

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS



“Geodiversidad Costera de Bahía San Quintín y Zonas Aledañas,
Baja California, México”

T E S I S

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

MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

Jorge Alberto Miros Gómez

Ensenada, Baja California, México. Agosto de 2017

Resumen:

La costa del Pacífico bajacaliforniano posee una gran diversidad paisajística que resguarda una importante historia geología y cultural. En el municipio de Ensenada, B.C., destaca la Bahía de San Quintín, un complejo lagunar hipersalino originado por el surgimiento de un campo volcánico del Cuaternario. En sus alrededores se encuentran sitios como Laguna Figueroa, o el poblado de El Rosario, cuya geodiversidad comprende ejemplos de procesos geológicos costeros, rasgos geomorfológicos y tectónicos, depósitos paleontológicos y, un rico patrimonio cultural que les confiere un alto potencial geoturístico y de uso didáctico, científico y recreativo. En sí, el concepto de geodiversidad es joven y engloba la diversidad de elementos abióticos presentes en un área determinada. Actualmente, éste cobra una importancia creciente como soporte en la valoración integral de espacios naturales con criterios que parten del paisaje geológico, que comúnmente son soslayados en los esquemas de conservación y aprovechamiento sustentable por el fuerte sesgo hacia la biodiversidad. Por ello, en este trabajo se llevó a cabo un inventario de los elementos de la geodiversidad de la Bahía de San Quintín y las zonas aledañas, para valorar su vocación y potencial aprovechamiento, asimismo se aplicaron los modelos de valoración de la geodiversidad de Pereira (2013) y Herrera-Gutiérrez (2016), con el propósito de generar pautas para la gestión y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y culturales del paisaje. Para ello, se identificaron los atributos geomorfológicos, geológicos, ambientales y culturales de la zona y se delimitaron los Lugares de Interés Geológico (LIG's) mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG), bibliografía, opinión de expertos, entrevistas a pobladores locales y trabajo de campo. El estudio derivó en una propuesta para el uso de la zona conforme a su vocación. Como resultado, se inventariaron 32 LIG's y dos localidades nudo, 1) Bahía de San Quintín- Laguna Figueroa donde se concentran 17 LIG's y, 2) El Rosario que comprende 6 LIG's. El modelo de Herrera-Gutiérrez (2016),

mostró ser el más adecuado para la valoración de la geodiversidad del área de estudio, y por tanto adecuado como marco de referencia para ser incorporado dentro de programas de ordenamiento ecológico en el área. Dado el alto valor del patrimonio natural y cultural de la región, se infiere que el modelo de geoparque constituye una opción viable para promover la geoconservación y diversificar las actividades económicas para los pobladores locales. Por lo anterior, se diseñó una propuesta de geoparque y corredor geoturístico que incluyen senderos con cédulas explicativas, así como su oferta turística. El presente estudio es pionero en México en la aplicación del concepto de geodiversidad y muestra como el patrimonio cultural y natural es una herramienta más efectiva para la valoración y gestión del paisaje que la biodiversidad por si sola.

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

**"Geodiversidad Costera de Bahía San Quintín y Zonas Aledañas, Baja
California, México"**

T E S I S

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

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

Jorge Alberto Miros Gómez

Aprobada por:



Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte

Director de tesis



M.C. Rigoberto Guardado France

Sinodal



Dr. Miguel Ángel Santa Rosa Del Río

Sinodal

Dedicatoria:

A mi abuelita y a mi primo:

† Victoriana Solís Tenorio
† Darío Adalberto Valdez Gómez

Por ser para mí un ejemplo de dedicación y perseverancia.

“PARA EL QUE MIRA SIN VER, LA TIERRA ES TIERRA NOMÁS”

- Atahualpa Yupanqui -

Agradecimientos:

A mi madre por el aliento a seguir adelante y por su amor incondicional. A mi familia por su impulso y risas a lo largo de este camino. A la M.C. Carolina Navarro Reyes por su compañía, cariño, asesorías y motivación para continuar por este camino académico.

A los miembros del comité de tesis:

Dr. Miguel Agustín Téllez por la oportunidad, guía y consejos a lo largo de la realización de este proyecto, pero aún más por su amistad y confianza durante el transcurso de mis estudios.

M.C. Rigoberto Guardado France por sus recomendaciones, asesorías, apoyo y confianza en el transcurso de este proyecto.

Dr. Miguel Ángel Santa Rosa del Rio por sus recomendaciones, apoyo y confianza en la elaboración de este proyecto.

M.C. Ángel Raúl Herrera Gutiérrez por su tiempo, paciencia, asesorías y amistad, ya que su previo trabajo y esfuerzo fue la base para la realización de este trabajo.

Un especial agradecimiento al equipo de Terra Peninsular A.C., por apostar en este esfuerzo conjunto. De igual manera, al Oficial de Campo y Operaciones Enrique Alfaro Mercado por compartir su tiempo y dar su orientación durante el trabajo de campo. A todos los entrevistados por sus atinadas sugerencias y recomendaciones para enriquecer este trabajo, especialmente a Don Eddy's por recibirnos y darnos posada durante el trabajo en campo.

A la Facultad de Ciencias Marinas, al Cuerpo Académico de Geología Costera y a la coordinación del posgrado por su apoyo en la difusión de este trabajo. De igual manera, agradezco a CONACYT por la beca de posgrado otorgada que derivo en la presente propuesta.

Contenido

1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	4
3. Área de Estudio	7
4. Objetivos.....	10
4.1 Objetivos específicos.....	10
5. Metodología.....	10
5.1 Delimitación del área de estudio	10
5.2 Inventario de lugares de Interés Geológico (LIG's)	11
5.3 Percepción de los pobladores locales	14
5.4 Valoración de la geodiversidad a través de índices.....	15
5.4.1 Método de Pereira et al., (2013).....	15
5.4.2 Modelo de Herrera-Gutiérrez (2016).....	16
5.5 Procesamiento de información espacial	18
5.6 Propuesta de aprovechamiento sustentable	21
6. Resultados.....	21
6.1 Tectónica.....	21
6.2 Marco Geomorfológico	23
6.2.1 Fisiografía y Topoformas	23
6.2.2 Hidrología	24
6.3 Marco Geológico	25
6.3.1 Litología	25
6.3.2 Estructuras.....	27
6.3.3 Minerales	28

6.3.4 Edafología.....	28
6.4 Paleontología	32
6.5 Marco Cultural	35
6.6 Percepción de los pobladores	38
6.7 Lugares de Interés Geológico (LIG's).....	40
6.8 Modelo de Valoración de Pereira (2013)	40
6.8.1 Índice Geológico	41
6.8.2 Índice Geomorfológico	41
6.8.3 Índice Edafológico	42
6.8.4 Índice Minero	43
6.8.5 Índice Paleontológico.....	43
6.8.6 Índice de Geodiversidad de Pereira (2013)	44
6.9 Modelo de Valoración de Herrera-Gutiérrez (2016)	45
6.9.1 Índice Geológico	45
6.9.2 Índice Geomorfológico	46
6.9.3 Índice Paleontológico.....	46
6.9.4 Índice Cultural	47
6.9.5 Índice de Geodiversidad sin LIG's	47
6.9.6 Índice de Geodiversidad con LIG's	48
6.10 Propuesta de Uso Sustentable.....	49
7. Discusiones	54
7.1 Inventario de LIG's	54
7.1.1 Localidades de Importancia	54
7.1.2 Amenazas que afectan la geodiversidad	57

7.2 Valoración de la Geodiversidad.....	63
7.2.1 Comparación entre los modelos implementados	63
7.2.2 La Geodiversidad como herramienta de gestión para la conservación	66
7.3 El Geoparque como Herramienta de la Geoconservación	67
7.3.1 Propuesta de Geoparque y Rutas de la Geodiversidad	68
7.3.2 La geodiversidad como promotor de empleo	69
8. Conclusiones	72
9. Bibliografía.....	75
10. Anexos	84
10.1 Guion de entrevista para los pobladores locales	84
10.2 Procesamiento de información espacial	85
10.3 Inventario de Información Cartográfica.....	86
10.4 Inventario de Lugares de Interés Geológico (LIG's)	91
10.5 Metodología propuesta por Pereira (2013).....	93
10.6 Modelo propuesto por Herrera-Gutiérrez (2016)	99
10.7 Propuesta de Aprovechamiento Sustentable	105
10.8 Fichas Técnicas y Cédulas Interpretativas	108

Índice de Figuras

Figura 1. Área de estudio.....	8
Figura 2. Áreas prioritarias de la zona de estudio.....	9
Figura 3. Retícula de muestreo para análisis espacial.....	85
Figura 4. Relación espacial de rasgos que definen cada índice parcial.....	19
Figura 5. Sistema de Topoformas.....	86
Figura 6. Rasgos Hidrológicos.....	87
Figura 7. Geología del área de estudio.....	88
Figura 8. Carta Edafológica.....	89
Figura 9. Rasgos Paleontológicos y Culturales.....	90
Figura 10. Inventario de Lugares de Interés Geológicos (LIG's).....	92
Figura 11. Índice Parcial Geológico de Pereira <i>et al.</i> , (2013).....	93
Figura 12. Índice Parcial Geomorfológico de Pereira <i>et al.</i> , (2013).....	94
Figura 13. Índice Parcial Edafológico de Pereira <i>et al.</i> , (2013).....	95
Figura 14. Índice Parcial Minero de Pereira <i>et al.</i> , (2013).....	96
Figura 15. Índice Parcial Paleontológico de Pereira <i>et al.</i> , (2013).....	97
Figura 16. Índice de Geodiversidad de Pereira <i>et al.</i> , (2013).....	98
Figura 17. Índice Geológico de Herrera Gutiérrez (2016).....	99
Figura 18. Índice Geomorfológico de Herrera Gutiérrez (2016).....	100
Figura 19. Índice Paleontológico de Herrera Gutiérrez (2016).....	101
Figura 20. Índice Cultural de Herrera Gutiérrez (2016).....	102
Figura 21. Índice de Geodiversidad sin LIG's.....	103
Figura 22. Índice de Geodiversidad con LIG's.....	104
Figura 23. Delimitación del área del geoparque.....	105

Figura 24. Georutas propuestas para el geoparque	106
Figura 25. Estaciones interpretativas y campamentos.....	107
Figura 26. Corredor Geoturístico/Cultural propuesto	108
Figura 27. Evidencia de tráfico de vehículos sobre dunas en El Rosario	59
Figura 28. Brechas y sedimentos activados en Laguna Figueroa	60
Figura 29. Basureros clandestinos en el margen costero de la región	62
Figura 30. Sitios arqueológicos con presencia de grafiti	63

Índice de Tablas

Tabla I. Capas de información recopiladas para el inventario de LIG's	12
Tabla II. Ejemplo de LIG's integrados por el tipo de interés y uso.....	13
Tabla III. Unidades litológicas y su cobertura	26
Tabla IV. Relación de cobertura de suelo	29
Tabla V. Fósiles del Pleistoceno en la Formación Cantil Costero.....	33
Tabla VI. Listado de Lugares de Interés Geológico (LIG's).....	91
Tabla VII. Cobertura del Índice Geológico de Pereira <i>et al.</i> , (2013)	41
Tabla VIII. Cobertura del Índice Geomorfológico de Pereira <i>et al.</i> , (2013)	42
Tabla IX. Cobertura del Índice Edafológico de Pereira <i>et al.</i> , (2013)	43
Tabla X. Cobertura del Índice Minero de Pereira <i>et al.</i> , (2013).....	43
Tabla XI. Cobertura del Índice Paleontológico de Pereira <i>et al.</i> , (2013).....	44
Tabla XII. Cobertura del Índice de Geodiversidad de Pereira <i>et al.</i> , (2013).....	45
Tabla XIII. Cobertura del Índice Geológico de Herrera Gutiérrez (2016).....	46
Tabla XIV. Cobertura del Índice Geomorfológico de Herrera Gutiérrez (2016) ..	46
Tabla XV. Cobertura del Índice Paleontológico de Herrera Gutiérrez (2016)	47

Tabla XVI. Cobertura del Índice Cultural de Herrera Gutiérrez (2016).....	47
Tabla XVII. Cobertura del Índice de Geodiversidad sin LIG's	48
Tabla XVIII. Cobertura del Índice de Geodiversidad con LIG's	49
Tabla XIX. Georutas propuestas para el geoparque	51
Tabla XX. Relación de cédulas explicativas y estaciones temáticas	52
Tabla XXI. Campamentos propuestos	53
Tabla XXII. Geositios que integran el corredor Geoturístico/Cultural	53

1. Introducción

Del mismo modo que un artista diseña y esculpe su obra, la naturaleza se ha encargado de cincelar el paisaje geológico que observamos. Alrededor de 4,500 millones de años de historia se encuentran registrados en las rocas terrestres, así como el surgimiento y evolución de los seres vivos en los depósitos fosilíferos. Preservar la historia de la tierra y el registro de la vida en ella, así como el surgimiento del hombre y su cultura, es indiscutiblemente importante. Por ello, es necesario considerar nuevos esquemas de manejo que promuevan una simbiosis entre la naturaleza, la cultura y el desarrollo urbano.

México cuenta con una amplia diversidad paisajística, así como una variada riqueza cultural. Formaciones geológicas impresionantes, depósitos paleontológicos únicos, evidencias arqueológicas pertenecientes a importantes culturas y una gran biodiversidad, son parte de la riqueza paisajística de México. Sin embargo, el desconocimiento de estos atributos, así como el constante crecimiento poblacional y desarrollo urbano sin planeación, ponen en riesgo su existencia. Si bien, se han implementado diversos proyectos y esquemas para la conservación de espacios que son representativos del patrimonio natural y cultural de nuestro país, la mayoría de ellos están fincados hacia la biodiversidad y, pocas veces se le da importancia a todo el conjunto de rasgos que presenta el medio físico, aun cuando éste determina el arreglo espacial de las comunidades bióticas presentes en un lugar determinado, así como ha determinado el patrón de apropiación del paisaje y asentamiento humano a través del tiempo.

La geodiversidad, por ser un concepto novedoso, es que recientemente se ha aplicado en México para la valoración del paisaje desde una perspectiva geológica. Entre algunos estudios pioneros a nivel nacional, se encuentran los realizados por Herrera-Gutiérrez, (2016) en el Delta del Río Colorado; Posada-Ayala *et al.* (2014) en el estado de Baja California y los paisajes kársticos de Quintana Roo (Pereira-Corona *et al.*, 2015 y Fragoso-Servón *et al.*, 2014). El

concepto, como tal, surge durante la década de los 90' de la abreviación de "*diversidad geológica*" como un equivalente de la biodiversidad (Carcavilla, 2008), y fue evolucionando hasta llegar a una definición que, aunque tiene muchos matices, integra la diversidad de características y elementos presentes en un paisaje.

Así, dos de los conceptos de geodiversidad más utilizados son: el de Gray (2004), que la define como "*el intervalo natural (diversidad) de características geológicas (rocas, minerales y fósiles), geomorfológicas (relieve y procesos) y suelos, incluyendo sus relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas*". Para Nieto (2001) es "*el número y variedad de estructuras [sedimentarias, tectónicas y materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos)], que constituyen el sustrato de una región, sobre la que se asienta la actividad orgánica, incluida la antrópica*". Aun cuando el concepto es muy amplio y puede ser aplicado en distintas escalas, es una alternativa para la valoración de espacios que son soslayados en los esquemas de conservación y aprovechamiento sustentable del paisaje, que en su mayoría sólo buscan proteger la biodiversidad. Por ende, la geodiversidad es un concepto integrador de todos los elementos del medio físico (Serrano *et al.*, 2007), destacando el patrimonio geológico como parte del patrimonio natural y cultural.

Por su parte, el patrimonio geológico está integrado por el conjunto de elementos o sitios más relevantes de la geodiversidad, que tienen una importancia para la ciencia, la educación y el turismo (Pereira *et al.*, 2012). Al conjunto de sitios que destacan del entorno circundante se les denomina como lugares de interés geológico (LIG's), y se definen como "*aquellas áreas que muestran una o varias características consideradas de importancia dentro de la historia geológica de una región natural*" (Duque, *et al.*, 1978). La importancia histórica, escénica y estética del patrimonio geológico puede convertirlos en recursos turísticos importantes y transformarse en atractivos primordiales de un

determinado entorno (Carcavilla *et al.*, 2011), y a su vez ser fuente sustentable de recursos económicos alternos para los pobladores locales.

La necesidad de preservar el patrimonio geológico es transcendental, debido a que es altamente vulnerable y continuamente amenazado por actividades antrópicas (Costa, 1987). Para ello, la geoconservación proporciona las herramientas necesarias de valoración y manejo sustentable, especialmente para la evaluación, difusión, mantenimiento y conservación de dicho patrimonio (Sharples y Tasmania, 1995). Por ello, ante la creciente demanda de espacios para el esparcimiento y recreación, el geoturismo ha sido adoptado en los últimos años como un instrumento para la geoconservación. Según Hose (1999) el geoturismo se entiende como “*viajar con objeto de experimentar, aprender y disfrutar el patrimonio de la Tierra*”, de esta manera el espectador puede conocer, apreciar y valorar el patrimonio geológico, estimulando actitudes favorables para su conservación (Carcavilla, *et al.*, 2011) y aprovechamiento sustentable.

El estado de Baja California se distingue por su historia geológica y tectónica, así como una variada riqueza cultural íntimamente ligada al entorno geológico. La insularidad de la península propició un “congelamiento cultural” en la prehistoria, donde los nativos se adaptaron de manera sorprendente aprovechando todos los recursos del áspero paisaje. Aun así, la mayor parte del paisaje bajacaliforniano aún es prístino y poco impactado, lo que le confiere una gran oportunidad para valorar y aprovechar su geodiversidad (Téllez-Duarte, 2004). El primer estudio encaminado a analizar la geodiversidad en Baja California es el de Posada-Ayala *et al.*, 2014. Sin embargo, dado su amplia cobertura, sólo destaca los rasgos más relevantes a través de la identificación de lugares de interés geológico, paleontológico y cultural, que en algunos casos se encuentran altamente amenazados por el desarrollo debido a su fácil acceso y demanda. Tal es el caso de Bahía de San Quintín donde, dada la alta presión de desarrollo que existe en el área, en el presente estudio se busca ampliar el

inventario de la geodiversidad para valorar su vocación y potencial aprovechamiento geoturístico, con el fin de proporcionar una alternativa para promover el desarrollo sustentable a través de la conservación del entorno geológico.

2. Antecedentes

El estudio e interés en la protección de los atributos geológicos del paisaje inició en Europa, principalmente en Escocia y Alemania durante el siglo XIX. En este último país se estableció la primera reserva geológica en el año 1836, ubicada en la cordillera de Siebengebirge, al sureste de Bonn (Gray, 2004). La importancia de este lugar radica en su origen volcánico intracontinental durante el Oligoceno (Kolb *et al.*, 2012). En América, para el año 1872 surgió primer Parque Nacional en Yellowstone, EUA, el cual no obstante su alto valor paisajístico modelado por la actividad volcánica, se estableció para la protección de la flora y fauna. Los primeros sitios en ser protegidos específicamente por sus características geológicas están ubicados en Escocia, donde en 1880 un consulado optó por resguardar “Agassiz Rock” en Edimburgo, por ser un paisaje esculpido por el paso de los glaciares. En 1887 también se resguardó una franja de fósiles del carbonífero en Glaslow (Gray, 2004).

En 1972 la UNESCO, dentro de la “Convención para la Protección de la Herencia Cultural y Natural del Mundo”, definió la herencia natural como elementos bioecológicos y geomorfológicos complejos de la naturaleza y de gran importancia para su protección. Esto dio pie al desarrollo de evaluaciones y manejo del patrimonio terrestre, haciendo uso de conceptos como el de geodiversidad. No obstante, el manejo y difusión de estos términos y conceptos en torno a dicho patrimonio fueron limitados, fue hasta la Tercera Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico cuando se reconoce a éste como bien natural, cultural y social y, se insiste en la necesidad de conservarlo y protegerlo (Serrano *et al.*, 2007). Por lo tanto, fue dentro de la década de los 90’ que se

comenzaron a emprender acciones más precisas para conservar el patrimonio geológico partiendo de la incorporación del concepto de “geodiversidad”. Según Gray (2004), uno de los puntos clave en la incorporación y manejo de la geodiversidad fue en 1996, cuando la Comisión de Herencia Australiana adoptó el concepto y lo incorpora dentro de su legislación. Por su parte en Andalucía, España, la atención en la geodiversidad inició en 1989, con la incorporación de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA) y hasta el año 2000 se abordó la planificación y conservación de los recursos geológicos de manera integral, con el objetivo de incorporarlo en las políticas generales (Herrera-Gutiérrez 2016). Los primeros estudios en torno al patrimonio geológico comenzaron a desarrollarse en 1978 por parte del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el cual realizó un inventario nacional de lugares de interés geológico.

En la actualidad no existe una metodología estandarizada para la valoración de la geodiversidad. Por ello, diversos modelos han sido propuestos para identificar y dar valor al patrimonio geológico (Kozlowki, 2004; Carcavilla-Urquí *et al.*, 2007; Serrano y Ruiz, 2007; Bruschi, 2007; Pereira, 2013; y Herrera-Gutiérrez, 2016). Dichos autores hacen distintas propuestas que son marco de referencia para la evaluación y valoración del patrimonio abiótico del paisaje, y estos han permitido diseñar estrategias para la geoconservación.

En México, así como en otros países, se han adoptado esquemas de conservación del paisaje y/o ecosistemas, los cuales han estado fincadas en cuatro vertientes principales, que son: el establecimiento y manejo de Áreas Naturales Protegidas (ANP), diversificación productiva del sector rural, como las Unidades de Manejo Ambiental (UMA), el ordenamiento ecológico, así como en convenios y acuerdos internacionales (ej. Sitios Ramsar). No obstante, es notable que todas ellas están orientadas hacia la protección y conservación de la biodiversidad, eludiendo los atributos geológicos, lo que limita la capacidad de protección y aprovechamiento sustentable del escenario natural.

Para mitigar la pérdida de espacios y conservar la herencia de la tierra, la UNESCO estableció en 1998 la Red Global de Geoparques, ratificada en 2015 con la creación de una nueva etiqueta denominada “Geoparques Mundiales de la UNESCO”. Los geoparques son territorios que poseen un patrimonio geológico destacado y una estrategia de desarrollo sostenible (Carcavilla *et al.* 2011), que en conjunto con la biología y cultura integran escenarios únicos para ser conservados. Sin embargo, este distintivo no pretende establecer una nueva categoría de ANP, más bien su objetivo es destacar y difundir los atributos geológicos de una región a través del uso y manejo sustentable, donde la población local se beneficie económicamente del aprovechamiento, primariamente turístico, del paisaje.

Palacio-Prieto, (2013), analizó la situación actual, perspectivas y viabilidad en la implementación de geositos, geomorfositos y geoparques en México, concluyendo que estos son potencialmente aplicables en el país conjuntamente con las figuras de conservación ya existentes, remarcando que el geoturismo se perfila como una actividad económica sustentable. Hasta la fecha existen al menos 120 geoparques en 33 países y sólo seis de ellos se encuentran en el continente americano: dos en Canadá, uno en Brasil, uno en Uruguay, y dos designados en 2017 en México en la Mixteca Alta en Oaxaca, y la Comarca Minera en Hidalgo (UNESCO, 2017). Asimismo, existe el proyecto de otros dos más ubicados en Chiapas y Baja California Sur.

De los escenarios geológicos alrededor del mundo, los paisajes y regiones volcánicas son los que destacan debido a que son considerados como áreas críticas para la conservación y protección, por su valor geocientífico único para disfrutar y aprender de la ciencia y la historia del planeta. Con este fin, la Comisión sobre el Geopatrimonio Volcánico y Paisajes Volcánicos Protegidos (VGPL, por sus siglas en inglés), promueve esquemas de conservación basados en la difusión del patrimonio geológico a través de la educación, la interpretación y el énfasis en el geoturismo de paisajes volcánicos que apoyen

el desarrollo y sostenibilidad de las comunidades locales (Showstack, 2015), reforzando los esfuerzos emprendidos por la UNESCO. Partiendo de esta visión, y dado que el estado de Baja California posee sitios con un patrimonio geológico y cultural destacado donde el geoturismo puede ser la alternativa para su aprovechamiento sustentable, el presente estudio se realizó en el Campo Volcánico de Bahía de San Quintín y las zonas aledañas, donde estudios previos de geodiversidad no han concretado una propuesta para el uso sustentable, ni se ha valorado si la localidad y zonas aledañas poseen los atributos necesarios para ser designado como un geoparque.

3. Área de Estudio

El área de estudio encierra una superficie total de 992 km², limita al norte con el arroyo Santo Domingo y al sur con el Arroyo El Rosario. Al este comprende los escarpes y mesas que limitan con los afloramientos prebatolíticos y batolíticos de la Sierra San Pedro Mártir, mientras que al oeste se encuentra la Isla San Martín y el Océano Pacífico (Figura 1). Además, la zona colinda con dos áreas destinadas voluntariamente para la conservación (ADVC, Figura 2).

