

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



“Geodiversidad costera del Delta del Río Colorado y zonas aledañas: valoración y alternativas de aprovechamiento sustentable”

T E S I S

**QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL
GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

Herrera Gutiérrez Ángel Raúl

Ensenada, Baja California, 29 de Enero de 2016

Resumen:

Geodiversidad es un concepto reciente que integra los distintos elementos paisajísticos partiendo de un enfoque en los rasgos geológicos y geomorfológicos y de la interrelación de éstos con la biodiversidad, incluyendo las actividades antropogénicas. Actualmente, el concepto de geodiversidad comienza a adquirir importancia por su carácter integrador de los atributos naturales y culturales del paisaje, reviviendo el interés en la conservación de rasgos geológicos relevantes, para lo que se desarrolló un concepto de mayor amplitud que incluye los elementos geológicos y todos los constituyentes del medio físico (Serrano, *et al.* 2007). El concepto actual nace a finales de la década de los 90`s como herramienta de gestión y es aplicado de dicha forma en países como España y Australia aunque ha enfrentado problemas tanto de carácter conceptual como metodológico. El objetivo de este trabajo fue realizar un inventario y valoración de la geodiversidad del Delta del Río Colorado y zonas aledañas con una superficie total de 21,814km² incluyendo el Área Natural Protegida (ANP) del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, con el fin de proponer instrumentos orientados al aprovechamiento sustentable de los recursos geológicos, en concordancia con las leyes y normas que regulan las actividades dentro de las áreas naturales. El estudio se realizó en tres etapas: revisión bibliográfica, trabajo de campo y, alimentación de un modelo de geodiversidad mediante uso de herramientas de SIG, para lo que se

recopiló información geomorfológica, geológica, paleontológica y cultural. Se realizaron tres salidas de campo, donde se corroboró la ubicación geográfica, registro fotográfico de los LIG's, y se registraron los rasgos sobresalientes de cada localidad, y entrevistas a los habitantes de la localidad. Para valorar la geodiversidad se aplicaron tres modelos: el primero propuesto por Serrano y Ruíz (2007), el segundo por Pereira (2012) y Silva (2012), y el tercero propuesto en este trabajo. El modelo de Serrano y Ruiz (2007) determinó que el 28.57% de la superficie presenta un IGD ALTO. La metodología propuesta por Pereira (2013) y Silva (2013), resulta de la sumatoria de los índices ya mencionados, donde el 19% de la superficie total del área de estudio resultó tener un índice de geodiversidad ALTO. El modelo propuesto en este trabajo se manejó de dos formas, el primero, sin incorporar los LIG's, determinó que el 26% de la superficie presenta un IGD ALTO mientras que en el segundo se incorporaron los LIG's, dando como resultado que el 19.8% de la superficie total presenta IGD ALTO. Los ejercicios realizados con el método de Pereira y el propuesto en este trabajo coinciden en el 64% de la superficie mientras que la relación entre el modelo de Serrano y Ruiz y el método propuesto coincide en un 23.6% de la superficie. Los resultados obtenidos establecen un punto de partida para el desarrollo de estudios más detallados en el ámbito de la geodiversidad y el desarrollo de posibles herramientas de gestión para la zona estudiada.

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

“ Geodiversidad costera del Delta del Río Colorado y zonas aledañas:
valoración y alternativas de aprovechamiento sustentable ”

T E S I S

**QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL
GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

Ángel Raúl Herrera Gutiérrez

Aprobado por:

Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte

Director de tesis

Dr. Francisco Javier Aranda Manteca

Sinodal

Dr. José Raúl Romo León

Sinodal

Agradecimientos:

A la M.C. Denise Lubinsky Jinich (mi editora), por todo el apoyo y cariño que me ha dado durante nueve años.

A la Ing. Ma. Elena Gutierrez Zamudio, por el amor y apoyo infinito que solo una madre puede dar. Por ser ejemplo a seguir como profesionista y ser humano.

A mi familia, por su apoyo a lo largo de mi trayectoria profesional y académica.

A los miembros de mi comité:

Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte, por su amistad, guía, consejo y porras a lo largo de todo este proceso, y más que nada por darme la oportunidad de ser su tesista y luchar junto conmigo por mi ingreso al programa de maestría.

Dr. Francisco Javier Aranda Manteca, por su amistad, apoyo, consejos y por sembrar en mí el gusto por la geología, desde que ingrese a la licenciatura hasta la fecha.

Dr. José Raúl Romo León, por su apoyo y amistad, desde aquellos trabajos en la consultoría.

Al grupo de Geomatica de la Facultad de Ciencias Marinas, Dr. Alejandro García Gastelum, Dra. María Concepción Arredondo, Dr. Geroges Seingier, Dr. José Luis Ferman y Dr. Carlos Figueroa, por su consejo y apoyo, y gracias a la formación que obtuve en la especialidad en gestión ambiental, me dio herramientas que fueron vitales en el desarrollo de este trabajo.

A la M.C. Patricia Aceves Calderón, por su apoyo y asesoría en la formulación de la entrevista de campo.

Al Dr. Nemer Narchi Narchi, por si consejos, apoyo y amistad.

Al Dr. Orión Norsagaray por sus consejos y apoyo.

A la coordinación de posgrado Dr. Luis Antonio Cupul Magaña, Dr. Ronald Michael Spelz Madero y Angélica Arce Batidas, por su paciencia y apoyo.

Al INAH de Ensenada, por su apertura y apoyo con información y asesoría.

A los alumnos de los Cursos de Geodiversidad 2014-2 y 2015-1, por su apoyo en la aplicación de entrevistas.

Al Oc. Alfredo Herrera y Corporativo CEIPES, por el empleo que me dio, su apoyo y comprensión en la primera etapa de mis estudios de maestría.

A CONACYT, por el apoyo económico que hizo posible llevar acabo mis estudios de posgrado.

Índice:

1.	Introducción:	1
2.	Antecedente:	9
3.	Área de estudio	13
4.	OBJETIVOS:	16
4.1.	Objetivo general:	16
4.2.	Objetivos específicos:	16
5.	Metodología:	17
5.1.	Revisión bibliográfica:	17
5.2.	Trabajo de campo:	20
5.3.	Trabajo de gabinete:	21
5.3.1.	Índice de geodiversidad:	22
5.3.2.	Metodología propuesta por Serrano y Ruíz (2007):	22
5.3.3.	Metodología propuesta por Pereira (2013):	24
5.3.4.	Modelo Propuesto:	26
5.4.	Procesamiento de información espacial:	27
6.	Resultados:	31
6.1.	Delimitación del área de estudio:	31
6.2.	Tipo de Roca y Fallas:	36
6.3.	Edafología:	41
6.4.	Topoformas:	49
6.5.	Hidrología:	52
6.6.	Cultural:	55
6.7.	PALEONTOLOGIA:	57
6.8.	Entrevistas:	60
6.9.	Lugares de Interés Geológico (LIG's):	61
6.10.	Modelo modificado de Serrano y Ruiz (2007)	64
6.11.	Modelo modificado Pereira (2013)	66
6.11.1.	Índice Geológico:	66
6.11.2.	Índice Geomorfológico:	69
6.11.3.	Índice Edafológico:	72

6.11.4.	Índice Paleontológico.....	75
6.11.5.	Índice de Geodiversidad.....	77
6.12.	Modelo propuesto	80
6.12.1.	Índice Geológico:.....	80
6.12.2.	Índice Geomorfológico:.....	83
6.12.3.	Índice Paleontológico:.....	86
6.12.4.	Índice Cultural:	88
6.12.5.	Índice de Geodiversidad (IGDn):	90
6.12.6.	Índice de Geodiversidad propuesto (IGDn), con LIG's	93
7.	DISCUSION:	¡Error! Marcador no definido.
8.	CONCLUSION:.....	¡Error! Marcador no definido.
9.	RECOMENDACIONES.....	¡Error! Marcador no definido.
10.	Bibliografía:	¡Error! Marcador no definido.
11.	ANEXOS:	¡Error! Marcador no definido.

Índice de Tablas:

Tabla II. Ejemplo de formato para la valoración de LIG's.	19
Tabla III. Escala de valores de rugosidad.	23
Tabla IV. Escala de valores de geodiversidad.....	24
Tabla V. Cobertura de tipos de roca relacionado a eventos geológicos.....	36
Tabla VI. Cobertura de tipos de roca relacionado a eventos geológicos.....	37
Tabla VII. Cobertura de tipos de roca relacionada a su clase.	37
Tabla VIII. Relación de cobertura de Grupo 1 Edafología	45
Tabla IX. Relación de cobertura de Grupo II Edafología	46
Tabla X. Relación de cobertura de Grupo III Edafología	47
Tabla XI. Cobertura de rasgos geomorfológicos.	50
Tabla XII. Cobertura areal y porcentaje del Índice de Geodiversidad de acuerdo al Modelo de Serrano y Ruíz (2007).	64
Tabla XIII. Cobertura porcentual en área de Índice Geológico de acuerdo al Modelo de Pereira (2013) y Silva (2013).....	67
Tabla XIV. Cobertura de Índice Geomorfológico Modelo de Pereira (2013) y Silva (2013). Misma observación que las tablas anteriores.	70
Tabla XV. Cobertura de Índice Edafológico Modelo de Pereira (2013) y Silva (2013).	73
Tabla XVI. Cobertura de Índice Paleontológico Modelo de Pereira (2013) y Silva (2013).....	75
Tabla XVII. Cobertura de Índice de Geodiversidad de acuerdo al Modelo de Pereira (2013) y Silva (2013).....	78
Tabla XVIII. Cobertura de Índice Geológico Modelo propuesto por este trabajo.	81
Tabla XIX. Cobertura de Índice Geomorfológico Modelo propuesto por este trabajo.....	84
Tabla XX. Cobertura de Índice Geomorfológico Modelo propuesto por este trabajo.....	86
Tabla XXI. Cobertura del Índice de Geodiversidad Modelo propuesto por este trabajo.....	91
Tabla XXII. Cobertura del Índice de Geodiversidad Modelo propuesto por este trabajo.....	94

Índice de Mapas:

Figura 1.

Delimitación del IANPA Alto Golf de California y Delta del Río Colorado. (Tomado del Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Alto Golf de California y Delta del Río Colorado MÉXICO; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Junio 2007.) 15

Figura 2. Cuencas y Sub-cuencas hidrológicas utilizadas para delimitar el área de estudio 33

Figura 3. Delimitación del área de estudio 34

Figura 4. Retícula de poligonales de 1km² del área de estudio 35

Figura 5. Capa de Información Geológica 39

Figura 6. Edafología del área de estudio (INEGI, 2005) 48

Figura 7. Sistema de Topoformas dentro del área de estudio..... 51

Figura 8. Carta de rasgos Hidrológicos del área de estudio (SIATL, INEGI)..... 54

Figura 9. Ubicación de los sitios de Interés Cultural y Paleontológicos 59

Figura 10. Distribución de LIG's dentro del área de estudio..... 63

Figura 11. Índice de Geodiversidad de acuerdo al Modelo propuesto por Serrano y Ruíz (2007)
..... 65

Figura 12. Índice Geológico de acuerdo al Modelo propuesto por Pereira (2013) y Silva (2013).
..... 68

Figura 13. Índice Geomorfológico de acuerdo al Modelo propuesto por Pereira (2013) y Silva (2013).
..... 71

Figura 14. Índice Edafológico de acuerdo al Modelo propuesto por Pereira (2013) y Silva (2013).
..... 74

Figura 15. Índice Paleontológico de acuerdo al Modelo propuesto por Pereira (2013) y Silva (2013).
..... 76

Figura 16. Índice de Geodiversidad de acuerdo al Modelo propuesto por Pereira (2013) y Silva (2013).
..... 79

Figura 17. Índice Geológico de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo..... 82

Figura 18. Índice Geomorfológico de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo..... 85

Figura 19. Índice Paleontológico de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo..... 87

Figura 20. Índice Cultural de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo..... 89

Figura 21. Índice de Geodiversidad de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo..... 92

Figura 22. Índice de Geodiversidad con LIG's de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo.
..... 95

1. Introducción:

La geodiversidad es un concepto reciente que integra los distintos elementos paisajísticos partiendo de un enfoque en los rasgos geológicos y geomorfológicos y, de la interrelación de éstos con la biodiversidad, incluyendo las actividades antropogénicas. Es un concepto importante, dado que desde su origen el ser humano ha dependido de los recursos, tanto bióticos como abióticos, de su entorno para su supervivencia. Desde la antigüedad ambos han fungido como símbolos en el territorio, la navegación e incluso como objeto de culto, incorporándolos como parte de la historia y folklore local. Así, desde la prehistoria materiales geológicos, como la obsidiana entre muchos otros recursos terrestres, se han utilizado para la confección de diversas herramientas, o definieron eras como la del bronce y del hierro, consideradas como icónicas debido al inicio del desarrollo de tecnología para la extracción y utilización de metales. Asimismo, fue el origen de la búsqueda de minerales y piedras preciosas, actividades que hasta la fecha definen y controlan la economía mundial. Con el desarrollo de las grandes civilizaciones y la industrialización, el ser humano fue perdiendo su conexión y respeto hacia su entorno y comenzó a considerar los recursos geológicos solo como fuente de materias primas (minas, canteras, etc.), factor de riesgos naturales (terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, etc.) o como objeto de estudios científicos y en términos generales, se ha desvalorizado la geología en el contexto natural (Jiménez, et al. 2003). No obstante, actualmente el concepto de

Geodiversidad comienza a adquirir importancia por su carácter integrador de los atributos naturales y culturales del paisaje, reviviendo el interés en la conservación de rasgos geológicos relevantes, o geoconservación. En este aspecto, desde 1668 datan los primeros intentos de protección de los atributos geológicos del paisaje en el caso de las cuevas en la Montaña Harz en Alemania (Enríquez, et al. 2011). Pero, no fue hasta principios del siglo XIX cuando el impacto paisajístico debido a las actividades mineras en Escocia dio hincapié a la implementación de normativas en el año de 1819, cuyo objetivo era la conservación y prevención del futuro deterioro del escenario geológico (Gray, 2004). Para el año de 1836 en Siebengebirge, Alemania, se estableció la primera reserva geológica del mundo. El mundialmente conocido parque nacional de Yellowstone fue establecido en 1872 principalmente por sus cualidades paisajísticas, siendo el primer parque nacional de su tipo en el mundo y para la década de 1870 Fritz Muhlberg realizó campañas para la protección de grandes estructuras rocosas en Suiza. Los primeros sitios en ser protegidos específicamente por sus características geológicas se encuentran ubicados en Escocia, donde un consulado optó por resguardar Agassiz Rocken Edimburgo (1880) y en 1887 una franja de fósiles del carbonífero en Glaslow (Gray,2004).

Fue hasta la década de los 90's cuando se comenzó a utilizar el término de "Geodiversidad" para la descripción de la variedad dentro de la naturaleza abiótica y que se emprendieron acciones más precisas para conservar el patrimonio geológico. Sin embargo, aun cuando la práctica de conservación de

recursos geológicos lleva alrededor de cien años, gran parte de la comunidad científica y organizaciones conservacionistas se han enfocaba a la “conservación de la naturaleza” con un fuerte sesgo hacia el mundo biótico (Gray, 2004).

Como concepto, la geodiversidad se ha enfrentado a problemas tanto de carácter conceptual como metodológico. Desde su aparición, se han realizado definiciones de distinta orientación, que van desde concepciones restrictivas que lo identifican con la diversidad de los elementos geológicos, a otras más integradoras que incluyen todos los elementos del medio físico, además de desarrollar procedimientos metodológicos para su valoración.

El concepto actual nace a finales de la década de los 90`s como herramienta de gestión. No obstante que existen distintas definiciones, todas ellas coinciden en que es un equivalente abiótico de la biodiversidad, siendo uno de los más aceptados la de Gray (2004), quién la define como *“el rango natural (diversidad) de rasgos geológicos (rocas, minerales y fósiles), geomorfológicos (formas del terreno y procesos) y suelos, incluyendo sus relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas”*. Para Nieto (2001) geodiversidad es: *“el número y variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas, materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos), que constituyen el sustrato de una región, sobre las que se asienta la actividad orgánica, incluida la antrópica”*. Así, este concepto es aplicable a varias escalas que incluyen desde la global al incluir

continentes y océanos hasta escalas de átomos e iones. Esto no es diferente a las escalas de biodiversidad, donde se trata con variaciones de hábitats a escala global, pero también con variaciones genéticas y escalas microbiológicas (Gray, 2004).

En la actualidad se ha desarrollado una visión conceptual de mayor amplitud que incluye no solo los elementos geológicos, sino todos y cada uno de los constituyentes del medio físico (Serrano, *et al.* 2007), de tal forma que el marco en el que se considera la geodiversidad cae dentro de la evidente existencia de una parte inerte, pero relacionada estrechamente con los ecosistemas y sus especies, sin la cual no es posible gestionar, proteger ni conservar la naturaleza (Serrano, *et al.* 2007). Por ejemplo, el paisaje geológico determina su influencia en los microclimas de las regiones y el tipo de flora y fauna que se ha adaptado a los rasgos geomorfológicos tanto continentales como marinos. Algunos de estos han sido de gran importancia cultural e histórica, formando parte de la historia ambiental, ecológica, y de la humanidad, y en conjunto adquieren un valor patrimonial. Este patrimonio de naturaleza geológica en muchos casos se encuentra en riesgo de desaparecer ante el crecimiento poblacional, la demanda por materias primas, el desarrollo urbano, agrícola e industrial, amenazando sitios de gran interés por su calidad paisajística o valor científico, histórico, o cultural. Ante esto, la geodiversidad al relacionar la naturaleza inerte con los ecosistemas y sus especies, es un criterio sin el que no es posible gestionar, proteger ni conservar la naturaleza (Serrano, *etal.*2007).

Varias amenazas son resultado de procesos naturales, como la erosión costera y de bancos de ríos, que destruyen desde rasgos geomorfológicos hasta sitios de importancia paleontológica o cultural. Además de que el impacto de una actividad varía de un sitio a otro dependiendo de la fragilidad y estabilidad del sitio en cuestión, comprender dicha fragilidad o vulnerabilidad es fundamental en la comprensión de las amenazas a la geodiversidad. Los impactos resultantes de las actividades humanas varían, desde impacto visual, contaminación, pérdida de accesos, pérdida parcial o daño físico, hasta la pérdida total de un elemento de la geodiversidad (Gray, 2004).

Como respuesta a estas amenazas se han diseñado prácticas y manejos dirigidos hacia la geoconservación, la cual no trata solamente de la protección de elementos estáticos del paisaje, sino de conservar y permitir que continúen los procesos dinámicos que lo modelan, así como el desarrollo de actividades humanas sustentables de los recursos geológicos, sus procesos e interacciones con el mundo biótico y cultural. Esencialmente, la geodiversidad puede valorarse por su importancia intrínseca, cultural, económica, funcional, así como el educativo y para la investigación. Por tanto, el enfoque de la geoconservación, es la preservación de geositos como unidades base de la herencia geológica de la tierra, a través de inventarios específicos, evaluaciones, conservación y monitoreo de procesos, enfocado a localidades donde los procesos, eventos geológicos, periodos de tiempo, tópicos y rasgos sean verdaderamente significativos e importantes (Henriques, *et al.* 2011).

Desde finales del siglo XIX las Áreas Naturales Protegidas (ANP) han fungido como el instrumento más utilizado para la conservación de los recursos naturales, siendo una de las herramientas en cuanto a políticas de conservación más socorrida en el mundo (Durand, 2010). La UNESCO en 1998 estableció la Red Global de Geoparques, cuya finalidad es la conservación y promoción de la herencia de la Tierra, así como instrumentar un desarrollo sustentable en las comunidades involucradas y garantizar la conservación de un patrimonio de interés para la humanidad (Sobrazo, 2007). A la fecha en la Red Global existen 120 Geoparques distribuidos en 33 países.

En 2001 la Red Mundial de Geoparques Nacionales, en conformidad con las decisiones de su comité ejecutivo, extiende una invitación a la UNESCO “para apoyar los esfuerzos *ad hoc* con los estados miembros” para promover los territorios o parques naturales con características geológicas específicas, a través de la Iniciativa de Geoparques Nacionales, buscando conservar importantes ejemplos del patrimonio geológico, con estrategias de desarrollo socioeconómico y cultural, salvaguardando el medioambiente (UNESCO, 2010). En México, como en muchos otros países del mundo, la legislación ambiental no hace referencia explícita a la necesidad de proteger el patrimonio geológico y geomorfológico ni a su valoración y promoción, por lo que no hay una figura legal que lo reconozca. La Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, además de la conservación de sitios arqueológicos e históricos como patrimonios culturales, también menciona cierta

protección a los vestigios de restos fósiles. En tanto en la delimitación de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), la conservación y protección de los recursos abióticos queda meramente implícita y hacen particular énfasis en los componentes bióticos (Prieto,2013), por lo que la parte abiótica de estos ecosistemas resulta un beneficiado colateral del área de conservación.

En nuestro país la integración del concepto de Geodiversidad, para la conservación y aprovechamiento sustentable del paisaje geológico se encuentra en etapas iniciales. El manejo legal de los recursos geológicos refiere meramente a su extracción y manejo como productos y materia prima, mediante dependencias como el Servicio Geológico Mexicano.

El programa de turismo de aéreas naturales protegidas 2006-2012 de CONANP estableció como uno de sus objetivos, “Lograr que el turismo contribuya a la conservación y desarrollo sustentable de las Áreas Protegidas Federales y áreas con otras modalidades de conservación como una alternativa económica que beneficie a las comunidades y usuarios locales.”. Por tanto, el incorporar de forma didáctica en estos sitios un esquema que además de informar y educar sobre la biodiversidad del sitio, se muestre y ejemplifique la geodiversidad por su calidad paisajística, resaltando su valor, ya sea cultural, social científico, o económico, así como plasmar el papel que juega o ha jugado en el desarrollo de la biodiversidad, ofrece pintar un panorama mucho más completo. El objetivo anterior de la CONANP encaja en el esquema de los geoparques para la

promoción y sustento de las ANP.

El caso de Delta del Río Colorado, en el Alto Golfo de California, posee rasgos tectónicos, procesos costeros, rasgos geomorfológicos y una historia geológica única que no han sido inventariados y valorados desde la perspectiva de la geodiversidad, y menos aún con la finalidad de diseñar esquemas de aprovechamiento sustentable de la zona costera.

2. Antecedentes:

La protección y conservación legal de la herencia natural, resulta de una combinación de leyes y normas internacionales, nacionales y regionales. A escala internacional la Convención para la Protección de la Herencia Cultural y Natural del Mundo de la UNESCO en 1972 definió la herencia natural como elementos bioecológicos y geomorfológicos complejos de la naturaleza y de gran importancia para su protección, dando los primeros pasos para las recientes y crecientes evaluaciones y manejo del patrimonio terrestre, fincado en conceptos como geodiversidad, el cual debe ser considerado a la par con la biodiversidad (Burlando, *etal.*2011). En España, en 1978 los estudios sobre patrimonio geológico por el Instituto Geológico y minero de España (IGME) realizaron el Inventario Nacional de los Puntos de Interés Geológico.

Hasta fechas recientes el manejo y difusión de estos términos y conceptos fueron limitados, no fue sino hasta la III Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico, donde se reconoce a este como bien natural, cultural y social y se insiste en la necesidad de conservarlo y protegerlo (Serrano,*etal.*2007).

En Andalucía, España, la atención a la geodiversidad inicia en 1989, con la incorporación de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA), fue hasta el año 2000 cuando se aborda la planificación y

conservación de los recursos geológicos de manera integral, con el objetivo de incorporarlo en las políticas generales.

Uno de los puntos culminantes de la incorporación y manejo del término de geodiversidad fue en 1996 cuando la Comisión de Herencia Australiana adopta el término de Geodiversidad, y es incorporado en sus artículos y conceptos (Gray, 2004). En diversas partes del mundo se han adoptado prácticas de conservación de recursos geológicos de una u otra forma, en su mayoría mediante la delimitación de áreas naturales protegidas y zonas de manejo exclusivo a través de parques nacionales o algún otra rama de sistemas de regulación pública; siendo en la mayoría de los casos con un enfoque biológico, y un creciente interés paisajístico.

En México el, Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado fue decretado como ANP con el carácter de Reserva de la Biosfera el 10 junio de 1993. Ubicada en los municipios de Mexicali, Baja California y Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado, Sonora. Bajo el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, el cual plantea la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, así como la instrumentación de programas para la conservación, manejo y administración de dichas áreas (DOF, 1993).

Previo al decreto del ANP del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado han sido objeto de diversos estudios de varios campos o áreas de las ciencias

incluyendo las relacionadas con la geología, entre los que destacan los de Thompson (1968) para determinar la fuente y transporte de los sedimentos en la zona del delta y las planicies costeras de las zonas internarles. También delimitó y zonificó las zonas de las planicies dentro del sistema deltaico. Determina que el suministro de sedimentos había disminuido de forma considerable comparado con las tasas de hace 50 a 60 años atrás, atribuyéndoselo a la desviación y apresamiento de las aguas del Río Colorado.

Lominitz y colaboradores (1970) realizaron un estudio para describir las sismicidad y tectónica de la región norte del Golfo de California, concentrándose en las fallas de Imperial, San Jacinto, Sierra Juárez y San Miguel, encontrando patrones complejos que supusieron se relaciona a la disminución de velocidad de dispersión de los segmentos de crestas hacia el norte.

Croxen III y colaboradores (2007) describieron la geología y paleontología del Delta del Río Colorado y Golfo de Santa Clara, realizando registros georreferenciados y colectas de fósiles de vertebrados del Pleistoceno, así como una exhaustiva revisión bibliográfica de estudios previos en la zona. Hasta la fecha no existen trabajos en el área que valoren la geodiversidad e integren la información cartográfica y bibliográfica existentes, tanto por las distintas dependencias de gobierno ya sea federal, estatal y municipal, como por instituciones académicas y de investigación, así como archivos históricos, e información turística, de tal forma que permita generar un inventario y

valoración de geositos y su potencial para e impulsar un desarrollo sustentable fincado en el geoturismo.

3. Área de estudio

El área de estudio mide aproximadamente 2,200 km², entre los 114.47° a 116.296° W y 30.118° a 32.72°N. Se delimita al norte con la frontera internacional con los Estados Unidos de Norte América E.U.A. al sur y oeste con los límites establecidos de las subcuencas hidrológicas A. Aguadulce - Santa Clara, L. Salado – A. del Diablo y Rio colorado, delimitadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) e Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Al oestes en su parte norte se encuentra delimitado por los límites de las subcuentas, Bacanora – Mejorada y Rio – Colorado, y la costa oeste del Alto golfo de california (Fig1).

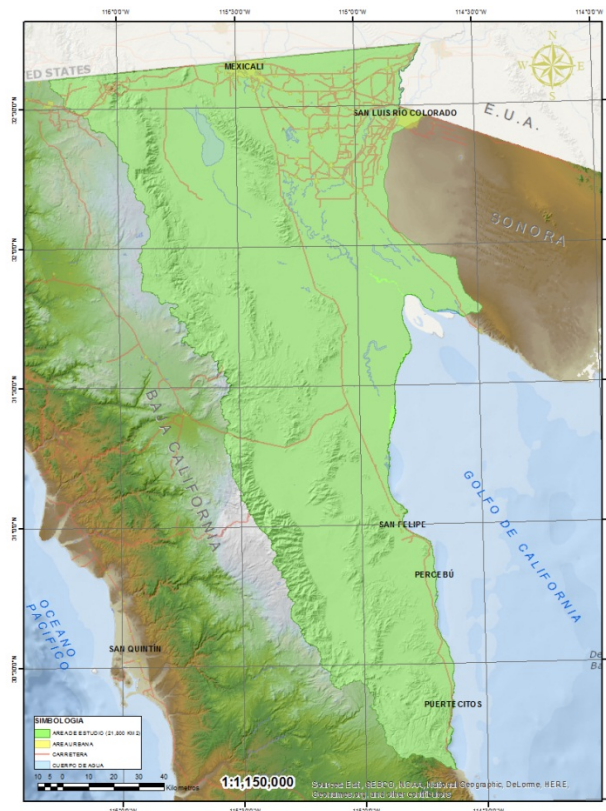


Figura 1. Localización del área de estudio

Dentro del área de estudio resaltan rasgos como la Sierra Juarez, S. Cucapa, S. San Pedro Mártir, S. San Felipe, S. Las Pintas, L. Salada, L. del Diablo, C. Picacho del Diablo y C. El Centinela. Que son rasgos culturales y de folclor en la región.

Dentro del área de estudio se encuentra el Área Natural Protegida (ANP) del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, ubicada al noroeste de la República Mexicana, es compartida por los Estados de Baja California y Sonora. Se encuentra a menos de 60km de la frontera con los Estados Unidos de América, abarca una superficie total de 934,756ha, de las cuales aproximadamente 82.5% constituyen la Zona de Amortiguamiento (769,976ha) y el resto (17.5%) la Zona Núcleo de nominada "Delta del Río Colorado" con 164,779ha.

La Zona Núcleo comprende de la desembocadura del Río Colorado en los límites estatales de Baja California y Sonora que incluye el cauce principal, las Islas Montague, Gorey Pelicano, la mayor parte de la Ciénega de Santa Clara, los esteros de La Ramada (Esteros Primero, Segundo y Tercero) y los canales y zonas someras (menores a 10 metros de profundidad) al norte del poblado de El Golfo de Santa Clara y frente la Punta Zacatosa y El Chinero, B.C. (Fig. 2).

