ Estero ☐ Montaña o cerro ☐ Sierra ☐ Cima ☐ Ladera baja ☐ Pie de monte ☐ Valle ☐ Cuerpo de agua ☐ Ladera media ☐ Planicie				
Número de evidencias o conjuntos: (Para el caso de huellas, huesos o troncos fósiles)					
	0 de 100 caracteres				
Patrón de distribución de los conjuntos o evidencias paleontológicas:	☐ Agrupado ☐ Uniforme ☐ Al azar				
* Geocronología:	Era Seleccione ▼	Periodo Seleccione ▼	Época Seleccione ▼	Edad Seleccione ▼	AGREGAR ELIMINAR
Litoestratigrafía:	* Formación:				
	0 de 200 caracteres				
Observaciones:					
	0 de 500 caracteres				
Fotografía:	Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado Archivos jpg de hasta 1 MB.				

Figura II-2. Fichas de registro de monumentos inmuebles paleontológicos (sitios paleontológicos)

Anexo III. Criterios para la valoración patrimonial.

Traducido de Endere y Prado (2015).

BSQ = Bahía de San Quintín, ER= El Rosario.

Cuadro III-1. Criterios paleontológicos

Criterio	Grado	Puntos
Naturaleza de los fósiles.		
1	Fósiles de escasa relevancia científica	
2	Fósiles de importancia científica	BSQ. Los fósiles de San Quintín son de importancia científica para reconstruir las condiciones climáticas de la región durante el Pleistoceno. Los depósitos de pleistoceno con megafauna son relativamente abundantes en el territorio mexicano por lo que no se establece una importancia científica muy alta.
3	Fósiles con una importancia científica alta.	ER. Se determina una importancia científica alta, ya que existen pocos depósitos terrestres del Campaniano a nivel mundial. Es una de las tres localidades en México con fósiles de mamíferos del Mesozoico. Es de importancia para la reconstrucción paleobiogeográfica de Norteamérica para este periodo.
Preservación		
0	Preservación pobre o fósiles fragmentados.	
1	Buena preservación, fósiles completos.	BSQ, ER. La preservación de los fósiles en ambos depósitos es de regular a buena, con algunos casos con fósiles de vertebrados parcialmente articulados más no completos, se cuentan con algunas impresiones de piel de dinosaurio en el Rosario.
2	Preservación excepcional, especímenes articulados.	
Diversidad de los fósiles		
0	Baja	
1	Media	BSQ. Diversidad de fósiles regular y poco estudiada: pocas especies de vertebrados (proboscídeos principalmente), y una alta diversidad de invertebrados marinos. Se necesitan más estudios para determinar una diversidad más precisa en cuanto la fauna de mamíferos.
2	Alta	ER. Diversidad de fósiles alta. Presenta co-ocurrencia de grupos de invertebrados marinos, dinosaurios, mamíferos, aves, y plantas (madera fósil). Una gran diversidad (80 especies) de taxa marinos.

Criterio	Grado	Puntos
Localidades tipo		
0	Ninguna	
1	Una especie	BSQ. Localidad tipo <i>Molino Viejo</i> , para algunas especies de almejas del Pleistoceno, aunque actualmente se consideran sinónimos de especies actuales.
2	Dos o más especies	ER. Localidad tipo de al menos una especie de dinosaurio y de un mamífero. Localidad tipo para la formación geológica del <i>Rosario</i> , y de manera informal <i>El Gallo</i> .
Información tafonómica.		
0	Localidades comúnmente estratificadas	BSQ-ER. No se logró determinar el valor tafonómico.
1	Localidades con valor tafonómico alto	
2	Localidades con valor tafonómico excepcional	

Cuadro III-2. Criterios geológicos

Criterio	Grado	Puntos
Importancia geológica		
1	Importancia local	
2	Importancia nacional	
3	Importancia internacional	BSQ. Importancia nacional para estudiar la conformación de la Bahía de San Quintín. Existe un campo volcánico en la zona. Relación con los primeros pobladores de México. ER. Estudios de importancia internacional.
Integridad geológica del sitio		