La zona de mayor interés comprende el entorno del sitio Ramsar de Bahía de San Quintín, la cual es una laguna costera semicerrada que posee dos brazos de agua: uno localizado al oeste denominado Bahía Falsa, y otro al este llamado Bahía San Quintín propiamente (Téllez-Duarte, 1983). La bahía se edifica sobre el Campo Volcánico de San Quintín (CVSQ. Woodford, 1961) formado durante el Cuaternario. Éste se encuentra constituido por al menos 12 conos cineríticos que presentan coladas de lava tipo Aa y Pahoehoe. Su importancia radica en que es la única localidad hasta ahora registrada dentro de la península de Baja California donde existe vulcanismo máfico-alcalino de tipo intraplaca y, la única fuente conocida de xenolitos del manto superior y granulitas de la corteza inferior. (Luhr et al., 1995).

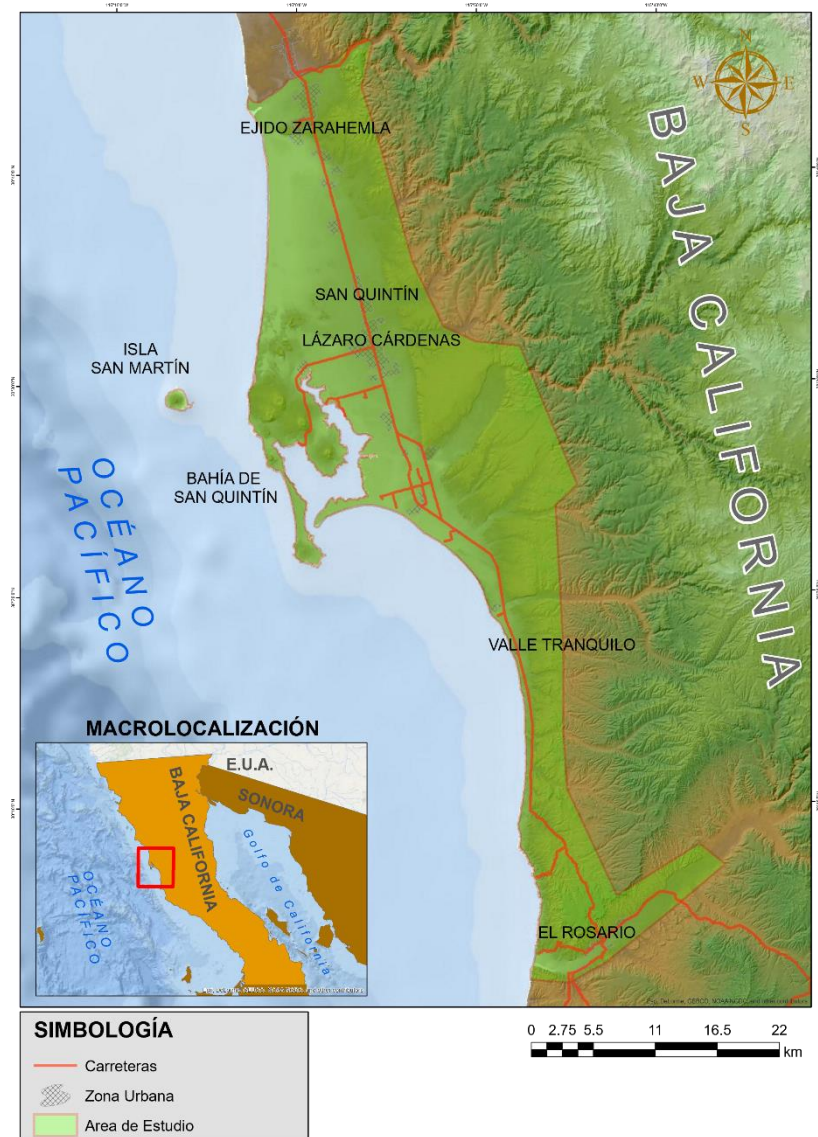


Figura 1. Área de estudio (achurada en color verde). Comprende Bahía de San Quintín y zonas aledañas al norte y sur de la misma.

Al norte de la bahía se encuentra Laguna Figueroa, un cuerpo de agua hipersalina caracterizada por la presencia de evaporitas y tapetes microbianos reconocidos internacionalmente por su importancia biótica. En la porción sur, se encuentran los afloramientos pertenecientes al grupo El Rosario, reconocido por su diversidad de organismos fósiles del Cretácico y rasgos geomorfológicos moldeados por el intemperismo y la tectónica regional.

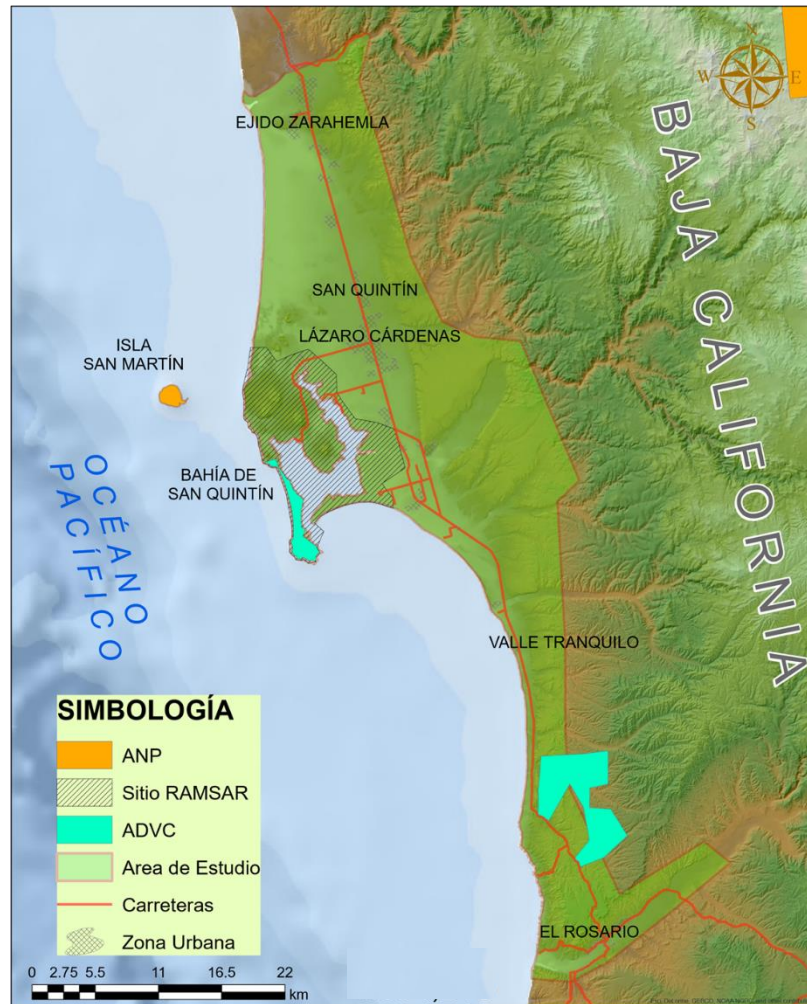


Figura 2. Áreas prioritarias de la región. Áreas Naturales Protegidas (ANP): Parque Nacional San Pedro Mártir y Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico - Isla San Martín. Sitio RAMSAR Bahía de San Quintín. Áreas Detenidas Voluntariamente para la Conservación (ADVC): Reserva Punta Mazo y Reserva Valle Tranquilo.

En general, la zona de estudio se caracteriza por un clima de tipo mediterráneo el cual varía estacionalmente con inviernos húmedos y veranos secos (Pavía y Graef, 2002; en Delgadillo *et al.*, 2014), haciendo de este un ecosistema árido (Salinas-Zavala *et al.*, 1998) y con precipitaciones limitadas. Además de la relevancia del campo volcánico y los afloramientos, otros rasgos geomorfológicos importantes originados por procesos costeros son: los cordones de dunas, tómbolos, acantilados y playas arenosas. De gran

importancia dentro del área también lo son los abundantes vestigios arqueológicos y paleontológicos. Dichos atributos son los principales que integran la geodiversidad de esta zona privilegiada.

4. Objetivos

Valorar la Geodiversidad de Bahía San Quintín y las zonas aledañas con el fin de diseñar una propuesta de aprovechamiento sustentable.

4.1 Objetivos específicos.

- Realizar un inventario de los Lugares de Interés Geológico (LIG's) de la zona de estudio.
- Conocer la percepción de los pobladores locales en cuanto al entorno natural y cultural, así como sus principales problemáticas.
- Implementar el uso de sistemas de información geográfica (SIG) así como técnicas de análisis espacial que permitan identificar los modelos de valoración de la geodiversidad que se adapten al área de estudio.
- Evaluar la vocación y potencial de aprovechamiento de la región para poder diseñar una propuesta de uso sustentable.

5. Metodología

5.1 Delimitación del área de estudio

Para definir la zona de interés se utilizó la información cartográfica correspondiente a la línea de costa y se consideraron los polígonos de las zonas prioritarias. Asimismo, los límites inferiores y superiores se trazaron tomando en cuenta los arroyos de mayor importancia, adentrándose hasta colindar con rasgos geomorfológicos asociados que pueden ser considerados de alta relevancia. En la frontera este, la demarcación fue hecha con las mesas que se encuentran asociadas al Escarpe de Santa María (Gorsline y Stewart, 1962), el cual corre desde el norte de San Quintín hasta aproximadamente 12 km antes del poblado de El Rosario. En esta localidad se tomó como límite otro rasgo geomorfológico denominado como “El Castillo”, ubicado a

aproximadamente 15 kilómetros al este de la línea costera sobre el margen del Arroyo El Rosario. La franja compuesta por las mesas está caracterizada por la presencia de campos agrícolas abandonados, así como zonas destinadas para la conservación que funcionan como una excelente área de amortiguamiento.

5.2 Inventario de lugares de Interés Geológico (LIG's)

La elaboración del inventario parte de una exhaustiva revisión bibliográfica respecto a los atributos geológicos, geomorfológicos, tectónicos, paleontológicos y ambientales, así como de la arqueología, historia y cultura de la región. Además, se realizaron algunas consultas con expertos para poder identificar sitios representativos del patrimonio geológico.

En conjunto, se realizó una recopilación de información cartográfica concerniente a los atributos mencionados. Esta información fue extraída de las principales bases de datos o centros de descarga disponibles en los portales oficiales de las dependencias de gobierno, entre las que se encuentran: el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Servicio Geológico Mexicano (SGM), Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrológicas (SIATL), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), así como de publicaciones con información cartográfica o datos espaciales que pudieran ser digitalizados. Sin embargo, en algunas zonas la información es limitada o ausente, tal es el caso de ciertos espacios costeros o de la isla San Martín. Por lo que en dichos casos se generó la información mediante pruebas y análisis espaciales con el uso de los sistemas de información geográfica (SIG) y se buscó mantener la misma resolución que la información proveniente de fuentes oficiales.

Con la información recopilada se generó una base de datos específica del área de estudio (Tabla I), que permitió reconocer, mediante el análisis espacial, los lugares de interés geológico (LIG's). Siguiendo la metodología de Herrera-Gutiérrez (2016), para definir los LIG's se consideró el concepto de patrimonio

geológico utilizado por la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad geológica de España, el cual 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).

Tabla I. Capas de información espacial recopiladas para el inventario de LIG's.

Tema	Capas de información	Escala	Fuente
Geomorfológico	Curvas de Nivel	1:50,000	INEGI
	Modelo de Elevación Digital	1:50,000	INEGI
	Ríos y Arroyos	1:50,000	SIATL
	Provincias Fisiográficas	1:1'000,000	INEGI
	Subprovincias Fisiográficas	1:1'000,000	INEGI
	Topoformas	1:1'000,000	INEGI
	Cuerpos de Agua	1:50,000	SIATL
Geológico	Fallas	1:250,000	INEGI, SGM
	Minas	1:250,000	INEGI, SGM
	Rocas (Litología)	1:250,000	INEGI, SGM, GASTIL
	Edafología	1:250,000	INEGI
Ambiental	ANP	1:250,000	CONABIO/CONANP
	Sitios Ramsar	1:250,000	CONANP
Cultural	Museos	Varios	VARIOS
	Sitios Arqueológicos	Varios	INAH
	Sitios Paleontológicos	Varios	INAH
	Sitios Históricos	Varios	VARIOS
Base	Carreteras	1:50,000	INEGI
	Caminos	1:50,000	INEGI
	Área Urbana	1:50,000	INEGI
	Nombre Geográfico	1:50,000	INEGI
	Localidad	1:50,000	INEGI

VARIOS = Puede tratarse de distintas fuentes y escala o de información recopilada en el trabajo de campo. ANP= Áreas Naturales Protegidas.

Una vez identificados los LIG's se elaboró una tabla de evaluación de los sitios fundamentada en el tipo de interés y uso en donde se contemplaron diversos

criterios (Tabla II). A cada criterio se le asignó un valor: ALTO (A) correspondiente a rasgos únicos de su tipo en la región y que se encuentran en buen estado de conservación, MEDIO (M) rasgos geológicamente representativos y en buen estado de conservación y BAJO (B) en el caso de que estos se encuentran deteriorados o impactados. También se utilizó cuando fue pertinente la apreciación personal y la opinión de expertos. Asimismo, se valoró la relevancia de cada sitio de acuerdo a su importancia Regional (R), Nacional (N) e Internacional (I) respectivamente (Herrera-Gutiérrez, 2016; Bruschi, 2007).

Tabla II. Ejemplo de Lugares de Interés Geológico (LIG's) de acuerdo al tipo de interés, uso y alcance (Adaptado de Herrera-Gutiérrez, 2016; Bruschi, 2007).

Lugares de Interés Geológico (LIGs)	TIPO DE INTERÉS											TIPO DE USO				ALCANCE
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLOGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	ECONÓMICO	
Volcán Ceniza			A	M		M	A	A	M	M	A	M	M	M	B	I
Monte Kenton	M		A	M		A	A	A	A	M		M	M	M	A	I
Riveroll			A	M		M	A	A	B	M			M			I
Picacho Vizcaíno	M		A	M		A	A	A	B	M			M		A	I
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO				M	MEDIO				B	BAJO	
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL				N	NACIONAL				R	REGIONAL	

Posteriormente, los datos obtenidos fueron corroborados en campo. Para ello se realizaron dos salidas de prospección: la primera del 26 de junio al 2 de julio y la segunda del 10 al 11 de noviembre del año 2016. En éstas se hicieron recorridos en cada sitio de interés identificado preliminarmente. Mediante un sistema de posicionamiento geográfico (GPS) se confirmaron y ubicaron los rasgos importantes. De cada LIG se tomó un registro fotográfico, así como notas de campo sobre los aspectos más relevantes del paisaje. Además, la prospección permitió reconocer otros atributos no registrados en la literatura, así como los impactos y amenazas actuales. Durante el trabajo en campo se

tuvo contacto con los pobladores locales y usuarios de los LIG's, lo que permitió conocer su percepción del escenario natural y cultural donde habitan.

Por último, cada LIG se registró con un polígono delimitado a partir de la extensión de su morfología. En el caso de los volcanes se utilizó la delimitación morfológica hecha previamente por Luhr *et al.*, (1995). Como producto final, se generó un mapa que muestra el grado de importancia de cada lugar de interés, dividido en Alto, Medio y Bajo. Además, para cada LIG se generaron fichas técnicas que contienen su ubicación, la tabla de evaluación, así como una descripción técnica sobre los rasgos sobresalientes.

5.3 Percepción de los pobladores locales

Se consideró vital para este estudio conocer la percepción que tienen los habitantes de la comunidad sobre los recursos geológicos de la región, del mismo modo su opinión permite reconocer sitios de importancia local que pueden ser considerados como geosímbolos, es decir, aquellos rasgos geológicos que forman parte de la identidad y tradición de las comunidades.

Para realizar lo anterior, se adoptó el guion de entrevista semi-estructurada de Posada-Ayala, (2015) y Herrera-Gutiérrez, (2016) y, fue adaptado al contexto del área de estudio para poder ser aplicado a los pobladores locales y usuarios (Sección 10.1 de anexos). Dicho guion fue adaptado con la asesoría de los expertos en estudios sociales en comunidades rurales e indígenas: M.C. Catherine Ramos y la M. C. Carolina Navarro Reyes. El guion consta de al menos 15 preguntas, expuestas en un lenguaje sencillo y breve. La entrevista fue hecha a manera de plática buscando que las personas se sintieran cómodas, las charlas fueron grabadas con el previo consentimiento de cada uno de ellos. Por último, se tomaron notas de la información complementaria tal como ideas y sugerencias proporcionadas por los entrevistados.

5.4 Valoración de la geodiversidad a través de índices

Usualmente la geodiversidad es medida a través de la variabilidad y el número de elementos físicos y geográficos de un área determinada, analizando su variedad, frecuencia y distribución (Carcavilla *et al.*, 2008). Su medición se basa usualmente en la aplicación de algoritmos conocidos y utilizados en la teoría de la información y ecología, buscando establecer indicadores cualitativos o cuantitativos mediante el uso de distintos modelos, índices y escalas (Serrano y Ruíz, 2007; en Pereira-Corona *et al.*, 2015). En el presente estudio, para valorar la geodiversidad se utilizaron dos metodologías con el fin de reconocer cuál es más apropiada para el área de estudio. El primer modelo es el propuesto por Pereira *et al.*, (2013) y, el segundo es el índice de Herrera-Gutiérrez (2016).

5.4.1 Método de Pereira *et al.*, (2013)

Esta metodología se basa en la definición de índices numéricos parciales calculados con distintas capas de información. El Índice de Geodiversidad (IGn) se obtiene a partir de la suma de estos índices parciales: (1) *Geológico* (IGeo); (2) *Geomorfológico* (IGmorfo); (3) *Paleontológico* (IPaleo); (4) *Minerales* (IMin); (5) *Edafológico* (IEda). A su vez, el valor de cada índice parcial resulta de la sumatoria de los rasgos presentes en una zona determinada o unidad de muestreo. Para esto se generó una retícula que envuelve al área de estudio, la cual se describe en la sección 5.5.

$$IGn = IGeo + IGmorfo + IPaleo + IMin + IEda$$

Con la información cartográfica que previamente fue recopilada se establece el marco de referencia para cada análisis. El Índice Geológico se compone de las capas de información cartográfica concerniente a la litología, así como la información disponible sobre fallas y fracturas. El Índice Paleontológico integra las capas que muestran los rasgos y sitios paleontológicos. El Índice de Minerales deriva de los yacimientos de minerales y minas. Por último, el Índice Edafológico resulta de la suma de los tipos de suelos de primer orden presentes en cada unidad de muestreo.

El índice geomorfológico resulta de la sumatoria del sub-índice de relieve y del sub-índice hidrológico. En el sub-índice de relieve se utilizan las capas correspondientes al Sistema de Topoformas y las Subprovincias Fisiográficas. Para ambas capas se debe contabilizar su presencia en cada unidad de muestreo, sin embargo, las fronteras entre distintas sub-provincias fisiográficas reciben un punto adicional, esto debido a la importancia de cambios morfológicos resultante del contacto entre dichas unidades.

Por su parte, el sub-índice hidrológico establece que la hidrología tiene una alta influencia en la formación de rasgos geomorfológicos. Para ello, se trabajó con la capa de Cuerpos de Agua y la respectiva a los Ríos y Arroyos. En esta última, la valoración se hace mediante el orden jerárquico resultante del modelo de Strahler (1957). Cabe mencionar que este modelo viene calculado en la tabla de atributos de la capa de Ríos y Arroyos descargada del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL). El valor de dicho modelo es dividido entre dos y los números en fracción fueron redondeados al valor superior más cercano. De esta manera el valor asignado a la unidad de muestreo es el correspondiente al rasgo con el valor de orden máximo.

La suma de los cinco índices para cada unidad da como resultado el valor correspondiente al Índice de Geodiversidad. Estos datos son interpolados en el SIG y reclasificados en tres categorías para poder mostrar en un mapa los niveles Alto, Medio y Bajo de la geodiversidad de la zona de estudio.

5.4.2 Modelo de Herrera-Gutiérrez (2016)

Este modelo toma como base la metodología propuesta por Pereira *et al.*, (2013) y algunos elementos del modelo de Serrano y Ruiz, (2007), además incorpora el aspecto cultural, así como el inventario de LIG's generado en el presente trabajo. El modelo hace uso de la información espacial recopilada y derivada del trabajo de campo y, se simplifica en la siguiente ecuación:

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

Dónde:

IGN = Índice de Geodiversidad, resulta de la sumatoria de los rasgos correspondientes de los índices, geomorfológico (IGm), Geológico (IGeo), Cultural (ICt), Paleontológico (IPI) y los Lugares de Interés Geológico (LIG's).

IGeo = Índice geológico, donde se tomó como indicadores para su estimación los rasgos geológicos: Litología, Fallas y Fracturas, Yacimientos de Minerales y Edafología (Tipo de suelos de primer orden).

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.

LIG's = Lugares de Interés Geológico, se incorporó el inventario realizado en este trabajo. A los LIG's que cuentan con una importancia alta se les asignó un valor de tres, aquellos con importancia media un valor de dos y los de baja importancia un valor igual a uno. Por lo tanto, el valor asignado a la unidad de muestreo fue el que correspondió al rasgo con el valor de orden máximo.

IGm = Índice geomorfológico, que resulta de la sumatoria de rasgos que definen y modifican la geomorfología como: Sistemas de Topo-formas, Sub-provincias Fisiográficas, Línea de Costa, Sub-índice Hidrológico de Pereira (2013) y el Coeficiente de Rugosidad modificado de Serrano y Ruiz (2007).

El Sub-índice hidrológico se compone de las capas de información espacial de Cuerpos de Agua y de Ríos y Arroyos, éste se valoró con el mismo procedimiento que propone Pereira *et al.*, (2013), el cual se describe en la sección 5.4.1. En el caso de las sub-provincias fisiográficas únicamente se consideraron sus fronteras, por lo que a las poligonales en las que coincide este

rasgo se le asignó un valor igual a uno, mientras que las que no contenían este rasgo mantuvieron un valor de cero (Herrera-Gutiérrez, 2016; Silva *et al.*, 2013).

El índice de rugosidad se generó a partir del modelo de elevación digital del área de estudio con el cual se elaboró un mapa de pendientes. El ángulo de las pendientes fue clasificado en cinco intervalos determinados con la prueba de “Natural Breaks” (Jenks, 1967). Por lo tanto, el índice de rugosidad corresponde al valor que posee mayor cobertura de área en cada unidad de muestro (Herrera-Gutiérrez, 2016; Serrano y Ruiz, 2007).

La suma de los cinco índices para cada unidad da como resultado el valor correspondiente al Índice de Geodiversidad. Estos datos son tratados bajo el mismo procedimiento del modelo de Pereira *et al.*, (2013), con el fin de obtener un mapa que represente de forma jerárquica la geodiversidad de la zona de estudio

5.5 Procesamiento de información espacial

El procesamiento SIG se realizó en el software ArcGIS 10.2.2. Todas las capas de información se recortaron y se acotaron al área de estudio mediante la herramienta “CLIP”. Las capas que mostraron los mismos tipos de rasgos representados en diferentes polígonos alrededor de la zona de estudio, fueron agrupadas y simplificadas en entidades generales mediante la herramienta “Dissolve”. Éste proceso permite evitar cualquier sesgo en el conteo de rasgos en cada unidad de muestreo.

Ambos índices tienen como base el conteo de los rasgos presentes en polígonos o unidades de muestreo. Para definir dichas unidades de muestreo se creó una retícula (Figura 3, Anexo 10.2), para esto se utilizó la herramienta “Repeating Shapes” de Jenness Enterprises. Esta extensión genera, de forma automática, polígonos de un área determinada que se distribuyen en toda la zona de estudio. Algunos autores han discutido la idoneidad de diferentes resoluciones de retícula según el estudio a realizar (ej. Hengl 2006). Sin

embargo, en este trabajo se probaron distintas resoluciones siguiendo las consideraciones de la literatura, tomando en cuenta el área de estudio y la escala de la cartografía disponible. Con lo anterior, se eligió una retícula compuesta por 4,045 polígonos o unidades de muestreo, con un área de 0.25 km² cada uno. Dicha retícula fue utilizada para los dos modelos aquí analizados con el fin de mantener la misma resolución y poder comparar los resultados.

La retícula generada sirvió para realizar una relación espacial con cada una de las capas de información que conforman a cada índice (Figura 4). Para esto se utilizó la herramienta “SpatialJoin”, la cual permite adherir, en la tabla de atributos de la retícula, el número de rasgos presentes en cada polígono, 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.