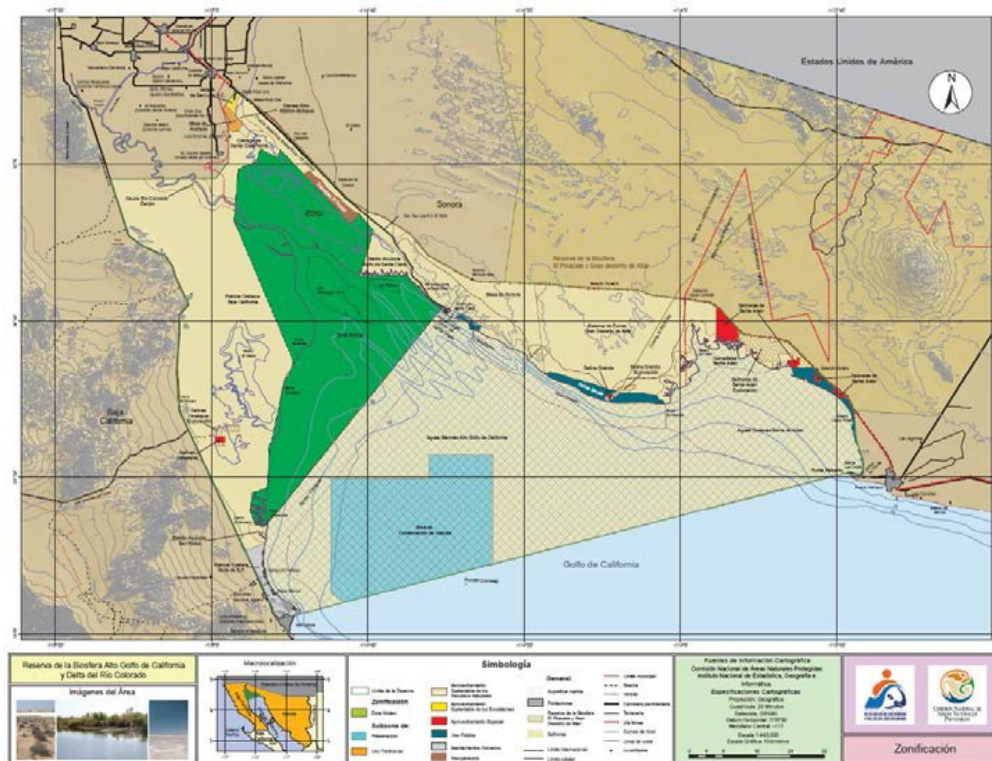


Figura 2. Delimitación del ANP Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. (Tomado del Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado MÉXICO; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Junio 2007.)

La Zona de Amortiguamiento comprende, en su porción de Baja California, a la planicie de inundación del delta entre la carretera Mexicali-San Felipe y la línea de costa, la zona de bajadas al norte de San Felipe y los macizos montañosos de Punta Machorro, El Chinero y Las Pintas. En la porción de Sonora comprende una pequeña porción del valle agrícola de San Luis Río Colorado, parte de la Mesa de Andrade, la porción costera del Gran Desierto de Altar, la Mesa de Sonora, la Bahía de Adair y los esteros en su línea de costa y las aguas someras del extremo norte del Alto Golfo de California.

4. Objetivos:

4.1. Objetivo general:

Realizar el inventario y valoración de la geodiversidad de la zona del Delta del Río Colorado y zonas aledañas, con el fin de proponer instrumentos orientados al aprovechamiento sustentable de los recursos geológicos, en concordancia con las leyes y normas que regulan las actividades dentro de las áreas naturales protegidas y demás disposiciones legales aplicables.

4.2. Objetivos específicos:

- Generar un Sistema de Información Geográfica (SIG) mediante un índice de Geodiversidad que facilite una planeación dinámica y actualizable y que permita regular el desarrollo prospero, ordenado y sustentable del Área Natural Protegida del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, así como las zonas aledañas, considerando principalmente las áreas con potencial para desarrollar actividades de geoturismo.
- Analizar la viabilidad de acciones para el desarrollo geoturístico mediante el esquema de geoparques.

5. Metodología:

El estudio se realizó en tres etapas: revisión bibliográfica, trabajo de campo y, finalmente, vaciar la información en un SIG mediante un índice que estime la Geodiversidad.

5.1. Revisión bibliográfica:

Se recopiló información bibliográfica del área de estudio, relacionada a estudios geológicos, procesos, tectónica, paleontológicos, arqueológicos, históricos y, culturales, con el fin de agruparlos en capas de información geomorfológica, geológica, ambiental, cultural y base (Tabla I), para posteriormente identificar Lugares de Interés Geológico (LIG's) que puedan ser valorados mediante un índice de Geodiversidad que pueda ser vaciado en un SIG.

Las fuentes principales de información fueron bases de datos ya existentes de dependencias de gobierno federal, estatal y municipal, como son: el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrológicas (SIATL), Servicio Geológico Mexicano (SGM), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), además de publicaciones de que proporcionan información ejemplificada con cartografía o datos espaciales que permitieron ser digitalizados.

Tablas I. Capas de información espacial recopiladas para valoración del Índice de Geodiversidad.

TEMATICA	Capa de Informacion	Escala	Fuente
GEOMORFOLOGICO	Curvas de Nivel	1:50,000	INEGI
	Modelo de elevacion digital		INEGI
	Rios	1:50,000	SIATL
	Provincias Fisiograficas	1:1'000,000	INEGI
	Subprovincias Fisiograficas	1:1'000,000	INEGI
	Topoformas	1:1'000,000	INEGI
	Cuerpos de agua	1:50,000	SIATL
GEOLOGICO	Fallas	1:250,000	INEGI, SGM
	Minas	1:250,000	INEGI, SGM
	Rocas	1:250,000	INEGI, SGM, GASTIL
	Edafologia	1:250,000	INEGI
AMBIENTAL	ANP	1:250,000	CONANP
	Sitios Ramsar	1:250,000	CONANP
CULTURAL	Museos	VARIOS	VARIOS
	Sitios Arqueologicos	VARIOS	INAH
	Sitios paleontologicos	VARIOS	INAH
	Sitios Historicos	VARIOS	VARIOS
BASE	Carretera	1:50,000	INEGI
	Caminos	1:50,000	INEGI
	Area Urbana	1:50,000	INEGI
	Nombre Geografico	1:50,000	INEGI
	Localidad	1:50,000	INEGI

Con la información recopilada se identificaron los LIG's, además de que se obtuvo una breve descripción de ellos. Con dicha información fue posible generar cartografía básica con la ubicación geográfica de los sitios, así como una tabla con la referencia espacial de los mismos para su posterior corroboración en el campo.

Los criterios para definir LIG's se rigen por el concepto de patrimonio geológico, que de acuerdo con la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad

geológica de España, se define como: “El conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y , o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permitan conocer, estudiar e interpretar: a) el origen de la Tierra, b) Los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida”(SGE 2015). Con lo que se elaboró una tabla de evaluación de los sitios de interés basada en el tipo de interés y de uso (Tabla II).

Tabla I. Ejemplo de formato para la valoración de LIG's.

SITIOS DE INTERES		TIPO DE INTERES										TIPO DE USO				ALCANCE	
		ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICA	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO		ECONOMICO
1	CHENIERS		A			M			A				A	A	A		I
2	TRES POZOS									M	M	A	M		B		R
3	CASA DE PIEDRA									M	M		M				R
4	CERRO WITMIAM							A				A	M				R
5	MINA MOCTEZUMA						A			A			B		M	A	N
6	POZO COYOTE									M	M	A	M		B		R

A cada criterio se le asignó un valor: ALTO (A), MEDIO (M) o BAJO (B) de acuerdo a la apreciación personal y la opinión de expertos. Finalmente, se valoró el alcance o relevancia del sitio, de acuerdo a su importancia Regional (R), Nacional (N) e, Internacional (I). El registro final de estos datos se realizó una vez corroborada la información bibliográfica con la recopilada en campo.

Adicional a esto, se diseñó un formato de encuesta para llevar a cabo entrevistas a los habitantes de las distintas localidades evaluadas. Se tomó cuidado en que estas entrevistas fueran breves y que no fueran de lenguaje muy técnico. Dicho guión fue formulado con asesoría de los expertos, Dra. Patricia Aceves Calderón y Dr. Carlos Figueroa Beltrán, de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Facultad de Ciencias y Facultad de Ciencias Marinas (AnexoI).

El diseño de la entrevista partió del planteamiento del objetivo central, que en este caso fueron: primero ubicar otros sitios potenciales para ser considerados como LIG's, que no hayan sido previamente identificados o cartografiados durante la revisión bibliográfica; y segundo tener una idea de la relación, y/o percepción que cada habitante tiene de su entorno, así como de sus componentes abióticos.

5.2. Trabajo de campo:

Después de generada la información base, se llevaron a cabo tres salidas de campo; la primera de dos días durante el mes de Noviembre del 2014, la segunda de seis días durante el mes de Enero del 2015 y la tercera de dos días durante el mes de Mayo del 2015. Las dos salidas de dos días se llevaron a cabo en coordinación con la salida de campo del curso de geodiversidad impartido por el Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte dentro del programa de

Licenciatura en Ciencias ambientales en la Facultad de Ciencias Marinas. En dichas salidas se solicitó el apoyo de los estudiantes para realizar las entrevistas a los habitantes. Así mismo, se logró apreciar el valor didáctico que ofrecen los sitios visitados, además de validar y reconsiderar la valoración de algunos sitios de interés previamente denotados. La dinámica consistió en un recorrido por carretera realizando varias paradas en el trayecto, donde los estudiantes reciben una explicación de los rasgos geológicos de importancia, los procesos que les dieron forma, y en caso de haber algún significado histórico ó cultural se hace notar.

La salida de seis días consistió en un recorrido del área de estudio más extenso en un vehículo todo terreno. Para llegar a los sitios seleccionados previamente, se utilizó la cartografía generada al igual que un equipo GPS. Al ubicar cada sitio, se corroboró su ubicación geográfica, y en caso de ser necesario se realizaron las correcciones necesarias, además se tomó registro fotográfico del sitio, y se realizaron notas de campo y grabaciones de audio de los rasgos sobresalientes de cada localidad. En los casos donde se encontró habitantes o turistas en el área, se les aplicó la encuesta.

5.3. Trabajado de gabinete:

Con la información generada en campo y la revisión bibliográfica se procedió a

la valoración tanto de la geodiversidad como de los LIG's.

5.3.1. *Índice de geodiversidad:*

Para valorar la geodiversidad del área de estudio se aplicaron tres modelos distintos: el primero propuesto por Serrano y Ruíz (2007), el segundo por Pereira (2012) y Silva (2012), y el tercero propuesto en este trabajo al utilizar como referencia los dos anteriores.

5.3.2. *Metodología propuesta por Serrano y Ruíz (2007)*

Para aplicar este modelo se tomó tanto la información espacial recopilada como la generada correspondiente a los rasgos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y edafológicos. Posteriormente se establecieron las unidades de muestreo, al utilizar la capa de información de los sistemas de topo-formas, donde cada rasgo (bajada, campo de dunas, sierra, lomerío, llanura, meseta y valle) conforma una “unidad de muestreo” a ser evaluada.

Para valorar la geodiversidad en cada una de estas unidades, Serrano y Ruíz (2007) proponen un índice que cuantifica la variedad de rasgos de cada una de las capas de información que intersectan, con cada una de las unidades de muestreo, su superficie y la rugosidad predominante de cada unidad dada la

siguiente formula:

$$Gd = Eg * R / \ln S$$

Dónde:

Gd =Índice de Geodiversidad.

Eg =Número de elementos físicos (geomorfológicos, hidrológicos, suelos) diferentes existentes en la unidad.

R = Coeficiente de rugosidad de la unidad (topografía, variaciones micro-climáticas y topo-climáticas).

S =Superficie de la unidad (km²)

El número de elementos físicos diferentes que existen en la unidad (Eg) se obtiene de contabilizar los diferentes elementos, ya sean hidrológicos, geológicos, geomorfológicos, etc.; tomando precaución para evitar redundancias, con el fin de no sobrevalorar ciertos rasgos o procesos.

El índice de rugosidad se generó utilizando el modelo de elevación digital del área de estudio para calcular la pendiente relativa. Serrano y Ruíz (2007) establecen cinco intervalos (inferior a 5°; de 6° a 15°; de 16° a 25° y superior a 26°), donde el índice de rugosidad de cada unidad corresponde al intervalo predominante. Para el manejo de dicho índice, se asignó un valor de rugosidad a cada intervalo (Tabla II).

Tabla II. Escala de valores de rugosidad.

Valor de pendiente (°)	0-5	6-15	16-25	26-50	>50
Valor de rugosidad	1	2	3	4	5

Al aplicar el modelo, el valor resultante corresponde al valor de geodiversidad de la unidad, el cual es clasificado en intervalos para su valoración (Tabla IV).

Tabla III. Escala de valores de geodiversidad.

Valor de geodiversidad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Índice	<15	15-25	25-35	35-45	>45

5.3.3. Metodología propuesta por Pereira (2013):

La metodología de Pereira (2013) se basa a definición de índices numéricos parciales calculada sobre distintas capas de información, el valor de estos índices parciales es el resultado de la sumatoria de los rasgos de las distintas capas de información, y el Índice de Geodiversidad (IG) es resultado de la sumatoria de los siguientes índices parciales: (1) geológico; (2) geomorfológico; (3) paleontológico (4) Edafológico; (5) minerales. Cada uno de ellos representados en las áreas delimitadas por una retícula. La retícula se genera utilizando la herramienta llamada “Repeating Shapes” de Jenness Enterprises.

El Índice Geológico se calculó utilizando la capa de información de geología la cual contiene como rasgos los tipos de rocas y fallas. Se contabilizo la presencia de cada uno de los rasgos en cada área delimitada por la retícula.

El índice geomorfológico se divide en dos sub-índices: un Sub-índice Hidrológico y un Sub-índice de Relieve. El Sub-índice de Relieve, se calculó

utilizando las capas Sistema de topo formas, de las cuales se contabilizó su presencia en cada área de delimitada por la retícula, y los límites entre sub-provincias fisiográficas, de la cual su presencia en alguna de las áreas delimitada por la retícula recibe un valor asignado de dos.

El Sub-índice Hidrológico toma en consideración la influencia de la hidrología en la formación de rasgos geomorfológicos. La valoración de este sub-índice es en función al orden jerárquico del rasgo hidrológico resultante del modelo de Strahler (1957). Posteriormente este valor es dividido entre dos y, en caso de ser el resultante de dicha división una fracción, el valor se redondeó al valor próximo superior. El valor asignado a la unidad de muestreo fue el correspondiente al rasgo con el valor de orden máximo.

La sumatoria del sub-índice Hidrológico y sub-índice de Relieve da como resultado el valor del Índice Geomorfológico, mientras que el Índice Paleontológico resulta de la sumatoria de los rasgos y sitios paleontológicos presentes en la unidad de muestreo. El Índice Edafológico resulta de la sumatoria de los tipos de suelos de primer orden presentes en la unidad de muestreo y por último, el Índice de Minerales resulta de la sumatoria los yacimientos de minerales y minas presentes en la unidad de muestreo.

El valor resultante de la sumatoria de los cinco índices para cada unidad da

como resultado el valor del índice de Geodiversidad. Posteriormente se genera una capa de información compuesta de puntos del centroide de cada poligonal en la retícula, con el valor correspondiente de índice de geodiversidad como atributo, con los cuales se realiza una prueba de interpolación por el método Kriging, lo cual resulta en la distribución de los valores de geodiversidad dentro del área de estudio en intervalos determinados por con el uso de la prueba de Natural Breaks de Jenkins(Jenks, 1967), la cual asegura que los datos dentro de número de grupos deseado (en este caso 3) presenten la mayor similitud estadística entre los valores de cada grupo y la mayor diferencia posible entre los grupos. A estos grupos se les asigna los valores de ALTO, MEDIO y BAJO.

5.3.4. *Modelo Propuesto por este trabajo:*

Este modelo toma como base la metodología propuesta por Pereira (2013), tomando en consideración algunos elementos del modelo de Serrano (2007), además de que se incorporaron rasgos de interés cultural. El modelo se alimentó con la información espacial generada y recopilada de la revisión bibliográfica y derivada del trabajo de campo y se utilizó la siguiente ecuación.

$$IGn = IGm + IGeo + ICt + IPl + LIG's$$

Dónde:

IGn = Índice de Geodiversidad, resultante de las sumatoria de los rasgos correspondientes de los índices, geomorfológico (IGm), Geológico (IGeo),

Cultural (ICt), Paleontológico (PI) y los Lugares de interés geológico (LIG's).

IGm = Índice geomorfológico, que resulta de la sumatoria de rasgos que definen y modifican la geomorfología, cuerpos de agua, ríos, sistemas de topo-formas, coeficiente de rugosidad, sub-provincias fisiográficas, línea de costa.

IGeo = Índice geológico, donde se tomó como indicadores para su estimación los rasgos geológicos (Tipo de roca), Fallas y fracturas, Yacimientos de minerales y Edafología (Tipo de suelos).

ICt = Índice cultural, este se compone de información, de carácter histórico y paleontológico, que refleja la relación del ser humano con su entorno, enfatizando en la dependencia de los componentes abióticos. Se compone de las capas de, Sitios Históricos, Sitios arqueológicos y Museos.

IPI = Índice paleontológico, se tomó en cuenta reportes de diversas fuentes de los depósitos paleontológicos en el área de estudio para la valoración de este índice.

5.4. Procesamiento de información espacial:

Para el trabajo del Sistema de Información Geográfica (SIG) se utilizó el software ArcGIS 9.3. Después de definida el área de interés, el Delta del Rio Colorado, se utilizó la capa de información de las sub-cuencas hidrológicas para delimitar el área de estudio. Se seleccionaron las sub-cuencas que intersectan y colindan con el área de interés. Ya seleccionadas las poligonales se utilizó la herramienta "Dissolve" con lo que la capa resultante fue una sola poligonal que

delimita el área de estudio (AE). Se utilizó la capa de área de estudio para recortar todas las capas de información espacial con las que se alimentó el modelo, para lo que se utilizó la herramienta "CLIP". Para generar la retícula de poligonales de 1km² se utilizó la herramienta "Repeating Shapes" de Jenness Enterprises, junto con la poligonal del área de estudio como referencia.

Posteriormente se realizó una relación espacial de las poligonales de la retícula con cada una de las capas de información que fueron recortadas anteriormente. Para lo que se utilizó la herramienta de "SpatialJoin", la cual genera una capa poligonales de 1km² con la relación de número de rasgos de la capa referenciada, que se presentan en cada poligonal, así mismo de ser necesario, es posible realizar operaciones o criterios basados en los atributos de la capa referenciada, como puede ser que tome el valor máximo o mínimo, un valor promedio, la sumatoria de valores, etc.

Las capas con información de, geología, fallas y fracturas, cuerpos de agua, edafología, paleontología, museos, sitios arqueológicos, sitios históricos, yacimiento de minerales, sistema de topo-formas, fueron evaluadas bajo un criterio de presencia-ausencia, para lo que se utilizó el campo de la tabla de atributos de "joincount" (Pereira, 2013).

Para la capa de ríos se utilizó el orden de mayor magnitud representado en el

polígono, El orden es determinado por el modelo de Strahler (1957), el valor se dividió entre dos y en caso de terminar en fracción se redondeó al valor superior inmediato (Pereira, 2013 y Silva, 2013).

En el caso de las sub-provincias fisiográficas únicamente se consideraron las líneas de colindancia entre sub-provincias, y las poligonales en las que coincidieron con este rasgo se les asignó un valor de dos, mientras que las que no contenían este rasgo mantuvieron un valor de cero.

La pendiente se valoró en función a un rango jerárquico determinado por la prueba Natural Breaks (Jenks, 1967) y se asignó a la poligonal el valor de máxima cobertura, para lo que se determinó esta de cada una de las categorías y se promedió con relación a la superficie de la poligonal.

Dado que las capas de información se relacionaron con la capa de la retícula, estas comparten un campo en común de "Unique_ID", el cual asigna un número a cada reglón de la base de datos. Dicho campo se utilizó para relacionar todas las tablas de atributo en una base de datos en Excel.

Dentro de una página en Excel se realizó una sumatoria de los valores resultantes de la relación de cada una de las poligonales de la retícula. Esta se hizo en relación a los índices y los indicadores que compone cada uno. Para

asegurar que los rangos de valores resultantes de las operaciones anteriores se manejen en unidades homogéneas, que puedan ser aplicados a todos los índices con escalas comunes, fueron normalizados para que varíen en una escala entre 0-1, mediante la siguiente ecuación (Bruschi, 2007):

$$V_{Ni} = (V \text{ actual} - V \text{ minimo}) / (V \text{ maximo} - V \text{ minimo})$$

El valor resultante de la sumatoria de los indicadores normalizados es el índice de Geodiversidad. La base de datos resultante se compaginó con las capa de información de la retícula de poligonales, con lo que se generó la capa de información de índice de Geodiversidad. Las poligonales se representaron en puntos con el uso de la herramienta “featuretopoint”. Mientras que la capa de puntos se utilizó para correr una prueba de interpolación Krigging, con el objetivo de suavizar y generar valores intermedios, los cuales resultaron en archivos de tipo RASTER.

Este RASTER se reclasifico al utilizar la prueba de Natural Breaks (Jenks, 1967) para determinar 3 grupos jerárquicos que indicarían los valores de geodiversidad ALTO, MEDIO y BAJO. El RASTER reclasificado se utilizó para generar las poligonales con la valoración del índice de geodiversidad, su interpretación así como el cálculo de superficies.

6. Resultados:

Como resultados se presenta cartografía y datos de la misma, referente a los distintos componentes que fueron utilizados para el desarrollo de criterios y evaluación de la geodiversidad del área de estudio. Así como la cartografía resultante de las evaluaciones de los modelos de Serrano y Ruiz, Pereira, y el modelo propuesto en este trabajo, que deriva de la síntesis de los dos modelos mencionados anteriormente.

6.1. Delimitación del área de estudio:

Para delimitar el área de estudio se utilizó la capa de información geográfica que contiene la delimitación de las sub-cuencas hidrológicas. Se consideró como rasgo central el Área Natural Protegida del Delta del Río Colorado y Alto Golfo de California, con ello se seleccionó las sub-cuencas que intersectan y colindan con este rasgo. Además, se utilizó el límite estatal del estado de Baja California.

El área de estudio se conforma de 14 sub-cuencas, que corresponden a cuatro cuencas hidrológicas: cuatro de la cuenca "Agua dulce-Santa Clara", dos de la cuenca "Laguna Salada – Laguna del Diablo", una de la cuenca "Bacanora - Mejorada", y 7 de la cuenca "Río Colorado" (Fig. 3).

Se utilizaron las sub-cuencas para formar una sola poligonal de 21,814km² que delimita el área de estudio, la cual colinda al norte con la frontera con E.U.A., al oeste con las sierras Juárez y San Pedro Mártir, y al sur con el Golfo de California. Dentro del área destacan tres áreas urbanas: Mexicali, capital del estado de Baja California, San Felipe, y San Luis Rio Colorado (Fig. 4).

Con el área de estudio como referencia y la herramienta “Repeating Shapes” se generó una retícula que formó 22,000 poligonales de 1km² cada una (Fig. 5).

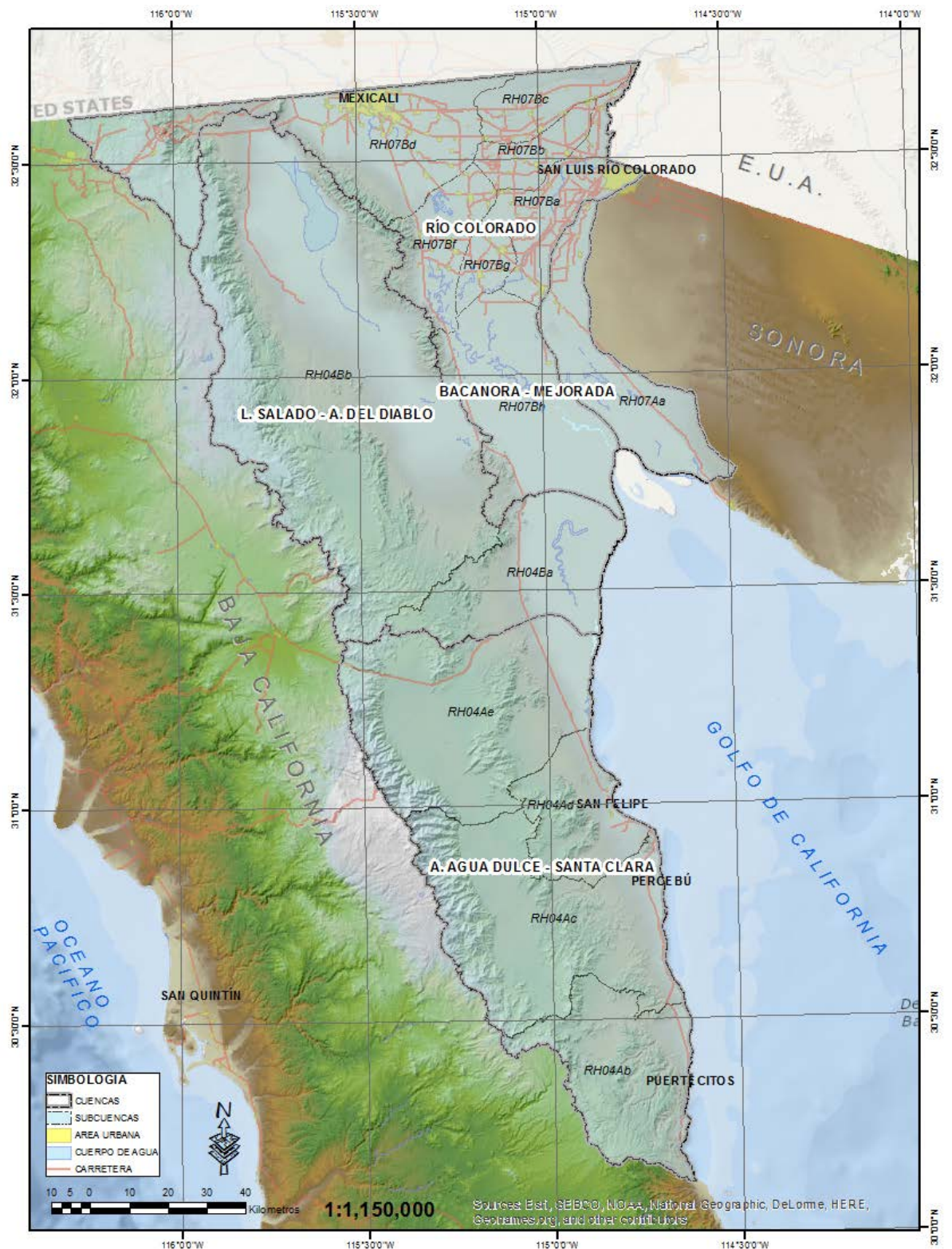


Figura 3. Cuencas y Sub-cuencas hidrológicas utilizadas para delimitar el área de estudio

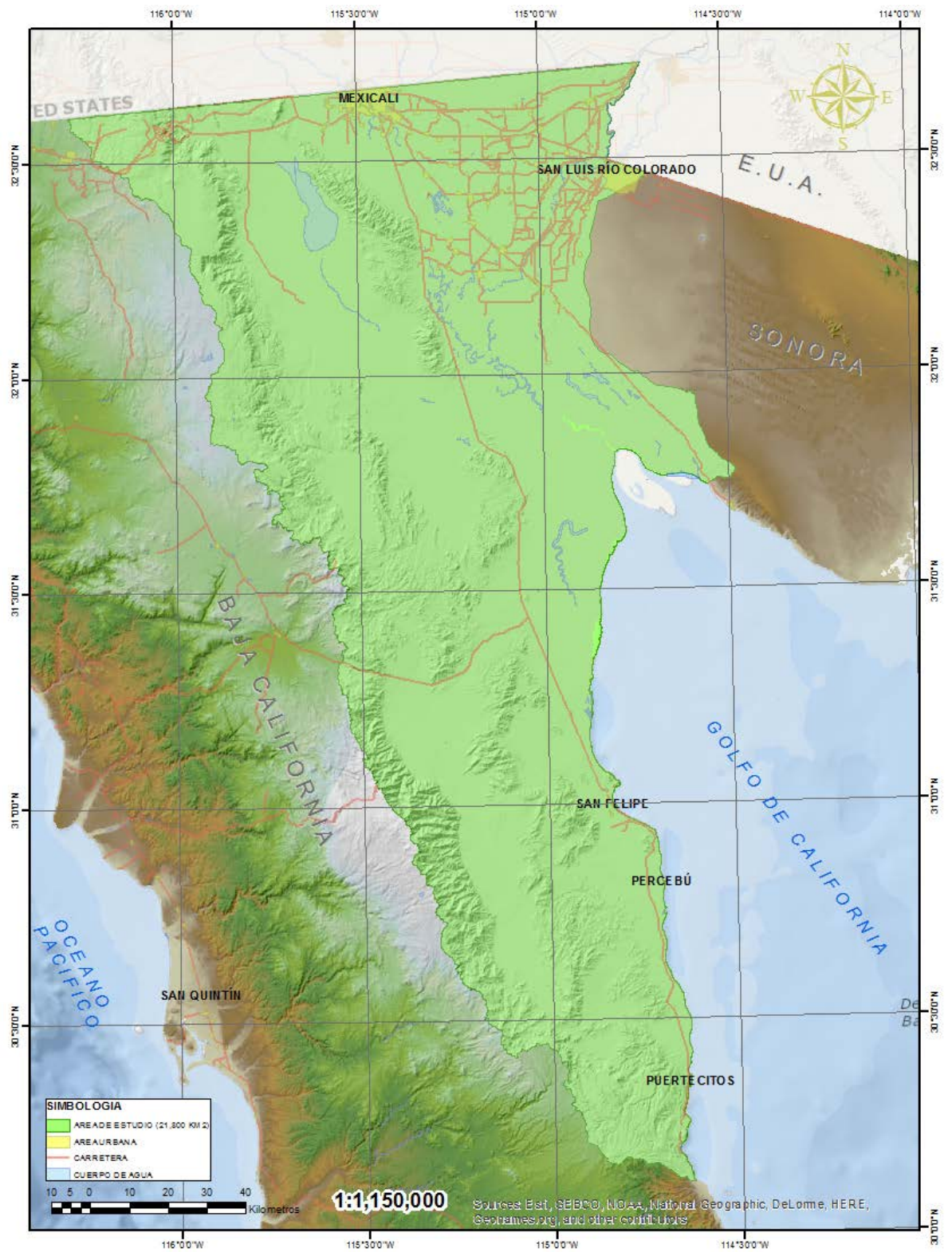


Figura 4. Delimitación del área de estudio

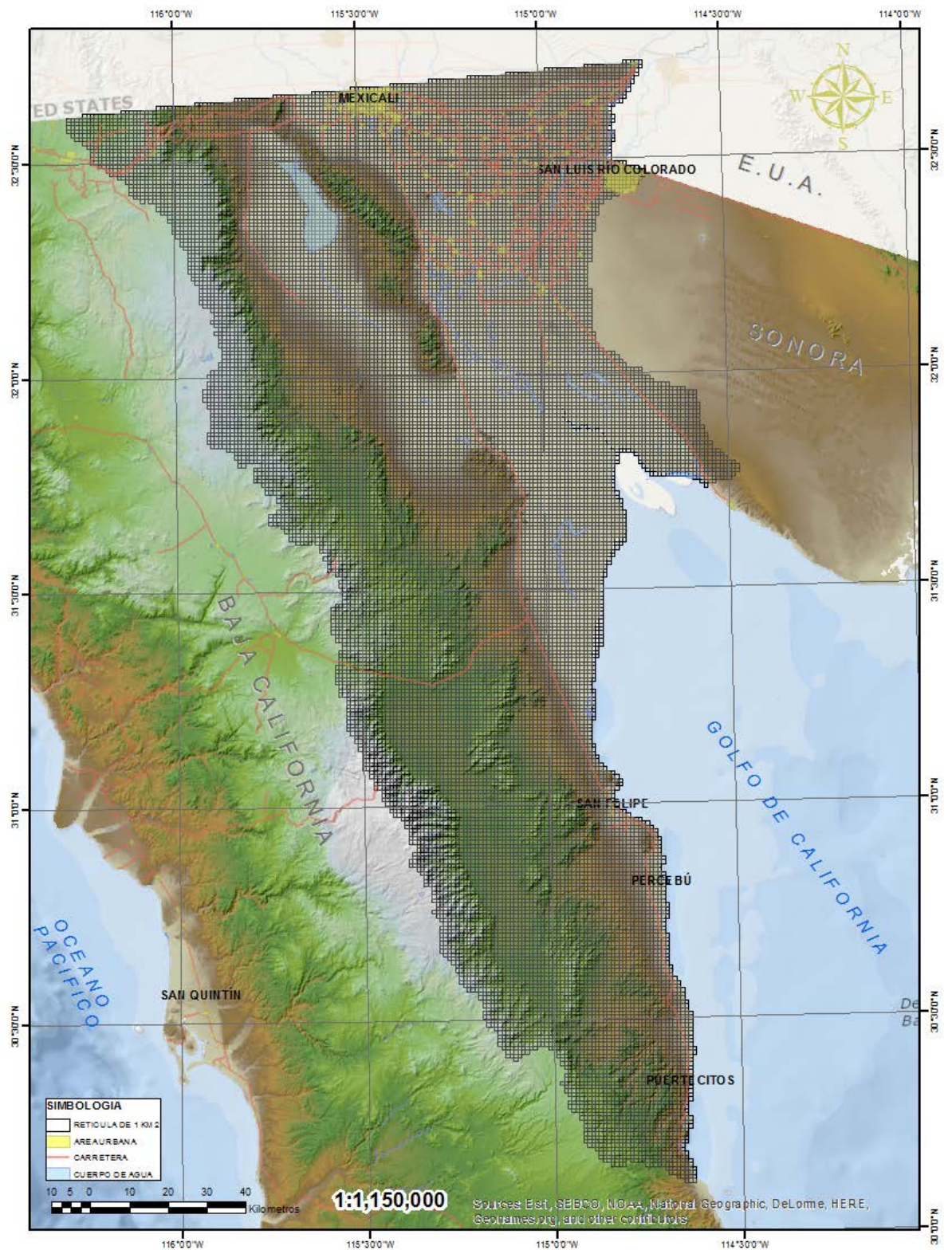


Figura 5. Reticula de poligonales de 1km² del área de estudio

6.2. Tipo de Roca y Fallas:

La capa de información de geología del área de estudio se integró de diversas fuentes. Inicialmente se digitalizó el mapa de Gastil (1971) y esta información se complementó con los datos vectoriales de geología de INEGI 1:250K (Fig.6).