Criterio	Grado	Puntos
0	Sitios extensos	
1	Sitios finitos	BSQ, ER. Sitios finitos. Los depósitos se encuentran ampliamente distribuidos con material paleontológico disperso en distintos puntos.
2	Sitios integros	
Potencial científico		
0	Pobre	
1	Medio	
2	Bueno	BSQ. Potencial bueno; los descubrimientos han sido realizados de manera muy reciente condicionados por el crecimiento urbano a la zona.
3	Excelente	ER. Se determinó un potencial excelente; los recientes estudios desde métodos y perspectivas distintas arrojan nuevos registros y estudios de fósiles.

Cuadro III-3. Criterios contextuales

Criterio	Grado	Puntos
Contexto		
0	Bajo: grupos que consisten en restos parciales con un bajo valor científico o público	
1	Moderado: grupos con un grupo de características asociadas parcialmente intacta, o grupos con valor científico o público moderado	BSQ, ER
2	Alta: grupos caracterizados por un conjunto de características grande	

Criterio	Grado	Puntos
	e intacta y con valor científico o público excepcional	
Contribución visual al paisaje		
1	Baja: apenas visible en el suelo	
2	Media: solo visible a una proximidad relativa	BSQ. Los sitios paleontológicos son escasamente visibles; no obstante la geología (el campo volcánico) del área forma un componente importante del paisaje.
3	Alta: claramente visible desde la distancia	ER. Los estratos geológicos donde se localizan los fósiles impactan de manera importante en el paisaje, visibles a lo lejos.
4	Icónica: aparece monumentalmente en el paisaje	
Asociación con restos arqueológicos		
0	Sin otro patrimonio asociado	
1	Asociado con un sitio arqueológico	ER. Existen sitios arqueológicos en la zona (concheros) e históricos (Misión El Rosario), aunque no presentan una relación directa con las evidencias paleontológicas.
2	Asociado con más de un sitio arqueológico formando un conjunto particular único.	BSQ. Se establece una posible relación entre los distintos depósitos de invertebrados con los concheros arqueológicos, los cuales establecen una secuencia casi continua de tiempo. Los sitios paleontológicos de megafauna del Pleistoceno podrían incluir evidencia humana y considerarse como parte del patrimonio arqueológico, formando un conjunto único.

Cuadro III-4 Criterios de integridad

Criterio	Grado	Puntos
Situación geográfica		
0	Muy pequeño o localizado en un área estrecha que previene el desarrollo de infraestructura para su uso.	ER. Dada el relieve, los procesos erosivos se vuelven complicada el establecimiento de infraestructura asociada.
1	Moderadamente extensor y con la capacidad de albergar infraestructura complementaria.	BSQ. Los sitios son moderadamente extensos y algunos pudieran complementarse con infraestructura complementaria.
2	Ampliamente distribuido, con la posibilidad de permitir la construcción de infraestructura de desarrollo y rutas domésticas.	
Vulnerabilidad al daño relacionado a la colecta de fósiles.		
0	Un tanto vulnerable a la colecta de fósiles	BSQ. Los depósitos no se consideran tan vulnerables a los procesos de colecta y saqueo, dado que algunos son fósiles que la gente no identifica como tales.
1	Muy vulnerable	ER. Los depósitos son vulnerables a los procesos de saqueo que ya se están llevando a cabo en la zona, por el interés comercial de los amonites, troncos de madera petrificados y restos óseos de dinosaurios.