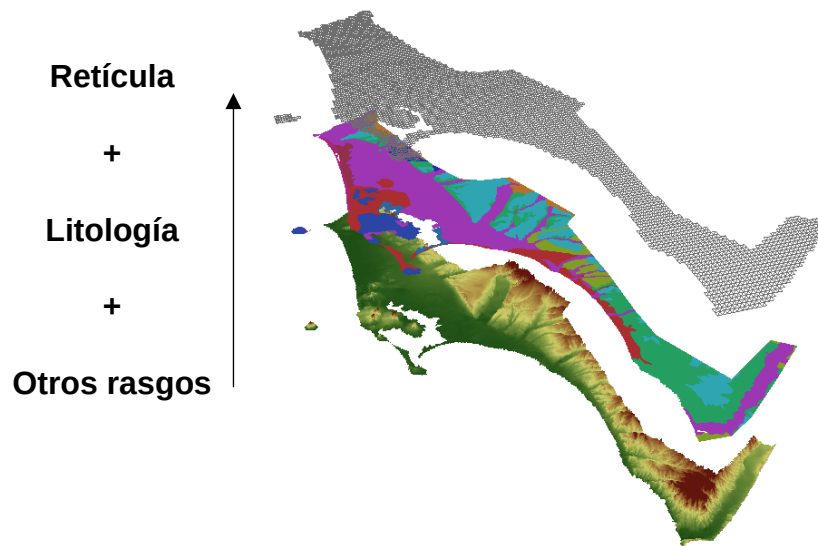


Figura 4. Ejemplo de la relación espacial de los rasgos que definen cada índice o índice parcial. Esto se realiza con la herramienta SpatialJoin.

Con lo anterior, las capas con información de litología, fallas y fracturas, cuerpos de agua, edafología, paleontología, museos, sitios arqueológicos, sitios históricos, yacimiento de minerales y 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” de la herramienta mencionada (Herrera-Gutiérrez, 2016). Mientras que para el sub-índice hidrológico y el coeficiente de rugosidad se usaron los valores predominantes descritos anteriormente.

Con el propósito de evitar cualquier sesgo sobre algún atributo específico, los valores resultantes de cada subíndice o índice parcial fueron estandarizados en un rango entre 0–1 mediante la siguiente ecuación (Bruschi, 2007):

$$V_{Ni} = (V_{\text{actual}} - V_{\text{mínimo}}) / (V_{\text{máximo}} - V_{\text{mínimo}})$$

Debido a que estos cálculos no pueden ser efectuados de forma directa en las tablas de atributos de ArcGIS, los datos fueron exportados a una página en Excel en donde se realizaron las operaciones necesarias. Posteriormente, para adjuntar los valores ya calculados a las tablas de atributos se utiliza la herramienta “Join” y para relacionar cada uno de los datos se utiliza el campo de “Unique_ID”, el cual asigna un número guía a cada reglón de la base de datos.

En ambos modelos, la sumatoria de los indicadores estandarizados resulta en el valor correspondiente al Índice de Geodiversidad. Con estos datos como atributo en la retícula, se generó una capa de información compuesta de puntos del centroide de cada poligonal, este proceso fue hecho con la herramienta “Feature to Point”. Con dichos puntos se realiza una prueba de interpolación por el método Kriging, que resulta en una imagen Raster que muestra la distribución de la geodiversidad dentro del área de estudio. Para simplificar la interpretación, los datos se clasifican en tres grupos jerárquicos (ALTO, MEDIO y BAJO) con el uso de la prueba de Natural Breaks (Jenks, 1967), la cual permite agrupar valores estadísticamente similares y los límites entre cada grupo quedan establecidos dónde hay diferencias considerables entre los valores.

5.6 Propuesta de aprovechamiento sustentable

La información generada permitió realizar un análisis sobre la vocación del escenario geológico del área de estudio. Se diseñó una propuesta de aprovechamiento sustentable encaminada al geoturismo, para esto se elaboró una serie de materiales que buscan destacar la riqueza paisajística de la región a través de la educación ambiental. Se diseñó un conjunto de mapas y cédulas explicativas que describen los principales procesos y rasgos ambientales de cada lugar. La descripción de los temas científicos se abordó con un lenguaje simple y cada uno de los términos especializados fue definido en un Glosario, con la finalidad de que la propuesta sea una guía de capacitación y de fácil incorporación para todo aquel interesado en comprender y difundir la geodiversidad de la región y generar actividades productivas sustentables en torno al geoturismo.

6. Resultados

6.1 Tectónica

El área de estudio está ubicada en la parte central de la provincia geomórfica de las Tierras Bajas del Pacífico, al SW de la Línea Santillán y Barrera, la cual es una frontera tectónica de tendencia NW-SE que separa a la Provincia Estable de la Península y el inicio del borde continental (Gastil et al., 1975), constituyendo un límite marino del Cretácico Superior.

Desde el Cretácico hasta hace aproximadamente unos 29 Ma en toda la margen occidental de Norteamérica existió una zona de subducción en la que la Placa Farallón era consumida bajo la placa Norteamericana (Atwater 1970; Mammerickx and Klitgord, 1982; Lonsdale, 1991). Debido a la subducción, a finales del Cretácico Temprano se formó un arco de islas volcánicas que con el tiempo colisionó con la Placa Norteamericana. Vestigios de este arco se encuentran en una franja discontinua que aflora de NW a SE en el margen Pacífico de Baja California y que es denominada como Formación Alisitos (Santillán y Barrera 1930; Almazan-Vázquez, 1988).

En su desplazamiento a la trinchera la Placa Farallón estuvo acompañada por la Placa del Pacífico. Durante el Oligoceno Tardío una parte de la Dorsal del Pacífico Oriental hizo contacto con la trinchera de subducción, dando origen a microplacas y a dos triples uniones de tipo dorsal-trinchera-transforme, las cuales migraron en dirección NW y SE a lo largo de la costa. Durante la migración hacia el SE la triple unión pasó por la latitud del CVSQ ($\sim 30.5^{\circ}\text{N}$) hace aproximadamente 17 Ma (Luhr *et al.*, 1995). En su viaje descendente la Dorsal del Pacífico suministró suficiente calor a profundidad como para adelgazar la Placa Americana sobreyacente, formando una zona de debilidad cercana al margen continental. Esto dio origen a un intenso evento magmático denominado Orogenia del Terciario Medio, caracterizada por derrames andesíticos y riolíticos, así como depósitos volcanoclásticos y sedimentos lacustres que en conjunto edificaron un arco magmático andesítico en el margen continental de California y Baja California durante el Oligoceno y el Mioceno Temprano.

Para el Mioceno Medio (~ 12 Ma) la Dorsal del Pacífico alcanzó el borde inferior de Baja California ($\sim 23^{\circ}\text{N}$). Dicho proceso extinguió progresivamente la subducción, pero también originó un periodo de deformación e inestabilidad, originando una frontera transforme con un movimiento lateral derecho entre la Placa de Pacífico y la Norteamericana. En sus inicios el movimiento lateral pudo haber ocurrido en la zona de la falla San Benito-Tosco-Abreojos y posteriormente pudo haber ocupado la franja actual del Cinturón Tectónico San Andrés-Golfo de California, permitiendo la ruptura de la península de Baja California con relación al resto del continente y dando origen a un cambio de régimen caracterizado por el volcanismo Plio-Cuaternario de tipo toleítico.

Por su parte, volcanismo de tipo alcalino no relacionado con la apertura del Golfo de California se desarrolló en las zonas occidentales, incluyendo el CVSQ del Cuaternario tardío (Gastil *et al.*, 1975, 1979; Sawlan, 1991). Algunos autores señalan que esta actividad derivó de una actividad magmática de tipo intraplaca

relacionado con los eventos de post-subducción de un remanente de la Placa Farallón (Storey *et al.*, 1989), o resultado de la cercanía del manto a la trinchera en el episodio de subducción del Terciario (Sawlan, 1991), e incluso con la presencia de un hot spot (Juárez, 1996). Sin embargo, Rogers *et al.*, (1985) y Saunders *et al.*, (1987), sugirieron que las características de dicho volcanismo es la evidencia de la subducción y fusión de la Dorsal. Argumentaron que un segmento de la antigua Dorsal pudo haber sido subducido al norte de la latitud 29.5° N, creando así una ventana astenosférica (no-slab window) debajo de la Baja California. Esta actividad incluyó el área del CVSQ (~30.5 ° N). Propusieron que dicha ventana pudo permitir el acceso directo del manto astenosférico debajo de esta región, dando origen a las características intraplaca de los basaltos alcalinos portadores de lherzolita, una roca ultramáfica de grano grueso con un alto contenido de olivino típica del manto superior que frecuentemente aparece como xenolitos en basaltos.

Estudios previos sobre el CVSQ (Luhr *et al.*, 1995; Williams, 1999; Ortega-Rivera *et al.*, 2004), restringen la etapa eruptiva a un rango de entre aproximadamente 180,000 a 20,000 años atrás, correspondiente al Pleistoceno Superior - Holoceno.

6.2 Marco Geomorfológico

6.2.1 Fisiografía y Topoformas

Tres rasgos principales caracterizan la fisiografía de la zona (Figura 5, Anexo 10.3): (1) hacia el occidente se encuentra la llanura aluvial costera con presencia de salinas, y alturas que van entre los 0 y 30 metros. Al norte se encuentra una formación lagunar de morfología alargada y separada del océano por un cordón de dunas (Laguna Figueroa). En la parte central, la planicie costera es interrumpida por los edificios volcánicos del CVSQ que integran al complejo lagunar de Bahía de San Quintín, caracterizada por su forma en “Y” y por la presencia de un tómbolo y una flecha arenosa que acreciona de este a oeste. Al sur, se advierten formaciones caprichosas asociadas a lomerios

costeros. (2) En el fragmento central, paralelo a la Línea Santillán y Barrera, se encuentran los escarpes y mesas pertenecientes al escarpe de Santa María (también llamado escarpe Cantú), y la mesa de San Simón, que en conjunto delimitan una antigua línea de costa. Estos escarpes poseen alturas que pueden alcanzar los 150 metros, con un ligero buzamiento hacia el poniente, escalonadas y disectadas por arroyos intermitentes. (3) Hacia el oriente, se advierten cadenas montañosas alineadas en dirección NW-SE que forman sierras bajas con alturas de hasta 500 metros (Almeida-Vega, 1998).

Cabe recalcar que la información cartográfica 1:1'000,000 de INEGI clasifica a esta región de manera general como parte de la subprovincia fisiográfica de Sierras de Baja California Norte.

6.2.2 Hidrología

Contemplando la información recopilada del SIATL de INEGI, la zona de estudio se encuentra principalmente dentro de la Cuenca Arroyo la Escopeta – Cañón de San Fernando, y una pequeña porción de la Cuenca Arroyo Las Animas – Arroyo Santo Domingo en el límite norte. La primera posee una superficie total de 8,952 km² y la segunda 9756 km². El área envuelve a las subcuencas del Arroyo el Rosario, Arroyo del Socorro, Arroyo San Simón y Arroyo la Escopeta, así como a la subcuenca Arroyo Santo Domingo perteneciente a la cuenca más norteña.

Los rasgos hidrográficos están caracterizados por corrientes intermitentes, que en ocasiones se pierden antes de desembocar en el Océano Pacífico. las corrientes más importantes dentro del área son: el arroyo El Rosario, que toma el nombre con la confluencia de las corrientes el Potrero y San Juan de Dios a 25.37 km antes de desembocar al Océano Pacífico; el arroyo San Simón, el cual desemboca dentro del complejo lagunar de Bahía de San Quintín; el Arroyo La Escopeta y, el arroyo Santo Domingo, que tiene su origen al este del área de estudio en la sierra San Pedro Mártir, a una altura de 2,300 msnm. Según el análisis cuantitativo de geomorfología de cuencas de Strahler (1957),

se encontraron valores que van desde uno hasta ocho y que advierten el orden o magnitud de los sistemas de drenaje (Figura 6, en Anexo 10.3).

Las corrientes del primer al quinto orden se distribuyen principalmente en sierras bajas en la porción oriental; las de quinto y octavo orden se forman cerca de las mesas y en los valles costeros. El agua superficial disponible en el área no es abundante, ya que cuenta con pocas corrientes permanentes y algunas charcas temporales. Su principal uso es el doméstico y agropecuario. El almacenamiento de agua en espacios subterráneos se concentra en el acuífero San Quintín, el cual se recarga por el flujo subterráneo proveniente de la infiltración en las partes topográficamente altas que circundan el valle de San Quintín, y por infiltración directa del agua de lluvia en la parte plana del valle (CONAGUA, 2015).

6.3 Marco Geológico

6.3.1 Litología

Según Gastil (1975), la formación de la Península de Baja California puede dividirse en tres etapas: la Pre-Batolítica, Batolítica y Post-Batolítica. En el área de estudio se identificaron 12 unidades litológicas (Tabla III) con un rango estratigráfico del Cretácico al Reciente de rocas ígneas y sedimentarias (Figura 7, Anexo 10.3). En la frontera oriental del área de estudio afloran grandes cuerpos de rocas ígneas extrusivas félsicas y tobas riolíticas no diferenciadas correspondientes a la Formación Alisitos del Cretácico Inferior, pertenecientes a la etapa Pre-batolítica. Más hacia el este y fuera del área de estudio, intrusionan cuerpos graníticos de tamaño y composición variable entre las que se encuentran granodiorita, tonalita y gabro de la etapa Batolítica (Gastil *et al*, 1975).

Tabla III. Unidades litológicas y su cobertura en el área de estudio.

CLAVE_SGM	ROCA	ERA	PERIODO	LITOLOGÍA	% Cobertura
Qhoal	Sedimentaria	Cenozoico	Cuaternario	Aluvial	0.0
Qhoal	Sedimentaria	Cenozoico	Cuaternario	Aluvial	39.2
QptB	Extrusiva	Cenozoico	Cuaternario	Basalto	4.8
Qhoeo	Sedimentaria	Cenozoico	Cuaternario	Eólico	10.1
Qholg	Sedimentaria	Cenozoico	Cuaternario	Lagunar	1.8
Qholi	Sedimentaria	Cenozoico	Cuaternario	Litoral	1.2
Qhopa	Sedimentaria	Cenozoico	Cuaternario	Palustre	1.2
TplCgp	Sedimentaria	Cenozoico	Neógeno	Conglomerado poligénico	16.9
TpaCgp	Sedimentaria	Cenozoico	Terciario	Conglomerado poligénico	1.2
KapaA-BvA	Extrusiva	Mesozoico	Cretácico	Andesita-Brecha volcánica andesítica	3.4
KcmCgp	Sedimentaria	Mesozoico	Cretácico	Conglomerado poligénico	3.8
KsGd-Tn	Intrusiva	Mesozoico	Cretácico	Granodiorita-Tonalita	0.0
KcmLm-Ar	Sedimentaria	Mesozoico	Cretácico	Limolita-Arenisca	16.2

Las terrazas y mesas costeras están conformadas por una secuencia de rocas sedimentarias marinas constituidas por areniscas, limolitas y lutitas de la Formación Rosario del Cretácico Superior de la etapa Post-Batolítica. A su vez la mesa de San Simón está constituida por conglomerados polimicticos del Plioceno, compuestos por fragmentos de granito y caliza metamorfozada con una matriz arcillo-arenosa (Almeida-Vega, 1998). Al sur, predominan las rocas de la Formación Rosario, cerca del margen costero, y especialmente en el poblado de El Rosario. Kilmer (1963) en su trabajo doctoral describió la zona alrededor de dicha población y describió la secuencia estratigráfica como Grupo Rosario, en la que reconoció las unidades formacionales: Formación Rosario para la parte marina superior, Formación El Gallo para la unidad no marina que está debajo, Formación Punta Baja para la unidad marina inferior y Formación Bocana Roja para la unidad basal no marina. El grosor total del Grupo Rosario es de 2900 metros cerca de El Rosario.

La planicie costera es una antigua terraza de sedimentos marinos como areniscas, aluvión y depósitos fluviales, que en conjunto pueden alcanzar espesores de 50 a 250 metros, descansando sobre una base de material arcilloso semiconsolidado del Pleistoceno y Holoceno (Mejía, 1990, en Almeida-Vega, 1998). Sobre la porción central del margen costero se hacen presentes las rocas volcánicas de etapa Post-Batolítica, caracterizadas por basaltos del Cuaternario que dieron origen al CVSQ. A su vez, estos basaltos cortan y se desarrollan sobre el relleno sedimentario neogénico que sobreyace a la Formación Alisitos (Gastil, 1975; Almeida-Vega, 1998).

El CVSQ se compone por 12 conos cineríticos del Cuaternario. Los edificios volcánicos se dividen en dos grupos y dos unidades: El Grupo Norte, compuesto por Media Luna y el Complejo Woodford, presenta derrames que contienen xenolitos ultramáficos constituidos por olivino, ortopiroxeno y clinopiroxeno (Luhr *et al*, 1995). El Grupo del Sur es el más grande, y se compone por Basu, Riveroll, Kenton, Picacho Vizcaíno, Sudoeste, Pescador y Volcán Ceniza. El Tómbolo de Punta Mazo y la Isla San Martín constituyen unidades independientes. Los volcanes emergieron como islas subacuáticas que posteriormente, debido a la acumulación de sedimentos, cenizas y lava, se unieron y dieron origen al complejo lagunar de San Quintín.

6.3.2 Estructuras

El margen costero y las terrazas marinas se encuentran disectadas abruptamente por los escarpes y mesas en la porción central, éstos son controlados por un fallamiento normal que se extiende por más de 30 kilómetros desde la comunidad de Vicente Guerrero hasta el cauce del arroyo San Simón. Al oeste, el alineamiento de los cráteres de algunos edificios volcánicos del CVSQ, han hecho suponer que éste se encuentra controlado por fallas (Coleman, 1969), sin embargo no existe evidencia que compruebe dicho control estructural (Luhr *et al.*, 1995).

Por su parte, en la zona de El Socorro se aprecian una serie de fracturas que corren de manera perpendicular a la línea de costa y que delimitan la dirección de las cañadas. En la frontera sureste, el Arroyo El Rosario se encuentra controlado por la Falla del Rosario (Santillan y Barrera, 1930), la cual es una falla normal que se extiende 10 kilómetros del NE a SW. Dicha falla colinda con tres fracturas oblicuas que corren hacia el NW (Figura 7, Anexo 10.3). Cerca de la desembocadura del Arroyo El Rosario y sobre los afloramientos de la Formación Bocana Roja, algunas observaciones en campo permitieron reconocer fallamientos de tipo normal cuya alineación coincide con la Falla El Rosario.

6.3.3 Minerales

La minería es una actividad de alto impacto dentro del CVSQ por el aprovechamiento de la escoria volcánica, principalmente ceniza gruesa (morusa), extraída en el volcán Picacho Vizcaíno y Riveroll (ceniza roja), y en el Complejo Woodford (ceniza negra). De igual manera, en Monte Kenton se observan evidencias de extracción de la escoria y en Monte de Ceniza de piedra laja.

En la zona costera se explota de manera selectiva el canto rodado (piedra bola) desde la playa de La Chorera hacia el Norte hasta el Ejido Leandro Valle y Zarahemla. En el Ejido Chapala se encuentran las salinas, con una capacidad de producción de 5,000 toneladas por año. En los cauces de los arroyos de San Quintín y El Rosario se encuentran bancos de materiales donde se explota la arena y grava. En el cauce del arroyo San Simón se encuentra la mina de oro Buenavista, en la cual solo se realizan actividades de prospección y extracción en depósitos de placer.

6.3.4 Edafología

Los suelos integran la capa más superficial de la corteza terrestre, forman parte de los procesos físicos que regulan el ambiente, además modelan el paisaje y tienen una función crítica en la distribución de las especies animales y

vegetales. Conjuntamente, fungen como un archivo de información ambiental e incluso de información cultural del pasado y presente. El estudio de los suelos permite obtener la información necesaria para la gestión y manejo de actividades humanas como la ganadería, agricultura, ingeniería y/o desarrollo urbano.

Como ya se mencionó, el análisis edafológico del área de estudio se realizó contemplando la información cartográfica de INEGI (2005) a escala 1: 250,000. Las unidades edafológicas se encuentran representadas por la asociación de hasta tres tipos de suelo, excepcionalmente para este análisis se utilizó sólo uno, el de primer orden, el cual es el de mayor dominancia y que comprende un 60% o más de la extensión edafológica (Figura 8, Anexo 10.3). Cabe mencionar que los suelos secundarios abarcan menos del 40% y los de tercer orden integran el 20% como máximo.

Dentro de la zona de interés se identificaron 12 tipos de suelo, de los cuales el de mayor predominancia son los Regosoles (27.1% del área), seguido de los Planosoles con 22% del área (Tabla IV).

Tabla IV. Relación de cobertura de suelos de primer orden con predominancia $\geq 60\%$.

Suelos de Primer Orden			
Nombre	Clave	Área km²	% Cobertura
Regosol	RG	244.13	27.10
Planosol	PL	200.27	22.23
Luvisol	LV	176.96	19.65
Fluvisol	FL	58.11	6.45
Cambisol	CM	46.25	5.14
Vertisol	VR	34.87	3.87
Arenosol	AR	34.13	3.79
Solonchak	SC	28.75	3.19
Solonetz	SN	28.11	3.12
Leptosol	LP	24.27	2.69
Calcisol	CL	19.52	2.17
Phaeozem	PH	5.36	0.59

A continuación, se describen los tipos de suelos y sus características:

Regosol: Es un suelo de poco desarrollo, sin capas diferenciadas entre sí. Está constituido por material grueso semejante a la roca que le da origen. En general son claros o pobres en materia orgánica. Están presentes sobre las mesas y especialmente sobre toda el área del CVSQ.

Planosol: Es un suelo que se desarrolla en relieves planos, especialmente sobre las mesas que pueden inundarse parcialmente en superficie durante las temporadas húmedas del año. Son medianamente profundos (entre 50 y 100 cm) y característicos de climas semiáridos y templados.

Luvisol: Se caracteriza por tener alta concentración de arcillas y alta susceptibilidad a la erosión. Es frecuentemente rojo o amarillento, y en ocasiones con tonalidad parda, que no llega a ser oscura. Se distribuye en las zonas destinadas para la agricultura que envuelven a las localidades urbanas del área de estudio.

Fluvisol: Característico de ríos y arroyos; fácilmente visible en el arroyo El Rosario, arroyo El Consuelo, arroyo San Simón y el arroyo Santo Domingo. Se caracteriza por estar formado por materiales acarreados por el agua, son muy poco desarrollados, medianamente profundos con capas alternadas y con estructura débil o suelta.

Cambisol: Es un suelo cambiante y relativamente joven. Se caracteriza por que presenta en el subsuelo una capa de terrones con vestigios del tipo de roca subyacente, en ocasiones con arcillas, carbonatos, fierro o magnesio. Tiene de moderada a alta susceptibilidad a erosionarse. En el área se restringen a zonas inundables, especialmente cerca de las marismas y sobre la morfología de laguna Figueroa.

Vertisol: Se encuentran zonas con una marcada estación seca y húmeda, poseen alta concentración de arcillas. Suele tener colores que van desde el

negro, gris y café rojizo. En el área su uso es principalmente agrícola. Tiene baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.

Arenosol: Comúnmente arenoso, con textura gruesa y alta permeabilidad pero poca capacidad de retención de agua y de almacenar nutrientes. La susceptibilidad de erosión de los Arenosoles va de moderada a alta. Este suelo se encuentra mayormente representado en el tómbolo de Punta Mazo.

Solonchak: Son suelos salinos comunes en zonas donde se acumula el salitre, tal como en las marismas y el margen de la laguna costera de la Bahía de San Quintín o en partes bajas de los valles y llanos de zonas secas. La vegetación típica para uso es el pastizal y otras plantas halófilas.

Solonetz: Suelo con altas concentraciones de sales, con un subsuelo arcilloso y con terrones duros en forma de columnas o prismas debido al alto contenido de sales con sodio. En el área de estudio se encuentra asociado a la Laguna Figueroa, la cual es una laguna costera hipersalina.

Leptosol: Muy superficiales, con poco espesor, se forman sobre la roca dura o muy pedregosa. se observan sobre las laderas de fuerte pendiente al este del área, sobre la Isla San Martín y los volcanes del Grupo Norte. Son poco aptos para la agricultura.

Calcisol: Suelos propios de las zonas áridas y semiáridas. Contiene una capa de calcio, cubierto por una delgada capa de caliche. En los Calcisoles se desarrollan preferentemente los matorrales xerófilos con arbustos y pastos efímeros. Está presente al sur de la barra arenosa de Punta Azufre.

Phaeozem: Son suelos oscuros, ricos en materia orgánica y de profundidad variable, cuando están en zonas planas suelen ser profundos con un alto rendimiento. Sin embargo, en la zona de estudio se encuentran en algunas laderas y zonas de drenaje, por ende son pocos profundos y presentan como limitante la presencia de roca o cementación fuerte en el suelo, su rendimiento

es bajo en este caso y se erosiona con facilidad. Se encuentra presente en parte de la Mesa de San Simón al este de Bahía de San Quintín.

6.4 Paleontología

El registro fósil más antiguo pertenece al Grupo Rosario del Cretácico Superior. En el extremo sur del área de estudio, en los afloramientos de la Formación Bocana Roja, Molnar (1974) describió un ejemplar monoespecífico de dinosaurio terópodo al cual denominó *Labocania anómala*. En discordancia sobreyacen los depósitos continentales de la Formación El Gallo. Esta es muy rica en fósiles, donde destacan huesos de dinosaurio (Hadrosaurio), tortugas, mamíferos primitivos, y abundante madera petrificada. También se han encontrado invertebrados fósiles incluidos en lentes marinos, que en conjunto sugieren una edad Campaniana Media-Tardía (Morris, 1967; Lillegraven, 1972; Gastil, 1975). Finalmente, sobre la Formación El Gallo se encuentran los depósitos marinos de la Formación Rosario, donde Durham y Allison (1960), a partir de la presencia de amonites y foraminíferos bentónicos, asignaron una edad Campaniana Tardía – Maastrichtiana Temprana.