Gastil (1975) divide la formación de la Península de Baja California en tres etapas principales; la pre-batolítica, batolítica y pos-batolítica. De las rocas aflorantes que encontramos en el área de estudio, el 79% corresponden a la etapa pos-batolítica, que ocurrió durante la era Cenozoica (tiempo actual a 66Ma), su cobertura es extensa y se encuentra principalmente los valles, llanuras, bajadas y mesetas del área de estudio. Mientras que las rocas de la etapa batolítica, durante el Mesozoico (252 a 145 ma), conforman el 15% de la superficie del área, y se relacionan principalmente con las sierras y, las rocas de la etapa pre-batolítica se relacionan a afloramientos del Paleozoico (359 a 541ma) (Tabla V y VI).

Tabla IV. Cobertura de tipos de roca relacionada a eventos geológicos.

Periodo	Km ²	%
BATOLITICA	3,304.35	15
POST-BATOLITICA	17,197.91	79
PRE-BATOLITICA	1,304.70	6

Tabla V. Cobertura de tipos de roca relacionada a eventos geológicos.

ERA	SUP	%
CENOZOICO	17,197.91	78.89
MESOZOICO	3,304.35	15.16
PALEOZOICO	1,298.40	5.96

El tipo de roca predominante en el área de estudio son las sedimentarias, las cuales cubren el 58.27% de la superficie, y predominan en las zonas de valles, llanuras y bajadas. El 17.18% de la superficie está conformada por rocas ígneas intrusivas, y un 11.30% ígneas extrusivas, las cuales se distribuyen a lo largo de la sierra Cucapa, San Pedro Mártir, Juárez y San Felipe, mientras que las rocas metamórficas conforman tan solo el 4.63 % del área y se asocian a la sierra en sitios aislados y poco extensos (Tabla IV).

Tabla VI. Cobertura de tipos de roca relacionada a su clase.

CLASE	Km ²	%
Ígnea Extrusivas	2,439.71	11.30
Ígneas Intrusivas	3,709.60	17.18
Metamórfica	1,000.36	4.63
Sedimentaria	14,440.49	58.27

Basado en la cartografía de GASTIL (1971) y complementada con la cartografía de INEGI 1:250k, se logró identificar 37 tipos de roca diferentes. Los tipos predominantes dentro del área de estudio son, en un 41% de material aluvión, el 10.48% de lacustre, La Toba Ácida, y Granodiorita-Tonalita

representan el 8% de la superficie cada una, los conglomerados y material eólico conforman el 5% cada uno. La granodiorita abarca el 4% de la superficie, gneis y tonalita, cada una representan el 3% de la superficie total, el basalto conforma el 1%. El aluvión, se componen de depósitos de materiales sueltos como gravas y arenas, producto de procesos erosivos sobre rocas preexistentes. El material lacustre, son depósitos que ocurren en lagos, generalmente conformados por arcillas y sales.

Lo datos vectoriales de fallas se obtuvieron de la capa de información geográfica de fallas y fracturas de INEGI 1:250k, y se complementó con la digitalización de cartografía de Cruz-Castillo (2002) y Gastil (1971). Se identificaron y cartografiaron 1,030 segmentos de fallas en el área de estudio, con una longitud total de 3,100km, donde destacan las fallas de San Pedro Mártir, Sierra de Juárez, Laguna Salada, Cerro Prieto, Imperial y San Miguel.

La Falla Imperial se extiende 75 km, desde la ciudad de Brawley, hasta el centro de dispersión de Cerro Prieto, su velocidad de dispersión es 47 mm/año (Cruz-Castillo, 2002). Esta falla conecta con el sistema de la fallas San Andrés.

La Falla Cerro Prieto se extiende 80 km, cruza por el valle de Mexicali, y recorre desde el centro de dispersión Cerro Prieto hasta la cuenca de Wagner. Dicha falla marca los límites entre la Placa de Norte América y la del Pacífico, su desplazamiento promedio es de 50 mm/año (Cruz-Castillo, 2002).

El sistema de fallas de la Laguna Salada, se compone por las fallas Borrego, Pescador, Cucapá, Cañon Rojo y Chupamirtos. Su desplazamiento promedio en la actualidad es de 1 mm/Año, aunque durante el Holoceno tuvo un desplazamiento horizontal de 18m y 2m en la vertical en la parte NW (Cruz-Castillo, 2002).

El sistema de Sierra de Juárez y San Pedro Mártir es probablemente en conjunto el sistema más extenso y espectacular, se ver reflejado en el extenso escarpe a lo largo de la Laguna Salada y Laguna del Diablo, dividió en dos secciones por la falla de Agua Blanca que conforma el único paso natural a lo largo de dicho escarpe, la sección norte la falla de Juárez, y al sur la falla de San Pedro Mártir.

6.3. Edafología:

La información espacial de tipos de suelo se obtuvo de la base de datos vectoriales de Edafología escala 1:250,000 de INEGI (2005) (Fig. 7). Edafología refiere a la capa más superficial de la corteza terrestre que sustenta la flora, y gran parte del desarrollo y actividad humana. El estudio y conocimiento de estas las estructuras de suelos provee de las herramientas necesarias para la gestión y buenas prácticas de manejo de estos mismos para desarrollo pecuario, agrícola, forestal e Ingeniería civil. La composición de este provee de gran cantidad de información en relación a los procesos que dieron a su origen, como el material parental, que indica la roca de origen y, procesos de erosión, físicos, químicos y biológicos.

En México se encuentra gran variedad de tipos de suelos, pero son cinco las clases texturales dominantes dentro del área de estudio: Leptosoles (24%), Regosoles (18.5%) Calcisoles (18.2%), Feozem (9.7%) y Vertisoles (8.3%).

Arenosol: Suelos arenosos, se caracterizan por ser de textura gruesa, más del 65% es compuesto por arenas. Son suelos altamente permeables, y susceptibilidad a erosión de moderada a alta (INEGI, 2004).

Calcisol: Este tipo de suelo se presenta en climas áridos y como su nombre lo indica contiene una capa de calcio, cubierto por una delgada capa de caliche. Estos por lo general son suelos secos e infértiles (INEGI, 2004).

Cambisol: Suelos que cambian, son suelos jóvenes y poco desarrollados. Usualmente se encuentran como subsuelos, son muy abundantes su rendimiento es variable, y se utiliza en numerosas aplicaciones. Presenta una susceptibilidad a la erosión de moderada a alta (INEGI, 2004).

Chernozen: Tierra negra, suelos alcalinos. Son Suelos cuya capa suele ser de grosores de más de 80cm. Suelen ser de color negro y ricas en materia orgánica. Son moderadamente susceptibles a la erosión (INEGI, 2004).

Luvisol: Son suelos con acumulación de arcilla, usualmente se encuentran en zonas templadas o tropicales. Comúnmente es aprovechado para la agricultura. Son suelos altamente susceptibles a la erosión, y conforman el 4% de los suelos a nivel nacional (INEGI, 2004).

Phaeozem: Son suelos ricos en materia orgánica, muy fértiles, y rico en nutrientes. Su aspecto es oscuro y es típico en zonas que buen drenaje (INEGI, 2004).

Regosol: Son suelos que se encuentran en una gran diversidad de climas, son de color claro y presentan poca concentración de materia orgánica, son de gran abundancia conforman el 19.2% de los suelos en México. Se asocia a Litosoles y afloramientos de roca y tepetate (INEGI, 2004).

Solonchak: Son suelos salinos, se presenta en zonas de altas tasas de evaporación como lagunas costeras y partes bajas de llanos en zonas áridas(INEGI, 2004).

Solonetz: Suelos con altas concentraciones de sales caracterizado por tener un subsuelo arcilloso. Se presentan en zonas de acumulación de sales (INEGI, 2004).

Vertisol: Son suelos comunes en zonas que presentan marcadas estaciones de lluvia y sequía, presentan una gran gama de usos, y son muy cotizados para la producción agrícola. Su susceptibilidad a la erosión es baja, pero es alta a la salinización (INEGI, 2004).

En su tabla de atributos, los suelos vienen clasificados en tres grupos; el primero se refiere al tipo de suelo dominante, que compone un 60% o más de la extensión de la unidad edafológica. El segundo grupo es el suelo secundario que abarca del 20 a 40% y, finalmente el tercer grupo, que corresponde los tipos de suelo que componen como máximo el 20%.

En el grupo uno el tipo de suelo dominante es el Leptosol, que abarca el más del 31% de la superficie del área de estudio, y se encuentra distribuido principalmente a lo largo de las extensiones montañosas como es la Sierra San Felipe, Sierra Cucapa, así como a lo largo de la Sierra de Juárez, y Sierra San Pedro Mártir.

El Regosol, es el segundo tipo de suelo de mayor cobertura, el cual abarca un 25% de la superficie. A lo largo del área de estudio es posible apreciar varios parches de este tipo de suelo, principalmente en la zona noreste, a lo largo de una parte del acanalamiento del Río Colorado, hasta colindar con el límite sur de la zona de Algodones, así como en la parte sur del área cercano a Puertecitos.

El tercer tipo de suelo más abundante es el Solonchak. Abarca el 12.9% de la superficie y, se distribuye principalmente en la zona del Delta del Río Colorado, norte de la Laguna Salada, y en la Laguna del Diablo. Los suelos tipo Arenosol en el primer grupo cubren el 12% de la superficie y, se distribuyen principalmente en la zona norte de esta misma, principalmente en la la Laguna

Salada, Laguna del Diablo, y Algodones (Tabla VIII y Fig. 6.).

Tabla VII. Relación de cobertura de Grupo 1 Edafología

GRUPO 1			
NOM	CLAVE	km2	%
ARENOSOL	AR	2,554.54	12.0
CALISOL	CL	746.45	3.5
CAMBISOL	CM	350.85	1.6
CHERNOZEN	FL	1,386.39	6.5
LEPTOSOL	LP	6,757.03	31.7
LUVISOL	LV	9.31	0.04
PHAEZEN	PH	3.84	0.02
REGOSOL	RG	5,439.90	25.5
OLONCHAK	SC	2,761.03	12.9
VERTISOL	VR	1,321.94	6.2

En el grupo dos, el tipo de suelo de mayor cobertura es el Regosol, el cual abarca el 32.6% de la superficie y se distribuye en dos grandes zonas: la del norte del paso de San Matías, y desde la Laguna del Diablo hasta el extremo sur del área de estudio. Además existe una zona intermedia correspondiente al Valle de San Felipe, donde disminuye la presencia de este tipo de suelo (Tabla IX).

El segundo tipo de suelo predominante es el Leptosol, el cual abarca el 22.1% de la superficie y se encuentra distribuido principalmente en las zonas montañosas y los escarpes del batolito peninsular (Tabla IX). El tercer tipo más abundante en este grupo es el Vertisol, el cual abarca el 14% de la superficie, y se distribuye principalmente en la zona del delta del Río Colorado y Valle de

Mexicali (Tabla IX).

Tabla VIII. Relación de cobertura de Grupo II Edafología

GRUPO2			
NOM	CLAVE	km2	%
ARENOSOL	AR	1,648.42	7.7
CALISOL	CL	263.11	1.2
CAMBISOL	CM	305.93	1.4
CHERNOZEN	FL	2,447.09	11.5
LEPTOSOL	LP	4,724.33	22.1
LUVISOL	LV	45.51	0.2
	NO	352.98	1.7
PHAEZEN	PH	56.99	0.3
REGOSOL	RG	6,955.26	32.6
SOLOCHAK	SC	1,242.78	5.8
SOLONET	SN	254.68	1.2
VERTISOL	VR	3,034.19	14.2

Dentro del tercer grupo la mayor cobertura (33.2%) corresponde a suelos no definidos, seguido por Regosol (27%) cuya distribución es a lo largo del escarpe del del batolito peninsular a lo largo de las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir, al igual que la Sierra Cucapa, y parcialmente en la Sierra San Felipe. Así mismo, se encuentra representado en la zona de Algodones y partes del desierto de Sonora. El Vertisol abarca el 11.7% de la superficie, siendo el segundo tipo de suelo de mayor cobertura en el área, y se distribuye principalmente en la zona del valle de Mexicali y el Delta del Río Colorado (Tabla X).

Tabla IX. Relación de cobertura de Grupo III Edafología

GRUPO3			
NOM	CLAVE	km2	%
ARENOSOL	AR	826.49	3.9
CALISOL	CL	411.29	1.9
CAMBISOL	CM	127.93	0.6
CHERNOZEN	FL	814.30	3.8
LEPTOSOL	LP	1,345.87	6.3
LUVISOL	LV	25.48	0.1
	NO	7,074.84	33.2
PHAEZEN	PH	139.49	0.7
REGOSOL	RG	5,764.38	27.0
SOLOCHAK	SC	267.61	1.3
SOLONET	SN	2,041.17	9.6
VERTISOL	VR	2,492.40	11.7

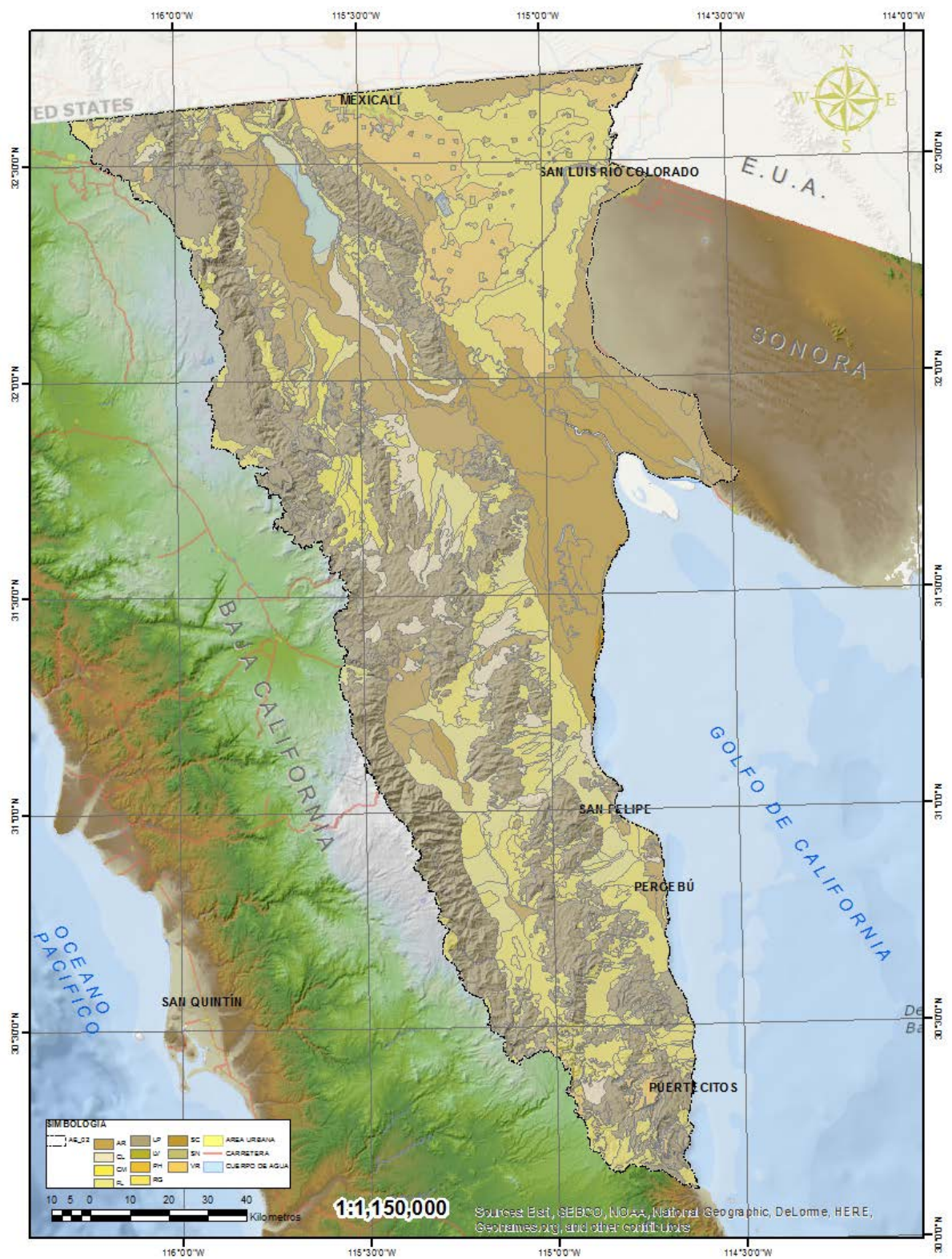


Figura 7. Edafología del área de estudio (INEGI, 2005)

6.4. Topoformas:

Los rasgos geomorfológicos predominantes en el área de estudio son las llanuras. Estas cubren el 32% de la superficie total, son zonas de mínimo desnivel y pendiente baja, donde predominan procesos eólicos, de evaporación y meteorización. Las llanuras dentro del área incluyen la Laguna Salada, Delta del Río Colorado y Valle de Mexicali (Fig. 8, Tabla XI).

Como rasgo geomorfológico las sierras abarcan el 21.53% de la superficie. Son los rasgos prominentes y notorios por su amplia extensión de norte a sur y al oeste del área. Incluye las sierras de San Pedro Mártir, Cucapa, Juárez y San Felipe (Tabla XI).

Las bajadas como rasgo geomorfológico abarcan el 19% y se caracterizan por ser franjas de terreno con inclinación suave formadas en la base de las cañadas montañosas. Colindan con Sierra Juárez, Sierra San Felipe, Sierra Cucapá y Sierra Santa Isabel (Tabla XI).

Los valles cubren el 8.6%, la mayor extensión se encuentra en la zona suroeste en la zona conocida como Valle Chico. Mientras que los lomeríos abarcan el 7.9% y se definen como *“Una elevación de tierra de altura pequeña y prolongada”*. Se distribuyen principalmente en las zonas altas de la Sierra Juárez, Cerro El

Borrego, al oeste de la Sierra Cucapá y al norte de la Sierra Las Pintas (Tabla XI).

Las mesetas abarcan el 6% del área. Se caracterizan por ser extensas planicies que se encuentra a alturas mayores a los 500m. Su distribución abarca principalmente el extremo sur sobre la Sierra Santa Isabel, así como en la zona central del área de estudio al oeste de la localidad “La Ventana”(Tabla XI).

Los campos de dunas representan el rasgo con menor cobertura, con tan solo el 4.8% de la superficie total. Su distribución principal es en la zona norte, cercana a las localidades de Algodones, Laguna Salada, y El Faro a lo largo de la zona costera (Tabla XI).

Tabla X. Cobertura de rasgos geomorfológicos.

ID	NOMBRE	km ²	conteo	%
260	Bajada	4,192.48	8	19.03
257	Campo de dunas	1,068.94	13	4.85
348	Llanura	7,064.27	9	32.07
246	Lomerío	1,746.14	11	7.93
269	Meseta	1,317.87	5	5.98
340	Sierra	4,741.22	14	21.53
308	Valle	1,895.23	6	8.60

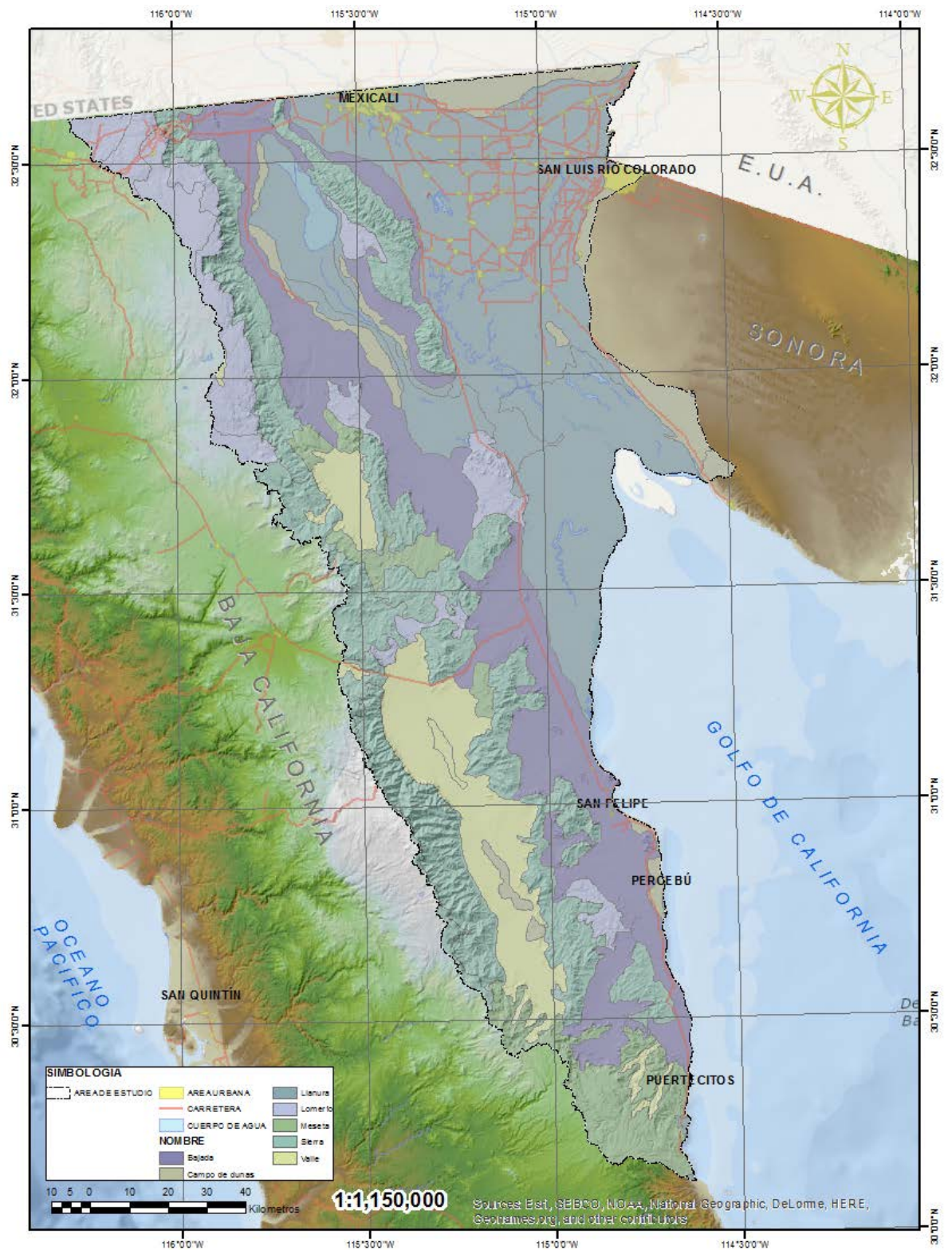


Figura 8. Sistema de Topoformas dentro del área de estudio.

6.5. Hidrología

Los datos vectoriales relacionados a la red hidrológica se recopilaron del simulador de aguas de cuencas hidrológicas (SIATL) de INEGI. Dentro de la tabla de atributos de esta capa de información, a cada rasgo se le asigna un valor, el cual deriva del análisis cuantitativo de la geomorfología de cuencas y resulta en el orden o magnitud de los sistemas de drenaje (Strahler, 1957). Dentro del área de estudio se encontraron valores del orden desde uno hasta ocho (Fig. 9).

La longitud total de la red hidrológica es de aproximadamente 45,814 km, de los cuales el 58% corresponde a los de orden uno, que refiere a arroyos menores. La gran mayoría de ellos se encuentran en las zonas de la sierra. Los de segundo orden, que se forman por la unión de dos rasgos de orden uno, conforman el 19%, los cuales se encuentran más dispersos, pero siguen predominando en la zona de sierra.

Las corrientes de agua de orden 3, conforman el 11% de la red. Estos se forman a partir de la unión de dos rasgos de segundo orden. Es menos abundante que los de primer y segundo orden, aun así se distribuyen principalmente en las sierras.

Los ríos de cuarto orden, formados como resultado de la unión de dos ríos de tercer orden, representan el 6% de la red. Estos rasgos se encuentran relacionados a las zonas de sierra.

Los ríos de quinto orden, constituyen el 3% y se ubican en cañones y cauces de ríos relacionados a las sierras, o escarpe del batolito peninsular.

Los ríos de orden seis, siete, y ocho, combinados conforman el 1.2%. Son los ríos de mayor tamaño y se distribuyen en valles y planicies como, Valle Chico, Laguna Salada y, Laguna del Diablo. Los principales son el Río Hardy y Río Colorado, ambos ubicados en la zona del Delta del Río Colorado y Valle de Mexicali.