Cuadro III-5. Criterios socioculturales

Criterio	Grado	Puntos
Valor histórico		
0	Ninguno	
1	Relevancia local	
2	Relevancia regional	
3	Relevancia nacional	BSQ, ER. Se realizaron las primeras colectas de fósiles para Baja California desde 1920 por americanos en San Quintín, y se descubrieron las primeras especies de dinosaurio para México en la década de los sesenta.
4	Relevancia internacional	
Valor educativo y de interpretación		
0	Pobre: los sitios se encuentran ocultos y totalmente inaccesibles	
1	Leve: algunos sitios son visibles pero de difícil acceso	ER. El acceso a los sitios paleontológicos es un poco complicado por el terreno. Se requiere vehículo especial.
2	Moderado: rasgos muy visibles, buen acceso, cerca de facilidades turísticas y educativas.	BSQ. Los sitios se encuentran cercanos a las localidades urbanas y en algunas zonas ya presentan infraestructura turística. El acceso es relativamente sencillo. Existen andadores y miradores en distintos puntos de la Bahía y en el campo volcánico instalados por organizaciones no gubernamentales.
3	Excelente: visibilidad alta, intacta, cerca de facilidades turísticas y educativas.	
Interés turístico		

Criterio	Grado	Puntos
0	Carencia de interés turístico o sin la posibilidad de desarrollar ninguno	
1	Cuenta con extensión, accesibilidad y conexión apropiada a pesar de no contar con infraestructura adecuada.	BSQ, ER. Los sitios son accesibles desde la carretera que conecta a toda la península de Baja California.
2	Requerimientos cumplidos e infraestructura adecuada.	
Valor complementario.		
0	Ninguno	
1	Posibilidad de integrar con otros sitios de valor patrimonial (geológico, histórico o arqueológico etc.)	ER. Se vuelve posible integrar varios tipos de bienes patrimoniales presentes en el mismo territorio de la zona, tales como el geológico, el arqueológico e histórico.
2	El sitio se encuentra cercano o dentro de otros sitios de valor patrimonial, como un parque nacional o reserva natural	BSQ. Algunos sitios se encuentran instalados dentro de un área natural protegida, bajo la figura internacional de sitio Ramsar dada su importancia biológica.
Asociación de la comunidad o estimación		
0	Valores o asociación con la comunidad desconocida	
1	Pobre, los elementos paleontológicos son escasamente conocidos por la comunidad local	BSQ. La comunidad de San Quintín desconoce los hallazgos paleontológicos en su área.
2	Moderado, los elementos presentan cierta asociación con la comunidad local	

Criterio	Grado	Puntos
3	Bueno, con un valor significativo para la comunidad local	ER. La comunidad local identifica los restos paleontológicos como parte de su patrimonio, con fósiles expuestos en un museo comunitario y en los restaurantes locales.
4	Alto, representa un valor clave para la comunidad regional o nacional	

Cuadro III-6 Criterios socioeconómicos

Criterio	Grado	Puntos
Valor urbano		
0	Sin posibilidad de preservar los sitios	
1	Potencial bajo de preservación	BSQ. Dado el reciente crecimiento socioeconómico de la región de San Quintín sobre los mismos depósitos, se vuelve difícil el preservar los yacimientos de megafauna que se encuentran por debajo de las localidades establecidas.
2	Posibilidad de desarrollar un museo de sitio o un centro interpretativo	ER. Los sitios de El Rosario se encuentran cercanos al poblado, con potencial de desarrollar un museo de sitio.
Valor minero		
0	Ninguno	BSQ, ER. No se conocen minerías importantes dentro de las zonas paleontológicas de San Quintín y El Rosario.
1	Fósiles encontrados en minas abandonadas	
2	Fósiles encontrados durante la explotación mineral	
Obras publicas		

Criterio	Grado	Puntos
0	Ninguno	
1	Posibilidad de realizar rescate de los recursos paleontológicos	ER. Dada la cercanía de los yacimientos con el poblado El Rosario se vuelve posible realizar el rescate de material paleontológico amenazado o vulnerable.
2	Capaz de elaborar un rescate y desarrollar un centro interpretativo	BSQ. Los rescates paleontológicos se han realizado y pueden realizarse.