En los escarpes que cortan la llanura aluvial donde afloran sedimentos de la Formación Rosario estos están cubiertos por conglomerados del Terciario y sedimentos marinos del Plioceno (Luhr *et al.*, 1995) asignados a la Formación Cantil Costero por Santillán y Barrera (1930), quienes describen una fauna compuesta de invertebrados como: *Pholadidea sp.*; *Trophon sp.*; *Arca sp.*; *Dedraster ashley*, Arnold; *Polinices sp.*; *Turritella vanvlecki*, Arnold; *Alectrion californica var.*; *Phacoides sp.*; *Pecten circularis*; *Pecten etchegoini*, Anderson; *Acanthina n. sp.*; *Ostrea verpertina*, Conrad; además de dientes de tiburón y peces. Esta fauna permitió fechar la Formación en el Plioceno Medio y Superior. Dentro del área de estudio, los puntos de mayor relevancia y que se encuentran en buen estado de conservación se hallan en El Consuelo y San Quintín (Figura 9, Anexo 10.3).

Inmediatamente sobre los depósitos del Plioceno, en estratificación concordante y formado parte de dicho cantil, se encuentran una serie de conglomerados que por su fauna fósil y posición estratigráfica corresponden al Pleistoceno. Santillán y Barrera (1930) describieron al menos 25 especies donde abundan los gasterópodos y bivalvos (Tabla V).

Tabla V. Fósiles del Pleistoceno descritos por Santillán y Barrera (1930) en la Formación Cantil Costero.

Gasterópodos	Bivalvos	Maxilópodos
<i>Vermetus squamigerus</i>	<i>Pododesmus macrochismus</i>	<i>Megabalanus tintinnabulum</i>
<i>Conus Californicus</i>	<i>Paphia slaminea</i>	
<i>Olivella biplicata</i>	<i>Phacoides californica</i>	
<i>Diodora aspera</i>	<i>Mytilus californianus</i>	
<i>Lottia gigantea</i>	<i>Macoma nasuta</i>	
<i>Tegula gallina</i>	<i>Tivela stultorum</i>	
<i>Epiphragmophora sp</i>	<i>Hinnites giganteus</i>	
<i>Haliotis crackerodii</i>	<i>Septifer bifurcatus</i>	
<i>Acanthina lugubris</i>	<i>Zirphaea sp</i>	
<i>Fissurella volcano</i>		
<i>Cryptoconus carpenteriana</i>		
<i>Bursa californica</i>		
<i>Tegula monterreyi</i>		
Equinoideos	Poliplacóforos	
<i>Dendraster diegoensis</i>	<i>Cryptochiton sp</i>	

En los cantiles del Complejo Lagunar de Bahía de San Quintín afloran capas fosilíferas del Pleistoceno Superior, especialmente en las zonas conocidas como el Muelle Viejo y el Molino Viejo. En el Muelle Viejo, sobresalen pequeños cantiles que se hunden en dirección NW, en cuya parte media está expuesta una capa de arenas finas con abundantes fósiles de moluscos de un ambiente de playa abierta. sobre estos se encuentran lodolitas muy fosilíferas que se encuentran expuestas en el Molino Viejo.

Téllez-Duarte (1983), describió los afloramientos fosilíferos de Molino Viejo, identificando un total de 107 especies fósiles, entre los que se encuentran: bivalvos, gasterópodos, escafópodos, artrópodos, equinodermos, briozoarios y anélidos. En dicha localidad la columna estratigráfica está caracterizada por arenas finas y claras en la base, en contacto superior se aprecia una discordancia paralela demarcada por los fósiles e inmediatamente le sobreyace una capa compuesta por arenas limosas muy finas, de color verde oscuro y moderadamente consolidadas. Por último, el estrato superior se compone de limo arenoso de color café claro sin consolidar y de origen aluvial reciente, en su superficie se encuentran valvas de organismos y fragmentos líticos relacionados con asentamientos prehistóricos.

Al oeste del Molino Viejo afloran depósitos fósiles intercalados a coladas de lava provenientes del Volcán Kenton. La fauna fósil que compone a esta localidad se caracteriza por la presencia de organismos tales como: pelecípodos, gasterópodos, poliplacóforos (Amphineura), equinoideos y crustáceos. La mayoría de las especies identificadas suelen vivir en ambientes protegidos y poco profundos (Valentine, 1960), y adaptados a ambientes rocosos.

En conjunto, estas tres localidades ilustran el proceso de formación del complejo lagunar. Inicialmente, en toda la zona existió una costa de playa abierta caracterizada por arenas finas. Posteriormente la actividad volcánica contemporánea originó islas que cambiaron los procesos sedimentarios, creándose un ambiente lagunar caracterizado por sedimentos finos. Con el tiempo las islas volcánicas se unieron a la costa y acumularon más sedimentos finos.

En otra sección, al noroeste de los volcanes del Grupo Sur, los flujos de lava provenientes del volcán Basu se encuentran disectados abruptamente formando acantilados que se extienden cerca de dos kilómetros hacia el norte sobre la franja costera. En la base de los acantilados se observan lavas en

almohadilla, en cuyos intersticios se encuentran arcillas y arenas con espinas de equinoides, fragmentos de foraminíferos y otros fósiles marinos, lo cual indica un origen subacuático durante el Pleistoceno Superior - Holoceno (Valentine, 1960).

Al sur de los acantilados y en colindancia con el campo La Chorera, Guía-Ramírez y Oviedo-García (2012) reportaron el hallazgo de un cráneo de mamut depositado en una capa de arena fina que fue cubierta por cenizas y caliche. Al parecer, el Valle de San Quintín fue un lugar donde abundaron estos proboscídeos, ya que se han registrado y rescatado muchos restos de estos. Aunque no se ha corroborado, estos hallazgos podrían generar nuevas líneas de investigación sobre el poblamiento de Baja California y su relación con los mamíferos durante el Pleistoceno tardío y el comienzo del Holoceno (Guía-Ramírez y Oviedo-García 2009, 2012).

En la Laguna Figueroa existen tapetes microbianos modernos, dominados en superficie por *Microcoleus chthonoplastes*, *Entophysalis* (monoespecífico) y por una bacteria endémica llamada *Spirochaeta bajacaliforniensis*, que en conjunto con otros microorganismos forman estructuras organo-sedimentarias laminadas (típicamente de CaCO₃) conocidas como estromatolitos (Horodyski *et al.*, 1975, 1977, Margulis *et al.*, 1980, 1983. Fracek y Stolz, 1985). Estructuras de este tipo son de las evidencias más antiguas de las primeras formas de vida en la tierra, además de ser excelentes indicadores paleoambientales. Actualmente, la relevancia de las comunidades microbianas modernas radica en que permiten interpretar aspectos y complejidades de sus análogos del Precámbrico.

6.5 Marco Cultural

La ocupación humana en la región se estima cercana a los 10 mil años, entre las evidencias prehistóricas se encuentran numerosos vestigios arqueológicos (Estrada-Ramírez, 2013), como los antiguos concheros, tan comunes en la zona costera, y que con frecuencia están asociados a artefactos líticos que nos dan idea de las estrategias de apropiación de los recursos naturales (Figura 9,

Anexo 10.3). Los concheros abundan en toda el área de estudio, principalmente sobre el margen costero. En el caso de Bahía Falsa, cerca de los volcanes del Grupo Norte y en la Peña Colorada, se encuentran en cuevas que sirvieron de resguardo para los nativos.

Históricamente, los eventos más relevantes de los que hay registro comienzan en 1539, cuando Francisco Ulloa arribó a la región próxima a El Rosario, que denominó como “Punta Engaño”, y posteriormente como Punta Baja, justo en el límite sur de la bahía de El Rosario. Para 1542 el navegante portugués al servicio de la corona de España, Juan Rodríguez Cabrillo, arribó a lo que actualmente es Bahía San Quintín dándole el nombre de “Bahía de la Posesión”. Rodríguez Cabrillo describió la presencia de indígenas con arco y flecha en la zona, mismos que también fueron avistados en 1602 por Sebastián Vizcaíno. En 1769 el padre franciscano Junípero Serra llega a San Quintín en una expedición por tierra, encontrándose con indígenas hostiles. Tanto en la región de San Quintín como en sus alrededores confluyeron varias tribus indígenas. Siendo los Kiliwas los últimos habitantes nativos de la región (Estrada-Ramírez, 2013).

Después de que fueran expulsados los jesuitas, los misioneros franciscanos y dominicos sustituyeron las misiones fundadas por sus predecesores. Para 1774 la orden dominica funda su primera misión, nombrada “Nuestra Señora del Santísimo Rosario de Viñadaco”, que dio pie al pueblo de El Rosario, siendo éste el más antiguo de Baja California, fundado el 2 de julio de 1774. Para 1775 los dominicos fundan la misión de “Santo Domingo de la Frontera” cerca del arroyo del mismo nombre. En 1802 la misión de El Rosario es reubicada debido a las constantes inundaciones, por lo que se funda la misión de “Nuestra Señora del Santísimo Rosario de Viñadaco de Abajo” cerca de la desembocadura del arroyo El Rosario.

En el tránsito entre las misiones de El Rosario y de Santo Domingo, quedaban de por medio las salinas de San Quintín, que fueron de suma importancia para

toda la región, ya que de aquí se extraían las cantidades necesarias de sal para la curtir pieles, conservar los alimentos, y la preservación de las pieles de nutria que eran altamente valuadas en la época por el mercado oriental (Espinoza-Arroyo, 2007).

Las primeras empresas que se establecieron formalmente en San Quintín fueron para la explotación de las salinas. José María Echeverría en el año 1829, concedió permiso a un barco ruso y otras embarcaciones de Estados Unidos para extraer dicho material. Para 1855 la venta de dicho producto originó la apertura extraoficial del Puerto de San Quintín, que traía grandes beneficios a los locales. La sal era considerada de alta calidad, pero las dificultades y costos de transporte mermaron dicha actividad y, para 1902 la actividad fue abandonada (sin embargo, en la actualidad se siguen aprovechando algunos depósitos).

Después del movimiento de independencia, se impulsan leyes de inversión extranjera y se otorgan terrenos despoblados a compañías colonizadoras extranjeras en el norte de la península. Así llega la Compañía Internacional de México, también llamada Compañía Americana. Para 1887 se tiene un gran desarrollo en la región, sin embargo, debido a los malos manejos y fraudes la colonia entra en abandono. En 1889, en la ciudad de Londres se realiza el traspaso de la compañía Americana a favor de la Compañía Inglesa. Esta última realiza una gran inversión en San Quintín y construye un muelle, el molino harinero, funda ranchos para cultivar el trigo y el proyecto de un ferrocarril que iría de San Quintín a Ensenada. No obstante, por problemas diversos la concesión fue revocada por el presidente Venustiano Carranza, el día 17 de abril de 1917 (Estrada-Ramírez, 2013).

Para 1931 varias familias mexicanas procedentes de Estados Unidos solicitan al gobierno federal tierras en San Quintín y zonas aledañas. Estas familias consiguen arraigarse en la región y se distribuyen las tierras y/o ranchos. Posteriormente el reparto de las tierras en el Valle de San Quintín tiene un giro,

en 1944 se suspende la renta y venta de terrenos en la zona, y para 1947 el presidente Miguel Alemán Valdez otorga grandes extensiones de terreno a la familia Orendain, con el fin de compensar las propiedades que les fueron expropiadas en el estado de Jalisco (Estrada-Ramírez, 2013). A partir de este reordenamiento de propiedades, el poblado de San Quintín comienza a desarrollarse rápidamente y a crecer como una zona agrícola.

Cerca de las ruinas de la Misión de Santo Domingo y a un costado de la Peña Colorada, se localiza el Rancho Hamilton, construido en 1780 por Randolph Young, uno de los ingleses de la primera colonización. Posteriormente pasó a propiedad de su sobrina Harriet Hamilton y en 1944 fue adquirido por el estadounidense Roy Parodi, quien fuera esposo de Margarita Henkel, quien se dice inspiró el nombre de la bebida “Margarita” (versión de la cantina Hussong’s de Ensenada). En aquellos años, el Rancho Hamilton fungió como un lugar para hospedarse, sobre todo para los que disfrutaban de la cacería.

En la actualidad, dónde antes solía estar el molino harinero, se fundó un museo de sitio llamado “Museo Juan Rodríguez Cabrillo” en honor al navegante. Este sitio alberga una exposición cultural y paleontológica importante de la región, de esta manera se busca el rescate de la historia local (Espinoza-Arroyo, 2007).

6.6 Percepción de los pobladores

Se realizaron un total de 16 entrevistas semi-estructuradas a los habitantes y/o usuarios presentes en cada localidad de interés. Todos los entrevistados fueron habitantes locales que acuden a los sitios por descanso o por trabajo. El rango de edad se encontró entre 36-45 años. El 50% de las personas tiene más de 25 años viviendo en la región, mientras que los que llevan 15 años en la zona representan el 30%.

La fuente de empleo que más destaca es la relacionada con la agricultura, la pesca y las actividades acuícolas. Algunas personas mencionan haber trabajado ocasionalmente en la extracción de canto rodado, principalmente en

las costas de la Bahía de San Quintín. El total de los entrevistados concuerda que la actividad principal de la región corresponde al sector agropecuario.

Los usuarios que visitan las zonas de playas y dunas son turistas locales y, extranjeros que van de paso hacia el sur del estado. Los turistas locales visitan la zona especialmente en temporadas vacacionales, mientras que el turismo extranjero acude todo el año. El surf destaca como la actividad principal que tienen los turistas extranjeros para visitar la región, especialmente en las costas expuestas de Bahía de San Quintín.

El 81% de las personas entrevistadas consideran que la localidad tiene otro tipo de potencial de aprovechamiento, especialmente el encaminado hacia el turismo. Entre las actividades recomendadas se encuentran las relacionadas con el ecoturismo, el aprovechamiento de recursos pétreos, la pesca y, algunos identifican que la agricultura tiene un alto potencial para implementar otro tipo de actividades turísticas.

El 69% de las personas han identificado cambios en su entorno, aun los que tienen poco tiempo de residir en la región. La extracción de material sin regulación, la basura en las playas, pérdida de dunas, incremento de campos de cultivo y su abandono, parcelación de terrenos y el crecimiento de la mancha urbana; son algunos de los impactos más notables. Por su parte, el porcentaje restante dijo no haber percibido ningún cambio. Cabe mencionar que muchos de los materiales usados en la construcción provienen de la zona, especialmente el uso de la toba volcánica, el basalto, grava, arena y canto rodado. El uso de estos materiales es muy marcado en la Bahía de San Quintín y en las adyacencias de Laguna Figueroa.

Lo pobladores frecuentan siete sitios con un alto interés turístico, entre los que se encuentran: la playa y dunas adyacentes a Laguna Figueroa, los volcanes, las salinas, La Chorera, el Molino Viejo, el Arroyo San Simón, El Socorro, La Lobera y, Punta Mazo, especialmente para el turismo extranjero. Algunas

actividades turísticas que se realizan de forma informal son: el surf, paseos en kayak, caminatas en los volcanes y en la Peña Colorada, visitas a los campos agrícolas, observación de aves y safari fotográfico por el Arroyo San Simón. Mientras que las actividades realizadas de manera formal son: el concurso de pesca deportiva y la cacería de Branta Negra (*Branta bernicla nigricans*).

Por último, algunos entrevistados identifican como sitios de importancia para su comunidad: La Peña Colorada, Molino Viejo, Cerros Cuates, La Lobera y los volcanes, especialmente Volcán Ceniza y Monte Kenton. Estos sitios pueden ser considerados como geosímbolos, debido a que tienen un significado especial para la comunidad.

6.7 Lugares de Interés Geológico (LIG's)

Con el trabajo de recopilación bibliográfica, consulta de expertos, análisis de campo y entrevistas, se pudieron identificar 32 lugares de interés geológico que integran el patrimonio geológico de la región (Tabla VI, Anexo 10.4). Estos sitios se encuentran distribuidos en toda el área de estudio (Figura 10, Anexo 10.4). Las fichas técnicas de cada LIG se encuentran en la sección de anexos. Cada una incluye información general del sitio de interés, así como su tabla de valoración.

Los lugares con un valor ALTO fueron: Laguna Figueroa y las dunas adyacentes, los acantilados costeros, el Complejo Woodford, Volcán Ceniza, Monte Kenton, el Complejo Sudoeste, el tómbolo de Punta Mazo, la flecha de arena de Punta Azufre, la Isla San Martín, las dunas de El Socorro, las dunas fósiles y escarpes presentes en El Consuelo, La Lobera, El Castillo y, los afloramientos fósiles de la Formación El Gallo y de la Formación Bocana Roja.

6.8 Modelo de Valoración de Pereira (2013)

El modelo de Pereira (2013) se compone de cinco índices parciales: Geológico, Geomorfológico, Edafológico, Minero y Paleontológico. La sumatoria de estos índices conforma el índice de geodiversidad,

6.8.1 Índice Geológico

Los valores ALTOS de este índice cubren el 38% de la superficie total, conforman el escarpe de Santa María y mesa de San Simón, el área de Laguna Figueroa y, el cordón de dunas adyacente. En el CVSQ destaca el Grupo Norte, los afloramientos fosilíferos, Punta Mazo y la flecha de Punta Azufre. Al sur del área destacan las dunas de El Socorro y El Consuelo, así como los afloramientos de la Formación El Gallo y de la Formación Bocana Roja (Figura 11. Anexo 10.5).

Los valores MEDIOS (34.3%), están fuertemente asociados con las de valores altos, lo que demuestra el nivel de importancia geológica de la región. De igual manera destacan los escarpes y mesas, la Laguna Figueroa y el CVSQ, así como las dunas y afloramientos del Cretácico en la parte sur.

Por último, los valores BAJOS están restringidos a las zonas urbanas y aquellas destinadas a la agricultura. Cubren un porcentaje menor al de los anteriores (Tabla VII).

Tabla VII. Cobertura del Índice Geológico

Índice Geológico		
Valor	Área (km ²)	%
Bajo	254.740946	27.6
Medio	316.667242	34.4
Alto	350.201602	38.0

6.8.2 Índice Geomorfológico

En este índice el valor ALTO cubre un 24.5% (Figura 12, Anexo 10.5), destacando la hidrología, principalmente las corrientes de agua y cauces de arroyos con rangos de 3-8 según el modelo de Strahler (1957). Por su extensión, destaca el Arroyo El Rosario, Arroyo San Simón, Arroyo La Escopeta, Arroyo Santo Domingo, así como la Laguna Figueroa.

El valor MEDIO comprende el 23.8%, y está asociado con los rasgos hidrológicos de valor alto. En el CVSQ destacan los edificios volcánicos y la zona de La Chorera, al sur destacan las dunas de El Socorro y los rasgos pertenecientes a la Formación El Gallo.

El valor BAJO cubre la mayor parte del área (Tabla VIII), principalmente aquellos que no presentan rasgos hidrológicos como los terrenos planos y las mesas. La mayor parte del CVSQ se encuentra con un valor bajo a excepción de los edificios volcánicos.

Tabla VIII. Cobertura del Índice Geomorfológico

Índice Geomorfológico		
Valor	Área (km ²)	%
Bajo	476.298571	51.7
Medio	219.330392	23.8
Alto	225.980828	24.5

6.8.3 Índice Edafológico

Los valores ALTOS de este índice se encuentran dispersos en toda la zona de estudio (Figura 13, Anexo 10.5), especialmente en aquellas áreas de transición entre distintos tipos de suelo. Figuran algunas zonas cercanas a arroyos como: El Rosario, el Valle de San Quintín y en la mesa de San Simón, así como las localidades cercanas al Arroyo Santo Domingo. La Laguna Figueroa y las barras arenosas del complejo lagunar de Bahía de San Quintín también destacan por poseer un índice edafológico alto.

Los valores MEDIOS son los de menor incidencia (Tabla IX), cubren las planicies como mesas, valles y cauces de arroyos. Cabe mencionar que estos sitios se caracterizan por ser utilizados para las actividades agropecuarias.

Valores BAJOS son los más comunes (45.4%). Se distribuyen en las zonas de uso urbano ubicadas principalmente en los valles costeros. En la parte este, los valores bajos se observan sobre las mesas y montañas con presencia de

vegetación nativa. Al sur, se localizan principalmente sobre los afloramientos de la Formación El Gallo que se caracteriza por suelos altamente erosionables.

Tabla IX. Cobertura del Índice Edafológico

Índice Edafológico		
Valor	Área (km ²)	%
Bajo	418.374483	45.4
Medio	197.535279	21.4
Alto	305.673187	33.2

6.8.4 Índice Minero

Este índice destaca en aquellos puntos en donde se ha realizado, o realiza, explotación de materiales pétreos (Figura 14, Anexo 10.5), así como la extracción de ceniza volcánica y canto rodado en las costas cercanas a La Chorera, y la explotación de sal al norte del CVSQ. En todos ellos el valor es ALTO (Tabla X).

En cambio, el valor MEDIO se encuentra en los otros sitios de valor minero mencionados en la sección 6.3.3.

Tabla X. Cobertura del Índice Minero.

Índice Minero		
Valor	Área (km ²)	%
Bajo	878.822898	95.4
Medio	38.888268	4.2
Alto	3.898625	0.4

6.8.5 Índice Paleontológico.

Las zonas con un índice paleontológico ALTO comprenden el 0.3% y se encuentran en los afloramientos de la Formación El Gallo en el poblado de El Rosario. Valores medios comprenden el 3.5% y se localizan en la Laguna Figueroa, en la Bahía de San Quintín, en los escarpes del Consuelo y en los

alrededores de la Formación El Gallo y de la Formación Bocana Roja (Figura 15, Anexo 10.5).

El resto del área de estudio tiene un valor bajo, siendo valor predominante en las mesas y afloramientos prebatolíticos (Tabla XI).

Tabla XI. Cobertura del Índice Paleontológico.

Índice Paleontológico		
Valor	Área (km ²)	%
Bajo	886.384467	96.2
Medio	32.039315	3.5
Alto	3.186009	0.3

6.8.6 Índice de Geodiversidad de Pereira (2013)

El índice de geodiversidad ALTO cubre el 28% del área de estudio. En su mayoría, envuelve a la red de drenaje de la zona, donde destaca el Arroyo Santo Domingo al norte, el Arroyo San Simón en la parte central, los arroyos de la zona de El Socorro y de El Consuelo, así como el Arroyo El Rosario y el humedal de La Bocana. Otras zonas con este valor son: la sección inferior de la Laguna Figueroa y el cordón de dunas contiguo, los escarpes y mesas adyacentes a San Quintín, la zona de La Chorera, los depósitos fosilíferos en la Bahía de San Quintín, la playa de Santa María donde inicia la flecha de Punta Azufre, parte de las dunas de El Socorro, los Escarpes de El Consuelo y parte de los afloramientos de la Formación El Gallo y Formación Bocana Roja.

El índice MEDIO cubre la mayor parte del área (Tabla XII). Éste se encuentra disperso en distintas zonas. Envuelve una parte de Laguna Figueroa, Punta Mazo, en Isla San Martín y en la Flecha de arena de Punta Azufre. Al este y sur cubre las mesas y cañadas. También predomina sobre los afloramientos de la Formación El Rosario y Formación El Gallo.

Como es de esperarse, el índice BAJO cubre gran parte de la zona urbana del Valle de San Quintín y localidades aledañas. Al sur, figuran algunos cerros aún

cubiertos por vegetación nativa. Sin embargo, es notable la presencia de este valor en el CVSQ, cubriendo los volcanes del Grupo Sur, la barra arenosa que da forma al tómbolo de Punta Mazo y las dunas de El Socorro (Figura 16, Anexo 10.5).

Tabla XII. Cobertura del Índice de Geodiversidad de Pereira *et al.*, (2013).

Índice de Geodiversidad		
Valor	Área (km ²)	%
Bajo	262.070343	28.4
Medio	399.832209	43.4
Alto	258.660373	28.1

6.9 Modelo de Valoración de Herrera-Gutiérrez (2016)

El modelo de Herrera-Gutiérrez (2016) se compone de cuatro subíndices e integra el inventario de LIG's como otra capa de análisis. Sin embargo, en este trabajo se realizó un análisis considerando y sin considerar los LIG's para contrastar los resultados obtenidos.

6.9.1 Índice Geológico

El índice geológico con valor ALTO cubre el 51% del área. En general, comprende la parte norte del Arroyo Santo Domingo, Laguna Figueroa, Punta Mazo, la flecha arenosa de Punta Azufre, los escarpes, mesas y corrientes de arroyos que corren sobre ésta y, los afloramientos prebatolíticos en la frontera este. Al sur cubre el Arroyo El Rosario y a los afloramientos del Cretácico en la sección costera (Figura 17, Anexo 10.6).

Valores MEDIOS comprenden el 48% del área, y prevalece en el Valle de San Quintín y algunas partes planas sobre las mesas. En el CVSQ predomina este valor, así como en el tómbolo de Punta Mazo y en las dunas de El Socorro. Al sur destaca en La Lobera y las dunas fósiles de El Consuelo. Los valores BAJOS son casi imperceptibles con este índice (Tabla XIII), figuran en zonas rurales cercanas al trazo de la Carretera Transpeninsular al norte del área de estudio.