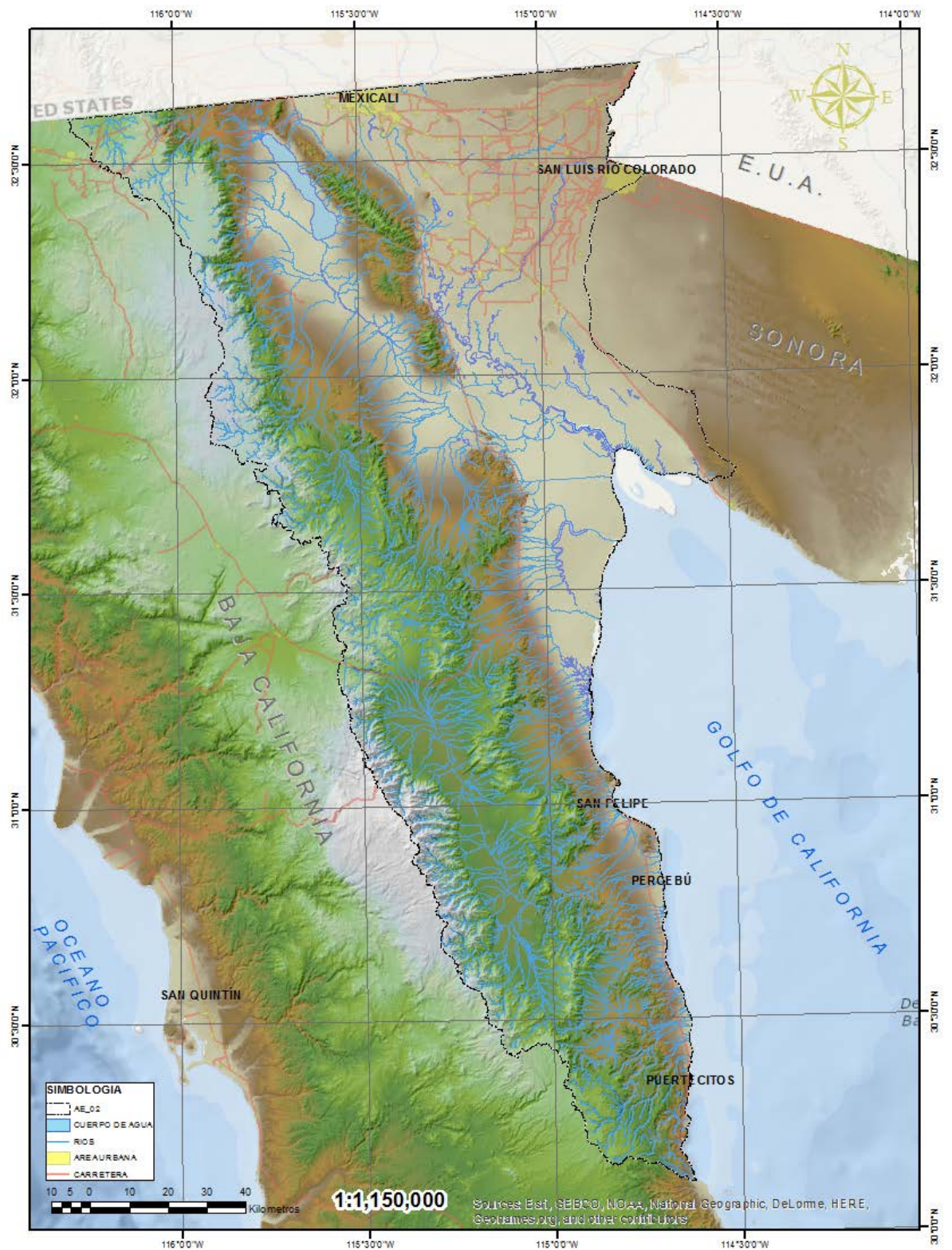


Figura 9. Carta de rasgos Hidrológicos del área de estudio (SIATL, INEGI)

6.6. Cultural

Entre los rasgos culturales más importantes se encuentran los sitios arqueológicos, históricos, y edificios. Para registrarlos se utilizó la base de datos del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

El INAH reporta alrededor de 255 sitios arqueológicos ubicados dentro del área de estudio, 18 de ellos campamentos, 75 sitios que presentan algún tipo de manifestación gráfico rupestre (pinturas, petrograbados y geoglifos), donde destaca el museo de sitio Vallecitos, ubicado en el poblado de La Rumorosa. 127 de estos sitios presentan algún tipo de asentamiento (campamentos, taller lítico, concheros).

Se registraron 17 sitios de interés histórico y cultural. Seis de ellos, ubicados en la zona del Valle de Mexicali, corresponden a los campamentos de la ruta recorrida por el explorador Juan Bautista de Anza, quien en 1775 partió de Sinaloa atravesando el Valle de Mexicali en dirección a la alta California para fundar lo que ahora es la ciudad de San Francisco.

Los otros sitios de interés histórico y cultural vinculados con la Geodiversidad son:

El Cerro del Chinero es un sitio de importancia histórica al norte de San Felipe y

sur de la Sierra Las Pintas. Debe su nombre al lamentable fallecimiento masivo de trabajadores chinos en esta área a principios del siglo XX, quienes se trasladaban de San Felipe hacia los campo de cultivo en el Valle de Mexicali para trabajar.

El museo de sitio Campo Alaska, ubicado en el poblado de La Rumorosa, construido en 1916 a base de roca de granito y, que funcionó como oficinas de gobierno del distrito norte, cuartel militar y escuela.

En la ciudad de Mexicali, se encuentra el museo de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), la cual tiene exposiciones permanentes que hacen mención de la evolución geológica y paleontología del estado, además de información de carácter social y cultural desde los primeros pobladores, hace unos 9,500 A.C., hasta las primeras expediciones entre los años de 1533 a 1602 de Hernán Cortez, Juan Rodríguez Cabrillo, Sebastián Vizcaíno, la época misional, de 1683 a 1840, y la actualidad.

En el mayor se encuentra un pequeño museo comunitario de la etnia cucapá. Este ofrece una pequeña exposición que ejemplifica las costumbres e historia de esta comunidad (Fig. 10).

6.7. PALEONTOLOGIA:

Utilizando como referencia básica el mapa de Gastil (1971) y bibliografía del área, además de la verificación en campo se registraron 14 sitios con depósitos fosilíferos dentro del área de estudio. Los más recientes se localizan en la costa nor-oeste del Golfo de California, y consisten en un conjunto de cordilleras paralelas a la línea de costa compuestas de conchas de moluscos llamados Cheniers. Aunque no estrictamente fósiles, algunos de estos tienen hasta 5,000 años de antigüedad. Las más antiguas se encuentran alejadas de la línea de costa, y las más recientes en la costa actual (Flessa y Kowalewsky, 1995) (Fig. 10).

En la zona del Cañón de Las Cuevitas, se localiza un afloramiento de diatomita, la cual data de la época del Mioceno (~6 Ma), y se cree relacionado con el Proto-golfo de California (Bohem, 1982), cuerpo de agua cuya formación precedió la apertura del Golfo de California. Estas se encuentran sobreyacidas por lodolitas de la misma edad y hasta el Plioceno. A su vez estos están cubiertos por sedimentos marinos arenosos y conglomerados del Plioceno altamente fosilífero.

Otra localidad importante paleontológicamente se localiza en el extremo norte de la Sierra Las Pintas en la localidad de La Ventana, donde se reportaron los primeros depósitos paleozoicos de Baja California con una edad probable entre

300 a 350 Ma, (McEldowney, 1976).

Al este del extremo norte de la cuenca de la Laguna Salada al pie de la Sierra Cucapá, Gastil (1971) reporta depósitos marinos del Plioceno (de 0.01 a 2.5 Ma), la cual tiene una extensión de 3.6 km² (fig. 9).

En la zona de Puertecitos, Martin-Barajas y Stock (1993) reportan depósitos fosilíferos del Plioceno que cubren una superficie aproximada de 5km² (fig. 9).

En el noreste del área de estudio, Croxen III *et al.* (2007) estudiaron los afloramientos de malpaís, también conocidos como Tierras Malas (Badlands), cercanos a la comunidad pesquera del Golfo de Santa Clara reportan más de 520 especímenes de fósiles de vertebrados del Pleistoceno tardío, lo que hace de estos de uno de los depósitos más importantes paleontológicamente en la zona del Delta del Río Colorado. El área abarca una superficie aproximada de 255km², de los cuales solamente se ha estudiado una pequeña porción (Fig. 10), extendiéndose estos depósitos fosilíferos hasta las inmediaciones del poblado de Algodones, en baja California.

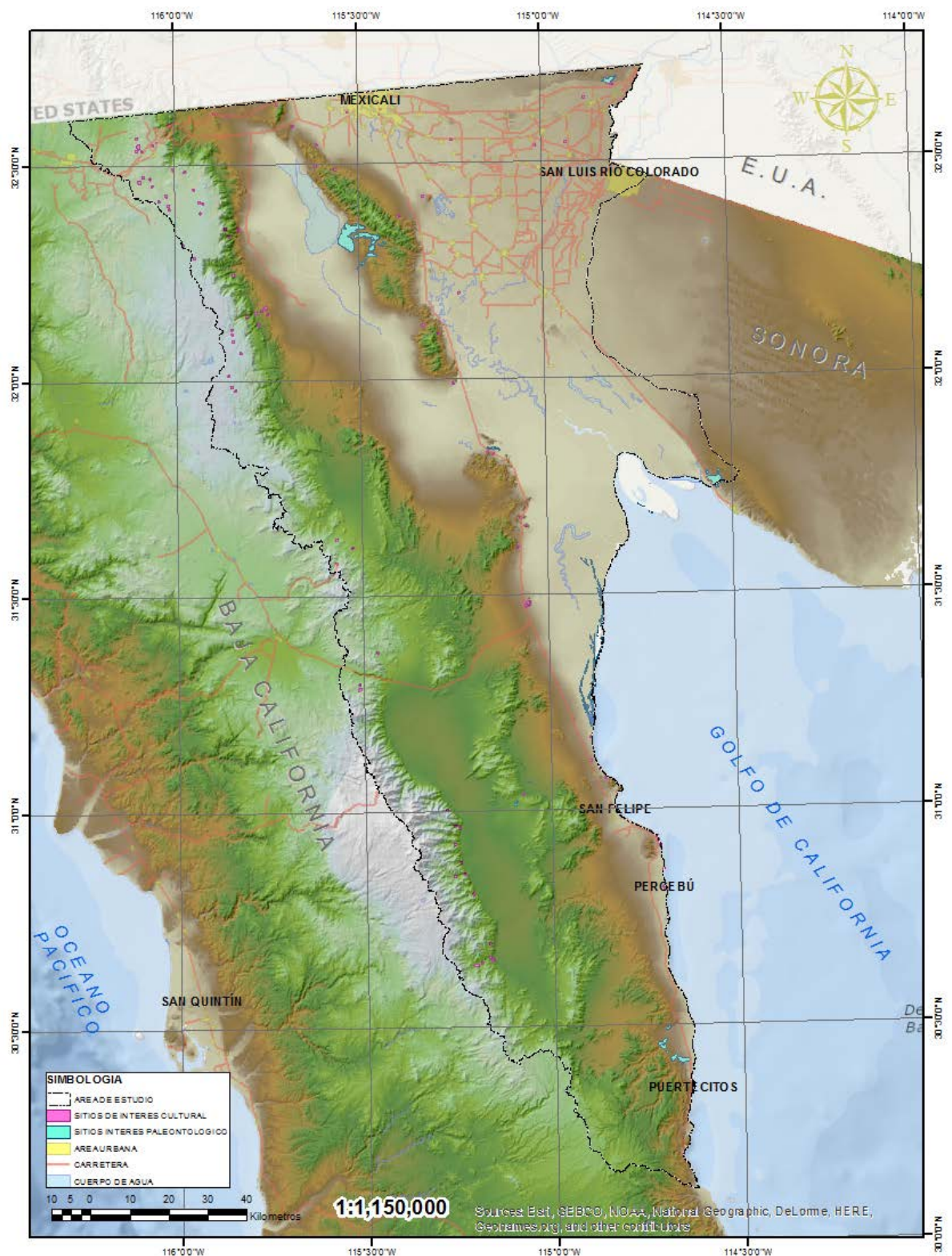


Figura 10. Ubicación de los sitio de Interés Cultural y Paleontológicos

6.8. Entrevistas:

Se realizaron entrevistas semi-estructuradas a los habitantes de las distintas localidades durante el recorrido del área de estudio, y durante las prácticas de campo de los cursos de geodiversidad de la UABC. Durante la práctica de campo se tomó la oportunidad de involucrar a los estudiantes del curso, con el objetivo principal de incrementar el esfuerzo de encuestas aplicadas, y familiarizar a los estudiantes de esta etapa del proceso de evaluación de la geodiversidad. En total se aplicaron 24 entrevistas, 13 de éstas a habitantes de la localidad y las 11 restantes a turistas. El rango de edad predominante fue de 36-49 año, y de los habitantes en la localidad, el 70% tenían más de 25 años viviendo en la zona.

A los habitantes de la localidad se les pregunto si sabían de sitios de interés turístico, y si creían que la zona tenía potencial turístico. Como sitios de interés se identificaron seis, la zona de la carretera del golfo y las dunas que se ven a lo largo de ella, el Cañón del Tajo, el Cañón de Guadalupe, el Pozo Coyote además de algunas localidades con Pinturas Rupestres. Mientras que con respecto al potencial turístico, el 54% de los habitantes consideran que hay potencial turístico en la zona, el 38% dijo no saberlo y, el 7% restante dijo no creer que la zona tuviera potencial turístico.

A los habitantes se les pregunto cuales creían fueran los atractivos turísticos en la zona, a lo que contestaron atributos como el paisaje, presencia de aguas termales, así como actividades recreativas como la pesca y la cacería.

Por otro lado, a los turistas se les pregunto cuáles eran las localidades que frecuentaban en la zona, a lo que contestaron nueve sitios distintos: San Felipe y sus playas, el Desierto de Altar, el Valle de los Gigantes, San Luis Gonzaga, Laguna Chapala, Playa Ruben's, Ejido Nuevo Mazatlán, el Hotel Cortez, Campo Don Abel, y Campo Nuevo Mazatlán. Además de que el 63% menciona visitar al menos una vez por año la zona, el 9% aseguraban visitar la región mínimo dos veces por año y el 18% restante dijo que visitaban la zona tres veces por año, mientras que la temporada preferida de visita para el 82% de la gente entrevistada es la primavera y para el 18% restante el verano.

6.9. Lugares de Interés Geológico (LIG's):

En toda el área de estudio se identificaron 54 sitios que se consideraron como lugares de interés para el patrimonio geológico, con una mayor concentración en la zona norte y media del área de estudio (Fig. 11).

Los sitios que obtuvieron un valor "ALTO" dentro de la evaluación fueron: La Rumorosa, Cerro el Centinela, Puertecitos, Sierra de San Felipe, Cerro Prieto, Sierra Cucapá, Algodones, Picacho del Diablo, La Ventana, Río Colorado,

Sierra El Mayor y Laguna Percebú. En los anexos se presentan las fichas técnicas de cada uno de los LIG's, donde se incluye información general de cada sitio así como su valoración.

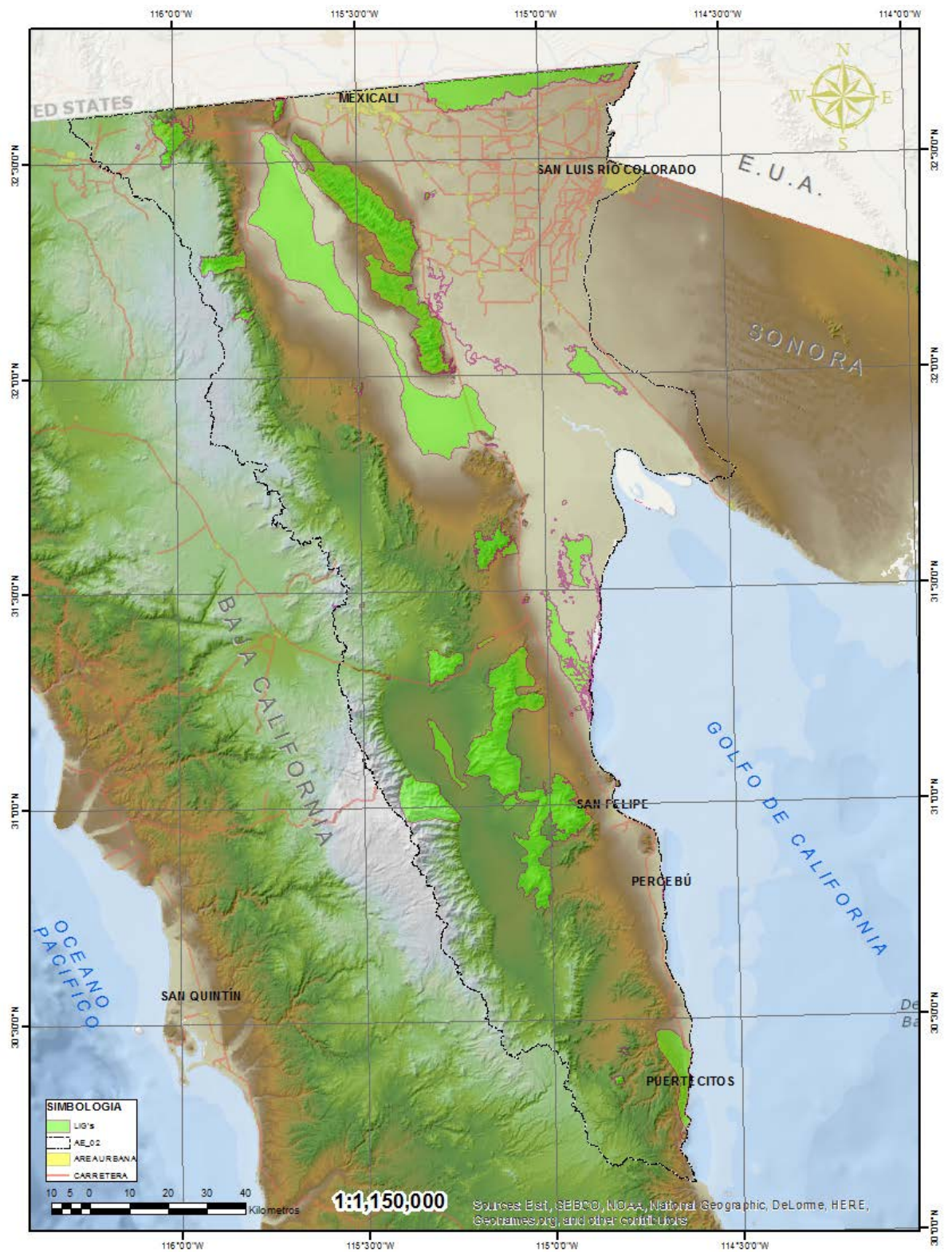


Figura 11. Distribución de LIG's dentro del area de estudio

6.10. Modelo modificado de Serrano y Ruiz (2007)

Al aplicar el modelo de Serrano y Ruiz (2007), se obtuvo que el Índice de Geodiversidad “MEDIO” abarca el 49.6% de la superficie total del área de estudio (Tabla XII). Esta zona abarca la gran mayoría de la zona del Delta del Río Colorado y Valle de Mexicali, el escarpe de la Sierra Juárez, la zona de Arroyo Grande, y al sur alrededor de la zona del Llano de Santa Isabel (Fig. 12).

El Índice de Geodiversidad ALTO cubre el 28.57% de la superficie total del área de estudio (Tabla XII), abarcando mayormente la zona sur, alrededor de las localidades de Puertecitos, San Felipe, La Laguna del Diablo y Vallecitos. Al norte del área se obtuvo en una franja que recorre de norte a sur al oeste de la Laguna Salada y, entre ésta y el escarpe de la Sierra Juárez hasta llegar al norte de la Sierra Las Pintas (Fig.12).

El Índice de Geodiversidad BAJO, abarca el 21.83% de la superficie (Tabla XII), desde la zona de Algodones, la Laguna Salada y parcialmente el escarpe de la Sierra San Pedro Mártir, la Sierra de San Fermín, la Laguna Percebú, y de la zonas altas de la Sierra Juárez y La Rumorosa (Fig.11).

Tabla XI. Cobertura areal y porcentaje del Índice de Geodiversidad de acuerdo al Modelo de Serrano y Ruíz (2007).

VALOR	KM ²	%
ALTO	6,293.53	28.57
MEDIO	10,924.38	49.60
BAJO	4,808.23	21.83

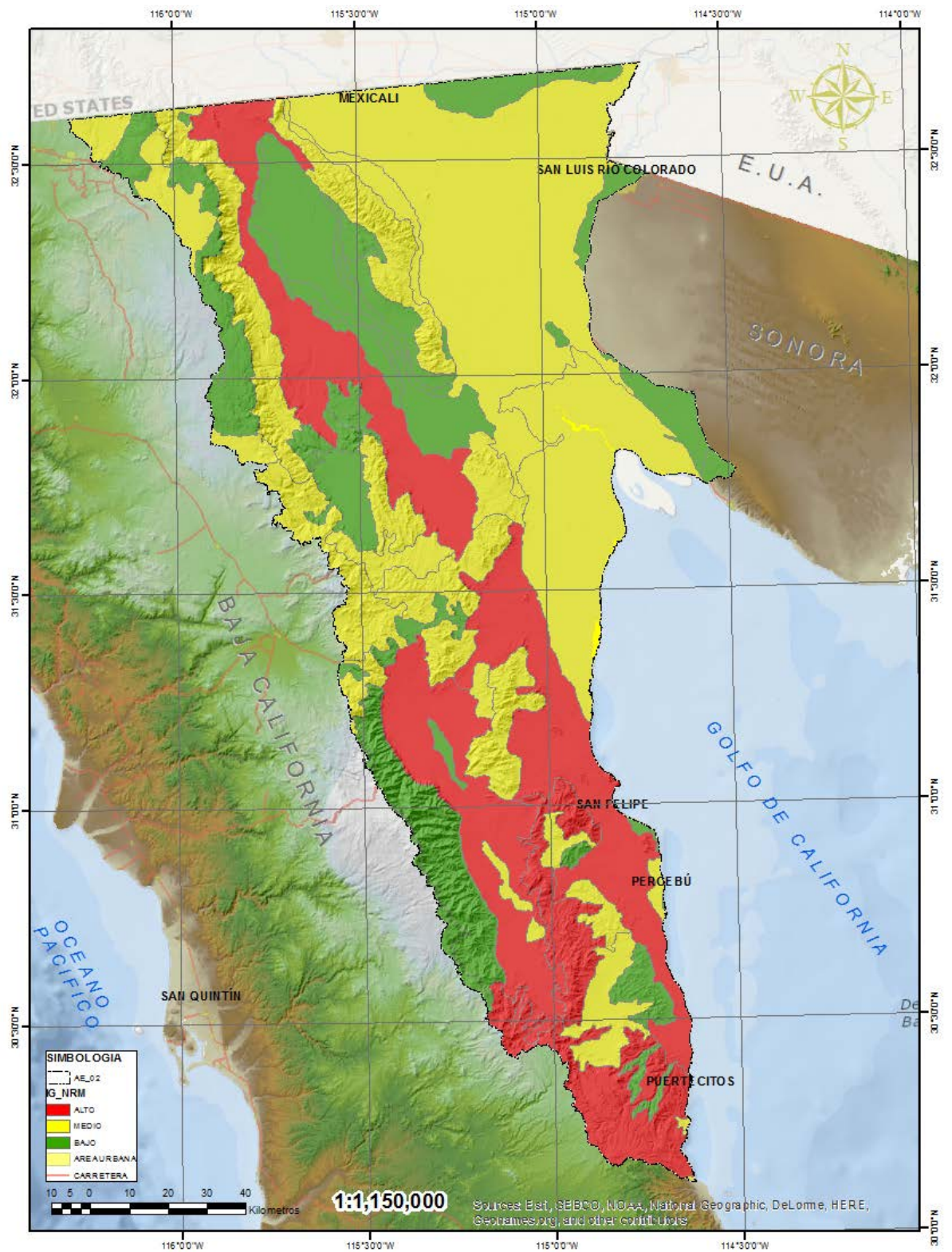


Figura 12. Índice de Geodiversidad de acuerdo al Modelo propuesto por Serrano y Ruíz (2007)

6.11. Modelo modificado de Pereira (2013)

El modelo propuesto por Pereira, está dividido en cinco índices; Geológico, Geomorfológico, Edafológico, Minero y Paleontológico. La sumatoria de estos índices conforma el modelo de geodiversidad propuesto.

6.11.1. *Índice Geológico*

El índice geológico ALTO corresponde al 16.2% del total de las unidades delimitadas por la retícula (Tabla XIII). Al norte del área abarca la Sierra Cucapá, La Rumorosa, Volcán de Cerro Prieto y la Sierra Juárez. En la zona central predomina en la zona de la Sierra Las Pintas y Las Tinajas, y continua hacia el sur a lo largo de la Sierra San Felipe (Fig. 13).

El valor MEDIO representa el 24.6% del área de estudio (Tabla XIII). Cubre a lo largo de la Sierra Las Tinajas, Sierra Las Pintas y Sierra San Felipe. Este valor predomina en la Sierra Isabel, ubicada cerca de Puertecitos, y La Rumorosa. Así mismo, se aprecia una franja a lo largo de la costa del Golfo de California, desde San Felipe hasta la cuenca del Río Colorado y Hardy. Además de que se aprecian dos franjas en la zona nororiental que recorren de forma paralela desde la frontera internacional hasta la Ciénega de Santa Clara (Fig. 13).

Las unidades de índice Geológico BAJO corresponde al 59.2% del área (Tabla XIII). Se distribuyen a lo largo de zonas de gran extensión, principalmente donde se presentan relieves bajos. Al norte comprende el Valle de Mexicali, Delta del Río Colorado, Laguna Salada; mientras que al sur se encuentra en la Laguna del Diablo, Valle Chico y el escarpe de la Sierra San Pedro Mártir (Fig. 13).

Tabla XII. Cobertura porcentual en área de Índice Geológico de acuerdo al Modelo de Pereira (2013) y Silva (2013)

VALOR	KM ²	%
ALTO	3,533.87	16.2
MEDIO	5,366.24	24.6
BAJO	12,913.89	59.2

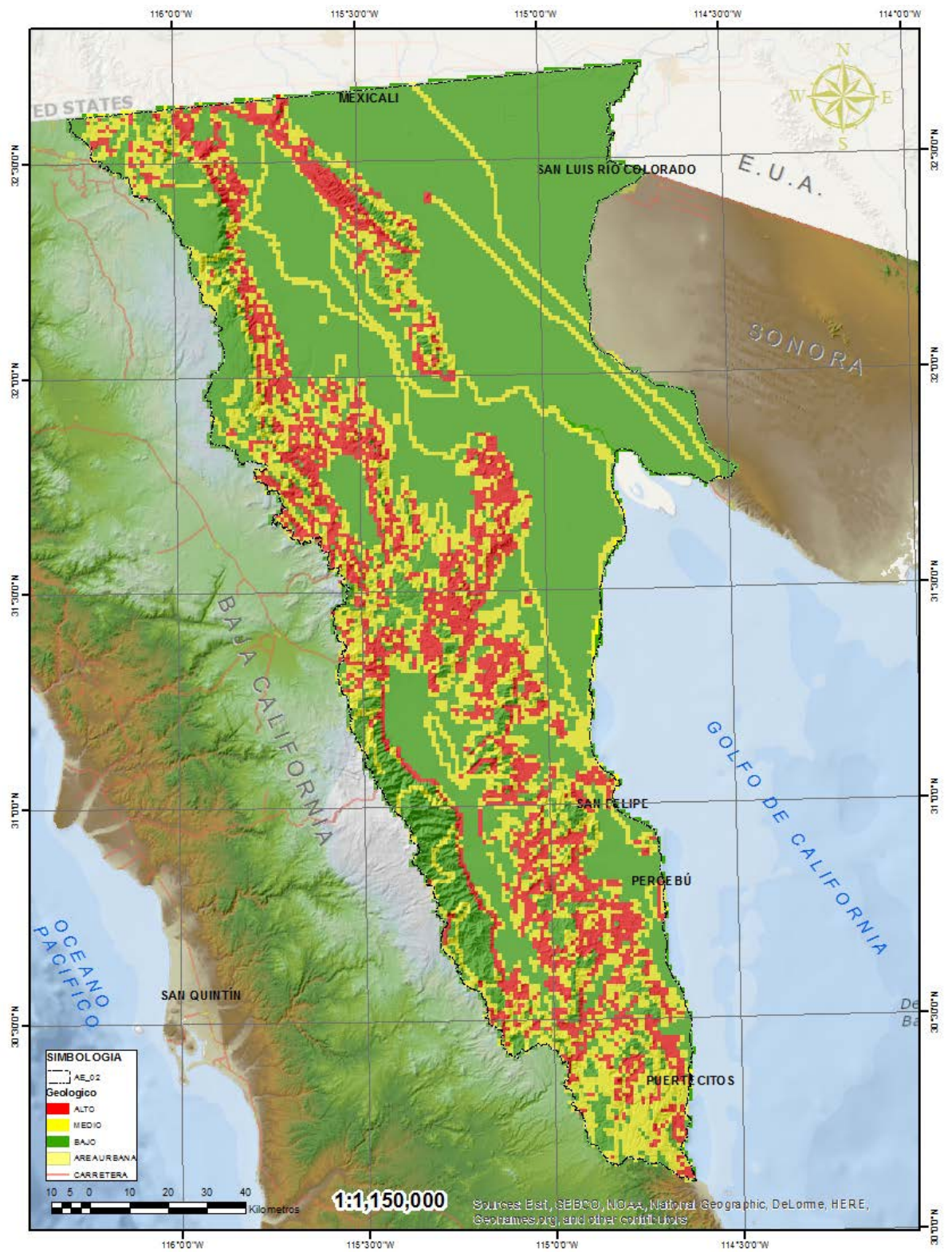


Figura 13. Índice Geológico de acuerdo al Modelo propuesto por Pereira (2013) y Silva (2013).

6.11.2. *Índice Geomorfológico*

Las unidades con un índice geomorfológico ALTO, representan únicamente el 7.6% del área de estudio, y se distribuyen a lo largo del área en franjas estrechas. Se observan dos principales: la primera recorre la periferia de la Sierra las Pintas, Sierra Cucapá, y el Cerro del Centinela; mientras que la segunda recorre toda el área de estudio de Norte a Sur, inicia en La Rumorosa, y sigue el margen del escarpe de la Sierra Juárez, Sierra las Tinajas, Sierra Las Pintas, Sierra San Felipe y Sierra Santa Isabel, hasta llegar a Puertecitos. Se logran apreciar zonas adicionales de menor tamaño, como en la Laguna Salada, el Delta del Río Colorado, la Laguna del Diablo, San Felipe y Punta Estrella (Fig. 14).

Las unidades un índice geomorfológico MEDIO, corresponden al 44.6% de la superficie (Tabla XIV). Su distribución abarca la mayor parte del área, a lo largo de la costa desde San Felipe hasta Puertecitos, y se extiende hasta el límite oeste del área de estudio, y disminuye paulatinamente hacia el noroeste. En la zona del valle de Mexicali y delta del río Colorado es donde existe la menor densidad con índice geomorfológico MEDIO (Fig. 14).

El índice geomorfológico BAJO cubre el 47.8 % del área (Tabla XIV). Se concentra en la zona del Valle de Mexicali, delta del Río Colorado y en menor densidad en la Laguna Salada (Fig. 14). En el resto del área se distribuye

conformando un mosaico de grupos aislados.

Tabla XIII. Cobertura de Índice Geomorfológico Modelo de Pereira (2013) y Silva (2013). Misma observación que las tablas anteriores.