Tabla XIII. Cobertura del Índice Geológico del modelo de Herrera-Gutiérrez (2016).

Índice Geológico		
Valor	Área (km2)	%
Bajo	2.721527	0.3
Medio	446.493034	48.4
Alto	472.187448	51.2

6.9.2 Índice Geomorfológico

El valor ALTO abarca el 24% al este del área de estudio, está presente en los cauces de arroyos ubicados sobre las mesas, además de algunos afloramientos prebatolíticos. En el margen costero, cubren las zonas de cantiles y con presencia de marismas. Al sur del CVSQ, destacan los cauces de arroyos y las costas cercanas a El Consuelo y a La Lobera. El cauce del Arroyo El Rosario se encuentra en su totalidad con un valor alto (Figura 18, Anexo 10.6).

El valor MEDIO es el que predomina en la zona (Tabla XIV), particularmente en la franja este, sobre las mesas y escarpes que delimitan las terrazas marinas. Al oeste cubre la mayor parte del CVSQ y de Laguna Figueroa y, al sur del área cubre una parte de los afloramientos de la Formación El Gallo. El valor BAJO cubre casi un 34%, y prevalece en las terrazas marinas que forman los valles costeros.

Tabla XIV. Cobertura del Índice Geomorfológico del modelo de Herrera-Gutiérrez (2016).

Índice Geomorfológico		
Valor	Área (km2)	%
Bajo	310.072142	33.6
Medio	390.96274	42.4
Alto	220.22399	23.9

6.9.3 Índice Paleontológico

El valor ALTO cubre sólo el 0.3%, y envuelve a los afloramientos de la Formación El Gallo (Figura 19, Anexo 10.6). El valor MEDIO comprende el 3.5% del área. Destacan los afloramientos fósiles del Pleistoceno en la Bahía de San

Quintín, una parte de Laguna Figueroa y los escarpes de El Consuelo. El valor BAJO predomina en la zona (Tabla XV), incluida la Isla San Martín.

Tabla XV. Cobertura del Índice Paleontológico del modelo de Herrera-Gutiérrez (2016).

Índice Paleontológico		
Valor	Área (km ²)	%
Bajo	886.161036	96.1
Medio	32.02835	3.5
Alto	3.186009	0.3

6.9.4 Índice Cultural

Los valores ALTOS y MEDIOS de este índice cubren gran parte del área costera (Figura 20. Anexo 10.6), especialmente en las zonas con presencia de dunas en el CVSQ, las dunas de El Socorro, en las dunas fósiles de El Consuelo y las dunas cercanas a la desembocadura del Arroyo El Rosario.

El valor BAJO cubre la mayor proporción del área de estudio (Tabla XVI), y domina sobre la parte norte y al este. Cabe mencionar que la Isla San Martín figura con un valor bajo.

Tabla XVI. Cobertura del Índice Cultural del modelo de Herrera-Gutiérrez (2016).

Índice Cultural		
Valor	Área (km ²)	%
Bajo	708.438374	76.9
Medio	150.537629	16.3
Alto	61.968676	6.7

6.9.5 Índice de Geodiversidad sin LIG's

En este análisis el 35.6% de la superficie muestra un valor ALTO. Destaca la parte este del Arroyo El Rosario, el escarpe de Santa María y algunas zonas de la mesa de San Simón, así como los afloramientos de la Formación Alisitos ubicados en el cauce del Arroyo Santo Domingo. En el margen costero destacan algunas zonas del CVSQ como: las salinas, los acantilados costeros, el Complejo Woodford, el Complejo Sudoeste, los afloramientos fósiles del

Pleistoceno, Punta azufre y las costas rocosas en Punta Mazo. Al sur, figuran las cañadas en la zona entre El Socorro y El Consuelo, las dunas fósiles de El Consuelo, la zona de La Lobera, los depósitos fósiles en la Formación El Gallo y, el cauce y desembocadura del Arroyo El Rosario (Figura 21, Anexo 10.6).

El índice MEDIO cubre casi el 36% (Tabla XVII). Es característico de las mesas y afloramientos de la Formación Alisitos y afloramientos prebatolíticos ubicados en la frontera este. Al sur, cubre la mayor parte de los afloramientos de la Formación El Rosario. También envuelve la mayor porción del CVSQ y de Laguna Figueroa.

El índice BAJO ocurre en las zonas planas que presentan alto desarrollo urbano, principalmente en el Valle de San Quintín. Sobre la mesa de San Simón destacan algunos parches que envuelven a algunos campos de cultivo. En el CVSQ cubre las coladas de lava provenientes de Monte Kenton y del Volcán Ceniza, además de la zona de dunas que integra el tómbolo de Punta Mazo.

Tabla XVII. Cobertura del Índice de Geodiversidad (sin LIG's) del modelo de Herrera-Gutiérrez (2016).

Índice de Geodiversidad sin LIG's		
Valor	Área (km ²)	%
Bajo	262.483442	28.5
Medio	330.912369	35.9
Alto	327.729324	35.6

6.9.6 Índice de Geodiversidad con LIG's

Predomina un valor bajo que cubre el 59.5% de la superficie estudiada. Está presente en la transición entre las terrazas marinas y la mesa de San Simón. En la parte sur cubre una porción de los afloramientos de la Formación El Rosario (Figura 22, Anexo 10.6).

El índice MEDIO corresponde al 26.2%. Se observa al este, sobre las mesas y afloramientos de la Formación Alisitos. Además, este valor rodea al CVSQ y a

Laguna Figueroa. Al Sur, cubre las cañadas ubicadas entre El Socorro y El Consuelo, así como el cauce del Arroyo El Rosario.

El índice ALTO cubre la menor proporción (Tabla XVIII). Al norte ocurre sobre la zona de la Peña Colorada y el Rancho Hamilton. En la zona costera cubre la totalidad del CVSQ y de Laguna Figueroa. La flecha arenosa de Punta Azufre y las dunas del Socorro figuran sobre el mismo margen costero. Al este, destacan algunos afloramientos de la Formación Alisitos que se encuentran sobre el cauce del Arroyo Santo Domingo. También sobresalen las dunas fósiles y escarpes en la zona de El Consuelo y, al extremo sur la zona de El Castillo y la desembocadura del Arroyo El Rosario, especialmente los afloramientos fosilíferos de las formaciones de El Gallo y Bocana Roja.

Tabla XVIII. Cobertura del Índice de Geodiversidad de Herrera-Gutiérrez (2016).

Índice de Geodiversidad con LIG's		
Valor	Área (km ²)	%
Bajo	548.034111	59.5
Medio	241.391243	26.2
Alto	131.68323	14.3

6.10 Propuesta de Uso Sustentable

Los análisis previos permitieron valorar la geodiversidad e identificar los rasgos geológicos más relevantes del área de estudio, asimismo dicha valoración permitió reconocer el estado de conservación de cada LIG. Con base en lo anterior, se diseñó una propuesta de aprovechamiento sustentable conforme a la vocación del patrimonio cultural y natural de la región. La propuesta fue llamada como “*Rutas de la Geodiversidad*”, en las que se destacan los atributos del paisaje que justifican la creación de un geoparque en la zona de la Bahía de San Quintín y Laguna Figueroa, localidades con atributos naturales y culturales que destacan por su importancia para la ciencia, educación y turismo, y donde existe el mayor riesgo de la pérdida de patrimonio por la presión de desarrollo y crecimiento urbano.

Se partió por elaborar un polígono que delimite el área del geoparque (Figura 23, Anexo 10.7), sobre el que se diseñaron 20 georutas que lo recorren (Figura 24, Anexo 10.7). Las georutas cuentan con distintas modalidades y niveles de dificultad, con una enumeración progresiva y con un nombre específico que destaca los rasgos más representativos del trayecto (Tabla XIX). En cada sendero se proponen modelos de cédulas explicativas que describen la relevancia de cada rasgo del paisaje y los procesos que dieron su origen (Figura 25, Anexo 10.7). En total se establecen tentativamente 46 estaciones con cédulas explicativas a las cuales se les asignó un nombre y un número progresivo (Tabla XX). Con este tipo de esquemas se pretende divulgar y permear el conocimiento científico en la sociedad mediante el uso de un lenguaje lego.

También se proponen 5 zonas para acampar dentro del geoparque, a cada zona se le asignó un nombre (Tabla XXI). La propuesta integra un corredor geoturístico/cultural que se compone de una ruta general y 13 sitios que destacan por su importancia histórica y natural (Tabla XXII), como lo son: las misiones, museos y aquellos LIG's que se encuentran fuera del área del geoparque propuesto (Figura 26, Anexo 10.7). El corredor atraviesa de norte a sur el área de estudio y también da acceso al geoparque. En general, esta propuesta puede empalmarse con otras actividades derivadas de la agricultura, pesca y acuicultura con el fin de diversificar la oferta recreativa.

Tabla XIX. Georutas propuestas para el geoparque del Campo Volcánico de San Quintín – Laguna Figueroa.

Georuta	Clase	Tipo de Recorrido	Dificultad	Tipo	Número	Distancia
Patrimonio Geológico y Naturaleza	Recorrido en Vehículo	N/A	N/A	Lineal	Ruta 1	32.2
Laguna Figueroa - Complejo Volcánico Norte	Recorrido en Vehículo	N/A	N/A	Lineal	Ruta 2	33.4
Complejo Volcánico Sur	Recorrido en Vehículo	N/A	N/A	Lineal	Ruta 3	5.2
Ruta de Histórica	Recorrido en Vehículo	N/A	N/A	Lineal	Ruta 4	5.7
La Minería y los Minerales	Sendero Interpretativo	PR	Alta	Lineal	GEO1	2.1
Historia de los Volcanes	Sendero Interpretativo	PR	Media	Lineal	GEO2	1.9
Camino de Volcanes (Basu y Riveroll)	Sendero Interpretativo	PR	Media	Lineal	GEO3	3.2
Mirador Sudoeste	Recorrido en Vehículo y a Pie	PR	Media	Lineal	GEO4	4.0
Tómbolo, Dunas y Volcanes	Recorrido en Vehículo y a Pie	PR	Alta	Lineal	GEO5	8.2
Circuito Monte Mazo	Sendero Interpretativo	PR	Media	Circuito	GEO6	7.0
Acantilados Costeros y Basaltos Columnares	Sendero Interpretativo	PR	Media	Circuito	GEO7	2.6
Albúfera y Salinas	Sendero Interpretativo	PR	Media	Lineal	GEO8	2.4
Sendero Woodford	Sendero Interpretativo	PR	Media	Lineal	GEO9	1.6
Rocas y Minerales de la Tierra	Sendero Interpretativo	PR	Alta	Lineal	GEO10	1.7
Salinas y la Importancia de las Dunas	Sendero Interpretativo	PR	Alta	Lineal	GEO11	2.6
Sendero Media Luna	Sendero Interpretativo	PR	Media	Lineal	GEO12	2.0
Entre Dunas y Salinas	Sendero Interpretativo	PR	Media	Lineal	GEO13	4.5
Geología y Depósitos del Pleistoceno	Sendero Interpretativo	PR	Baja	Lineal	GEO14	0.4
Geología y Depósitos del Pleistoceno (2do)	Sendero Interpretativo	PR	Media	Lineal	GEO15	4.2
Punta Azufre y Los Procesos Costeros	Recorrido en Vehículo y a Pie	PR	Alta	Lineal	GEO16	6.9

Nota: PR = Pequeño Recorrido N/A = No aplica.

Tabla XX. Relación de cédulas explicativas y/o estaciones temáticas propuestas para los 46 senderos.

Número	Nombre	Número	Nombre
1	¿Qué son las Marismas?	25	Acantilados Basaltos Columnares – Almohadillados
2	La Minería y Los Minerales	26	Los Recursos de la Tierra
3	Volcanes y Paisaje (Monte Kenton)	27	Vestigios Arqueológicos
4	La Edad de los Volcanes	28	Depósitos Evaporíticos
5	La Historia de los Volcanes (Volcán Ceniza)	29	Tectónica del CVSQ
6	Estructuras Volcánicas	30	Un Sitio único en la Península
7	Volcanes y Nuestros Antepasados	31	Rocas y Minerales
8	Materiales de la Tierra	32	Estructura de la Tierra
9	El Campo Volcánico de San Quintín	33	Xenolitos: una ventana al interior de la tierra
10	Mirador, Geología y Paisaje	34	Procesos Costeros
11	Volcán Sudoeste	35	Depósitos Evaporíticos
12	Tómbolo: procesos costeros y el Inicio de una Laguna	36	La Importancia de las Dunas
13	Los primeros pobladores	37	Cordón de Dunas
14	La Ola	38	Estromatolitos y el origen de la vida
15	Una Mirada hacia el Pacífico	39	Laguna Figueroa ""Un Sabkha""
16	Geología y Paisaje	40	Pleistoceno: fin de una época glacial
17	Procesos costeros y Tómbolos	41	Museo
18	Una Antigua Isla Volcánica (Monte Mazo)	42	Molino Viejo, Historia de la Bahía
19	Grandes Mamíferos del Pleistoceno	43	Procesos Costeros
20	Islas Volcánicas	44	Fósiles y playas antiguas
21	La Cala de Isla San Martín	45	Arroyo San Simón ¿De dónde vienen los sedimentos?
22	Tubos Volcánicos	46	Playa Santa María
23	Acceso Acantilados	47	Punta Azufre
24	Albufera		

Tabla XXI. Campamentos propuestos para el geoparque.

Número	Campamento
1	Yumanos
2	Mamut
3	Kiliwa 1
4	Kiliwa 2
5	Bahía de la Posesión

Tabla XXII. Geositios que integran el Corredor Geoturístico/Cultural.

Número	Geositios
1	Misión Santo Domingo
2	La Peña Colorada - Rancho Hamilton
3	Playa Laguna Figueroa - Acceso a Geoparque
4	Dunas del Socorro
5	Escarpe y Fósiles de una Antigua Costa
6	Dunas Fósiles
7	La Lobera de El Rosario (El Desfondadero)
8	Formación El Gallo
9	Estuario La Bocana
10	Formación Bocana Roja
11	Misión El Rosario de Abajo
12	Misión El Rosario de Arriba
13	El Castillo

7. Discusiones

7.1 Inventario de LIG's

Bahía de San Quintín y las zonas aledañas son sitios ampliamente estudiados en la costa del Océano Pacífico. Diversos especialistas han documentado su arqueología (Figueroa-Beltrán, 2009), geología (Gastil, 1975; Lhur *et al.*, 1995; Santillán y Barrera, 1930) y biología (Thorn, R.F. 1989; Margulis *et al.*, 1983; Aguirre *et al.*, 1998; Vanderplank, 2011), así como los procesos biogeoquímicos (Daesslé, 2009; Rodríguez-Revelo, 2014; etc.) que hacen de esta zona un verdadero laboratorio al aire libre de alto valor didáctico.

7.1.1 Localidades de Importancia

De la extensa información disponible, se identificaron 32 LIG's que se consideraron como el patrimonio geológico del área. Destacan dos “Localidades nodo”, denominadas así en este estudio debido a que estos sitios son puntos de intersección y unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar. Las dos localidades nodo que concentran los LIG's más relevantes son: Bahía de San Quintín, donde convergen 17 lugares de interés incluyendo a Laguna Figueroa. La segunda es El Rosario, que comprende seis LIG's (Figura 10, Anexo 10.4), fuera de estas localidades se encuentran otros 9 LIG's a lo largo del trazo de la Carretera Transpeninsular.

Geológicamente, la bahía posee una gran importancia tectónica y geomorfológica, al destacar en el paisaje los doce volcanes cineríticos originados por una actividad intraplaca única en la península bajacaliforniana. Al mismo tiempo, producto de ésta, emergieron envueltos en lavas xenolitos de lherzolita ricos en diópsidos, que presentan características de deformación únicas derivados de una gran presión (~100 MPa) y que sólo se han observado en dos lugares del mundo: en Montferrier (al sur de Francia) y, en el CVSQ (Cabanés y Mercier, 1988). Por otro lado, en los cantiles costeros cercanos al Volcán Basu, se encuentran lavas en almohadilla y basaltos columnares que son rasgos únicos a nivel regional.

El turismo en ambientes volcánicos se ha vuelto un atractivo popular alrededor del mundo. México es uno de los países que posee ambientes volcánicos que son atractivos turísticos internacionales (Ej. Popocatépetl, Iztaccíhuatl). Estos destinos son ejemplos de áreas volcánicas donde el turismo se basa en la existencia de un patrimonio geológico particular y generalmente se combina con los atractivos culturales de la zona, así como con la cocina regional (por ejemplo, el turismo gastronómico y enológico). El turismo volcánico puede ser el principal ganador de ingresos para una región volcánica y una infraestructura turística desarrollada o puede ser una atracción secundaria, ya que las formas terrestres volcánicas se usan comúnmente como característica de marketing para ofrecer una singularidad adicional a un destino (Erfurt-Cooper, 2014).

Aunado a la actividad volcánica, la presencia de un tómbolo y una flecha arenosa muestran el resultado de los procesos de transporte sedimentario, que además ilustran la importancia de estos en la conformación de la bahía y el mantenimiento del equilibrio de la zona costera. Por su parte, Laguna Figueroa destaca por su morfología tipo Sabkha y por las comunidades microbianas con cianobacterias endémicas, que dada su relevancia tienen una importancia internacional en la comprensión de los ecosistemas que imperaron en la tierra primitiva (Horodyski *et al.*, 1975, 1977, Margulis *et al.*, 1980, 1983. Fracek y Stolz, 1985).

Los depósitos de moluscos fósiles del Pleistoceno registran la secuencia evolutiva de formación del complejo lagunar, desde una playa abierta hasta la conformación de una laguna costera como resultado de los procesos sedimentarios. Por otro lado, el hallazgo de restos fósiles de mamuts indica que la megafauna del Pleistoceno estuvo presente en la bahía y, aunque no hay hallazgos asociados a presencia humana contemporánea a dichos restos, cabe esta posibilidad dado que en la parte central de la península se han encontrado puntas Clovis (Gutiérrez y Hyland, 1994; De Lauriers, 2008), las que fueron manufacturadas por esta cultura para la caza de grandes mamíferos a finales

del Pleistoceno. Sin embargo, la presencia de concheros arqueológicos es abundante, destacando por su importancia los localizados sobre las dunas y cuevas modeladas por las coladas de lava, donde también se asocian a artefactos líticos. Estos sitios demuestran como las comunidades nativas hicieron uso de los recursos geológicos y biológicos adaptándose a las características del medio físico.

Al sur del CVSQ, la relevancia geológica de la localidad de El Rosario también es notoria. En este sitio aflora una secuencia estratigráfica del Cretácico Tardío que muestra la evolución de la paleo-costa. En la zona se encuentran rasgos geomorfológicos sobresalientes, como La Lobera, una cueva colapsada y, una espectacular costa modelada por la erosión diferencial por el embate de las olas sobre las rocas sedimentarias pertenecientes al Grupo Rosario. Desde La Lobera hasta La Bocana de El Rosario es característica una topografía de tierras malas o malpais (Badlands). Particularmente en el área de El Rosario, en los afloramientos de la Formación El Gallo, ha adquirido renombre internacional por los hallazgos de dinosaurios y la abundante madera petrificada (Morris, 1972, 1973; Prieto et al., 2012). En la desembocadura del Arroyo El Rosario se encuentra La Bocana, un humedal de importancia en la región que demarca el límite entre la Formación El Gallo y la Formación Bocana Roja. En este último estrato se describió una especie nueva de dinosaurio, que también le confiere una importancia internacional a esta localidad (Molnar, 1974).

Además del patrimonio geológico, arqueológico y paleontológico de las localidades antes mencionadas, también se encuentran asociados sitios de valor histórico, como: el Molino Viejo, Muelle Viejo, el Panteón Inglés, la Misión de El Rosario de Arriba y la Misión de El Rosario de Abajo, así como un museo comunitario, que alberga una interesante colección de artefactos históricos y fósiles del área. Hacia el norte del CVSQ, también se encuentran sitios históricos como la Misión de Santo Domingo y el Rancho Hamilton. También son reconocidos como geosímbolos por los pobladores locales algunos rasgos

geológicos, como: la Peña Colorada, el Monte de Ceniza, el Monte Kenton, Los Cerros Cuates, La Lobera y El Castillo. Todos ellos son referentes geográficos desde la prehistoria hasta nuestros días.

Por lo anterior, ambas localidades nudo poseen un alto valor didáctico, científico y un gran potencial de uso recreativo. De acuerdo a las entrevistas, el 81% de los entrevistados considera que la zona posee un potencial aún no explorado para realizar actividades turísticas en la zona. Dado el fácil acceso, la existencia de infraestructura de servicios básicos, así como el uso agrícola y pesquero que existe en ambas localidades, es posible impulsar actividades geoturísticas y agroturísticas, como: el senderismo, exploración, deportes extremos, visitas guiadas a campos agrícolas y otro tipo de actividades derivadas, como la gastronomía con productos locales. Considerando que en la parte central del área de estudio atraviesa la carretera transpeninsular, es factible crear corredores geoturísticos que permitan un enlace entre las localidades nudo y los LIG's contiguos.

7.1.2 Amenazas que afectan la geodiversidad

El estado de conservación de los LIG's es bueno en la mayoría de los casos, sin embargo, el constante desarrollo urbano, la falta de empleo, el desconocimiento de los atributos paisajísticos y la ausencia de planeación y regulación de actividades extractivas, ha impactado fuertemente en algunas zonas. Un ejemplo es el volcán Picacho Vizcaíno y el Complejo Woodford, los que se encuentran altamente impactados por la extracción de ceniza volcánica, no obstante que en el Complejo Woodford es en donde existe la mayor abundancia los xenolitos dentro del CVSQ, explotándose sólo la ceniza negra y los restos rocosos con inclusiones de xenolitos quedan como remanentes en el área. Por otro lado, la minería produce grandes oquedades que dejan al descubierto los estratos de ceniza que dieron forma al cuerpo volcánico, es decir, como una radiografía del interior del volcán. Por tanto, si bien es un impacto irreversible, puede ser aprovechado bajo una perspectiva turística a

través de visitas guiadas como una localidad didáctica para explicar, los procesos tectónicos y sedimentarios que dieron origen a estos cuerpos volcánicos, así como los impactos de la minería.

Desde la playa de La Chorera hasta el Ejido Leandro Valle y Zarahemla se extrae de manera intensiva el canto rodado, en la mayoría de los casos sin una correcta regulación. Esta actividad representa un fuerte impacto en la zona costera porque desestabiliza sus procesos y/o funciones naturales, lo que conlleva a que la costa comience a erosionarse en el mediano y largo plazo. Según revelan las entrevistas, el desconocimiento de los procesos costeros y la falta de empleo son los principales factores que llevan a las personas a trabajar en esta actividad. Sin embargo, los trabajadores expresaron su disponibilidad a cambiar de labor por una actividad más sustentable, principalmente porque la extracción de canto rodado repercute negativamente en su salud, por los efectos del sol en la piel y en la vista durante las jornadas de trabajo. En los cauces de los arroyos se explota la arena, grava y materiales pétreos. La extracción irregular de materiales es una problemática latente dentro de la minería que acelera la degradación del medio.

El tráfico de vehículos todo terreno sobre las dunas es un problema recurrente que afecta seriamente la estabilidad de las mismas, además de destruir los depósitos arqueológicos que son frecuentes sobre ellos (Figura 27). Tanto los pobladores y el turismo local son los principales usuarios de estas zonas, pero eventos como las carreras fuera de camino suelen ocasionar serios daños. Tal es el caso cuando se trazó el paso de las carreras fuera de camino Baja 1000 en noviembre de 2016, por un transecto a lo largo de la zona costera del área de estudio. Esta, en un único evento causó impactos considerables en zonas de dunas, en Laguna Figueroa, en la en Bahía de San Quintín y sobre los depósitos fósiles de la Formación El Gallo. Entre las afectaciones directas se encuentran: la expansión de las brechas originales a más de 30 metros de

ancho, destrucción de la vegetación y la activación de dunas y sedimentos finos fácilmente erosionables (Figura 28). Las afectaciones indirectas son causadas por los aficionados a estas actividades, algunas son: brechas secundarias, modificación de caminos, fogatas sin control, remoción de vegetación y basura.



Figura 27. Evidencia del tráfico de vehículos todo terreno sobre las dunas con presencia de depósitos arqueológicos. El Rosario, B.C.

El saqueo de fósiles es otro problema que enfrenta la región, principalmente en los depósitos presentes en el escarpe de Santa María y en las Formaciones Rosario y El Gallo. Dichos sitios están siendo deteriorados rápidamente, debido en parte al desconocimiento del valor de los atributos paisajísticos y a la nula protección por parte de las autoridades y dueños de los predios. Generalmente se hacen extracciones ilegales de fósiles, como amonitas en la Formación Rosario y madera petrificada en la Formación El Gallo. La conservación de

estos sitios puede partir por difundir su importancia geoturística entre los propietarios de predios y autoridades involucradas, ya que son localidades donde se pueden realizar tours guiados, además de que pueden comercializarse réplicas fósiles y souvenirs en las comunidades.



Figura 28. Brechas de 30 metros de ancho y activación de sedimentos finos fácilmente erosionables producto de las carreras fuera de camino en Laguna Figueroa.