VALOR	KM ²	%
ALTO	1,657.86	7.6
MEDIO	9,729.04	44.6
BAJO	10,427.09	47.8

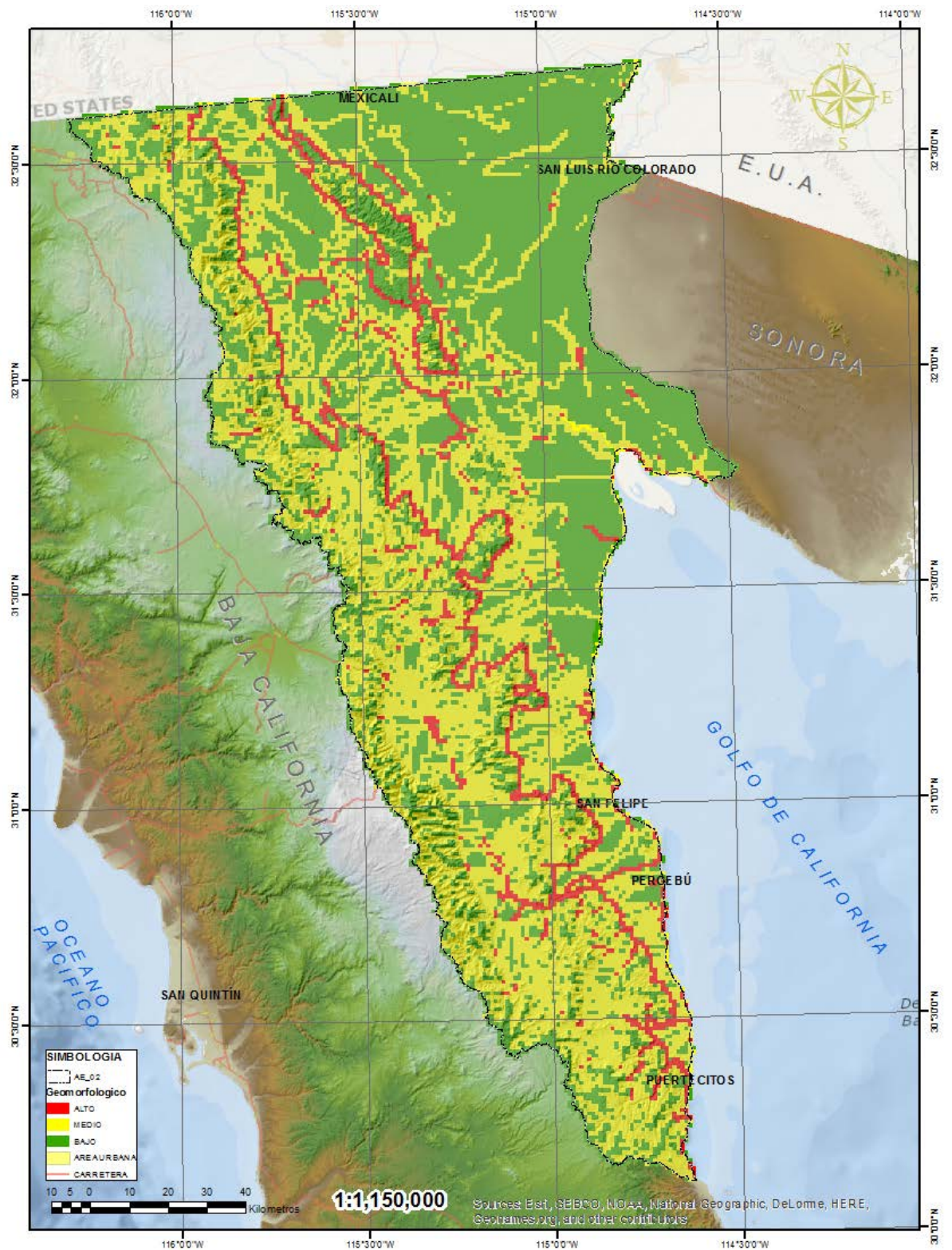


Figura 14. Índice Geomorfológico de acuerdo al Modelo propuesto por Pereira (2013) y Silva (2013).

6.11.3. *Índice Edafológico:*

El Índice edafológico ALTO corresponden únicamente al 11.7% de las más de 22,000 unidades que conforman el área de estudio (Tabla XV). No obstante esto, se presenta en toda el área, tendiendo a formar algunas agrupaciones notables en torno a las cadenas montañosas, como en el caso de La Rumorosa hasta el Cañón del Tajo, o desde el Cerro del Centinela hacia el sur hasta la Sierra del Mayor; o desde el Cañón de Las Cuevitas hasta la Sierra Santa Isabel y la localidad de Puertecitos (Fig. 15).

Las unidades de Índice Edafológico MEDIO comprenden el 36.32% del área (Tabla XV). Su distribución es relativamente homogénea en forma de franjas delgadas en la Sierra Santa Isabel, a lo largo de la Sierra San Felipe, periferia de Sierra Cucapá y Sierra El Mayor, además de la zona de La Rumorosa. Su mayor densidad se concentra al sur de San Felipe. Finalmente en el Valle de Mexicali y Delta del Río Colorado los patrones lineales se encuentran más dispersas, con excepción de la Ciénega de Santa Clara y Algodones (Fig. 15).

El Índice Edafológico BAJO, cubre al 51.93 % del total del área de estudio (Tabla XV). Su distribución en el área de estudio es en grandes grupos, los cuales concuerdan en su mayoría con zonas de bajo relieve como es la Laguna Salada, Delta del Río Colorado y el Valle de Mexicali, mientras que algunas áreas coincide con el escarpe de la Sierra San Pedro Mártir, así como la zona

norte de la Sierra San Felipe, y la SierraCucapá (Fig. 15).

Tabla XIV. Cobertura de Índice Edafológico Modelo de Pereira (2013) y Silva (2013).

VALOR	KM ²	%
ALTO	2,563.15	11.75
MEDIO	7,922.84	36.32
BAJO	11,328.01	51.93

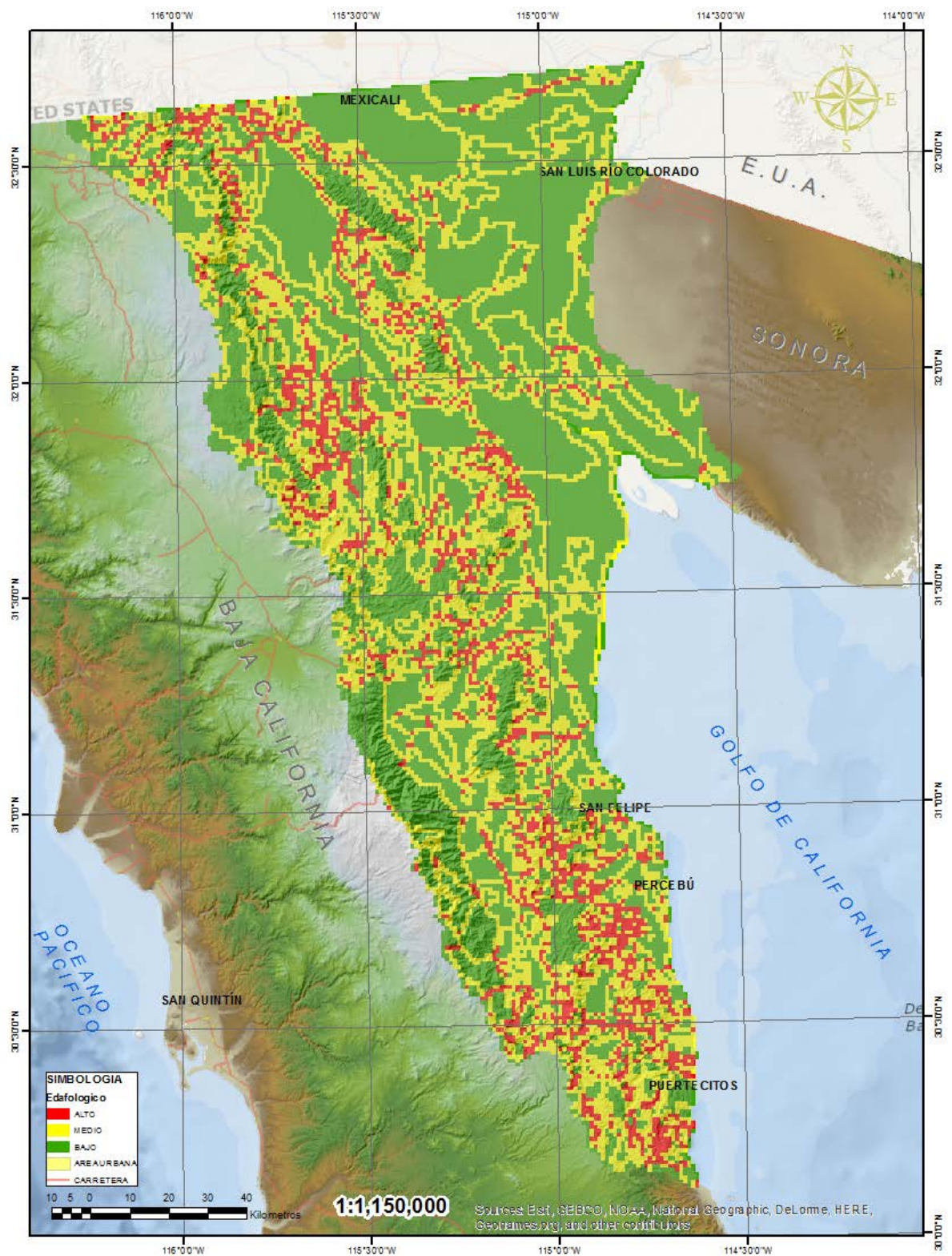


Figura 15. Índice Edafológico de acuerdo al Modelo propuesto por Pereira (2013) y Silva (2013).

6.11.4. Índice Paleontológico

El índice paleontológico del área de estudio, en su mayoría es BAJO, con un porcentaje de cobertura del 98.76%, por lo que es posible decir que el área es pobre paleontológicamente (Tabla XVI). Los sitios de Índice Paleontológico MEDIO representan el 1.21% del área (Tabla XVI). Su distribución, denota sitios aislados, como al este de la Sierra Cucapá y otro sitio en el extremo norte de la Sierra las Pintas, así como un área pequeña de Algodones, una franja a lo largo de la línea de costa al norte de San Felipe, al oeste de San Felipe en la zona del paso entre el Cañón de Las Cuevitas y Valle Chico y, por último, en el extremo sur en los alrededores de Puertecitos (Fig. 16).

Las zonas de Índice Paleontológico ALTO son escasas, corresponden tan solo al 0.04% del área (Tabla XVI). Corresponde a tres sitios: el de mayor cobertura ubicado en el Golfo de Santa Clara; el segundo en la zona cercana a Puertecitos, y el tercero en el la diatomita de San Felipe (Fig. 16).

Tabla XV. Cobertura de Índice Paleontológico Modelo de Pereira (2013) y Silva (2013).

VALOR	KM ²	%
ALTO	8.73	0.04
MEDIO	263.95	1.21
BAJO	21,543.51	98.76

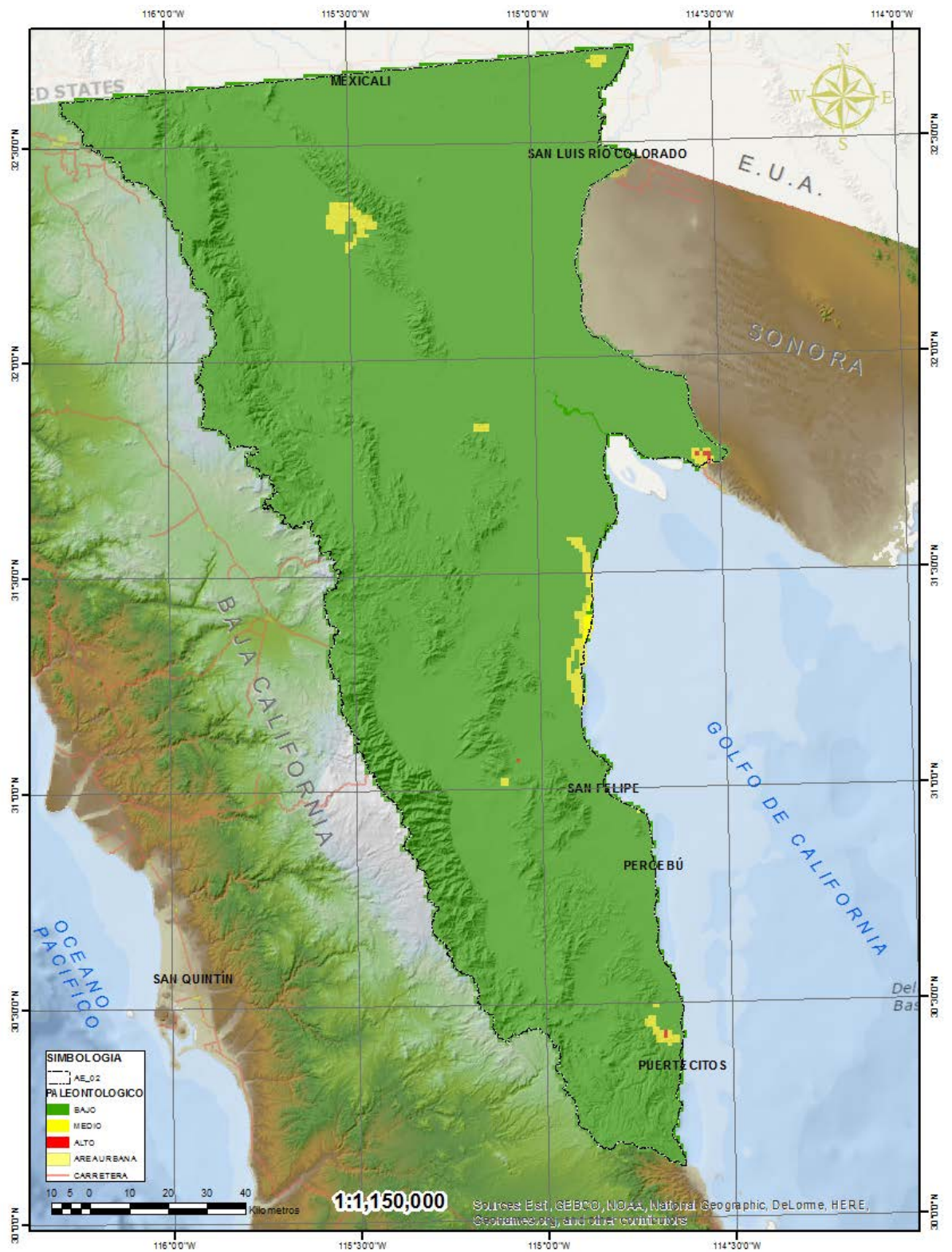


Figura 16. Índice Paleontológico de acuerdo al Modelo propuesto por Pereira (2013) y Silva (2013).

6.11.5. *Índice de Geodiversidad*

El Índice de Geodiversidad (IGDps) resultante de la sumatoria de los índices mencionados anteriormente arrojó que el 19.9% de la superficie total del área de estudio, presenta un Índice de Geodiversidad ALTO (Tabla XVII, Figura 16). Su distribución es predominante en la zona oeste, y al norte destacan La Rumorosa y el escarpe de la Sierra Juárez; al este el Cerro El Centinela y la periferia de Sierra Cucapá y Cerro el Mayor, al igual que el Volcán de Cerro Prieto. En la zona central del área El Paso de San Matías, Sierra Las Pintas, y la periferia del bloque norte de la Sierra San Felipe. En tanto abarca desde el Cañón de las Cuevitas, a lo largo de la periferia de la Sierra San Felipe, hasta la Sierra Santa Isabel y Puertecitos (Fig. 17).

Las áreas con IGDps MEDIO corresponde al 41.6% de la superficie total del área de estudio (Tabla XVII). Su distribución abarca gran parte del lado oeste. En la zona este, correspondiente al Delta del Río Colorado y Valle de Mexicali, resalta la cuenca del Río Colorado y Río Hardy, además de la línea costera hasta San Felipe (Fig. 17).

Por último, las áreas con IGDps BAJO corresponde al 38.5% del área (Tabla XVII). La cobertura de este valor predomina al noreste, correspondiente al Delta del Río Colorado y el Valle de Mexicali. Así mismo ocurren varias zonas de IGDps bajo a lo largo de la Laguna Salada. Finalmente se encuentran áreas de

IGDps Bajo a lo largo de la Sierra de San Pedro Mártir y Valle Chico (Fig. 17).

Tabla XVI. Cobertura de Índice de Geodiversidad de acuerdo al Modelo de Pereira (2013) y Silva (2013).

VALOR	KM ²	%
ALTO	4,340.99	19.9
MEDIO	9,074.62	41.6
BAJO	8,398.39	38.5

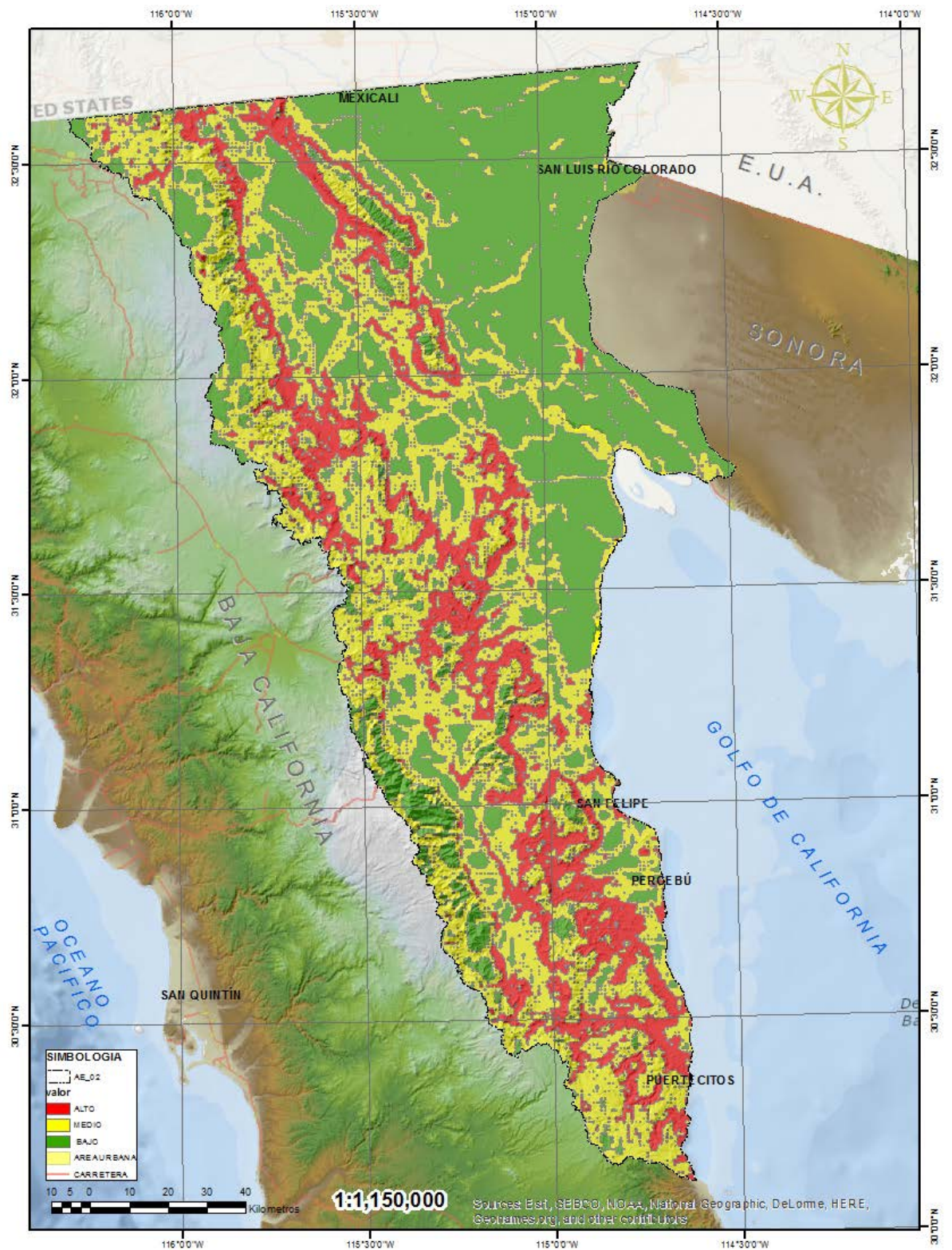


Figura 17. Índice de Geodiversidad de acuerdo al Modelo propuesto por Pereira (2013) y Silva (2013).

6.12. Modelo propuesto

El modelo propuesto incorpora aspectos de la metodología propuesta por Pereira (2013) y la de Serrano y Ruiz (2007). Para este modelo se manejaron cuatro índices: Geológico, Geomorfológico, Paleontológico y Cultural, además de la capa de los Lugares de Interés de Patrimonio Geológico, LIGs.

6.12.1. Índice Geológico:

De acuerdo al índice Geológico se determinó que el 61.71% de las unidades son de valor bajo (Tabla XVIII). Comprende en general los valles, llanuras y planicies, como el Valle de Mexicali, Delta del Río Colorado, Laguna del Diablo y Laguna Salada y, en algunas secciones, la zona de la Sierra de San Pedro Mártir (Fig. 18).

El valor MEDIO cubre el 20.38% de las unidades (Tabla XVIII), comprendiendo los alrededores de la zona de La Rumorosa, en las faldas de las Sierras Cucapá, San Felipe, Juárez, Cerro Borrego, y los alrededores de las localidades de Percebú y Puertecitos, ubicadas en el extremo sur del área de estudio. El 17.91% restante presenta un índice geológico ALTO (Tabla XVIII). Aún cuando se distribuyen a todo lo largo del área de estudio, se concentra en la zona sur alrededor de Puertecitos, en la parte centro en la Sierra Las Pintas, y en la zona norte en el costado oeste de la Sierra Cucapá y escarpe de la Sierra de Juárez (Fig. 18).

Tabla XVII. Cobertura de Índice Geológico Modelo propuesto por este trabajo.

VALOR	KM ²	%
ALTO	3,906.89	17.91
MEDIO	4,445.69	20.38
BAJO	13,461.42	61.71

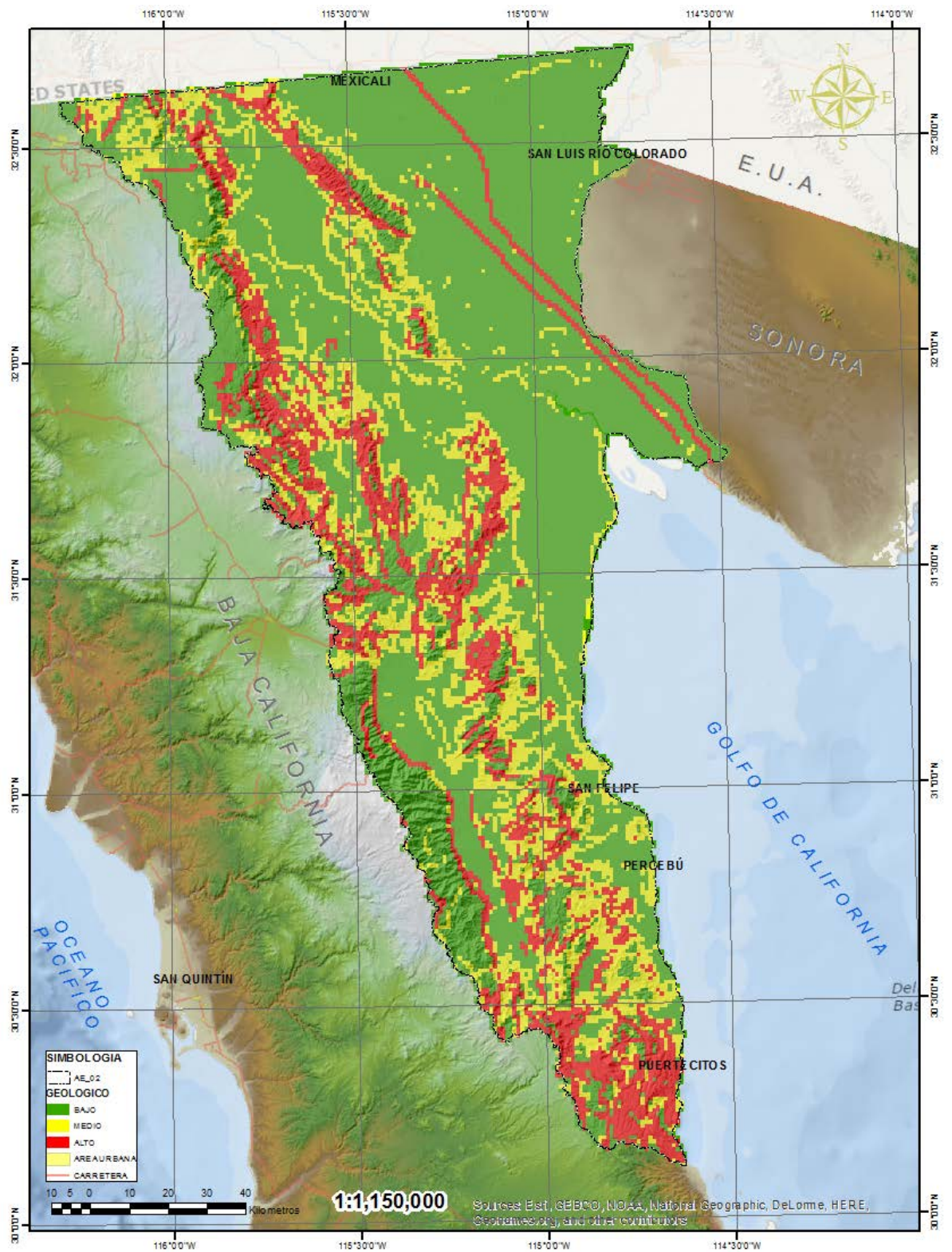


Figura 18. Índice Geológico de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo.

6.12.2. *Índice Geomorfológico:*

El valor ALTO del índice geomorfológico (IGm), abarca tan solo el 6.5% de la superficie del área de estudio (Tabla XIX). Comprende franjas delgadas de norte a sur desde La Rumorosa, el escarpe de la Sierra de Juárez, alrededor de la Sierra Cucapá, el este de la Sierra de Las Tinajas, la Sierra Las Pintas, el este de la Sierra San Felipe y, la zona de Puertecitos. Así mismo, en sitios aislados como San Luis Rio Colorado, la zona este de la desembocadura del Rio Colorado, y algunas localidades a lo largo de la Sierra Juárez, Sierra San Pedro Mártir, San Felipe y Percebú (Fig. 19).

Las áreas con índice geomorfológico MEDIO, representa el 44.1% de la superficie (Tabla XIX). Abarca una franja amplia de norte a sur a lo largo de cañones y zonas altas, recorriendo desde la Sierra de Juárez hasta Puertecitos. Además, comprende desde la Sierra de Las Tinajas, a lo largo de la Sierra San Felipe hasta Puertecitos, y las sierras Las Pintas, Cucapá, y El Mayor. Otras zonas de menor tamaño con IGmMEDIO es la zona del cauce del Río Hardy, así como algunas zonas en los alrededores de San Felipe (Fig. 19).

El Índice Geomorfológico BAJO cubre el 49.34% de la superficie (Tabla XIX). Abarca zonas de bajo relieve como la Laguna Salada, el Valle de Mexicali, Delta del Río Colorado, Valle Chico, Laguna del Diablo y, Valle de San Felipe

(Fig. 19).

Tabla XVIII. Cobertura de Índice Geomorfológico Modelo propuesto por este trabajo.

VALOR	KM ²	%
ALTO	1,417.91	6.5
MEDIO	9,619.97	44.1
BAJO	10,776.12	49.4

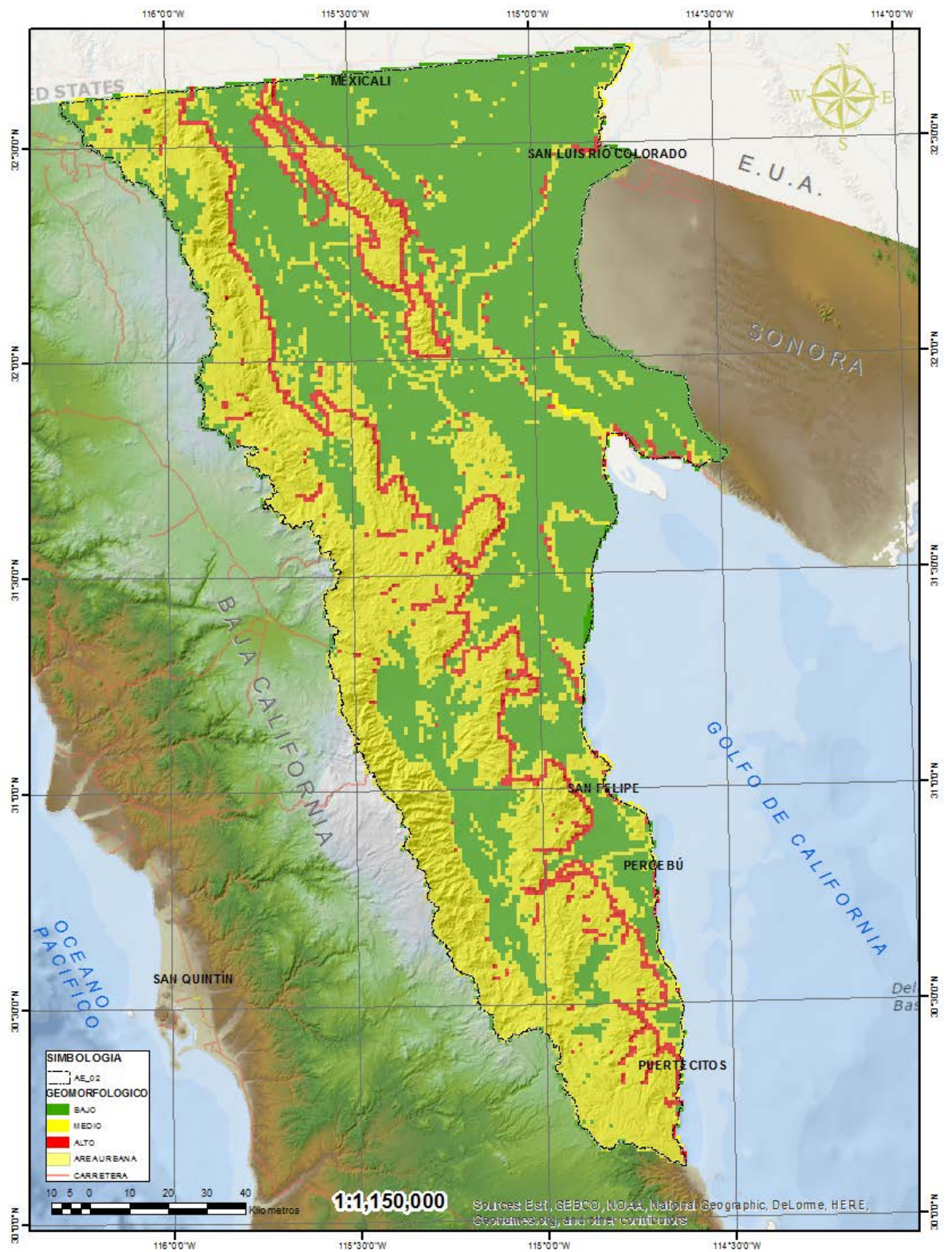


Figura 19. Índice Geomorfológico de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo.