Otra de las amenazas a la geodiversidad son los basureros clandestinos y el grafiti (Figuras 29 y 30), problemas comunes derivados de la falta de educación ambiental, ignorancia del valor del patrimonio natural y cultural, y falta de vigilancia de los sitios. Esto puede ser mitigado en parte mediante pláticas de sensibilización a los pobladores locales y prestadores de servicios. Además, se pueden implementar programas de vigilancia comunitaria sobre los sitios de

importancia geológica y cultural. Otra dificultad que enfrenta el área es la inseguridad, a consecuencia de esto y por recomendación de los pobladores locales, no se pudo prospectar las zonas cercanas a las faldas de la sierra de San Pedro Mártir.

De acuerdo al análisis del Programa de Ordenamiento Ecológico de San Quintín (POESQ, 2007), en dicha zona predominan las actividades agropecuarias, en las que el abastecimiento de agua constituye la principal limitante para la agricultura, seguido del degradamiento de suelos por la erosión hídrica y la intrusión salina. El desarrollo pesquero y acuícola predomina en la zona de la bahía, específicamente en Bahía Falsa, principalmente mediante el cultivo de ostión y la pesca. Los problemas que enfrentan la pesca y la acuicultura están asociados con las descargas de aguas residuales, como resultado de la proliferación de asentamientos urbanos irregulares. La mortandad masiva de los cultivos, introducción de especies exóticas y vandalismo están igualmente asociados a los asentamientos irregulares. La agricultura y las actividades derivadas de la pesca han promovido la expansión urbana y el incremento de la población. Sin embargo, estas actividades no tienen la capacidad de brindar empleo a toda la comunidad. Por ende, las personas se ven forzadas a buscar otros empleos que en ocasiones no son favorables para la conservación del patrimonio natural y cultural.



Figura 29. Basureros clandestinos presentes comúnmente en el margen costeros de la región.

El turismo en la Bahía de San Quintín es aún incipiente, ya que cuenta como principales atracciones la pesca deportiva y la cacería invernala de branta negra (*Branta bernicla nigricans*). Por otro lado, el desarrollo turístico y residencial sin planificación es constante, a lo que se le suma una infraestructura de apoyo turístico deficiente que constituye un obstáculo importante para el desarrollo del sector y la atracción de inversiones. A lo anterior se suma que las condiciones de la red carretera, la falta de señalización, así como los servicios de agua, drenaje y alumbrado son deficientes. En particular, de la carencia de infraestructura y equipamiento turístico, se desprende el rezago en la oferta recreativa, servicios complementarios y de apoyo, obra pública e impulso a nuevas zonas turísticas. No obstante, el inventario de los LIG's y la opinión de los pobladores locales evidencian que la región posee una notable vocación turística e interés por desarrollarla. La oferta recreativa puede centrarse en la

difusión y disfrute del patrimonio natural y cultural de la región, por lo que es factible el desarrollo de actividades geoturísticas que pueden significar una alternativa de empleo para los pobladores locales. En este aspecto, es una perspectiva viable dado el notable crecimiento de actividades al aire libre, particularmente del senderismo. Particularmente, en Bahía de San Quintín y zonas aledañas existen más de 10 rutas para senderismo y ciclismo (Wikilocs, 2017)



Figura 30. Sitios arqueológicos y rocas que presenta grafiti. Bahía de San Quintín.

7.2 Valoración de la Geodiversidad

7.2.1 Comparación entre los modelos implementados

El modelo de Pereira *et al.*, (2013) es relativamente simple de utilizar ya que integra pocas capas de información geográfica. Sin embargo, no considera los

rasgos culturales que también forman parte del concepto de geodiversidad. Pereira *et al.*, (2013), aplicó su modelo a una escala 1: 500,000 utilizando grandes unidades de muestreo (625 km²). Por su parte, Herrera-Gutiérrez (2016), aplicó el mismo modelo a una escala 1: 1,150,000 utilizando unidades de 1km². Ambos autores obtuvieron resultados adecuados a dichas escalas. Sin embargo, en este estudio se utilizaron los mismos modelos a una escala mayor (1: 184,000), con unidades de muestreo de un área menor (0.25 km²).

El modelo de Pereira *et al.*, (2013) proporciona valores cercanos a los obtenidos en el inventario de LIG's, pero destaca otros sitios menos relevantes con un valor alto, como los arroyos y cañadas que integran las cuencas de drenaje. Sin embargo, las observaciones en campo y la información bibliográfica no reconocen ni describen algún otro rasgo relevante en dichos sitios, lo que sugiere que el modelo está sesgado hacia la hidrología, ya que al hacer uso de la valoración por orden jerárquico de Strahler (1957), se otorgan valores muy altos al índice geomorfológico, aun cuando éste sea estandarizado. Es posible que este sesgo no sea perceptible o se reduzca en un análisis de menor escala, como los realizados por Pereira *et al.*, (2013) y Herrera-Gutiérrez (2016), en donde al hacer uso de una unidad de muestreo de mayor área, ésta puede abarcar una mayor abundancia de atributos (minero, paleontológico o geológico) y compensar los valores dados por la hidrología (geomorfológico). Por ende, este modelo no es viable a una escala como la usada en este estudio, ya que no representa de forma confiable la geodiversidad de la región.

A diferencia del modelo de Pereira *et al.*, (2013), el modelo de Herrera-Gutiérrez (2016) concentra los atributos geológicos dentro de un mismo índice, como la minería, edafología y litología. Además, incorpora los rasgos culturales e históricos dentro de la valoración de la geodiversidad. El inventario de LIG's también es incluido como un indicador que destaca los sitios por su tipo de interés y uso, así como su relevancia a nivel regional, nacional e internacional. Con el fin de contrastar el impacto que tiene el inventario de LIG's sobre este

modelo, en este estudio se realizaron pruebas con y sin el uso de dicho inventario.

El modelo de Herrera-Gutiérrez (2016) sin LIG's, destaca por si solo muchos sitios identificados en el inventario de los LIG's. Similar al modelo de Pereira *et al.*, (2013), otorga valores altos a algunos arroyos y cañadas, especialmente los que se encuentran al sur del Arroyo San Simón. Sin embargo, la distribución de los valores puede interpretarse de forma concisa y no aparentan estar sesgados sólo a la hidrología, ya que destacan varios rasgos geomorfológicos de forma clara como: el Escarpe de Santa María, los acantilados costeros y las zonas de tierras malas (Badlands). Esta versión del modelo funciona considerablemente bien en la escala aplicada y, permite representar la geodiversidad del área de manera más confiable en comparación con el de Pereira *et al.*, (2013).

El modelo de Herrera-Gutiérrez con LIG's proporciona un valor alto a los sitios que sobresalen por su interés e importancia; en un valor medio a los atributos geomorfológicos destacados en la versión sin LIG's y, en un valor bajo a aquellos sitios que no contienen atributos perceptibles o dignos de consideración de la geodiversidad. La información bibliográfica y las observaciones de campo coinciden con los resultados de este índice. Por lo anterior, al incorporar los LIG's se compensa el sesgo aparente de los rasgos geomorfológicos. Este modelo con LIG's funciona bien en la escala usada en este estudio y por tanto puede ser la mejor opción para la representación de la geodiversidad de la región.

En todos los casos, el método de interpolación Kriging permitió obtener una representación gráfica buena, especialmente con el segundo modelo. Por otro lado, cabe recalcar que, en los modelos usados en este estudio, se realizó una valoración mediante la ausencia-presencia (y rasgos predominantes en algunos casos) de atributos en una unidad de muestreo. Si bien estos métodos nos proporcionan distintas perspectivas del valor de la geodiversidad, pueden ser afinados mediante la implementación de criterios que sistematicen el peso-valor

de cada atributo, para ello se requiere de estudios más minuciosos y de la consulta con expertos en cada área de interés de la geodiversidad, aplicando métodos como el Delphi.

7.2.2 La Geodiversidad como herramienta de gestión para la conservación

En el inventario de LIG's así como en los modelos de valoración usados, figura la Bahía de San Quintín como la localidad que concentra el patrimonio geológico más destacado. No obstante, dicho patrimonio no ha figurado como herramienta para justificar la protección y conservación de la zona, ni como una fuente atractiva para la oferta turística.

La bahía fue designada como sitio Ramsar en 2008 (CONANP, 2008) y una porción de ésta ostenta la categoría de Sitio Destinado Voluntariamente para la Conservación (SDVC). Los criterios para dichas designaciones están basados principalmente en la relevancia de la diversidad biológica (flora y fauna), sin considerar los atributos abióticos que representan la geodiversidad de la región que en muchos casos condicionan la existencia de los rasgos bióticos. Aun cuando la geodiversidad no se considera en el Programa de Desarrollo Urbano de los Centros de Población San Quintín-Vicente Guerrero (PDUCP, 2002-2018), éste reconoce en forma general la importancia de la conservación y manejo de los recursos naturales, así como su aprovechamiento sostenible, mediante el diseño e implementación de Ordenamientos Ecológicos Territoriales (OET) como instrumentos de planeación para regular el uso del suelo y las actividades productivas de acuerdo a la vocación natural de la región.

Aun cuando existen diversas metodologías y visiones para el diseño y elaboración de los programas de OET, o para la designación y reconocimiento de áreas naturales protegidas (ANP), en ninguna de ellas se hace uso de índices o mediciones relacionadas con la geodiversidad u otros indicadores de la complejidad y riqueza del territorio (Pereira-Corona *et al.*, 2015). Por ende,

es necesario y de suma importancia que se incorpore la geodiversidad dentro del OET para un análisis más integral en la gestión del paisaje. Su implementación puede partir con el reconocimiento e inventario de los lugares de interés geológico de cada localidad y, aplicar modelos de valoración simples, como los propuestos en este estudio.

Es importante señalar que, el medio físico representa el cimiento sobre el cual se edifica la biología, condiciona sus procesos y alberga su historia. Además, presta importantes servicios ambientales y es una fuente alterna de generación de actividades económicas a través del turismo sustentable. En el caso de Bahía San Quintín es particularmente importante, ya que la variedad e importancia de recursos geológicos constituyen una alternativa de aprovechamiento geoturístico, donde puede aplicarse un esquema de conservación que esté abierto a la participación de la sociedad, y no sea tan restrictivo como los actualmente existentes en nuestro país.

7.3 El Geoparque como Herramienta de la Geoconservación

El PDUCP (2002-2018), contempla diferentes lineamientos entre los cuales se expresa la importancia de asignar *“áreas destinadas a las actividades relacionadas con el turismo, ecoturismo, cinegéticas, recreativas, paisajísticas, conservación e históricas”*. Por consecuencia, la valoración de la geodiversidad y el geoturismo cumple con estos lineamientos y expectativas necesarias para la conservación y manejo del paisaje, ya que se basa en la utilización del patrimonio geológico como recurso por su interés científico, cultural, recreativo y didáctico (Carcavilla *et al.*, 2011). Por lo anterior, con base al concepto de geoturismo, el modelo de geoparque es un esquema viable para el aprovechamiento sustentable del patrimonio geológico de la Bahía de San Quintín y zonas aledañas y, además representa una alternativa de ingresos económicos para los pobladores locales.

7.3.1 Propuesta de Geoparque y Rutas de la Geodiversidad

Dada la importancia de los LIG's y el creciente interés en actividades al aire libre, entre las que destaca el senderismo, así como la diversidad actividades económicas en la Bahía de San Quintín, el geoturismo es una actividad que puede ser incorporada y promovida a través del modelo de geoparque. Bajo esta perspectiva, se aúna la conservación del patrimonio geológico con la generación de actividades económicas que coadyuven al desarrollo local de las comunidades, además de fomentar la educación y divulgación.

Como estrategia de conservación y desarrollo sustentable y de acuerdo al inventario de LIG's, en este estudio se propone el polígono para un geoparque que cubre la mayor parte de Bahía de San Quintín. En este, se diseñaron un conjunto de senderos interpretativos o georutas, donde en cada georuta se localizan una serie de estaciones denominadas "geositios". En los geositios se colocarían cédulas explicativas que describen los atributos geológicos más destacados del escenario natural visible. En el mapa, a cada georuta y estación se le asignó un nombre conforme a la temática o atributo a destacar. El conjunto de itinerarios geológicos ha sido denominado como "*Rutas de la Geodiversidad*", y comprende un total de 16 senderos y cuatro rutas en vehículo para el acceso o enlace, en los que se busca acercar a los visitantes a los elementos principales del patrimonio geológico del geoparque. Los senderos tienen tres niveles de dificultad y son lineales y en circuito, donde los 47 geositios identificados pretenden invitar y motivar a los turistas a recorrer cada uno de los senderos interpretativos mediante una numeración progresiva. Además, para robustecer los esfuerzos de conservación de la biota en la zona, sería adecuado introducir contenido sobre la importancia de la flora y fauna de la región y su relación con el medio abiótico, además de promover la observación de aves y la importancia de los humedales costeros para las especies marinas. De esta manera se logra una propuesta integrada de los

factores bióticos y abióticos en la apreciación del paisaje, lo que constituye el énfasis de la geodiversidad.

La red de carreteras facilitaría el acceso al geoparque, pero también a los LIG's que están fuera de éste. Por consecuencia, en conjunto con el geoparque se propone un corredor geoturístico y cultural que permite mostrar una gama de paisajes donde la geología es la protagonista. El corredor incluye paradas en las misiones y otros sitios de interés a lo largo del camino. Particularmente en la comunidad de El Rosario, varios geositos destacan por su riqueza geológica y paleontológica. Por esto último, y dado los notables hallazgos de dinosaurios en el área, es que durante la década de los 70's se pensó crear un Parque de Dinosaurios (Roberto Pérez, comunicación personal). Es de recalcar que el área de El Rosario también tiene el potencial de convertirse en un geoparque, o conformar uno solo que comprenda hasta San Quintín.

La educación ambiental y/o difusión de la ciencia es el principal mecanismo para conservar y difundir el patrimonio natural y cultural. Así, tanto los locales como los turistas pueden aprender a interpretar el paisaje, valorarlo, y reconocer cómo los factores físicos determinan el arreglo espacial de la biología en una región. Dado que el turismo extranjero es común en el área, la información deberá estar escrita en dos idiomas.

7.3.2 La geodiversidad como promotor de empleo

La difusión de la geodiversidad bajo el concepto de geoturismo también abre una oportunidad única para el desarrollo local. El turismo activo ya existente, el agroturismo y la producción artesanal son actividades de desarrollo local vinculadas íntimamente a la geodiversidad. Así, la propuesta aquí planteada como promotora turística implica aprovechar las actividades ya existentes, como la agricultura, pesca y maricultura, que pueden impulsar y hacer crecer una oferta gastronómica valiéndose de los productos locales. De esta manera se hace variada a los visitantes, al mismo tiempo que se estimulan actitudes favorables para el cuidado del ambiente y el conocimiento de la historia de la

tierra. Además, para poder cubrir la demanda del turismo activo es importante la capacitación de guías especializados, con lo que se estimula la creación de fuentes de empleo para los pobladores locales. Sin embargo, es importante una buena organización entre los prestadores de servicios y el apoyo de las autoridades gubernamentales.

Al igual que en otros sitios, se pueden concesionar algunas áreas a los prestadores de servicios para realizar actividades turísticas en ambientes naturales. Además de la oferta de diversos servicios y recorridos geoturísticos, en cada recorrido se pueden realizar actividades alternas como: caminatas guiadas por los senderos, paseos en kayak, paseos a caballo, visitas guiadas a los ranchos y campos agrícolas, así como degustar productos artesanales de la región derivados de la agricultura, ganadería, pesca y acuacultura. Así se puede fomentar la elaboración de productos locales como: mermeladas, miel, queso, y conservas de productos agrícolas y pesqueros. Asimismo, los georecursos también pueden aprovecharse de forma sustentable, mediante la venta de réplicas fósiles y artesanías hechas con materiales volcánicos.

El geoturismo ha mostrado impactos favorables en España y Portugal, en donde las comunidades rurales obtienen grandes beneficios económicos a través del agroturismo y la venta de productos locales como el vino y queso (Moreira *et al.*, 2009; Carcavilla *et al.*, 2001 y Erfurt-Cooper, 2014). En América Latina, especialmente en Brasil y Uruguay, el geoturismo ha sido exitoso y, además de haber acrecentado la difusión del patrimonio natural se ha empalmado con el rescate de la herencia cultural. Por su parte, Estados Unidos también posee una oferta geoturística amplia, aunque no cuenta con ningún geoparque. Por ejemplo, en el estado de Arizona se encuentra Sedona, un sitio con un destacado paisaje geológico y cultural que cuenta con una amplia red de senderos y diversos servicios turísticos. En dicho lugar el turismo representa la principal actividad económica para los pobladores locales.

En México el geoturismo es una actividad que se encuentra en sus primeras etapas. Sin embargo, existen muchos sitios que ofrecen servicios turísticos donde a pesar de que la geología ocupa un lugar protagónico, se hace poco énfasis a su importancia en la explicación del paisaje natural y cultural. Tal es el caso del municipio de Exequiel Montes, Querétaro, donde el principal atractivo turístico es la Peña de Bernal, un domo volcánico endógeno de composición dacítica del Mioceno Tardío (Aguirre-Díaz, 2006). En esta localidad se han concesionado porciones de terreno a prestadores de servicios turísticos, quienes se encargan de acondicionar y conservar el área de su concesión para ofrecer recorridos guiados, que pueden incluir: ascenso al monolito, visitas a sitios arqueológicos, venta de artesanías y una oferta gastronómica típica de la región. Otro ejemplo de este tipo de turismo es la ruta del Tren Chihuahua-Pacífico, mejor conocido como “El Chepe”. Este tren recorre escenarios geológicos de importancia internacional en la Sierra Madre Occidental o Sierra Tarahumara, siendo el principal atractivo las Barrancas del Cobre. En el trayecto existen ocho estaciones que incrementan la oferta turística y que proporcionan una importante derrama económica para las comunidades rurales, donde también se ofertan recorridos por rutas de senderismo.

La Bahía de San Quintín y las zonas aledañas poseen un amplio patrimonio geológico y un gran potencial geoturístico, que como anteriormente se mencionó, posee una alta viabilidad para crear un geoparque, que incluso pueda escalar a ser reconocido por la UNESCO. Sin embargo, para esto último se requiere una mayor socialización e integración de proyectos sustentables como el propuesto en este estudio. Un factor clave es el involucramiento y compromiso de los pobladores locales. Para ello, es importante el trabajo y la coordinación entre asociaciones civiles, el sector privado, el gobierno y la población local.

Para los nativos el escenario natural y los recursos geológicos fueron importantes en modelar su forma de vida. Sin embargo, así como ellos lograron

subsistir interpretando el paisaje y aprovechando sus recursos naturales, en la actualidad se pueden poner en valor los atributos naturales y culturales que han determinado el desarrollo de las comunidades rurales. Interpretar el mensaje inmerso en el paisaje a través de su geodiversidad abre el camino a un sinfín de posibilidades para promover un desarrollo sustentable fincado en el geoturismo.

8. Conclusiones

El inventario de la geodiversidad permitió identificar 32 lugares de interés geológico. De estos 17 se concentran en la Bahía de San Quintín, seis en El Rosario y nueve a lo largo de la red de carreteras. En conjunto, estos sitios integran el patrimonio geológico más sobresaliente de la región.

Entre los atributos geológicos que conforman la geodiversidad del área, destacan los de tipo: tectónico, mineralógico, geomorfológico, paleontológico y sedimentológico. Desde el punto de vista cultural figuran: sitios arqueológicos, geosímbolos y sitios históricos.

La mayoría de los LIG's poseen un buen estado de conservación y un gran potencial para su aprovechamiento sustentable. Aún las localidades impactadas por el desarrollo proporcionan un escenario sumamente didáctico para mostrar los procesos naturales y el impacto humano.

El uso de modelos o índices de geodiversidad en conjunto con el uso de sistemas de información geográfica, permitió conocer el tipo y distribución de los atributos geológicos y culturales más destacados de una región. Sin embargo, es importante considerar que al no existir una metodología estandarizada esta debe adecuarse a las características del área de estudio. Asimismo, es importante considerar la información cartográfica disponible.

El modelo de Pereira *et al.*, (2013) mostró un sesgo sobre los rasgos geomorfológicos, específicamente la hidrología. Es posible que este modelo no sea adecuado para estudios de escala mayor como el presente. Por ende, este modelo no muestra la geodiversidad del área de estudio de manera confiable.

El modelo de Herrera-Gutiérrez (2016) simplifica los atributos de la geodiversidad en índices parciales. Además, a diferencia de otros modelos, incorpora los rasgos culturales dentro de la valoración. Este modelo resultó adecuado considerando en el análisis las Localidades de Interés Geológico identificadas. Sin embargo, los resultados en ambas versiones (con y sin LIG's) concuerdan con las observaciones en campo. El modelo de Herrera-Gutiérrez (2016) prueba ser adecuado para valorar la geodiversidad bajacaliforniana a grande y pequeña escala.

Es importante apostar en la elaboración de modelos más detallados que esquematicen el peso-valor de todos los atributos de la geodiversidad (geológicos, geomorfológicos, culturales, etc.). Para ello se requieren de estudios más detallados y específicos de cada región.

En el manejo y conservación del paisaje en Bahía San Quintín hasta ahora se ha priorizado la biodiversidad. Al incorporar la valoración de la geodiversidad y la promoción del geoturismo se potencia un aprovechamiento integral de todas las características del paisaje, y su uso didáctico es aún útil en las localidades donde el patrimonio geológico y cultural ha sido deteriorado. Por lo tanto, es necesario incorporar la valoración de la geodiversidad dentro de los Ordenamientos Ecológicos del Territorio, para lo cual las metodologías aquí propuestas y la información cartográfica generada sirven como marco de referencia para la toma de decisiones.

Los análisis previos permitieron identificar dos zonas con alto potencial geoturístico: 1) Bahía de San Quintín – Laguna Figueroa y 2) El Rosario. De estas dos localidades, la Bahía de San Quintín cuenta con la particularidad de un campo volcánico con características únicas en toda Baja California, en especial la peculiaridad de los xenolitos del manto presentes sólo en dos sitios en el mundo, lo que le confieren un alto valor científico además del didáctico. A su vez, la suma del valor biológico del área, diversidad de ambientes

geológicos, atributos paleontológicos y vestigios culturales, justifican la creación de un geoparque.

El esquema de geoparque representa una opción viable para el desarrollo sustentable de la región, ya que puede incrementar la oferta turística y diversificar las actividades económicas. Además, es posible promover la salud mediante la práctica del senderismo, así como impulsar la educación ambiental. Escalar a un Geoparque Mundial de la UNESCO requerirá una mayor concientización e involucramiento social, así como de la cooperación y trabajo coordinado entre asociaciones locales, empresas privadas y las autoridades de gobierno.

Este trabajo es pionero en la aplicación de índices para la valoración de geodiversidad, y muestra como los estudios de geodiversidad se perfilan como importantes para la gestión tanto del patrimonio natural como cultural.

9. Bibliografía

- Aguirre, A. Contreras, B. De la Cueva, H. González, S., Martínez-Ríos, L., Martínez, V., Montes, C., Palacios, E., Esparza, R. P., Salazar, M., Serrano, J. 1998. Opinión Técnica sobre los Proyectos Turísticos “El Cabo San Quintín” y “Bay Shores”, en Bahía San Quintín, Baja California. CICESE, COLEF, INAH, Pro Esteros. 17 p.
- Aguirre-Díaz, G. 2006. La Peña De Bernal, Qro. un Domo Dacítico del Mioceno Tardío. *Geos*, Vol. 26, (1). 174 p.
- Almeida- Vega, M. 1998. Análisis de Datos Aeromagnéticos de la Planicie Costera del Valle de San Quintín, B.C., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. 56 p.
- Bruschi, V.M. 2007. Desarrollo de una Metodología para la Caracterización, Evaluación y Gestión de los Recursos de la Geodiversidad. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. 129 p.
- Cabanes N., y Mercier J. C.C. 1988. Insight into the upper mantle beneath an active extensional zone: the spinel-peridotite xenoliths from San Quintín (Baja California, México). *Contrib Mineral Petrol.* Vol. 100. pp. 374-382.
- Carcavilla Urquí, L., Ánchel, B., Durán Valsero, J.J., E Hilario, A. 2011. Geoturismo: concepto y perspectivas en España. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*. Vol. 19 (1). pp. 81-94.
- Carcavilla Urquí, L y Cortés A.G. 2014. Geoparques. Significado y Funcionamiento, Instituto Geológico y Minero de España. 7 p.
- Carcavilla Urquí, L., Durán Valsero, J.J. y López Portillo, J. 2008. Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. *GeoTemas*. Vol. 10. pp. 1299-1303.
- Coleman, V. 1969. Ground survey and air-photo analysis of the Llano the San Quintín, Baja California Norte, México. Technical Report 0-72-2. Office of Naval Research, California. 13 p.