6.12.3. Índice Paleontológico:

El índice paleontológico en general es BAJO, ya que el 98.76% del área de estudio no presenta rasgos paleontológicos (Tabla XX). En tanto los sitios con Índice paleontológico MEDIO representan el 1.21% (Tabla XX). Su distribución, denota sitios aislados, como al este de la Sierra Cucapá y en el extremo norte de la Sierra Las Pintas. También figuran un área alrededor de Algodones, una franja a lo largo de la línea de costa al norte de San Felipe, el área entre el Cañón de Las Cuevitas y Valle Chico y, en el extremo sur del área en Puertecitos (Fig. 20).

Las zonas de índice Paleontológico ALTO son escasas, corresponden solo el 0.04% de la superficie (Tabla XX), en la que se ubican tres sitios: el de mayor cobertura ubicado en el Golfo de Santa Clara; el segundo en la zona cercana a Puertecitos y, el tercero en el Cañón Las Cuevitas (Fig. 20).

Tabla XIX. Cobertura de Índice Geomorfológico Modelo propuesto por este trabajo.

VALOR	KM ²	%
ALTO	8.7256	0.04
MEDIO	263.9494	1.21
BAJO	21543.5064	98.76

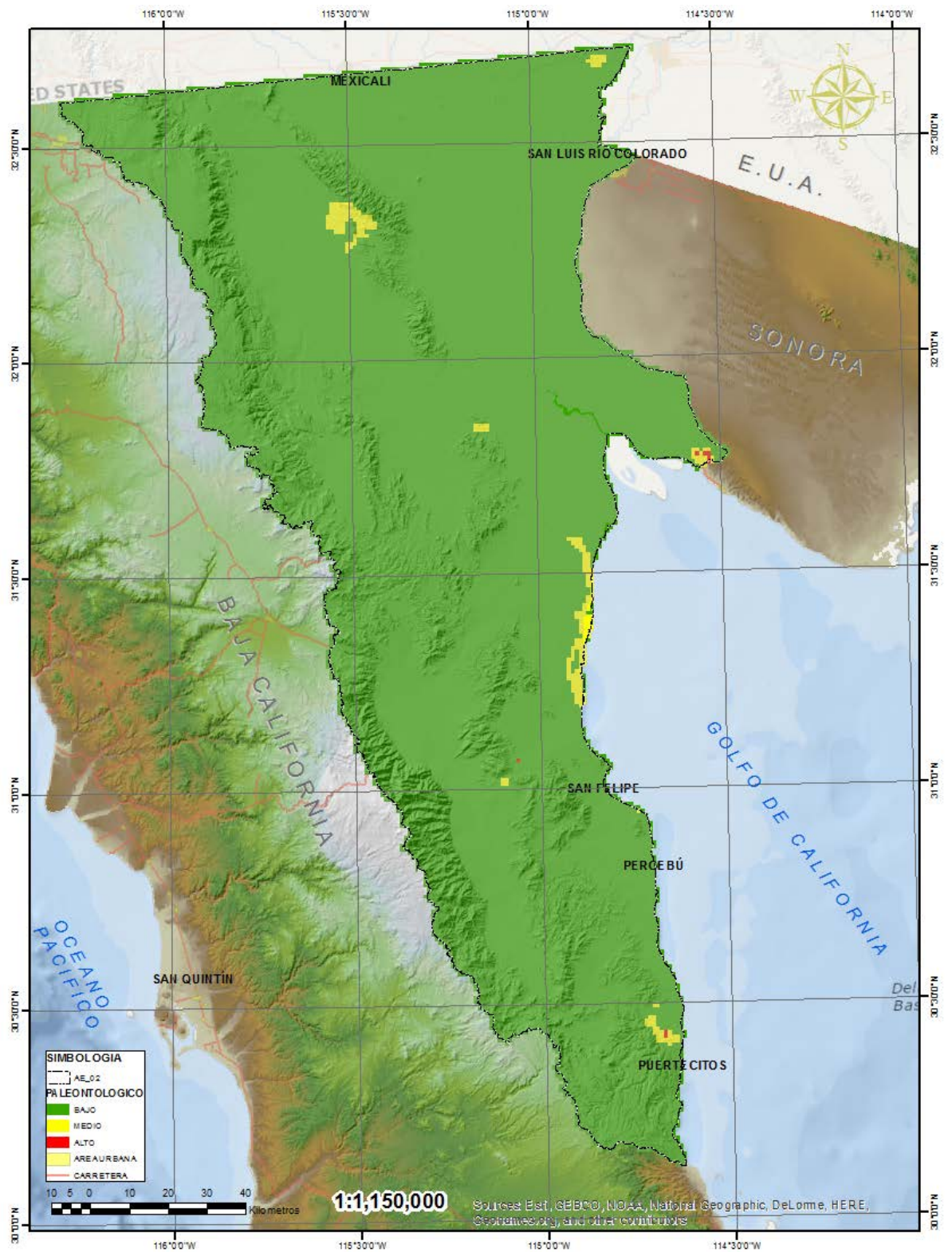


Figura 20. Índice Paleontológico de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo.

6.12.4. *Índice Cultural:*

El índice cultural considera la presencia de sitios arqueológicos, históricos y de interés para la divulgación de las relaciones del hombre con el entorno geológico. En el 98.91 % del área el índice cultural es BAJO, 1.01% MEDIO y 0.08 % es ALTO. En general el índice BAJO cubre la mayor parte del área. La mayoría de los sitios de valor MEDIO se distribuyen puntualmente a lo largo de la Sierra de Juárez, San Pedro Mártir y Cucapá. Así mismo, por la costa desde Puertecitos hasta San Felipe.

El índice cultural ALTO solo en la zona norte y noroccidental del área de estudio en el Valle de Mexicali y Sierra Juárez, particularmente alrededor del área de La Rumorosa y al sur del Paso de San Matías y norte de la Sierra Pinta (Fig. 21).

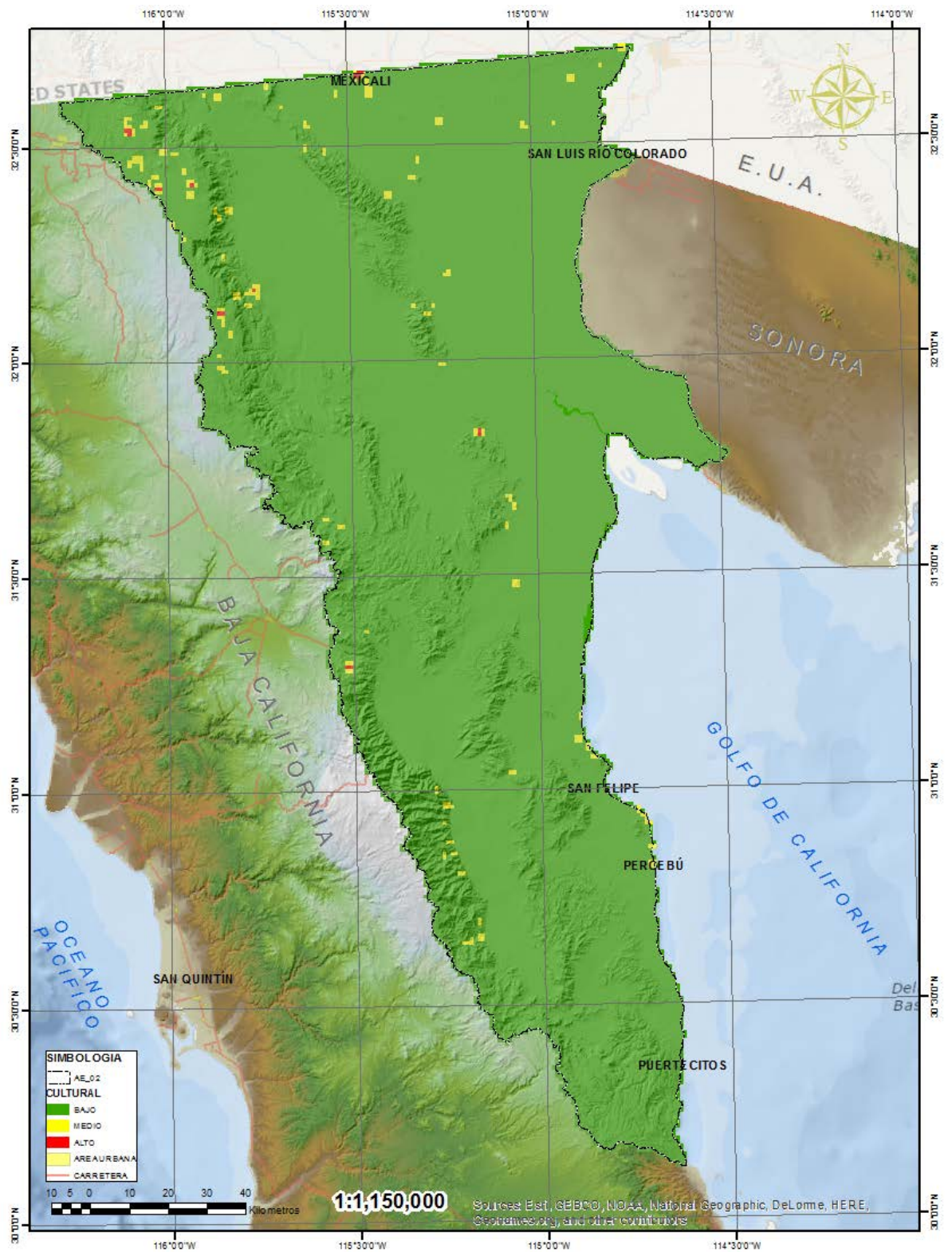


Figura 21. Índice Cultural de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo.

6.12.5. *Índice de Geodiversidad (IGDn):*

Se utilizaron dos versiones del modelo propuesto: en el primero no se tomó en consideración los LIG's mientras que en el segundo se incorporaron como un índice adicional para lo que se utilizó la valoración del ejercicio previo.

Con el modelo que se corrió sin considerar los LIG's, se obtuvo que el 44.6% de la superficie presenta un índice de Geodiversidad BAJO (Tabla XXI). En la zona norte del ocurren en el Valle de Mexicali, el Delta del Río Colorado, la Laguna Salada, el Arroyo de En medio, así como el Rancho Carmelo. En la zona central, el Valle de Santa Clara, mientras que en la zona sur Valle Chico, Llanos San Fermín, el área de San Rafael así como los alrededores de Huatomate (Fig. 22).

El 29.4% de la superficie tiene un IGDn MEDIO (Tabla XXI). Ocurre como franjas a lo largo de la Sierra de Juárez, del escarpe de la Sierra de San Pedro Mártir, en la periferia de la Sierra Cucapá, y El Mayor, y a lo largo de los márgenes de la Sierra Las Pintas y San Felipe. Además ocurre parcialmente en la zona de Valle Chico y la Laguna del Diablo.

En la zona del Delta del Río Colorado se aprecian algunos sitios de valor MEDIO a lo largo de la cuenca del Río Colorado, y sitios puntualmente en Los Cuervitos, El Volcán de Cerro Prieto y la Ciénega de Santa Clara (Fig. 22).

El IGDn ALTO cubre el 26% de la superficie (Tabla XXI). De norte a sur ocurre principalmente a lo largo de la zona este y central del área de estudio, comprendiendo la zona norte de la Sierra de Juárez, el Paso de San Matías, Sierra de las Tinajas, Las Pintas, Sierra Cucapá y el Mayor. Mientras que en la zona sur recorre a lo largo de la Sierra de San Felipe, Sierra de San Fermín, hasta Puertecitos. Al nororiente, a lo largo de la costa del Delta del Río Colorado también presentan IGDn alto, así como cerca de la Ciénega de Santa Clara. Finalmente se observan dos zonas en la zona norte central y oriental: el Volcán de Cerro Prieto, ubicado en el Valle de Mexicali, y en Algodones, en el extremo este de la zona (Fig. 22).

Tabla XX. Cobertura del Índice de Geodiversidad Modelo propuesto por este trabajo

VALOR	km ²	%
ALTO	5,666.05	26.0
MEDIO	6,417.72	29.4
BAJO	9,730.10	44.6

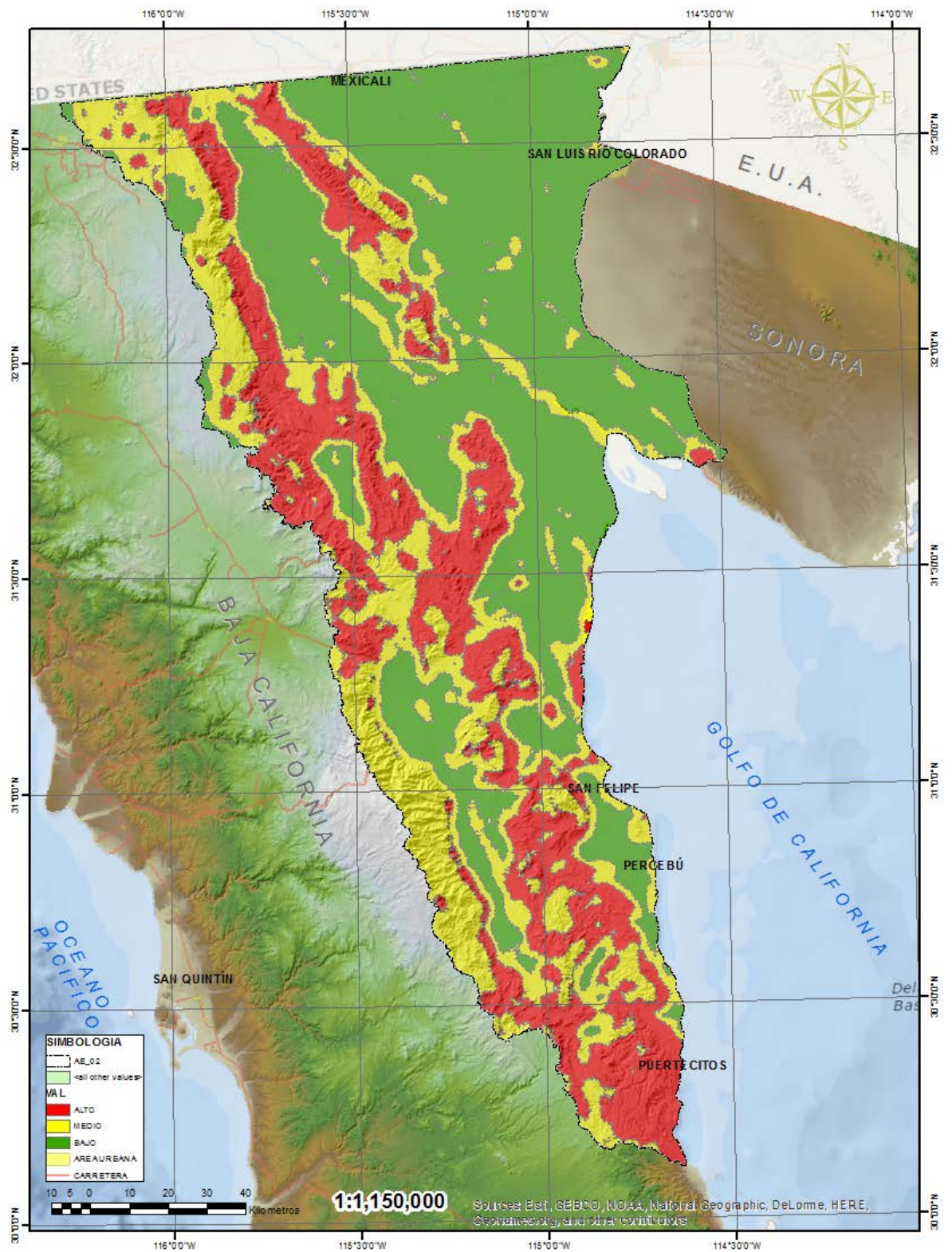


Figura 22 Índice de Geodiversidad de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo.

6.12.6. *Índice de Geodiversidad propuesto (IGDn), conLIG's*

El IGDn ALTO, corresponde al 19.8% de la superficie total del área de estudio, equivalente a 4,314 km² (Tabla XXII). Cubre parte del extremo noroccidental en La Rumorosa, así como sitios aislados a lo largo del escarpe de la Sierra Juárez. En la zona norte central destaca el Cerro del Centinela, la Sierra Cucapá y El Mayor. En el extremo nororiente destaca el sitio de Los Cuervitos, al sur de este sitio resalta otro al sur de la Ciénega de Santa Clara. En la zona central del área abarca la Sierra Las Pintas y Sierra San Felipe, y en el extremo sur del área en la localidad de Puertecitos (Fig. 23).

El IGDn MEDIO corresponde al 36.7% de la superficie (Tabla XXII). Se delimita una zona en el extremo noreste que corresponde a la zona de Algodones. Al sur ocurre en una área de aproximadamente 72ha que corresponde a la Ciénega de Santa Clara. Al oeste de este sitio a lo largo del Delta del Río Colorado se encuentra otra región que aparenta seguir el cauce del Río Colorado y Hardy. El área de IGDn Medio más notoria recorre de forma casi continua de norte a sur a lo largo de las Sierra de Juárez y Cucapá, alrededor de la Laguna Salada sin incluirla. Esta poligonal continúa hacia el sur a lo largo de la Sierra San Pedro Mártir y San Felipe sin cubrir la Laguna del Diablo y Valle Chico, hasta llegar a la Sierra de Santa Isabel.

El 43.5% de la superficie tiene un IGDn BAJO (Tabla XXII). Estas son extensas, y comprenden parte del Valle de Mexicali, Delta del Río Colorado y Laguna Salada. Al sur comprende la Laguna del Diablo, Valle Chico, y las bajadas donde se encuentra la localidad de las Minitas.

Tabla XXI. Cobertura del Índice de Geodiversidad Modelo propuesto por este trabajo

VALOR	km ²	%
ALTO	4,314.23	19.8
MEDIO	8,012.36	36.7
BAJO	9,487.27	43.5

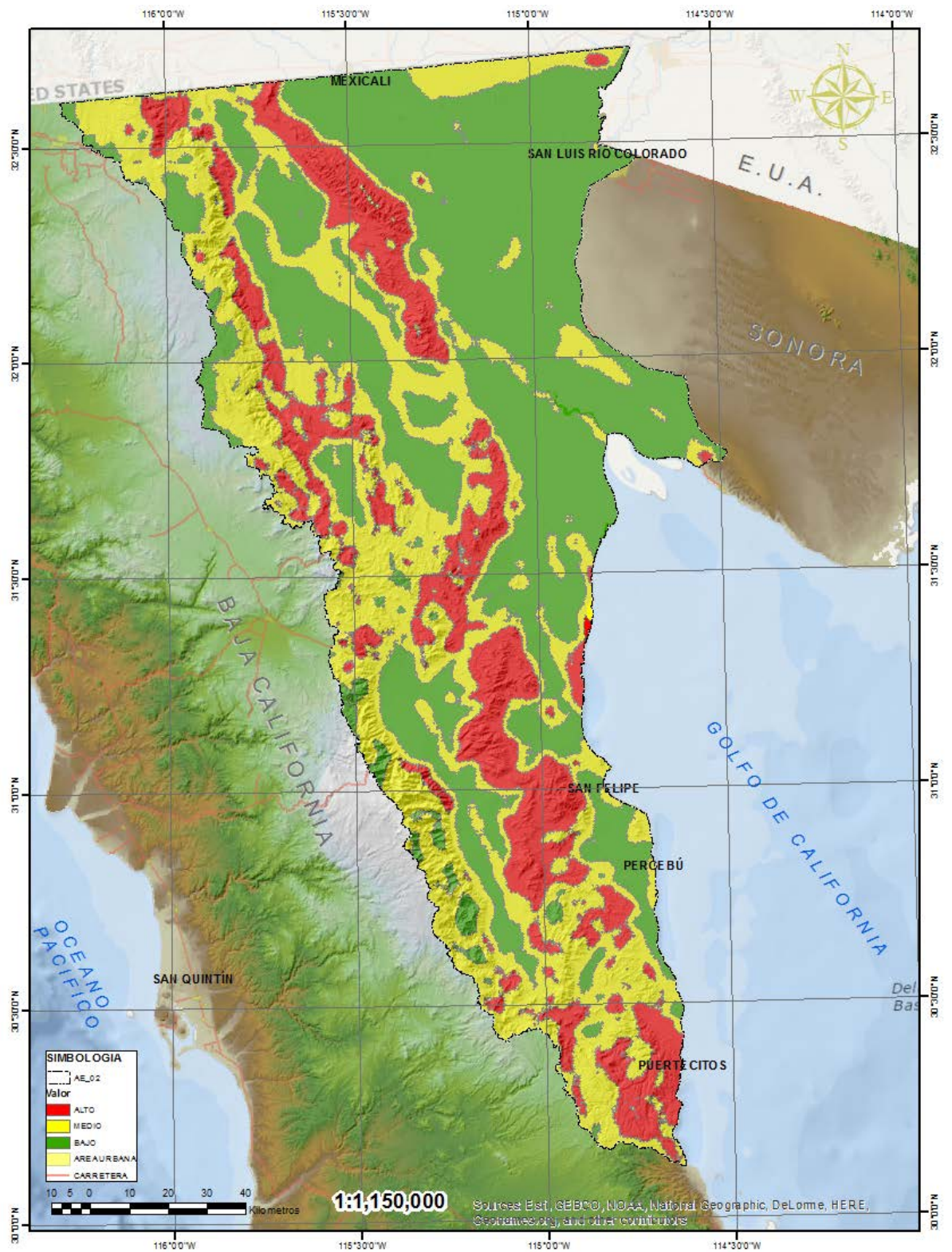


Figura 23. Índice de Geodiversidad con LIG's de acuerdo al Modelo propuesto por este trabajo.

7. DISCUSIÓN:

La delimitación del área de estudio varía entre autores, Serrano (2007) y Pereira (2013) utilizan límites administrativos, y Silva (2013) utiliza los límites de la cuenca de drenaje de Xingu. En ocasiones esta delimitación dependerá, de la naturaleza del proyecto, en los programas de ordenamiento acuícola de CONAPESCA, para aguas interiores se utilizó las subcuencas hidrológicas administrativas para delimitar el área de estudio, esto como fusión de rasgos naturales como administrativos, con el objetivo de facilitar la gestión y manejo de los recursos entre las regiones administrativas correspondientes, sea estados o municipios.

Para este trabajo de igual forma se consideraron las sub-cuencas hidrológicas de la región, al igual que los límites administrativos (la frontera internacional con E.U.A.). Para delimitar el área de estudio, las sub-cuencas fueron seleccionadas en relación a la zona del Delta del Río Colorado y la Sierra de Baja California.

El uso de las entrevistas tuvo como objetivos, primero, identificar sitios que podrían ser considerados de interés como patrimonio geológico, y segundo, generar una idea o concepto base de la percepción de los habitantes y visitas de las distintas localidades, con respecto a su entorno en términos de su geodiversidad. De dichas entrevistas no se logró determinar sitios nuevos, que no hayan resultado de la investigación bibliográfica previa al trabajo de campo.

En cuanto a la percepción de su entorno concierne, existe un evidente apego por el valor paisajístico de los sitios, ya que este resulta más tangible, al igual que los sitios predefinidos como destinos recreativos, como son las playas y dunas. La educación ambiental comunitaria es un componente de suma importancia, para lograr concordar los intereses culturales, sociales y económicos, con la conservación del entorno tanto abiótico como biótico.

El trabajo de Tapia-Landeros (2009) “Algunos Geosimbolos de Baja California”, sitios sugeridos por el Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte durante los trabajos de gabinete, y otros recopilados de diversas fuentes, conformaron la lista de los 54 lugares de interés como patrimonio geológico.

Algunos de los sitios de interés como patrimonio geológico se encuentran ubicados geográficamente cerca, por lo que se podría considerar agruparlos para reducir el número sitios, y a su vez integrarlos en unidades que engloben varios rasgos de interés. Esto podría ser el caso del Cañón de Las Cuevitas. Dentro de este sitio se encuentran delimitados cinco LIG's, la diatomita, depósitos del Pleistoceno, una formación volcánica compuesta de riolita, un muro de conglomerado, una pared de laminado de dunas fósiles, el Cerro de Las Cuevitas, formaciones derivadas de procesos tectónicos, y a su alrededor la Sierra de San Felipe. Además de que éste sitio tiene como componente paisajístico la vista hacia el Picacho del Diablo uno de los geo-símbolos descritos por Tapia-Landeros (2009), todo en una área de alrededor de 29km².

La visita a los sitios durante el trabajo de campo fue crucial para su descripción y valoración, junto con la información bibliográfica. Algunos de los sitios no fue posible visitarlos ya que su acceso resulta complicado, en ocasiones por las distancia y condición de los caminos. Aun así se logró visitar 37 de los 54 sitios, de los cuales se tomó registro fotográfico y se corroboró la ubicación geográfica con equipo GPS. La valoración de los sitios que no se logró visitar, se basó únicamente en datos bibliográficos.

En la valoración del sitio, el puntaje más alto fue asignado a La Rumorosa, ya que es un sitio que tiene mucho que ofrecer en términos paisajístico. Su valor didáctico es alto ya que se puede utilizar para ejemplificar diversos procesos geológicos, tectónicos, además de petrológicos, así como sitios históricos y arqueológicos, además de su cercanía a los museos de sitio Vallecitos y Campo Alaska. Su cañón es de uso recreativo para senderistas así como conductores de vehículo todo terreno, además de ser un geosímbolo muy arraigado como parte del folklor de los mexicalenses.

Dicho caso se repite con otro sitio que presentó la siguiente puntuación directa inferior, El Cerro del Centinela, el cual además de ser geosímbolo y objeto de folklor mexicalense, es un sitio recreativo para senderistas y en su lado oeste se encuentran las dunas para conductores de vehículos todo terreno. Es un sitio de interés científico ya que cerca de esta zona se encuentra, a pie de carretera,

una parte de la falla que se dio a conocer con el terremoto del 2010, sitio y objeto de estudios de tectónica.

Por otro lado, la diatomita en la zona de San Felipe recibió uno de los puntajes más bajos, a pesar de ser un sitio de considerable importancia. Este sitio se podría considerar en conjunto con los depósitos marinos del Plioceno, el Cerro de Las Cuevitas, la formación volcánica de riolita, los muros de conglomerado y el de laminado de dunas fósiles que se encuentran en las inmediaciones de este mismo sitio, de esta forma entraría en una categoría superior, de interés para patrimonio geológico.

El modelo de Serrano y Ruiz(2007) aplicado al área de estudio determinó que el 28.57% de la superficie presenta un de alto índice de geodiversidad, el 49.36% medio y el 21.83% bajo. En cuanto a su ejecución, el modelo concuerda con las conclusiones de Serrano y Ruiz (2007), es un modelo sencillo de aplicar, sin embargo, las extensas unidades de muestreo llegan a generalizar valoración de regiones, y en algunos casos exagerar ú hacer caso omiso. Uno de ellos es el área correspondiente a La Rumorosa, que tiene Índice de Geodiversidad bajo. El escarpe de la Sierra de San Pedro Mártir, que es un rasgo geomorfológico y tectónico predominante en la zona, también queda valorado con Índice de Geodiversidad bajo.

Existen zonas valoradas como altas que son planicies o valles, que su valor se

ve influenciado por los ríos, y fallas principalmente. Es necesario reevaluar la ejecución de dicho modelo en este ejercicio, y reagrupar algunos rasgos como fallas y ríos, ya que es evidente su influencia en el resultado del modelo al considerar el número de rasgos y al ser éstos, y explorar la necesidad de implementar ponderaciones adicionales, en particular en estos rasgos.

En el caso de los modelos de Silva (2013) y Pereira (2013), fue necesario realizar algunas modificaciones a la metodología, dada la disponibilidad de algunas capas de información y la escala de las mismas.

El índice geológico del modelo de Pereira (2013), se conforma de los indicadores de: tipo de roca, sistema de fallas y fracturas, no se aprecia que un indicador domine sobre el otro, los sitios de mayor valor se deben a la predominante presencia de rasgos.

El índice geomorfológico incorpora la red hidrológica, sistema de topoformas y provincias fisiográficas, la influencia de este último sobre el índice es notorio, los valores más altos, destacan a lo largo de la franja de colindancia entre las provincias fisiográficas. Mientras que el índice minero presento escasos sitios de valor medio y aún más escasos los de valor alto, ya que solo se tomó consideración las minas que se encuentran en operación e hizo falta recopilar e incorporar información adicional de los recursos mineros en la zona de estudio.

En el índice paleontológico se ven reflejados los sitios que presentan depósitos fosilíferos de interés, las zonas de valor bajo son sitios que presentan ausencia de los mismos, los valores medios representan sitios que tuvieron afloramientos de un solo tipo, como es el caso de Los Cheniers, en la zona oeste del Delta del Río Colorado, que a pesar de ser extensos, es un solo rasgo. Mientras que en la zona este del Delta del Río Colorado presentó valor alto debido a que en este sitio, Croxenillet *al.* (2007) reportan varios afloramientos de distintas especies entre aves, carnívoros, peses, lagomorfos, proboscidea, por mencionar algunos.

El modelo para determinar el índice de geodiversidad, basado o en la metodología propuesta por Pereira (2013) y Silva (2013), resulta de las sumatoria de los índices ya mencionados, donde el 19% de la superficie total del área de estudio resultó tener un índice de geodiversidad ALTO, el patrón que refleja estas zonas, asemeja al de los límites de las subprovincias fisiográficas, a este rasgo se le asignó un valor más alto, como es sugerido por los autores, medida que se ve reflejada en el producto final. Además se aprecian algunos rasgos con círculos concéntricos o círculos en secuencias lineales, producto de la metodología de interpolación IDW implementada, resultado común en métodos lineales como Nearest Neighbor.