- CONANP. 2008. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas: Ficha Informativa Ramsar de Bahía San Quintín. Ensenada, B.C. México. p. 32-93.
- CONANP. 2009. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas: Humedales de México y Sitios Ramsar. SEMARNAT-CONANP. 8 de febrero de 2016. < <http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php#top>>
- CONABIO. 2009. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Datos Geográficos de Áreas Naturales Protegidas Municipales de México. CONABIO. 10 de febrero de 2016. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/anpm09gw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no>
- Costa, C. 1987. "A conservação do patrimonio geológico" En: // *Congreso de áreas protegidas*. pp. 827-833.
- Daesslé, W. L., Rendón-Márquez, G., Camacho-Ibar, V. F., Gutiérrez-Galindo, E. A., Shumilin, E. Ortiz-Campos, E. 2009. Geochemistry of modern sediments from San Quintín coastal lagoon, Baja California: Implication for provenance. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 26 (1). pp. 117-132
- Delgadillo F., Camacho I. V., Huerta M., Torres V., Pérez P., Lares L., Marinone S., Segovia J., Peña J., García E. y Castro R. 2014. Seasonal behavior of dissolved cadmium and Cd/PO₄ ratio in Todos Santos Bay: A retention site of upwelled waters in the Baja California Peninsula, México. *Marine Chemistry*. Vol. 168. pp. 37–48.
- Des Lauriers, M.R. 2008. A Paleoindian Fluted Point from Isla Cedros, Baja California. *Journal of Island and Coastal Archaeology* Vol. 3. 7 p.
- Duque, L. C., Murcia, V., Abril, J., García Salinas, F. y Elízaga, E. 1978. Inventario nacional de Puntos de Interés Geológico. Sector oriental de la Cordillera Ibérica (Maestrazgo). *Memoria del proyecto ITGE*. 127 p.

- Erfurt-Cooper, P. 2014. Volcanic Tourist Destinations. Geoheritage, Geoparks and Geotourism, Conservation and Management Series. Springer-Verlag. 384 p. DOI: 10.1007/978-3-642-16191-9
- Estrada-Ramírez, A. 2013. Ensenada en la Cultura: Los Orígenes de San Quintín. Nota periodística, El Vigía. 66 p.
- Durham, J. W y Allison, E. C. 1960. The geologic History of Baja California and its Marine Faunas: in Symposium – The Biogeography of Baja California and Adjacent areas. Geologic History; Systematic Zoology, 91 p.
- Fracek S. P., y Stolz J. F. 1985. *Spirochaeta bajacaliforniensis* sp. n. from a Microbial Mat Community at Laguna Figueroa, Baja California Norte, Mexico. Archives of Microbiology - Springer-Verlag. 325 p.
- Espinoza–Arroyo, A. 2007. San Quintín Baja California México: “Próspero Valle Austral del Estado y Cabecera Regional”. Consulta: 13 enero de 2017, de Blog El Rosario BC. Sitio web: <http://elrosariobc.blogspot.com>
- Figueroa-Beltrán, C. 2009. La Arqueología del Holoceno en el Corredor Costero Colnett-El Rosario (Baja California, México): Un análisis orientado a la gestión. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Baja California. 119 p.
- Fragoso-Servón, P., Pereira, A., Frausto, O., Y Bautista, F. 2014. Relación entre la geodiversidad de Quintana Roo y su biodiversidad. *Quivera*. Vol 16 (1), pp. 97–125. ISSN 1405-8626.
- Gastil G., Phillips R., Allison E. 1975. Reconnaissance geology of the state of Baja California. The Geological Society of America Inc. *Memoir*. Vol 140. 92 p.
- Gray, M., 2004. Geodiversity, valuing and conserving abiotic nature. Great Britain: *John Wiley & Sons Ltd, Englad*. 450 p. ISBN: 0-470-84895-2

- Guía-Ramírez A. Y Olivedo-García F. 2012. The fauna of the Pleistocene and early settlers in Baja California. *SCA Proceedings*, Vol. 26. pp. 71-77.
- Gutierrez, M.L. y J. Hyland. 1994. La punta Clovis de El Batequi. *Arqueología Mexicana* 2(8). pp. 82–83.
- Hengl, T. 2006. Finding the right pixel size. *Comput. Geoscience*.(32). pp. 1283–1298
- Herrera-Gutiérrez, A. R. 2016, Geodiversidad costera del Delta del Río Colorado y zonas aledañas: valoración y alternativas de aprovechamiento sustentable. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas – IIO. Universidad Autónoma de Baja California, 128 p.
- Horodyski R. J., y Vonder Haar S. P. 1975. Recent calcareous stromatolites from Laguna Mormona (Baja California) México. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 45, (4). pp. 894-906
- Horodyski, R. J. 1977. Lyngbya mats at Laguna Mormona, Baja California, México: comparison with Proterozoic stromatolites. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 47. pp. 1305 – 1320
- Horodyski, R. J, Bloeser, B y Vonder Haar, S. 1977. Laminated algal mats from a coastal lagoon, Laguna Mormona, Baja California, Mexico. *Journal Of Sedimentary Petrology*, Vol. 47. pp. 680- 696
- Hose, T. 2006. “Geoturismo” europeo. Interpretación geológica y promoción de la conservación geológica para turistas 1999. En Carcavilla Urquí L. Tesis Doctoral. Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. 339 p.
- INEGI. 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía: Productos y centro de descarga de información cartográfica. INEGI. 5 de febrero de 2016. < <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/>>
- INAH. 2016. Instituto Nacional de Antropología e Historia: Reserva de registros cartográficos de ubicaciones arqueológicas y paleontológicas

de Baja California. [Disponible en oficinas]: Av. Ryerson 99 Zona Centro CP. 22800. Ensenada Baja California. Fecha de consulta: 5 de febrero de 2016.

- Jenks, G.F, 1967, The data model concept in statistical mapping, International Yearbook of cartography. 7. pp.186-190.
- Kilmer, F.H. 1963, Cretaceous and Cenozoic stratigraphy and paleontology, El Rosario area, Baja California, México. Tesis Doctoral. Berkley, California Univ. 216 p.
- Lillergraven, J. A. 1976. A new genus of therian mammal from the late cretaceous "El Gallo Formation", Baja California, México. Journal of Paleontology, 50 (3). pp. 437-443.
- Lhur J. F., Aranda-Gómez J. J., Housh T. B. 1995. San Quintín Volcanic Field, Baja California Norte, México: Geology, petrología and geochemistry. *Journal Of Geophysical Research*. Vol. 100. pp. 10,353-10,380.
- Margulis L, Barghoorn E. S, Ashendorf D, Banerjee S, Chase D, Francis S, Giovannoni S, Stolz J. 1980. The microbial community in the layered sediments at Laguna Figueroa, Baja California, Mexico: does it have Precambrian analogues? *Precambrian Res*. Vol. 11. pp. 93 -123.
- Margulis L, Grosovsky B. D. D, Stolz J. F, Gong-Collins E. J, Lenk S, Read D, Lopez-Cortés A. 1983. Distinctive microbial structures and the Pre-Phanerozoic fossil record. *Precambrian Res*. Vol. 20. pp. 443-477.
- Mejía-Vázquez, R. 1990. Simulación numérica del flujo bidimensional del acuífero de San Quintín, B.C. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, UNAM. 70 p.
- Molnar, R. E. 1974. A distinctive theropod dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California (México). *Journal of Paleontology*. Vol 48. (5). pp. 1009-1017
- Moreira, J., Meléndez, G., Soria, M. 2009. Geoturismo: ¿Explicación de la geología al público o la geología como foco de atracción turística?

ejemplos del desarrollo del geoturismo en Brasil (Estado de Paraná) y España (Comunidad Autónoma de Aragón). VII Fitur. 11 p.

- Morris W.J. 1972. A giant hadrosaurian dinosaur from Baja California. *Journal of Paleontology* Vol. 46. pp. 777–779.
- Morris W. J. 1973. A review of Pacific coast hadrosaurs. *Journal of Paleontology* Vol. 47. pp.551–561.
- Nieto, L.M. 2001. Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 112. pp. 3-12. ISSN: 0366-0176.
- Ortega-Rivera, A., Böhnell, H., and Lee J. 2004. The San Quintín Volcanic field: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and paleomagnetism. *Proc. Geol. Soc. Amer. Penrose. Conf, Metepec, Puebla, Mexico, Abs*, 59 p.
- Pavía, E.G. y Graef, F. 2002. The recent rainfall climatology of the Mediterranean Californias. *J. Climate*. Vol. 15. pp. 2697–2701.
- Pereira-Corona. A., Fragoso-Servón. P., Adame-Martinez. S., Alvarado-Granados. A. y Rosete-Verges. F. 2015. Geodiversidad, ordenamiento territorial y áreas naturales protegidas. *European Scientific Journal*. Vol.11. (14). pp. 70-84. ISSN: 1857-7881.
- Pereira D. I, Pereira P, Brilha J y Santos L., 2013. Geodiversity Assessment of Parana' State (Brazil): An Innovative Approach. *Environmental Management*. 52 p. 541–552. DOI 10.1007/s00267-013-0100-2
- Pereira, D., Santos, L., Silva, J. P., Pereira, P., Brilha, J., Silva, J., y Rodríguez, C. 2012. Mapping regional geodiversity in Brazil and Portugal. *Geologia dell' Ambiente*. Vol. 3. pp. 107-108.
- Posada-Ayala I. 2015. Geodiversidad del estado de Baja California: una propuesta orientada a la gestión sustentable del patrimonio natural y cultural. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Baja California. 73 p.

- Posada-Ayala I., H., García-Gastelum, A., Bruschi V., M. y Téllez-Duarte, M. 2014. Geodiversidad y paisaje: un análisis de su potencial en Baja California, México. *Investig. Geogr. Chile*, Vol 48. pp. 19-40.
- Prieto-Márquez A, Chiappe LM, y Joshi SH. 2012. The Lambeosaurine Dinosaur *Magnapaulia laticaudus* from the Late Cretaceous of Baja California, Northwestern Mexico. *PLoS ONE* Vol.7 (6). DOI: 10.1371/journal.pone.0038207
- Programa de Ordenamiento Ecológico de San Quintín (POESQ). 2007. Versión Final para el Periódico Oficial del Estado de Baja California. 207 p.
- Programa de Desarrollo Urbano de los Centros de Población San Quintín-Vicente Guerrero (2002-2018). 2003. *Periódico Oficial del Estado de Baja California*. No. 21.
- Rodríguez-Revelo, N., Rendón-Márquez, G., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O. y Martínez-Vázquez, M. L. 2014. Análisis de proveniencia de las arenas del complejo de dunas parabólicas El Socorro, Baja California, México, mediante una caracterización mineralógica y granulométrica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Vol. 66. (2). pp. 355-363
- Salinas-Zavala, C.A., Lluch-Belda, D., Hernández-Vázquez, S., Lluch-Cota, D.B. 1998. La aridez en el noroeste de México. Un análisis de su variabilidad espacial y temporal. *Atmósfera*. Vol. 11. p. 29–44.
- Santillán M., y Barrera T. 1930. Las Posibilidades Petrolíferas en la Costa Occidental de Baja California, entre los paralelos 30° y 32° de latitud norte: México. Universidad Nacional. Instituto de Geología. Anales, Vol. 5. 37 p.
- Serrano Cañadas, E. Y Ruiz Flaño, P. 2007. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria); *Boletín de la A.G.E.* Vol. 45. pp. 79-98.
- SGM. Servicio Geológico Mexicano: Cartografía Geológica de la República Mexicana. Consulta de datos y recursos: 7 de marzo de 2016.

<<http://busca.datos.gob.mx/#!/conjuntos/cartografia-geologia-de-la-republica-mexicana-escala-1-250000>>

- Sharples, C., y Tasmania, F. 1995. Geoconservation in forest management principles and procedures. *Tasforests*. Vol. 7. pp. 37-59.
- Showstack, R. 2015. New commission aims to protect volcanic geoheritage. *Earth & Space Science News (EOS)*. núm. 96.
- SIATL. Simulador De Flujos De Agua De Cuencas Hidrográficas, Versión 3.1. INEGI. 13 de marzo de 2016. <http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#>
- Silva J. P., Pereira D. I., Aguiar A. M., y Rodríguez C. 2013. Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. *Journal of Maps*. 9 p. DOI:10.1080/17445647.2013.775085
- Strahler A., 1957. Quantative analysis of watershed geomorphology; Transaction, American Geophysical Union; Vol. 38. (6). pp 913 – 920.
- Téllez-Duarte, M., A. 2004. Nuevos aportes a la arqueología peninsular *Seminario de Historia de Baja California*. Ensenada, B.C. pp. 41-58.
- Téllez-Duarte, M., A. 1983. Tesis de licenciatura: Paleoecología de una comunidad bentónica del Pleistoceno Superior de Bahía San Quintín, Baja California. UABC. Ensenada, B.C. 70 p.
- Thorn, R. F. 1989. The vascular plants of Bahía San Quintín and adjacent areas, Baja California, México. *Crossosoma*. Vol.15. (2). pp.5-8.
- UNESCO. Directrices y criterios para parques nacionales interesados en recibir asistencia de la UNESCO para integrar a la red mundial de geoparques. [En línea]. 2010. [Fecha de consulta: el 06 de abril de 2016]. Disponible en:
http://www.unesco.org/uy/geo/fileadmin/ciencias%20naturales/ciencias_de_la_tierra/Directrices_y_Criterios_Geoparques.pdf
- Valentine W., J. 1960b. Pleistocene mulluscan notes, 3. Rocky-coast faunule, Bahía San Quintín, México. *Nautilus*. Vol. 74, pp. 18-23.

- Vanderplank, S. E. 2011. The flora of greater San Quintín, Baja California, México (2005–2010). *Aliso*, Vol. 29(2), pp. 65–103
- Williams W. J. W. 1999. Evolution of Quaternary intraplate mafic lavas detailed using ^3He surface exposure and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, and elemental and He, Sr, Nd, And Pb isotopic signatures: Potrillo Volcanic Field, New Mexico, U.S.A., and San Quintin Volcanic Field, Baja California Norte, Mexico. Tesis Doctoral. Universidad de El Paso Texas. 195 p.
- Woodford A. O, 1928. The San Quintin volcanic field, lower California. *Amer J Sci*, Vol. 15. pp. 337-345.
- Yarham R. 2011. Cómo leer paisajes: Una guía para interpretar los grandes espacios abiertos. H. Blume. 256 p.

Se ha procurado en la medida de lo posible incluir toda la bibliografía usada, así como los respectivos créditos de imágenes y fotografías usadas en la elaboración de este trabajo y, ruego se me disculpe cualquier omisión involuntaria.

10. Anexos

10.1 Guion de entrevista para los pobladores locales

Nombre del encuestador:

Ensenada, Baja California.				Fecha:	
Localidad:		LIG:			
Estado del sitio:					
Nombre:				Sexo: M F	
Edad:		15-25	26-35	36-45	46-60 Mayor a 60
1 ¿Cuántos años tiene viviendo en esta localidad?					
0 - 4	5 - 9.	10 - 14.	15 - 25	Más de 25	
2 ¿A qué se dedica? <i>ESPECIFICAR ACTIVIDAD ECONOMICA</i>					
3 ¿Cuál cree que sea el principal negocio de la zona? (<i>ACTIVIDAD ECONOMICA</i>)					
8 ¿Llegan turistas aquí?		SI () / NO ()		¿Con qué frecuencia?	
9 ¿Principalmente en qué temporada?					
10 ¿Cuál cree que sea el motivo por el que visitan el lugar?					
11 Además de las actividades ya mencionadas ¿Consideras que la localidad tiene otro potencial de uso?					
(ACTIVIDAD ECONOMICA)					
12 ¿Ha observado cambio en su entorno? (erosión, extracción de materiales, etc).					
13 Para construir ¿Utilizan materiales de la zona o los traen de fuera? (<i>SI PUEDE, ESPECIFICAR DE DONDE</i>)					
Sitios simbólicos					
4 ¿Qué lugares de la zona tienen un significado especial para usted? Valores económicos simbólicos					
<i>Que tengan un valor cultural, histórico o de folclore. UBICACION EN MAPA</i>					
5 ¿Tiene algún lugar cercano que acostumbra a visitar? <i>EN QUE SENTIDO</i>					
6 ¿Alguno tiene un significado especial? Valor cultural, histórico o de folclore.					
7 ¿Para usted hay un algún sitio o lugar que represente a su comunidad? <i>Valor simbólico IDENTIDAD</i>					
14 ¿Crees que existen sitios de interés turístico en la zona? (ya sea cultural, histórico, religioso)				SI () / NO ()	
15 ¿Te interesaría participar en las actividades turísticas de la zona?				SI () / NO ()	

NOTAS

10.2 Procesamiento de información espacial

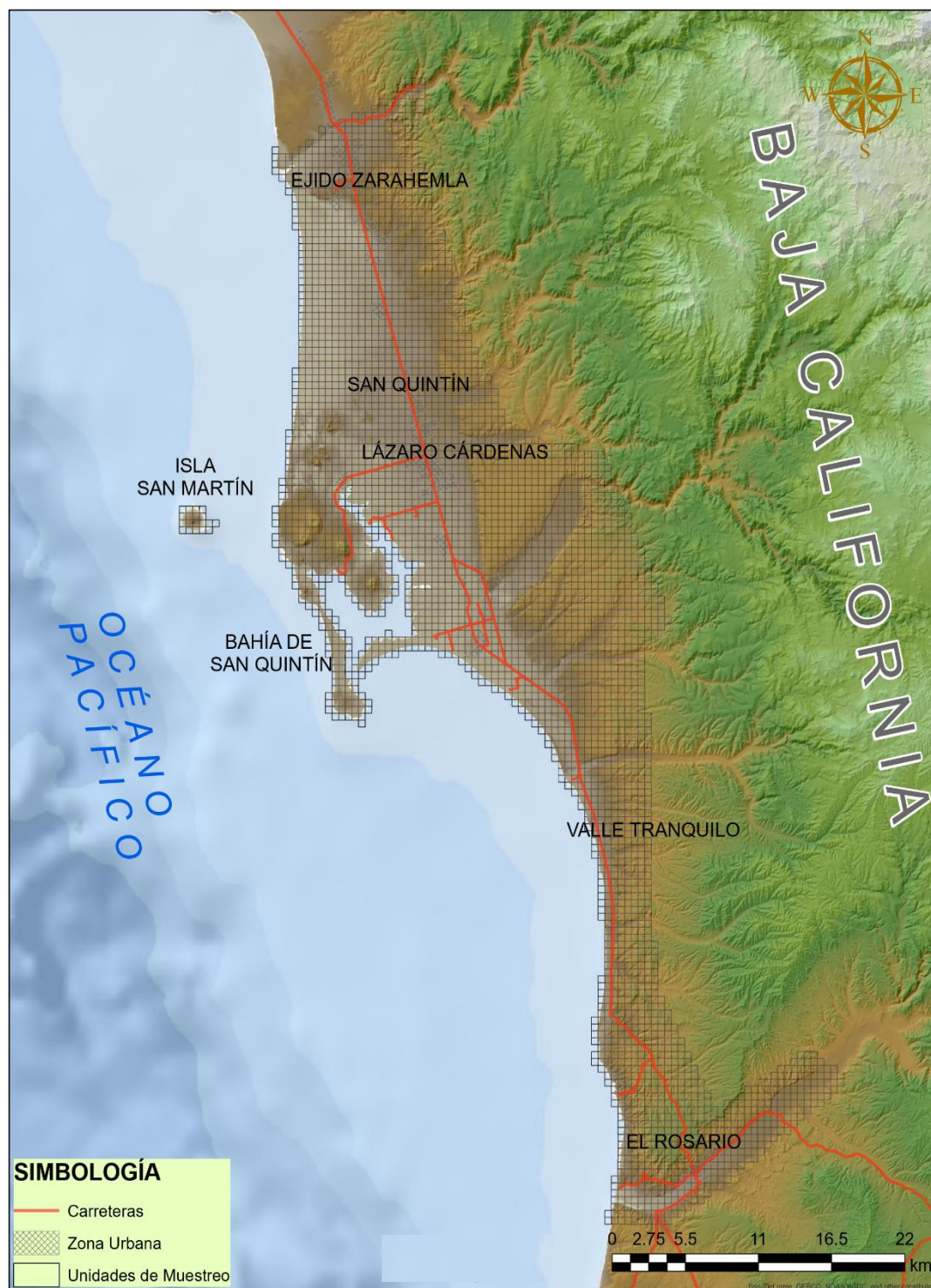


Figura 3. Retícula con 4,045 unidades de muestreo generada para el análisis.

10.3 Inventario de Información Cartográfica.

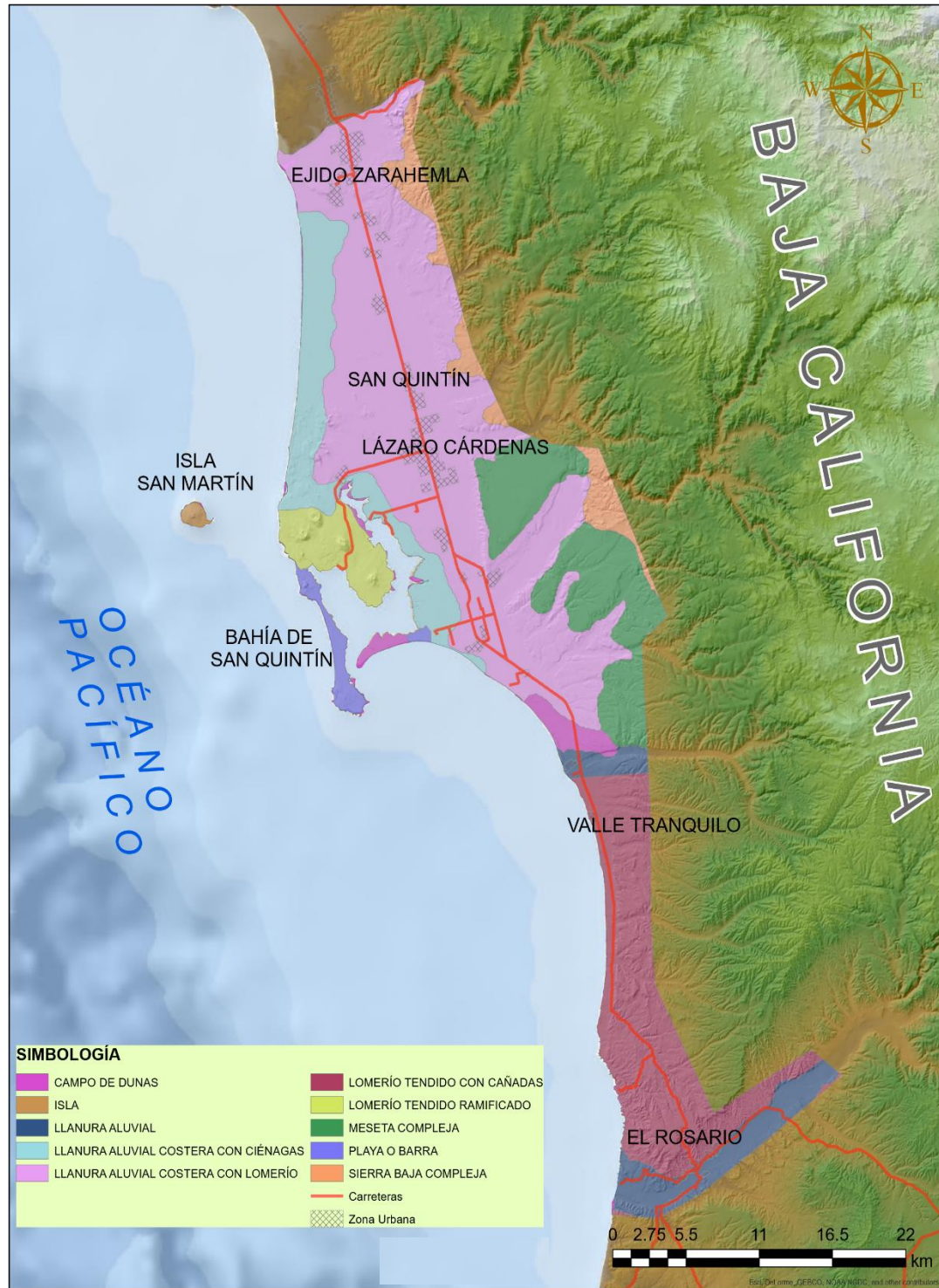


Figura 5. Sistema de Topoformas del área de estudio (INEGI).



Figura 6. Rasgos hidrológicos del área de estudio (SIATL INEGI).