El modelo propuesto por este trabajo sigue la metodología propuesta por Pereira (2013) con algunas variantes, entre ellas, se incorpora la pendiente como es sugerido en la metodología de Serrano y Ruiz (2007), con la misma

ponderación. Así mismo, los índices edafológico y minero son incorporados como parte del índice geológico, cada índice fue normalizado para asegurar el mismo rango de datos. Finalmente se incorporó un índice adicional, el cultural en el que se toma en consideración los sitios históricos arqueológicos y de difusión cultural, como parte de la relación de las actividades antropogénicas con su entorno abiótico, sin considerar la actividad minera, que ya está considerada en el índice geológico.

El índice geológico modificado mostro diferencias en la cobertura total de las áreas de valor alto y se aprecia una dispersión de los sitios de valor medio, el valor normalizado de la fallas influencio los valores resultantes. Mientras que al índice geomorfológico se le incorporo el coeficiente de rugosidad como un indicador más. El índice resultante redistribuyo los valores medios a la zonas de las sierras y pendientes abruptas, con ello se considera que los sitios que presentan pendientes más abruptas, son sitios con mayor probabilidad de tener rasgos geomorfológicos de importancia y atractivo visual, ya que *“la rugosidad del terreno implica un aumento en la complejidad micro y topoclimatica, incidiendo en el incremento de la geodiversidad” Serrano y Ruiz (2009).*

Para el modelo propuesto se implementó el método de interpolación Krigging, con la intención de suavizar las áreas resultantes y facilitar la delimitación de sitios de interés.

Por último se corrió el mismo ejercicio con una diferencia adicional, se incorporó los LIG's como un índice adicional, estos se incorporó utilizando como peso, el valor asignado resultado del ejercicio de valoración de estos sitios, estos valores fueron normalizados e incorporados en la matriz de dato. El mapa resultante presento menos áreas con IGD alto, pero mejor delimitadas.

Los ejercicios realizados con el método de Pereira y el propuesto coincidieron en el 64% de las superficies valoradas, de ese 64% el índice bajo coincidió en un 48%, el medio en un 28% y los sitios de valor alto en un 22%. Mientras que la relación entre el modelo desarrollado con la metodología propuesta por Serrano y Ruiz y el método propuesto, el porcentaje de áreas concuerdan con tan solo del 23.6%, del cual el 23.2% son de valor alto, 36.7% de valor medio y 39.9% de valor bajo.

El método de interpolación implementado por Silva, en su ejercicio fue IDW (método de Distancias Inversas), con este método se toma como suposición que el valor de la variable representada disminuye conforme se aleja del punto de muestreo (Silva, 2013). En el caso del modelo propuesto, se implementó la metodología Krigging, el cual tiene sus bases en la geo-estadística. Este método incorpora la distancia entre puntos de muestreo y la variación entre los mismo, para con ello determinar un comportamiento espacial. Varios autores coinciden, en que ningún método es mejor que el otro (Gonzáles y Abella). Aun así existen trabajos, como los de Yaserbi *et al*, 2009, y Ziary y Safari, 2007,

quienes hicieron la comparación de los resultados de sus experimentos corriendo ambas pruebas, y concluyen, que los resultados obtenidos del método de Krigging resultan ser de mayor precisión.

Dentro de las áreas de IGD alto se encuentran algunos de los sitios propuestos por Landeros (2009) como geo-símbolos de Baja California entre ellos esta; El cerro del Centinela, que desde tiempos prehistóricos se utilizó como referencia visual. A partir de 1846, cuando se trazó la línea fronteriza adquirió el símbolo de referencia de donde inicia la patria. Además de ser uno de los objetos de folklor y símbolo de los mexicalenses y bajacalifornianos, ejemplificado en el corrido “El Cachanilla”, de Antoni Valdés Herrera. A partir del terremoto del 2010, se volvió sitio de investigación, de geólogos y sismólogos, dadas las fallas que se formaron a causa de dicho terremoto. El Volcán de Cerro Prieto, objeto de leyendas Cucapá. Este es un cono volcánico del cuaternario ubicado 32km al sur de Mexicali, que se encuentra sobre las fallas Imperial y San Jacinto (Lomnitzstal, 1970). Pico Guadalupe, ubicado en el Cañón de Guadalupe a 1,200msnm, lleva este nombre ya que a cierta hora del día, este asemeja la forma de la Virgen de Guadalupe, esta formación, fue punto de referencia para los viajeros de la Laguna Salada, como indicador de la ubicación del manantial de agua, así como rutas prehispánicas que ascienden la Sierra Juárez, (Landeros, 2009). El Capirote, recibe su nombre del termino español para los becerros de dos tonalidades, esta formación destacar, en cuanto a su tonalidad, fue de uso como referencia para los viajeros de la

Laguna Salada (Landeros, 2009).

Cerro Witiñam, o Cerro de la Noche (tiñam significa noche en kiliwa), fue y es un símbolo de referencia para viajeros (Landeros 2009). Sierra Las Pintas, recibe su nombre de su apariencia, fue un punto de referencia para navegantes de la región. Es un sitio con valor científico, ya que en él se han hecho descubrimiento de fósiles del paleozoico. Hoy en día es sitio de actividad minera, en lo que ahora se conoce como la mina San Felipe, anteriormente Mina Moctezuma. Pozo Salado, en un yacimiento de agua poco salobre, a sus orillas lo evidencia el salitre formado, este sitio para el viajero era un aguaje vital para la trayectoria. Cerro el Chinero, que recibe su nombre de una historia que data de 1916, acerca de 70 migrantes de origen oriental que se dirigían Mexicali a trabajar en agosto, su guía de forma equivoca los llevo hasta su muerte, El Mayor o Montaña Aguila (WI spa), para los Cucapá, es de suma importancia para esta cultura, ya que fue sitio ceremonial y fuente de muchos de sus mitos (Porcayo, 2013), a sus costados se pueden apreciar grandes formaciones de rocas metamórficas y abanicos aluviales, que pueden ser de uso didáctico y paisajístico.

En las zonas delimitadas con valor medio encontramos algunos sitios propuestos como geosimbolos; Picachos, Cañón el Tajo, pozo Coyote, es un pozo de agua ubicado al sur de la sierra del Mayor, y es objeto de leyenda Cucapá. El Picacho del Diablo formación prominente y más alta del estado con

3,100 msnm, es atractivo turístico para senderistas y alpinistas. El Cerro el Borrego, recibe su nombre de su apariencia, y que por muchos años fue sitio de casería del borrego cimarrón además de ser punto de referencia para viajeros que recorrían la región. La Laguna del Diablo y Pozo Salado. La Laguna Salada se encuentra ubicada en área valorada con IGD bajo.

Diferentes elementos de la geodiversidad necesitan ser protegidos y gestionados, de diferentes formas, la educación juega un papel importante en ello. Parte de la conservación debe incluir el estudio y divulgación de los valores e intereses geológicos de las distintas áreas Gray (2005).

En este trabajo se intenta tomar los primeros pasos para la generación de una herramienta de gestión de la geodiversidad, no con la idea de protección, sino la de proponer un esquema de conservación, por responsabilidad social.

Existen varias definiciones para el término de geodiversidad, y de igual forma varios modelos, en este ejercicio se intentó realizar una comparación entre dos modelos propuestos, y probados, y un modelo propuesto inspirado por los dos anteriores, a pesar de tener cierto nivel de coincidencia entre los modelos es evidente que cada proceso tiene sus virtudes y sus debilidades.

Este esquema es el buscado por la UNESCO, para el establecimiento de geoparques, en el que los habitantes de la zona son los que se hacen

responsables de la salvaguarda de los sitios de patrimonio geológico y son ellos los beneficiarios de la derrama económica directa del turismo generado. El primer paso en todo proceso de gestión es la generación de un inventario inicial de los elementos que incorporan el escenario geológico, seguido por su valoración, propuesta y gestión.

Existe en Baja California una gran ventaja que puede facilitar el desarrollo de programas de gestión de esta índole y es que, Baja California es de los últimos espacios en el país en el que gran parte de su territorio natural se encuentra intacto. Esto gracias a las bajas tasas de crecimiento de las zonas urbanas, con la excepción de localidades como Tijuana, Mexicali, Tecate, Ensenada, San Felipe, San Quintín y Rosarito.

A nivel Mundial el turismo aporte el 9% del PIB. En el 2013 el turismo aportó el 8.7% del PIB a nivel nacional, y para 2014 la secretaria de turismo proyectó un crecimiento del 21.5%. El desarrollo de este tipo de herramientas de gestión, abre la posibilidad al aprovechamiento sustentable de los espacios naturales, para el desarrollo de actividades de turismo creativo (UNESCO 2006), turismo educativo, turismo cinegético, turismo ornitológico, ecoturismo y turismo deportivo, los cuales conforman 7 de las 9 ramas emergentes con gran potencial en el estado, según el Programa estatal de Turismo 2015-2019 Del Estado De Baja California.

8. CONCLUSIONES:

- En el área de estudio se identificaron 54 sitios que se consideraron como lugares de interés para el patrimonio geológico, con una mayor concentración en la zona norte y media del área de estudio.
- La irregularidad en las escalas de la información disponible, puede generar errores no previstos en la generación e interpretación de los resultados obtenidos, por lo que resulta necesario tomar medidas para generar información confiable y de la misma escala.
- Las entrevistas muestran que tanto los habitantes de las localidades como turistas tienen mayor interés en la zona costera, principalmente las playas como sitios para realizar actividades recreativas, y en un menor porcentaje sitios con importancia arqueológica como las pinturas rupestres.
- Es necesario ampliar el aspecto social de este proyecto, y trabajar en conjunto con expertos en temas de índole social con el objetivo principal de enriquecer la interpretación de la información recopilada y las propuestas que pueden surgir de la misma.
- En el modelo propuesto por Serrano y Ruiz (2007) el 28.57% de la superficie total del área de estudio presenta un IGD ALTO , abarcando mayormente la zona sur, alrededor de las localidades de Puertecitos, San Felipe, La Laguna del Diablo y Vallecitos.

- La metodología propuesta por Serrano y Ruiz (2007) no fue la más adecuada, dadas las extensas áreas de las unidades de muestreo, debido a que se corre el riesgo de generalizar, hacer caso omiso o sobrevaluar las unidades.
- El modelo propuesto por Pereira (2013) determinó que el 19.9% de la superficie total del área de estudio presenta un IGD ALTO con distribución predominante en la zona oeste, la cual corresponde al escarpe de la Sierra Juárez, la Sierra San Felipe, hasta la Sierra Santa Isabel y Puertecitos.
- La incorporación de la pendiente en el modelo propuesto favoreció las zonas montañosas, ya que es en estas regiones se reflejan los rasgos geomorfológicos, que presentan mayor impacto paisajístico e incrementan las probabilidades de localizar sitios arqueológicos.
- El método Krigging, a pesar de ser más tardado y demandar más recursos de los equipos de cómputo, ofrece un producto cartográfico que facilita su interpretación.
- El método IDW de interpolación, requiere menos recursos del equipo de cómputo pero el producto cartográfico que produce presenta círculos concéntricos y secuencias de círculos lineales los cuales no parecen concordar con lo esperado y lo observado en campo.
- El modelo propuesto en este trabajo sin incluir los LIG's determino que el 26% de la superficie del área de estudio presenta un IGDn ALTO el cual

se presenta de norte a sur principalmente desde la zona norte de la Sierra de Juárez, el Paso de San Matías, Sierra de las Tinajas, Las Pintas, Sierra Cucapá y el Mayor. Mientras que en la zona sur recorre a lo largo de la Sierra de San Felipe, Sierra de San Fermín, hasta Puertecitos.

- El modelo propuesto en este trabajo incluyendo los LIG's determino que el 19.8% de la superficie del area de estudio presenta un IGDn ALTO, correspondiente a la zona norte central donde destaca el Cerro del Centinela, la Sierra Cucapá, El Mayor, Sierra Las Pintas y Sierra San Felipe, finalizando en la localidad de Puertecitos.
- Se obtuvo una compatibilidad del 64% entre el modelo propuesto en este trabajo y el utilizado por Pereira (2013) y Silva (2013), dado que el modelo propuesto utilizo como base la metodología descrita por dichos autores. A este se le agregó capas adicionales de información, además se utilizó otro método de interpolación y el método de selección de rango de criterios para la valoración.
- Los tres modelos coincidieron en encontrar con aptitud ALTA el área alrededor del Cerro del Sentinela y extremo norte de la Sierra Cucapa, en esta zona se puede encontrar diversas formaciones, y procesos geológicos, al igual que sitios arqueológicos y paleontológicos, localizado a pie de carretera y reconocida por los habitantes como icono de folclor de los mexicalenses.

- Los tres modelos coincidieron en encontrar con aptitud ALTA el área correspondiente a la Sierra San Felipe, Zona la cual Andersen (1973) describe con gran detalle en cuanto a su riqueza geológica, y paleontológica, además de contar con sitios arqueológicos.
- Los tres modelos coincidieron en encontrar con aptitud ALTA el área alrededor de puertecitos, en esta zona se puede encontrar diversas formaciones, y procesos geológicos, al igual que sitios arqueológicos y paleontológicos, en un área relativamente pequeña, de fácil acceso y reconocida por los habitantes y turistas como destino por sus playas y aguas termales.
- Los resultados obtenidos establecen un punto de partida para el desarrollo de estudios más detallados en el ámbito de la geodiversidad, y el desarrollo de posibles herramientas de gestión, para esta zona.

9. Bibliografía:

- o Andersen R.L., 1973, Geology of the playa San Felipe quadrangle, Baja California, México, tesis de maestria, Sandiego Stat University, 266pp.
- o Burlando M., Firpo M., Queirolo C., Rovere, A. y M. Vacchi. 2011. From geohgeritage to sustainable development: strategies and perspectives in the Beigua Geopark (Italy). *Geoheritage*. 3:63-72.
- o Brusca, R. C. 1980. Ahand book to the Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of CaliforniaUniv. Ariz. Press, 2a. ed. Tucson.
- o Carreño A. L. y J.T. Smith. 2007. Stratigraphy and correlation for the ancient Gulf of California and Baja California peninsula, México. *Bulletins of American paleontology*. 371: 145pp.
- o Croxen III F. W., Shaw C.A. y D.R. Sussman. 2007. Geología y paleontología del Pleistoceno del Delta del Río Colorado, el Golfode Santa Clara, Sonora, México. En: R. E. Reynolds, Ed. *Wild Scienice and rapid: A trip down the Colorado River trough. The 2007 desert symposium field guide and abstract from proceedings*. California State University, Fullerton, Desert studies consortium, 84-89pp.
- o Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2007. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, México; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Junio2007.
- o Cruz-Castillo M.; 2002; Catálogo de fallas regionales activas en el Norte de Baja

California, México; Unión Geofísica Mexicana A.C.

- o Diario Oficial de la Federación (DOF). 1993. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera, la región conocida como Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, ubicado en aguas del Golfo de California y los municipios de Mexicali, B. C. de Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado Son. 10 Junio 1993.
- o Durand, L. y J. Jiménez. 2010. Sobre áreas naturales protegidas y la construcción de no- lugares. Notas para México. Revista Líder. 16:59-72.
- o Enriquez, M., y R. Pena dos Reis. 2011. Geoconservation as an emerging geoscience. *Geoheritage*.3:117-128.
- o Flessa, Karl W.; Kowalewski, Michal; 1995; Tafonomía comparativa y composición faunística de Cheniers de conchas del Noroeste de Baja California; *Ciencias Marinas*, 21(2): 155 -177pp.
- o Gastil G., Phillips R.,E. Allison; 1975; Reconnaissance Geology of the State of Baja California; The Geological Society of America Inc.; Memoir 140; 92pp.
- o Gray M., 2004. Geodiversity valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons Ltd, Inglaterra.450pp.
- o Gutiérrez, G. y J. I. González. 1989. Predicciones de Mareas de 1990: Estaciones Mareográficas del CICESE. Informe Técnico OC-89-01, CICESE, Ensenada, B.C., México.
- o Hendrickson, J.R. 1973. Study of the marine environment of The Northern Gulf of California. The cnical report to Goddard Spaceflight Center, Greenbelt,

Maryland. 106pp.

- o Henriques, M.H., Dos Reis, R.P., Brilha J. y T. Mota. 2011. Geoconservation as an emerging geoscience; *Geoheritage*. 3:117-128.
- o INEGI, 2004. Guía para la interpretación de cartografía. Edafología. Aguascalientes. 28 pp.
- o Jenks, G.F, 1967, The data model concept in statistical mapping, *International Yearbook of cartography*, 7:186-190p.
- o Jiménez, A.R., Mondejar, F.G. y E.C. Gómez. 2003. Conservación del medio natural. Su relación con la biodiversidad. En: *Patrimonio geológico y minero y desarrollo regional*. I. Rabano, I. Manteca y C. García (eds.), IGME.ISBN84-7840-497-X.97-106pp.
- o Lominitz, C., Mooser, F., Allen, C.R., Brune, J.N. y W. Thatcher. 1970. Sismicidad y tectónica de la re norte del Golfo de California, México. Resultados preliminares. *Revista de la Unión Geofísica Mexicana*. 10(2):37-48pp.
- o Palacio-Prieto, J. L. 2013. Geositios, geomorfositios y geoparques: importancia situación actual y perspectivas en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*.82:24-37.
- o Martín-Barajas A., Stock J.; 1993; Estratigrafía y petrología de la secuencia volcánica de puertecitos, noreste de baja california. transición de un arco volcánico a rift. En: *Contribuciones a la Tectónica del Occidente de México*, Monografía No.1 Unión Geofísica Mexicana; editores Delgado-Argote, L.A. y Martin Brajas A.; pp 66-89.

- o Prieto, J. L. 2013; Sin protección legal el patrimonio geológico y geomorfológico de México; Boletín UNAM-DGCS-450.
- o Sánchez-Ogás, Y. y G. Trujillo Muñoz, 1987. De tierras muy lejanas. La cultura indígena en Baja California. Secretaría de Educación Pública, Promoción Cultural. México.127pp.
- o Sánchez-Ramírez, O.1992. El Distrito de riego del Río Colorado. Calafia. 2:15-20pp.
- o Shaw, C.A. 1981. The Middle Pleistocene El Golfo local fauna from north-western Sonora, México: Tesis de Maestría, California State University, Long Beach, C.A., 141pp.
- o Serrano Cañadas, E. y P. Ruiz Flaño. 2007. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiernes Caracena (Soria); Boletín de la A. G. E. 45:79-98pp.
- o Sobrazo, P. 2007. Geoparques. Hacia un nuevo modelo de conservación; Boletín informativo de la Coordinación de la Investigación Científica. Ciudad Universitaria. 70:8-9pp.
- o Strahler A., 1957, Quantative analysis of watershed geomorfology; Transaction, American Geophysical Union; Vol. 38, No. 6; pp 913 – 920.
- o Thompson. 1968. Tidal Flat Sedimentation on the Colorado River delta, North-western Gulf of California; The Geological Society of America, inc. Memoir 107.140pp.
- o UNESCO. 2010. Directrices y Criterios para parques nacionales interesados en

recibir asistencia de la UNESCO para integrar a la red mundial de geoparques.

- o Cruz-Castillo, M. 2002. Catálogo de las fallas regionales activas en el norte de Baja California, México. GEOS. Unión Geofísica Mexicana, A.C.
- o Gutiérrez-Aguilar, C.A. 1996. Orígenes del Valle de Mexicali.
- o Minch, J., Minch, E., Minch, J. y Ledesma-Vázquez. 2003. Caminos de Baja California. Geología y biología para su viaje. John Minch and Associates, Inc. Estados Unidos. 186 pp.
- o Noyola-Medrano, M.C., Hinojosa-Corona, A. y Martín-Barajas, A. 2005. Caracterización litológica de regiones desérticas mediante técnicas de percepción remota: Un ejemplo en la franja costera central de Baja California, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 22(2):229-245.
- o Ochoa-Zazueta, J. A. 1980 El origen del Río Colorado, el Golfo de California y el Valle de Mexicali en la tradición nativa cucapá. Calafia. 4(2).
- o Tapia-Landeros, A. 2009. Algunos geosímbolos de Baja California, Identidad y memoria colectiva de la ruralidad. Culturales. 5(10):139-176.

10. ANEXOS:

10.1. Valoración de LIG's

SITIOS DE INTERES		TIPO DE INTERES										TIPO DE USO				ALCANCE	
		ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICA	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO		ECONOMICO
1	CHENIERS		A			M			A				A	A	A		I
2	TRES POZOS									M	M	A	M		B		R
3	CASA DE PIEDRA									M	M		M				R
4	CERRO WITMIAM							A				A	M				R
5	MINA MOCTEZUMA						A			A			B		M	A	N
6	POZO COYOTE									M	M	A	M		B		R
7	DEPOSITOS PLEISTOCENO	M	A	A		M		M	A		M		A	M	A		R
8	CERRO PRIETO			A	M			M	A	M		A	A	A	A	A	I
9	CERRO EL BORREGO					M		M				A	B			B	R
10	SIERRA LAS PINTAS						A	A		M		A					N
11	MESA EL VENADO							M		B		A	B				R
12	PICO DE GUADALUPE											A					R
13	CERRO EL CANELO				A		B	A		B		A	B				R
14	VOLCAN PRIETO				A			A					M		A		R
15	EL CAPIROTE							M				A	B				R
16	EL CHINERO							B		A		A					R
17	EL MAYOR			A				M		M	A	A	M	A	A	M	R
18	LAGUNA JUAREZ							A		A	M	A	A	M	A		I
19	CERRO EL CENTINELA		B	A	M	M	M	A	A	A	B	A	A	A	A	B	R
20	CERRO MATOMI				M			A				A	B	M	M		R
21	CERRO LOS HEME											M					R
22	CERRO SAN JUAN DE DIOS							A		A	M	A	M		M		R
23	LA RUMOROSA			A	M		M	A	M	A	A	A	A	A	A	M	I
24	PICACHO DEL DIABLO			A	M			A		M	A	A	A	M	A		I
25	PICACHOS							M				A	M				R
26	SALINA								A				M		A	M	R
27	EL MORENO				A			M	B						A		R
28	CAÑON DEL TAJO							A			M	A	A		M		R
29	LA VENTANA	A	A	A	M			M	A		B			A	A		I
30	LAGUNA SALADA							A	A			A	A				I
31	CAÑON DE GUADALUPE							M			A		A		M		N
32	LAGUNA DEL DIABLO							A	A				M				R
33	DUNAS PLIOCENO		A	M		M		A						M	A		R
34	ALGODONES		A			M	A	A	A	M			A	M	M	A	R
35	POZO AGUA SALADA				M			M	M	M		M	B	M	M		R
36	DIATOMITA	A	A	M		M	M							A	A	M	I
37	CAÑON LAS CUEVITAS		M	M		B		B			M			B	M		R
38	EL MACHORRO		A					A									R
39	VALLECITOS							B	M		A	A	A	M	A	M	I
40	DEPOSITOS DEL PLIOCENO		A	M		M			B								R
41	CAÑON SIERRA SAN FELIPE	M	A	M	M	M	B		M					M	A	B	R
42	ESTACION RIITO									M			B		B		R
43	RIO COLORADO					M		A	A	B		M	A	A	A	A	I
44	PALMAS DEL CANTÚ			M	A		M	M		B	A		A	M	M	B	N
45	CAMPO ALASKA									A			M	B	A	B	N
46	LAS TINAJAS				M			M			A		A	M	A		R
47	PASO DE SAN MATIAS			A	M			A				A		M	A		R
48	LAGUNA PERCEBU					A		A	A	M	M		A	A	A		N
49	EL FARO	A	M			M		M	M		M		A	M	A		N
50	CIENEGA DE SANTA CLARA					B		A	M				A	A	A		I
51	CAMPO MOSQUEDA							B	B				A	M	M	M	R
52	LAGRIMAS DE APACHE				A			M	M		A	M	M	A	A		R
53	PUERTECITOS	A	A	A	A	M	B	A	A		B		A	A	A	M	R
54	SIERRA DE SAN FELIPE	A	A	A	A			A		M	A	M	A		A	A	R
55	SIERRA CUCAPA		M	A	B	B	M	A		B	A	M	M	A	A	A	R
56	VALLE CHICO		A	A				M	M		A		M	A	A		R
57	LOS CUERVITOS		A				M			A				A	A	A	R
58	RIO HARDY							M	B	M	A	M	A		M	M	R

10.2. Fichas Técnicas de LIG's

Nombre de LIG:
CHENIERS

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
Mexicali

Localidad:
Rancho el Moreno, Playa san Jose



UBICACION GEOGRAFICA	
LATITUD:	31.316776 °N
LONGITUD:	-114.887975 °W

COBERTURA	
LATITUD	de 31.582 a 31.193 °N
LONGITUD	de 114.923 a 114.853 °W

DIMENSIONES	
Longitud	42 km2
Altura Maxima	DND m
Superficie	9.97 km2

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO		ECONOMICO
	A				M			M				A	A	A		I
CLAVE	INTERES	A	Alto				M	Medio				B	Bajo			
	ALCANSE	I	Internacional				N	Nacional				R	Regional			

Descripcion

A orillas de las playas e islas de la zona oeste del delta del rio colorado extensas cordilleras de color blanco y crema, en su composicion se han identificado 33 taxas diferentes, de las cuales, de las cuales predomina la precensia de *M. coloradoensis*. Las cordilleras o monticulos de mas reciente creacion se encuentran mas cercano a la linea de costa, conforme se alej una de esta se encuentran formaciones cada vez mas antiguas, hasta llegar a formaciones que tienen antiguedad de mas de 5,000 años.

Nombre de LIG:
ALGODONES

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
Mexicali

Localidad:
Ejido Lázaro Cárdenas



UBICACION GEOGRAFICA	
LATITUD:	32.671184 °N
LONGITUD:	-115.074443 °W

COBERTURA	
LATITUD	de 32.611 a 32.781 °N
LONGITUD	de -114.742 a -115.316 °W

DIMENSIONES	
Longitud	42 km2
Altura Maxima	95 m
Superficie	268.52 km2

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO		ECONOMICO
	A				M	A	A	A	M			A	M	M	A	R
CLAVE	INTERES	A	Alto				M	Medio				B	Bajo			
	ALCANSE	I	Internacional				N	Nacional				R	Regional			

Descripcion

Es una meseta arenosa que delimita el antiguo Lago Caguila, era de agua dulce. Todavía para la época de la conquista, se relata de la presencia de este lago. La zona de algodones, es una planicie arenosa, que resulta de los depósitos del rio colorado, estas antigua planicies de inundación tenían la vegetación para sostener la mega fauna del pleistoceno. Por lo que se puede encontrar fósiles del pleistoceno que fueron arrastrados por el rio colorado. En su parte superior se encuentra formado por lo que denominas pavimento del desierto. La zona de inundación se extiende desde la zona de algodones hasta cerro prieto. Esto da origen a la depresión donde se encuentra actualmente la ciudad y valle de Mexicali. Actualmente en esta zona se extrae grava y arena de lo que son los depósitos fluviales del rio colorado. En esta zona así mismo se puede encontrar vestigios arqueológicos de los grupos Yumanos como los Cucapá.

Nombre de LIG:
MUSEO SITIO CAMPO ALASKA

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
TECATE

Localidad:
RUMOROSA



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	32.554386	°N	LONGITUD: -116.049236 °W

COVERTURA			
LATITUD	de	32.553	a 32.555 °N
LONGITUD	de	-116.051	a -116.051 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE
	ESTRATEGIA	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
CLAVE	INTERES	A			Alto				M		Medio		B			Bajo
	ALCANSE	I			Internacional				N		Nacional		R			Regional

DIMENSIONES		
Longitud	260	m
Altura Maxima	1,235	m
Superficie	2.8	ha

Descripcion

Fue construido en 1916, durante la administración del Coronel Esteban Cantú Jiménez, como parte de las obras que tenían como objetivo el desarrollo de vías de comunicación entre Mexicali y el resto del Distrito Norte, esta vía de comunicación cruzaba por el Campo Alaska. Donde de 1923 a 1925 el gobernador de este distrito Abelardo L. Rodríguez, construyó la casa de Gobierno, al igual que el cuartel donde habitaban las tropas y Estado Mayor. De igual forma se construyó la escuela primaria Agustín Ramírez de Rodríguez, donde se impartían clases. Las oficinas de gobierno funcionaban durante los meses de Junio a Octubre, con el objetivo de escapar del calor extremo del valle de Mexicali. En los 30's el gobernador del distrito en turno Jose Maria tapia Hiso de este sitio un manicomio, y hospital para tuberculos, que funcionaron hasta 1955.

Nombre de LIG:
Campo Mozqueda, Rio Hardy

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
Mexicali

Localidad:
Campo Mozqueda



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	32.159209	°N	LONGITUD: -115.280497 °W

COVERTURA			
LATITUD	de	31.997	a 32.273 °N
LONGITUD	de	115.316	a 115.068 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE
	ESTRATEGIA CO	PALEONTOLOG ICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOG ICO	MINERO	GEOMORFOLOG ICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGIC A	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
CLAVE						M	B	M	A	M	A	M	A	M	M	R
	INTERES	A	Alto					M	Medio			B	Bajo			
	ALCANSE	I	Internacional					N	Nacional			R	Regional			

DIMENSIONES		
Longitud	30	km
Altura Maxima	5	m
Superficie	5.5	km2

Descripcion

El Rio Hardy es un atractivo turístico bien conocido para los habitantes de la región y turistas internacionales., Ubicado a tan solo 50 km al Sur de la ciudad de Mexicali. Ha sido sitio de actividades del pueblo Cucapá, por muchos años. Recibe su nombre del explorador Sir William Hale Hardy, quien en 1826 exploraba el delta del Rio Colorado y "descubrió" que este tenía un ramal. Este es el único río navegable en baja california con una longitud de 26km. A orillas de Rio Hardy encontramos El Campo Mosqueda, este es un centro turístico fundado en 1955, que ofrece a los turistas, sitios de campismo y la posibilidad de rentar equipos de cayac, y la oportunidad de apreciar la flora y fauna de la región.

Nombre de LIG:
CERRO EL BORREGO

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	31.327698	°N	LONGITUD: -115.284089 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO		
					M		M				A	B		M		R	
CLAVE	INTERES		A		Alto				M		Medio			B		Bajo	
	ALCANSE		I		Internacional				N		Nacional			R		Regional	

DIMENSIONES		
Longitud	11	km
Altura Maxima	1,392	m
Superficie	53	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	31.281	a	31.366	°N
LONGITUD	de	115.326	a	115.227	°W

Descripcion

Representaba el fin del desierto San Felipe y la transición a la gran sierra. Su nombre data desde tiempos de la exploración española y significaba, el hábitat del borrego cimarrón. Su cúspide mayor, alcanza los 1,392 msnm. Su conformación es mayormente de Roca batolítica que al intruir presenta metamorfismo (roca metamórfica). En la zona se puede observar remanentes de los procesos de vulcanismo del cenozoico, El surgimiento del batolito peninsular, y formación de cerros islas. La llanura aluvial es indicador de la formación de un lago del pleistoceno. En el escenario tiene un alto valor didáctico, da la oportunidad de ver las evidencias de la evolución de este escenario.

Nombre de LIG:
CERRO EL CENTINELA

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:		°N	LONGITUD: °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
	B	A	M	M	M	A	A	A	B	A	A	A	A	A	R	
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo			
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional			

DIMENSIONES		
Longitud	7	km
Altura Maxima	800	m
Superficie	12	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	32.591	a	32.65	°N
LONGITUD	de	115.734	a	115.692	°W

Descripcion

El Cerro del Centinela tiene una altitud aproximada de 600 msnm. Su extremo norte consta de un lomerío de pequeña altura que se encuentra en el estado de California, mientras que por el lado mexicano cruza un acueducto a Tijuana. Se cuenta que para los exploradores españoles este sitio marcaba su rumbo cuando venían desde Sonora hacia California. Desde 1846, cuando la frontera fue establecida, éste cerro se convirtió en un lugar que indicaba donde comienza la patria y su nombre obedece a que simboliza el cuidador de Mexicali (Tapia-Landeros 2009). Se ah vuelto sitio de interes de estudio científico, posterior a l terremoto 2010, que expuso fallas que no habian sido documentadas.

Nombre de LIG:
CERRO LAS CUEVITAS

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
EL DORADO



UBICACION GEOGRAFICA				
LATITUD:	31.0388	°N	LONGITUD:	-115.07057 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE					
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO						
CLAVE	M	M		B		B			M			B	M		R						
	INTERES			A			Alto			M			Medio			B			Bajo		
	ALCANSE			I			Internacional			N			Nacional			R			Regional		

DIMENSIONES		
Longitud	550	m
Altura Maxima	520	m
Superficie	3.15363	ha

COVERTURA					
LATITUD	de	31.038	a	31.039	°N
LONGITUD	de	115.072	a	115.068	°W

Descripcion

En este sitio es posible observar un cerro, el cual se encuentra lleno de cuevas pequeñas, y su formación muestra una evidencia de procesos tectónicos de la zona, además del acumulamiento de restos paleontológicos y de algunos sitios arqueológicos. Es un sitio que muestra impacto antropogenico con evidencias de acumulación y quema de basura.

Nombre de LIG:
VOLCAN DE CERRO PRIETO

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
CERRO PRIETO



UBICACION GEOGRAFICA				
LATITUD:	32.418286	°N	LONGITUD:	-115.307024 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE		
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO			
CLAVE	A		A	M		M		M	M		A	A	A	A	A	A		
	INTERES			A			Alto			M			Medio			B		Bajo
	ALCANSE			I			Internacional			N			Nacional			R		Regional

DIMENSIONES		
Longitud	1.8	km
Altura Maxima	180	m
Superficie	1.73	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	32.41	a	32.426	°N
LONGITUD	de	115.315	a	115.298	°W

Descripcion

Cerro Prieto se localiza entre la zona agrícola del valle de Mexicali y la Sierra Cucapá, y es una manifestación volcánica de un centro de dispersión del piso oceánico y es exactamente ahí donde nace la Falla de Cerro Prieto y se conecta con la Falla Imperial que llega hasta Mar de Salto y es en este sitio donde llega la Falla de San Andrés. Minch y colaboradores 2003 lo describen como un cono volcánico Cuaternario con levantadas rocas sedimentarias del Terciario a sus lados.

Para los indígenas Cucapá, cerro Prieto simboliza la huella agonizante del monstruo acuoso del mito del "Muchacho travieso". "El animal se revuelca. Luego regresa, pero ahí queda la huella de su agonía. Ahí está la piedra negra, el cerro prieto, ahí está la grasa hirviendo, ahí todos la pueden ver, el que quiera puede ir a verla" (Ochoa 1980)

Nombre de LIG:
CIENEGA DE SANTA CLARA

Estado:
SONORA

Municipio:
SAN LUIS RIO COLORADO

Localidad:
EJIDO LUIS ENCINAS JHONSON



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	32.008861	°N	LONGITUD: -114.8684 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
					B		A	M				A	A	A		I
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo			
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional			

DIMENSIONES		
Longitud	20	km
Altura Maxima	10	m
Superficie	68	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	31.948	a	32.066	°N
LONGITUD	de	114.94	a	114.771	°W

Descripcion

Es un humedal artificial alimentado por el Canal de Huelton. Dicho canal es de aguas residuales salobres provenientes de los Estados Unidos, los cuales le dan vida a la cienega. Es el último humedal que queda del Delta del Río Colorado y es un buen ejemplo de cómo era anteriormente el Delta del Colorado. Formando parte de una extensa meseta arenosa que abarca desde la zona de algodones junto a la línea fronteriza y que se conecta con la de Santa Clara.

En esta zona es posible encontrar diversas especies de peces nativos, como es el caso del cachorrito del desierto, siendo esta uno de los pocos hábitats que le quedan a esta especie.

Los impactos ocasionados por la reducción del flujo fluvial tienen su inicio con la construcción de la presa Hoover en los años de 1931-1936 durante la época de la gran depresión, pero no fue hasta 1966, cuando se llenó el vaso de la presa de Glen Canyon que se impactó por completo la zona deltaica del Río Colorado.

Nombre de LIG:
DUNAS DEL PLEISTOCENO

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	31.223373	°N	LONGITUD: -114.920043 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
	A	M		M		A						M	A		R	
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo			
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional			

DIMENSIONES		
Longitud	1.9	km
Altura Maxima	35	m
Superficie	1.3	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	31.217	a	31.23	°N
LONGITUD	de	114.931	a	114.911	°W

Descripcion

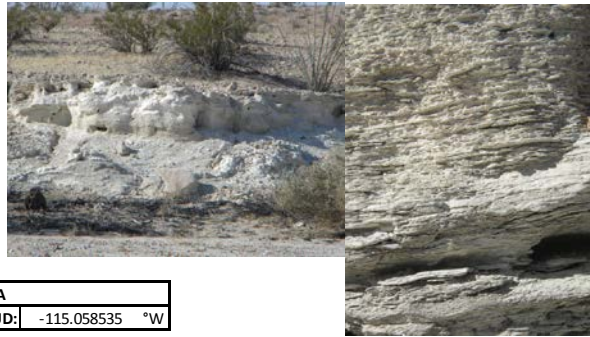
Este sitio está conformado por depósitos del Pleistoceno y se asume que son deltaicos ya que presentan una laminación muy delgada, los cuales contrastan con los depósitos encontrados en el Caño de Las Cuevitas, los cuales se encuentran inclinados por procesos tectónicos. En este sitio, al no presentar inclinación, es posible pensar que son de formación mucho más reciente. Se muestran depósitos fosilíferos y deltaicos que le proveen a este sitio un valor didáctico y debido a que no ha sido interpretado aun, es posible suponer que tiene un valor científico.

Nombre de LIG:
LA DIATOMITA

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
SAN FELIPE



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	31.064765 °N	LONGITUD:	-115.058535 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO		ECONOMICO
	A	A	M		M	M							A	A		M
CLAVE	INTERES		A		Alto				M		Medio		B		Bajo	
	ALCANSE		I		Internacional				N		Nacional		R		Regional	

DIMENSIONES		
Longitud	340	m
Altura Maxima	440	m
Superficie	17.5	ha

COVERTURA					
LATITUD	de	31.064	a	31.065	°N
LONGITUD	de	115.06	a	115.057	°W

Descripcion

Este sitio presenta sedimentos fechados en el Mioceno, los cuales se piensa que están relacionados con el protogolfo, antes de la apertura del Golfo de California hace aproximadamente 16 Ma. Es un sitio de suma importancia geológica que actualmente es explotado. Se recomienda la conservación de al menos una porción del mismo como muestra representativa del valor científico que representa debido a que no existe otro afloramiento de diatomita en la región. Cabe mencionar que el sitio también se encuentra cubierto de sedimentos del Pleistoceno, los cuales son altamente fosilíferos al ser sedimentos muy arenosos donde abundan fósiles de organismos marinos.

Nombre de LIG:
VALLE CHICO

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
SAN FELIPE



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	31.008095 °N	LONGITUD:	-115.107161 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES											TIPO DE USO				ALCANCE
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
	A	A				M	M			A	M	A	A		R	
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo			
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional			

DIMENSIONES		
Longitud	5.7	km
Altura Maxima	600	m
Superficie	11.67	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	30.99	a	31.028	°N
LONGITUD	de	115.133	a	115.073	°W

Descripcion

En este sitio es posible observar capas inclinadas, las cuales se encuentran una sobre otra y donde se presentan fósiles. Toda esta zona fue cubierta por mares someros durante el Pleistoceno, y posteriormente a causa de movimientos tectónicos se inclinaron las capas, dando una importancia tectónica a este sitio. Los fósiles localizados a lo largo del cañón de las cuevas son un indicador del contacto con el mar durante el Mioceno, mientras que los fósiles de aguas someras de la zona indican que dicha zona fue una bahía y de importancia paleontológica.

Nombre de LIG:
LAS TINAJAS

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
EJIDO HERIBERTO



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	32.486686	°N	LONGITUD: -115.56226 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE					
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO						
				M			M			A		A	M	A		R					
CLAVE	INTERES			A			Alto			M			Medio			B			Bajo		
	ALCANSE			I			Internacional			N			Nacional			R			Regional		

DIMENSIONES		
Longitud	190	m
Altura Maxima	145	m
Superficie	1.02	ha

COVERTURA					
LATITUD	de	32.486	a	32.487	°N
LONGITUD	de	115.563	a	115.561	°W

Descripcion

En esta zona es posible observar petrograbados, campamentos y zonas de hospedaje, así como senderos. También es posible observar abanicos aluviales, considerados rasgos geomorfológicos importantes, rocas metamórficas del Paleozoico así como un cañón bien marcado, el cual es considerado como un rasgo erosivo.

La roca de color claro son del batolito peninsular y a sus orillas se observan rocas metamórficas formadas al surgir el batolito. Son posibles de identificar como montes aislados de color rojo volcánico.

Nombre de LIG:
EL FARO

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
SAN FELIPE



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	30.945709	°N	LONGITUD: -114.737562 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
	A	M			M		M	M		M		A	M	A		
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo			
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional			

DIMENSIONES		
Longitud	700	m
Altura Maxima	35	m
Superficie	5.6	ha

COVERTURA					
LATITUD	de	30.944	a	30.947	°N
LONGITUD	de	114.741	a	114.734	°W

Descripcion

Esta zona es considerada como un sitio arqueológico al ser un antiguo conchero Kiliwa y donde se generó una industria importante de obsidiana. Además, se presentan depósitos del Pleistoceno, relacionados con lo que anteriormente era el Delta del Río Colorado así como ignofósiles, por lo que esta zona tiene un valor didáctico alto. En la parte inferior se pueden observar sedimentos marinos del Pleistoceno, dunas fósiles del Holoceno, así como dunas recientes que están intercaladas con los depósitos arqueológicos. Con el tiempo, esta zona ha sido completamente modificada, por lo que se destruyó el sistema de dunas, así como la interrupción de procesos. Los depósitos del Pleistoceno, mencionados anteriormente son areniscas bien consolidadas, las cuales presentan un alto contenido de fósiles, los cuales permiten hacer reconstrucciones paleontológicas. Además es posible observar la presencia de un sedimento fino con alto contenido de arcilla, los cuales son característicos de ambientes de baja energía. Se observan laminaciones de carbonato, conformadas principalmente por pastos marinos, lo cual indica que durante el Pleistoceno, el ambiente deltaico permaneció en la zona.

Nombre de LIG:
CERRO EL MORENO

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
SAN FELIPE



UBICACION GEOGRAFICA				
LATITUD:	31.209946	°N	LONGITUD:	-114.938903 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO				ALCANCE						
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO		ECONOMICO					
				A			M	B						A		R					
CLAVE	INTERES			A			Alto			M			Medio			B			Bajo		
	ALCANSE			I			Internacional			N			Nacional			R			Regional		

DIMENSIONES		
Longitud	911	m
Altura Maxima	130	m
Superficie	34	ha

COVERTURA					
LATITUD	de	31.206	a	31.214	°N
LONGITUD	de	114.941	a	114.936	°W

Descripcion

Este sitio presenta el único cerro andesítico de la región, el cual es producto de la actividad volcánica al estar relacionados con zonas de subducción o zonas profundas del manto. Las características de las rocas de la zona son muy diferentes.

Nombre de LIG:
ESTACION RIITO

Estado:
SONORA

Municipio:
SAN LUIS RIO COLORADO

Localidad:
EJIDO NUEVO MICHOACAN



UBICACION GEOGRAFICA				
LATITUD:	32.165486	°N	LONGITUD:	-114.957876 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
									M			B		B		R
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo			
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional			

DIMENSIONES		
Longitud	53	m
Altura Maxima	11	m
Superficie	2,053	m2

COVERTURA					
LATITUD	de	32.165	a	32.166	°N
LONGITUD	de	114.958	a	114.957	°W

Descripcion

Esta estación formó parte del sistema de ferrocarriles de la región, así como un punto de comunicación con el resto de la república. Como parte del sistema de Ferrocarril Sonora Baja California SBC, inaugurada el 7 de Abril de 1948, dejó de operar el 18 de febrero de 1998.

Nombre de LIG:
PASO DE SAN MATIAS

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
LA CHOYERA



UBICACION GEOGRAFICA				
LATITUD:	31.30128	°N	LONGITUD:	-115.432292 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO		
			A	M			A				A		M	A		R	
CLAVE	INTERES		A		Alto				M		Medio			B		Bajo	
	ALCANSE		I		Internacional				N		Nacional			R		Regional	

DIMENSIONES		
Longitud	1	km
Altura Maxima	700	m
Superficie	40	ha

COVERTURA				
LATITUD	de	31.298	a	31.305 °N
LONGITUD	de	115.437	a	115.427 °W

Descripcion

Único paso natural en la zona norte del estado de Baja California. Presenta una forma de cañón formado por la Falla de Agua Blanca en uno de sus ramales. Colinda al norte con la Sierra de Juárez y al sur con la Sierra San Pedro Mártir. Es considera un sitio sumamente importante ya que muestra los efectos de un rasgo tectónico tan importante como la Falla de Agua Blanca, la cual partió en dos el batolito peninsular para dar origen a las dos sierras mencionadas. En dicho sitio también es posible observar un gran escarpe, formado por la limitación del batolito peninsular ocasionado por la Falla San Pedro Mártir, lo cual da forma a una gran cuenca depositacional que se extiende hasta el Golfo de California, y que se ha llenado con sedimentos provenientes de las sierras, lo cual conforma los abanicos aluviales y el valle aluvial (Valle de San Felipe).

Nombre de LIG:
PUERTECITOS

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
ENSENADA

Localidad:
PUERTECITOS



UBICACION GEOGRAFICA				
LATITUD:	30.389784	°N	LONGITUD:	-114.67292 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO		ECONOMICO
	A	A	A	A	M	B	A	A		B		A	A	A		M
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo			
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional			

DIMENSIONES		
Longitud	25	km
Altura Maxima	200	m
Superficie	98	km2

COVERTURA				
LATITUD	de	30.242	a	30.478 °N
LONGITUD	de	114.731	a	114.631 °W

Descripcion

Esta zona presenta un valor turístico alto debido a que es posible encontrar sitios con aguas termales que surgen del mar en fosas costeras, además de que representa un alto valor paisajístico. En esta zona es posible encontrar depósitos fosilíferos, los cuales documentan las primeras invasiones marinas desde el Golfo de California. También es posible observar fallas de libro, las cuales se encuentran asociadas a un régimen extensional en forma de fallamientos normales, con caída de bloques uno tras otro, lo cual es posible de considerar con un valor tanto científico como didáctico. Ocasionalmente por el vulcanismo efusivo, que dio formación a las tobas riolíticas de color rosado, las cuales representan un alto valor económico.

Nombre de LIG:

Estado:

BAJA CALIFORNIA

Municipio:

MEXICALI

Localidad:

SAN FELIPE



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	31.601055 °N	LONGITUD:	-115.151846 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
						A	A		M		A					N
CLAVE	INTERES		A	Alto		M	Medio		B	Bajo						
	ALCANSE		I	Internacional		N	Nacional		R	Regional						

DIMENSIONES		
Longitud	14	km
Altura Maxima	855	m
Superficie	59.24	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	31.543	a	31.662	°N
LONGITUD	de	115.196	a	115.087	°W

Descripcion

Sierra las Pintas es un complejo de baja altitud (500 msnm) que colinda con la planicie costera del Alto Golfo de California. En este sitio es posible observar las planicies del Delta del Rio Colorado, así como planicies de marea de relieve muy bajo y salinas. También es posible apreciar el vulcanismo asociados a la formación del Golfo de California, que da origen a esta sierra, la cual está conformada únicamente de roca volcánica. En este sitio actualmente ocurre la explotación de oro. Anteriormente era conocida como la Mina Moctezuma y en la actualidad como Mina San Felipe. Se observa la presencia de la sierra, el Cerro Borrego, los cerros islas del batolito peninsular, el vulcanismo del terciario y cuaternario, el cual fue formado durante la apertura del Golfo de California, así como los abanicos aluviales y las planicies deltaicas y de inundación. Se presentan afloramientos de jaspe y de rocas paleozoicas que son únicas en la península. Son rocas calizas que se componen principalmente de crinoides. Este sitio podría servir como paradero para explicar la geología regional.

Nombre de LIG:

LAGUNA SALADA

Estado:

BAJA CALIFORNIA

Municipio:

MEXICALI

Localidad:

La Salada



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	32.171486 °N	LONGITUD:	-115.511529 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
						A	A				A	A				I
CLAVE	INTERES		A	Alto		M	Medio		B	Bajo						
	ALCANSE		I	Internacional		N	Nacional		R	Regional						

DIMENSIONES		
Longitud	98	km2
Altura Maxima	12	m
Superficie	816.87	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	31.806	a	32.574	°N
LONGITUD	de	115.799	a	115.129	°W

Descripcion

La Laguna Salada se encuentra localizada entre la Sierra Juárez y la Cucapá, a 72 kilómetros del centro de Mexicali. Simboliza la representación del desierto bajacaliforniano (Tapia-Landeros 2009). Presenta una superficie aproximada de 7,000 kilómetros y es una zona arenosa inundable que en su momento estuvo totalmente cubierta por agua, debido a la excesiva evaporación con el paso del tiempo se secaba, por lo que actualmente sólo quedan los restos de lo que fue una laguna.

Se dice que la Laguna Salada es el resultado de la subsidencia provocada por la falla durante el Plioceno y Holoceno en la margen occidental de la Sierra Cucapá (Cruz-Castillo 2002)

Nombre de LIG:
CERRO EL CHINERO

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
EL MICHOACANO



UBICACION GEOGRAFICA				
LATITUD:	31.477278	°N	LONGITUD:	-115.056022 °W

Valoradon	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO				ALCANCE
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	
							B		A		A				B
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo		
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional		

DIMENSIONES		
Longitud	2.1	km
Altura Maxima	220	m
Superficie	1.8	km2

COVERTURA				
LATITUD	de	31.468	a	31.486 °N
LONGITUD	de	115.066	a	115.047 °W

Descripcion

El Cerro El Chintero es el único cerro importante al este de la carretera a San Felipe. Tiene una altitud aproximada de 224 msnm y toma su nombre del Desierto de los Chinos, que es una vasta extensión de tierra entre Mexicali y San Felipe, siendo una de las más áridas del país con menos de cuatro centímetros de precipitación pluvial anual.

El anfiteatro en el centro del Cerro del chinero contiene rocas volcánicas que indican un centro de erupción. En la base de dicho cerro, las dunas que se han formado contra el costado del monte han sido disecadas por arroyos, dando la impresión de que son abanicos aluviales cónicos. Las planicies están cubiertas por materiales gruesos que han formado un pavimento desértico, el cual consiste en un proceso erosivo realizado por el viento que trasporta partículas no consolidadas de arena y arcilla desde un depósito. Asistido por el humedecimiento y resaca alternado del suelo, los guijarros giran, se depositan y acumulan lentamente hasta formar un mosaico plano y resistente conocido como pavimento desértico (Minch et al. 2003)

El Desierto de los Chinos toma su nombre de una tragedia ocurrida en 1902. Un grupo de orientales que pretendía llegar desde San Felipe hacia Mexicali a trabajar en los campos agrícolas fueron guiados por un mexicano, el cual nunca encontró los manantiales del desierto, por lo que todos murieron por deshidratación, insolación o golpe de calor (Tapia-Landereros 2009).

Nombre de LIG:
CERRO EL MAYOR

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
COMUNIDAD INDIGENA CUCAPA



UBICACION GEOGRAFICA				
LATITUD:	32.142801	°N	LONGITUD:	-115.3544 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO		ECONOMICO
			A				M		M	A	A	M	A	A	M	R
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo			
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional			

DIMENSIONES		
Longitud	37	km
Altura Maxima	950	m
Superficie	214.57	km2

COVERTURA				
LATITUD	de	32.003	a	32.286 °N
LONGITUD	de	115.482	a	115.235 °W

Descripcion

El Cerro El Mayor se localiza en el extremo sur de la Sierra Cucapá, con una altitud aproximada de 962 msnm. Dicho cerro fue utilizado como referencia para los navegantes que buscaban la boca del Río Colorado, además de que representaba el corazón de la gran nación Cucapá, y significa el extremo sur de la Sierra Cucapá para dar paso hacia la Laguna Salada y la Sierra Juárez. Éste cerro es considerado como la mayor elevación en las sierras áridas nortefías (Tapia-Landereros 2009).

Nombre de LIG:
LAGUNA PERCEBU

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
SAN FELIPE



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	30.799533	°N	LONGITUD: -114.700938 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO		
				A		A	A	M	M		A	A	A		N		
CLAVE	INTERES		A		Alto				M		Medio			B		Bajo	
	ALCANSE		I		Internacional				N		Nacional			R		Regional	

DIMENSIONES		
Longitud	4	km
Altura Maxima	2	m
Superficie	1.14	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	30.777	a	30.822	°N
LONGITUD	de	114.705	a	114.697	°W

Descripcion

La Laguna Percebu se localiza en la costa noreste de Baja California. Posee una longitud máxima de 9.5 kilómetros y está delimitada del mar por una barra de arena, al bajar la marea deja al descubierto una gran superficie de inundación habitada por millares de organismos. Al norte de la laguna, la boca presenta ambientes rocosos mezclados con arena, mientras que el resto de este cuerpo de agua está conformado por marismas con canales sinuosos. El sustrato de las marismas está formado de sedimento fino (limo-arcilla) y caracterizado por la presencia de varias especies de plantas halófitas e invertebrados como cangrejos violinistas. Cuentan los dueños que el nombre de esta localidad resulta del apeido de un imbestigador que realizaba estudios en la zona (Percebao), al entonces dueño le llamo la aetencion el apeido, que con el tiempo paso a ser Percebú.

Nombre de LIG:
VALLECITOS

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
TECATE

Localidad:
LA RUMOROSA



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	32.539479	°N	LONGITUD: -116.097358 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO		
							B	M		A	A	A	M		A	M	I
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo				
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional				

DIMENSIONES		
Longitud	1.1	km
Altura Maxima	1,300	m
Superficie	58	ha

COVERTURA					
LATITUD	de	32.534	a	32.544	°N
LONGITUD	de	116.104	a	116.094	°W

Descripcion

Vallecitos se ubica a 6 km al oeste del poblado de La Rumorosa. Dicha zona anteriormente fue ocupada por miembros de la familia lingüística yumana. Vallecitos fue un lugar de intensa movilidad de temporada donde vivían de la recolección de importantes productos vegetales que eran utilizados como alimento, medicina, prendas de vestir y pigmentos. Los habitantes dejaron cientos de metates y morteros en roca fija en los cuales molían granos y semillas, así como una gran cantidad de pinturas rupestres, de las cuales se dice hay más de 30 conjuntos, aunque abiertos al público únicamente se encuentran 14 de ellos. Una pintura en particular, El diablito presenta características interesantes que muestran el grado de conocimiento que tenían nuestros ancestros sobre los fenómenos naturales, ya que esta pintura señala cada 21 de diciembre el solsticio de invierno.

Nombre de LIG:
SIERRA CUACA

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
VALLE DE MEXICALI



UBICACION GEOGRAFICA				
LATITUD:	32.39674	°N	LONGITUD:	-115.486101 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO		ECONOMICO
	M	A	B	M	A	B	A	M	M	A	A	A	A	A		R
CLAVE	INTERES			Alto			Medio			Bajo						
	ALCANSE			I Internacional			N Nacional			R Regional						

DIMENSIONES		
Longitud	46	km
Altura Maxima	1,100	m
Superficie	333.79	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	32.24	a	32.569	°N
LONGITUD	de	115.679	a	115.333	°W

Descripcion

Rocas metamórficas (Andersen 1973) localizadas al sur y oeste de Mexicali, consideradas dentro del intervalo del Pérmico al Jurásico con gran abundancia de cuarcita y moderada abundancia de capas de carbonatos. Minch y colaboradores 2003 mencionan que la Sierra Cucapá fue levantada a lo largo de varias zonas de fallas que unen y cortan diagonalmente a la sierra, en la parte central de la sierra está compuesta principalmente de tonalita y granodiorita, mientras que la meseta está compuesta principalmente de granodiorita, esquistos prebatolíticos y rocas metasedimentarias calcáreas.

Nombre de LIG:
LAGUNA DEL DIABLO

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
MEXICALI

Localidad:
SANTA CLARA



UBICACION GEOGRAFICA				
LATITUD:	31.127576	°N	LONGITUD:	-115.281759 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES											TIPO DE USO				ALCANCE					
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO						
CLAVE							A	A				M				1R					
	INTERES			A			Alto			M			Medio			B			Bajo		
	ALCANSE			I			Internacional			N			Nacional			R			Regional		

DIMENSIONES		
Longitud	20	km2
Altura Maxima	400	m
Superficie	41.43	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	31.038	a	31.207	°N
LONGITUD	de	115.329	a	115.224	°W

Descripcion

La Laguna del diablo se localiza al pie de la sierra San Pedro Mártir. En el siglo XX se dice que la captación de agua por esta laguna permitió el nacimiento de espacios agrícolas como Valle chico, colonia Morelia y colonia San Pedro Mártir. Es el acuífero más importante del estado de Baja California y representa una frontera agrícola del desierto de San Felipe (Tapia-Landeros 2009).

Nombre de LIG:
PICACHO DEL DIABLO

Estado:
BAJA CALIFORNIO

Municipio:
MEXICALI

Localidad:



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	31.011414	°N	LONGITUD: -115.33827 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE	
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO		
			A	M			A		M	A	A	A	M	A		I	
CLAVE	INTERES		A		Alto				M		Medio			B		Bajo	
	ALCANSE		I		Internacional				N		Nacional			R		Regional	

DIMENSIONES		
Longitud	18	km
Altura Maxima	3,100	m
Superficie	125.6	km2

COVERTURA					
LATITUD	de	30.961	a	31.077	°N
LONGITUD	de	115.413	a	115.239	°W

Descripcion

El Picacho del Diablo se localiza al oeste de la Laguna Diablo y es la cumbre más elevada de San Pedro y de toda la península con aproximadamente 3,096 msnm de altitud, la cual fue punto de referencia que indicaba haber llegado al paralelo 31°. Cabe mencionar que durante primavera y otoño dicha cumbre significa un reto para montañistas, alpinistas y campistas que intentan llegar a la cima (Tapia-Landeros 2009).

Nombre de LIG:
PALMAS DEL CANTU

Estado:
BAJA CALIFORNIA

Municipio:
TECATE

Localidad:
LA SALADA



UBICACION GEOGRAFICA			
LATITUD:	32.352498	°N	LONGITUD: -115.829481 °W

Valoracion	TIPO DE INTERES										TIPO DE USO					ALCANCE
	ESTRATIGRAFICO	PALEONTOLOGICO	TECTONICO	PETROLOGICO	SEDIMENTOLOGICO	MINERO	GEOMORFOLOGICO	PROCESOS	HISTORICO	ARQUEOLOGICO	GEOSIMBOLO	RECREATIVO	CIENTIFICO	DIDACTICO	ECONOMICO	
			M	A		M	M		B	A		A	M	M	B	N
CLAVE	INTERES		A		Alto		M		Medio		B		Bajo			
	ALCANSE		I		Internacional		N		Nacional		R		Regional			

DIMENSIONES		
Longitud	1.17	km
Altura Maxima	470	m
Superficie	52	ha

COVERTURA					
LATITUD	de	32.347	a	32.357	°N
LONGITUD	de	115.836	a	115.826	°W

Descripcion

Palmas de Cantú es un cañón ubicado en la región norte de la Serra de Juárez, en este sitio podremos encontrar una fuente de agua natural. Este sitio solía ser una mina de mármol, existe hasta la fecha vestigios de una estructura que se utilizó como vivienda, construida de materiales que se encuentran en la localidad, al subir el ser se puede llegar hasta el sitio de extracción de la mina, y disfrutar de una increíble vista de la laguna salada. En las inmediaciones de este mismo se puede encontrar con senderos prehispánicos que llevan al cañón colindante, en el que se podrá encontrar con numerosos pirograbados.

Fecha:

133