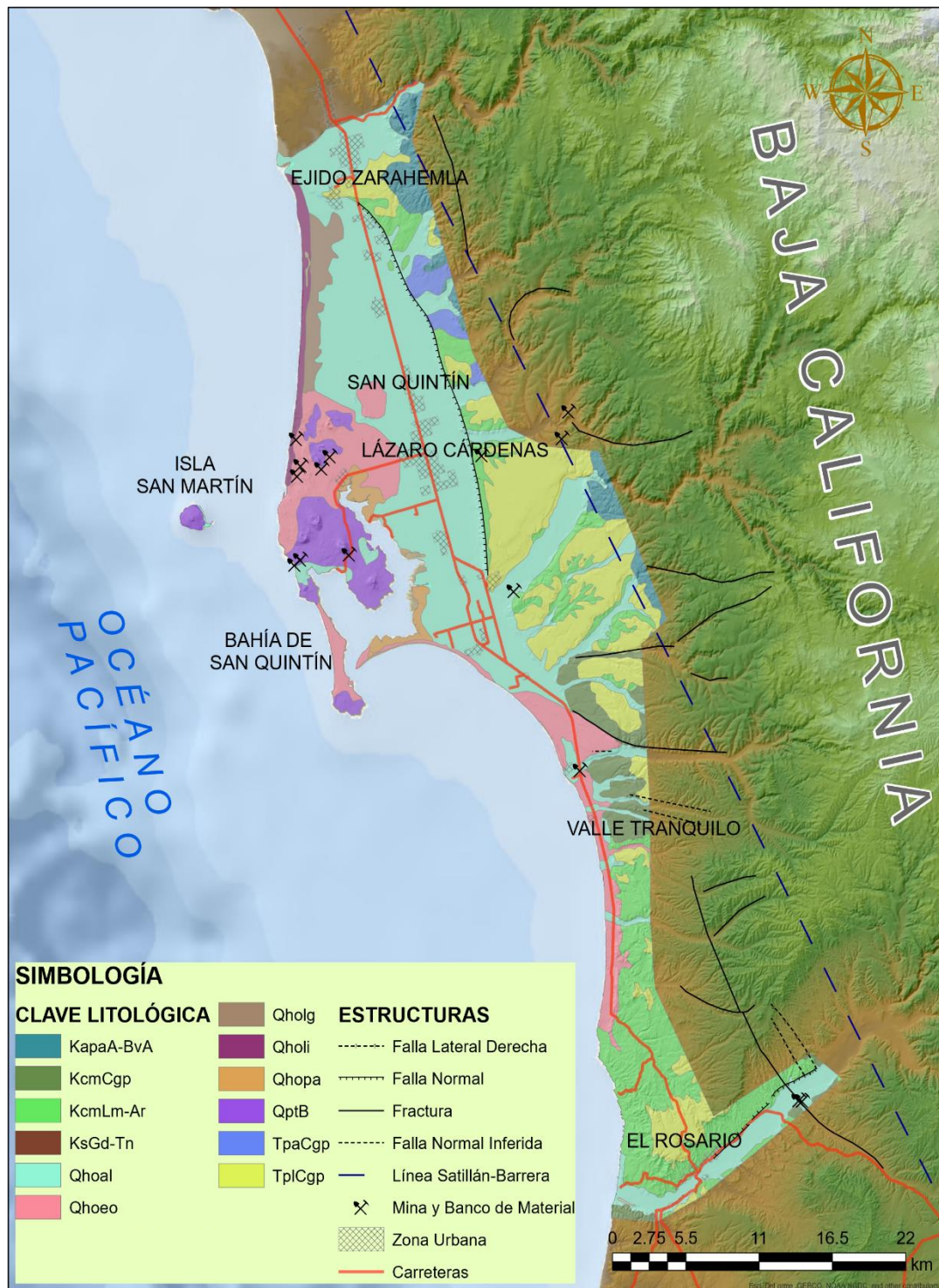


Figura 7. Información geología del área de estudio (Gastil 1975, SGM 2016).

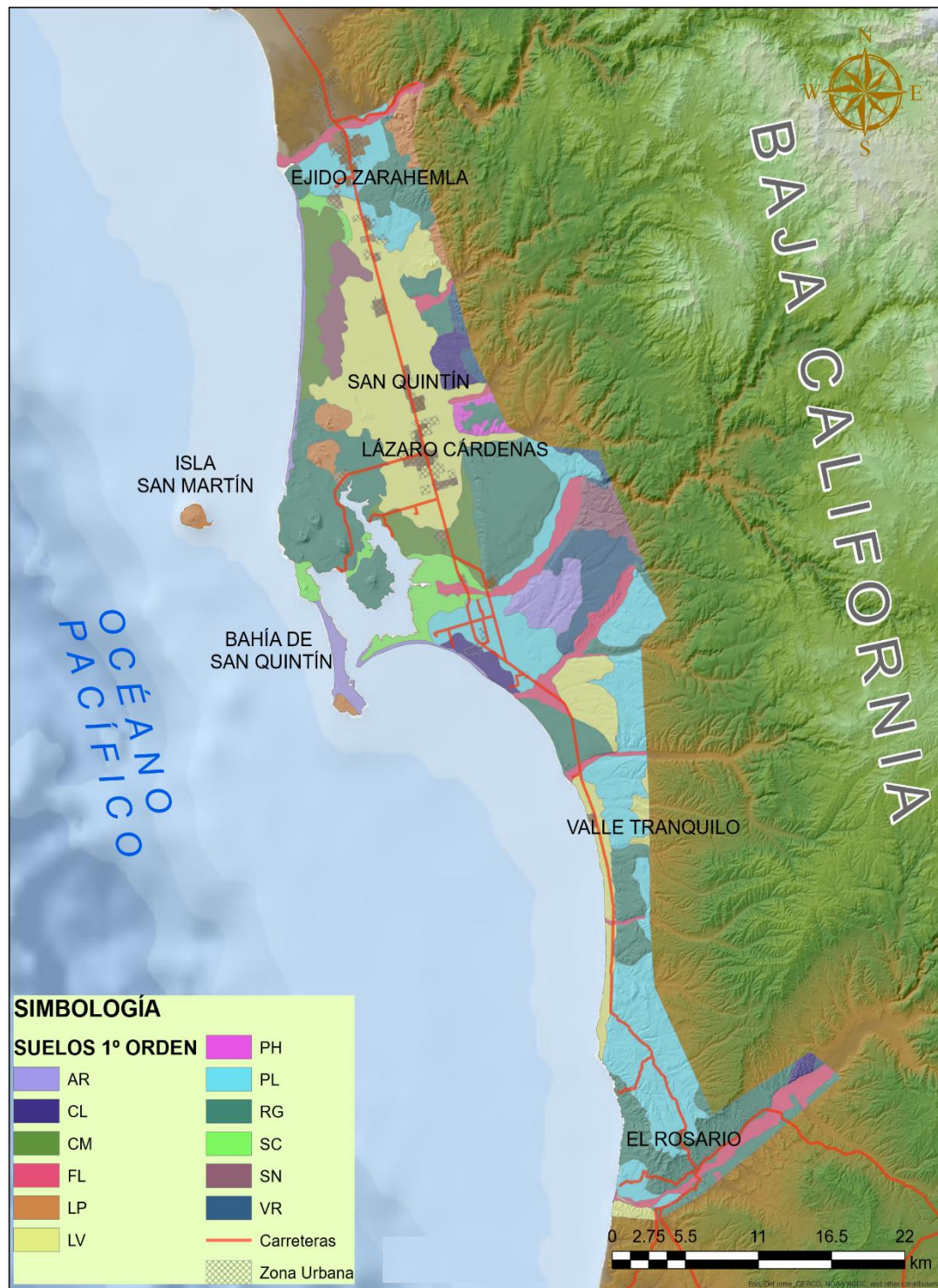


Figura 8. Carta edafológica del área de estudio (INEGI).

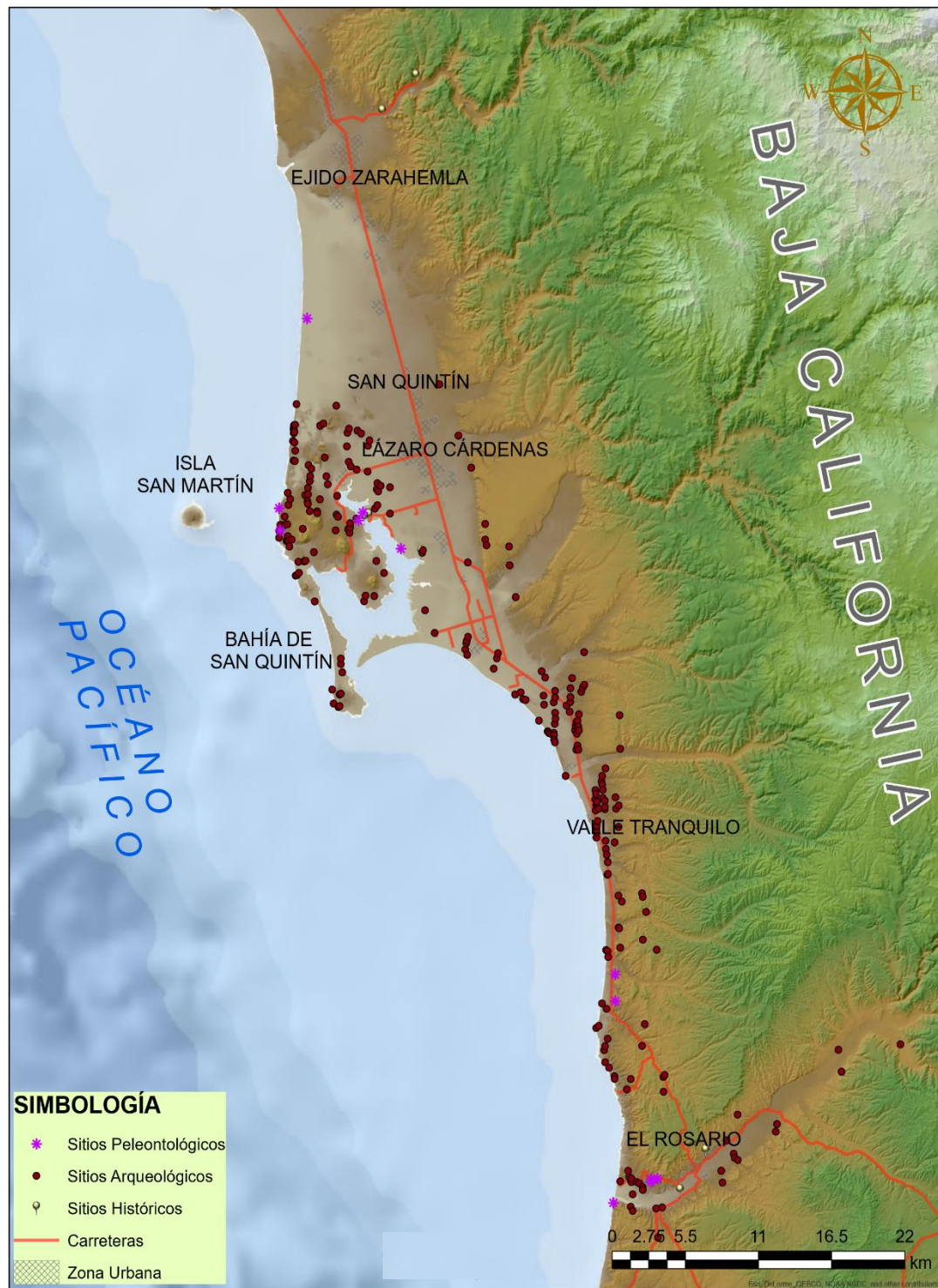


Figura 9. Carta de rasgos paleontológicos y culturales.

10.4 Inventario de Lugares de Interés Geológico (LIG's)

Tabla VI. Listado de lugares de interés geológico identificados en el área de estudio.

	Lugares de Interés Geológico (LIGs)	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
		ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
1	Misión Santo Domingo									A	A		A		A		N
2	La Peña Colorada							A		M		A	A		A		R
3	Laguna Figueroa	M	A			A		A	A		B	A	A	A	A		I
4	Cordón de Dunas de San Quintín	A				M			A		A		A		A		R
5	Acantilados Costeros	A				A		A	A		A		A		A		R
6	Volcán Ceniza			A	M		B	A	A	M	M	A	A	A	M	B	I
7	Monte Kenton			A	M		B	A	A	M	M	A	A	A	M	B	I
8	Volcán Riverol			A	A		M	A	A		B	A	A	A	M	M	I
9	Monte Basu			A	A			A	A		B	A	A	A	M	M	I
10	Complejo Sudoeste			A	A			A	A		A	A	A	A	A	M	I
11	Volcán Picacho Vizcaíno			A	A		A	A	A		A	A	A	A	A	A	I
12	Complejo Woodford	M		A	A	M	A	A	A		M	A	A	A	A	A	I
13	Volcán Media Luna			A	A			A	A		M	A	A	A	A	B	I
14	Tómbolo de Monte Mazo			A	A	A	M	A	A		A	A	A	A	A	A	I
15	Isla San Martín			A	A			A	A		M	A	A	A	A	B	I
16	Salinas de San Quintín					A		A	A	B		A	A	M	A	A	R
17	Fósiles del Molino Viejo	A	A	A		M		A	A			A	M	A	A		R
18	Fósiles en Coladas de Lava	A	A	A		M		A	A				M	A	A		R
19	Fósiles de Muelle Viejo	A	A	A		M		A	A				M	A	A		R
20	Marisma de BSQ					A		A	A				B	A	A		R
21	Flecha de Punta Azufre			B		A		A	A		M		A		A		R
22	Arroyo San Simón	A		M	M	B	M	M	A				A		A	A	R
23	Dunas del Socorro					A			A		M		A		A	M	R
24	Cantiles y Terrazar Marinas	A	A	M		A		A	A				A	A	A		R
25	Dunas Fósiles	A	A			A		A	A		A			A	A		R
26	Cerro Cuates							B				A	A		A		R
27	La Lobera de El Rosario	A						A	A		M	A	A	M	A	A	R
28	Formación Bocana Roja	A	A	A		A		A	A	A	A		M	A	A		I
29	Formación El Gallo	A	A	M		A		A	A	A			A	A	A		I
30	Misión El Rosario de Arriba									A	A		A		A		N
31	Misión El Rosario de Abajo									A	A		A		A		N
32	El Castillo de El Rosario	A		A		M		A				A	A		A		R
	CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
		ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

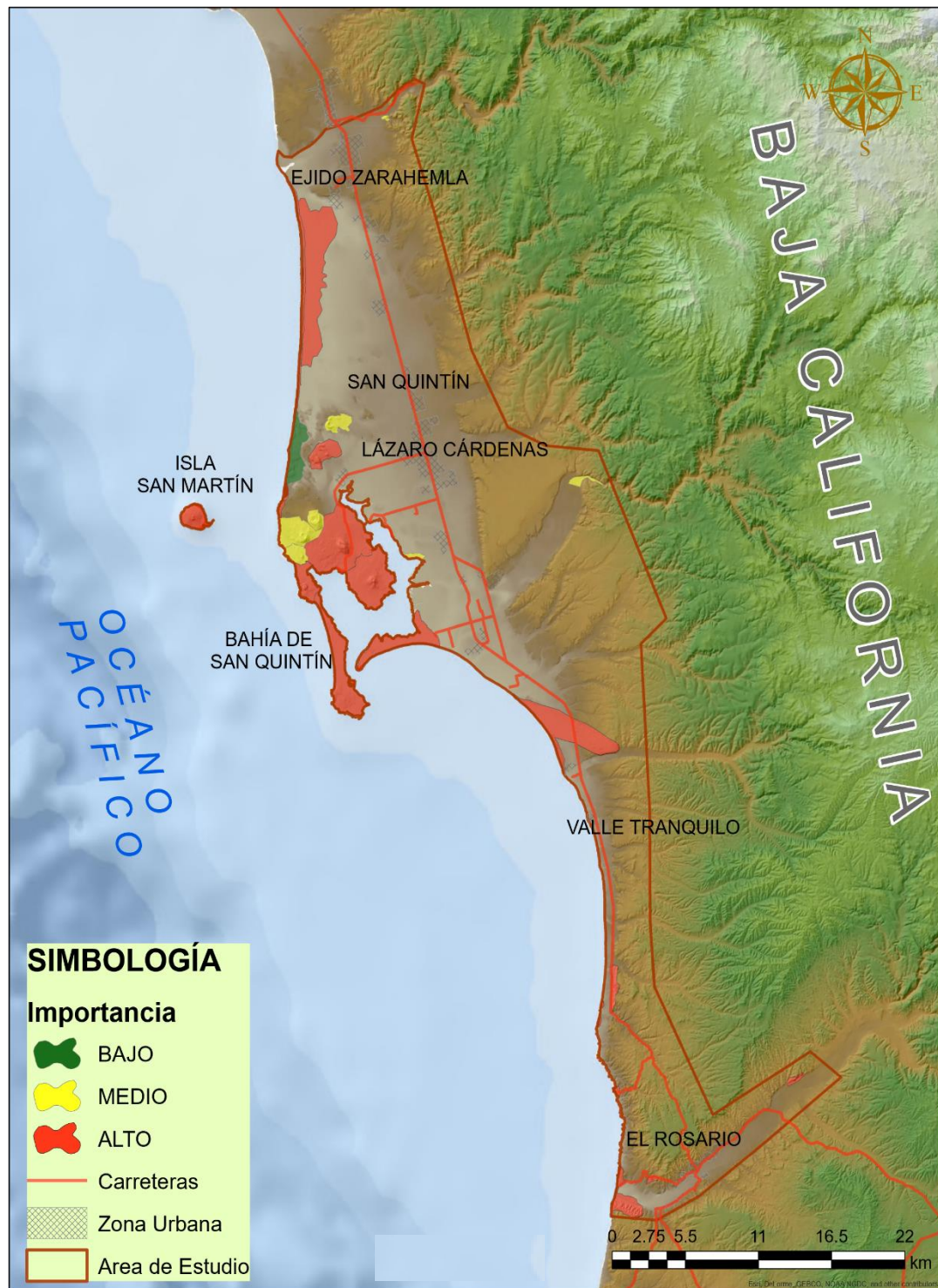


Figura 10. Inventario de Lugares de Interés Geológico (LIG's).

10.5 Metodología propuesta por Pereira (2013)

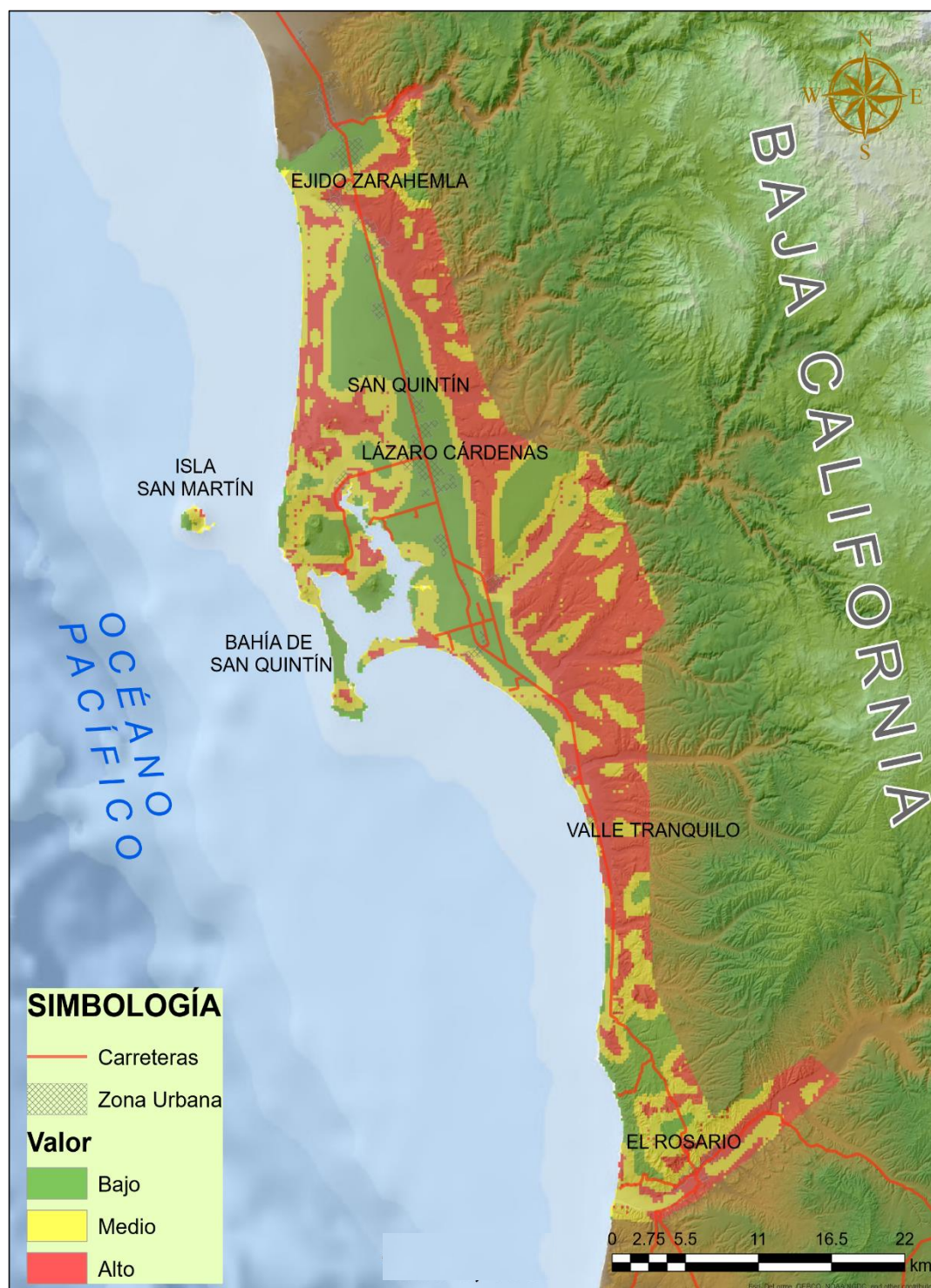


Figura 11. Índice Parcial Geológico de Pereira et al., (2013).

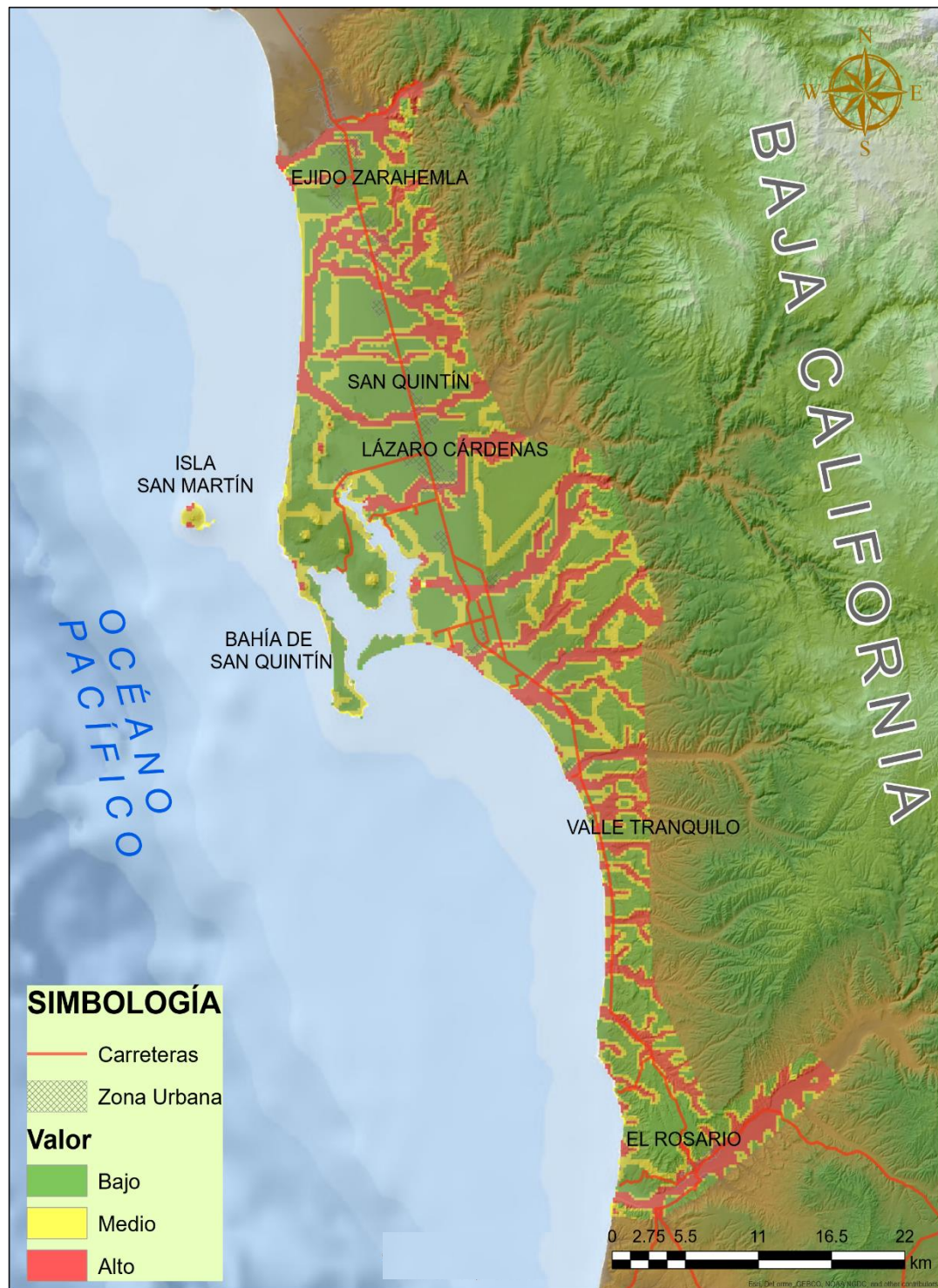


Figura 12. Índice Parcial Geomorfológico de Pereira *et al.*, (2013).



Figura 13. Índice Parcial Edafológico de Pereira *et al.*, (2013).

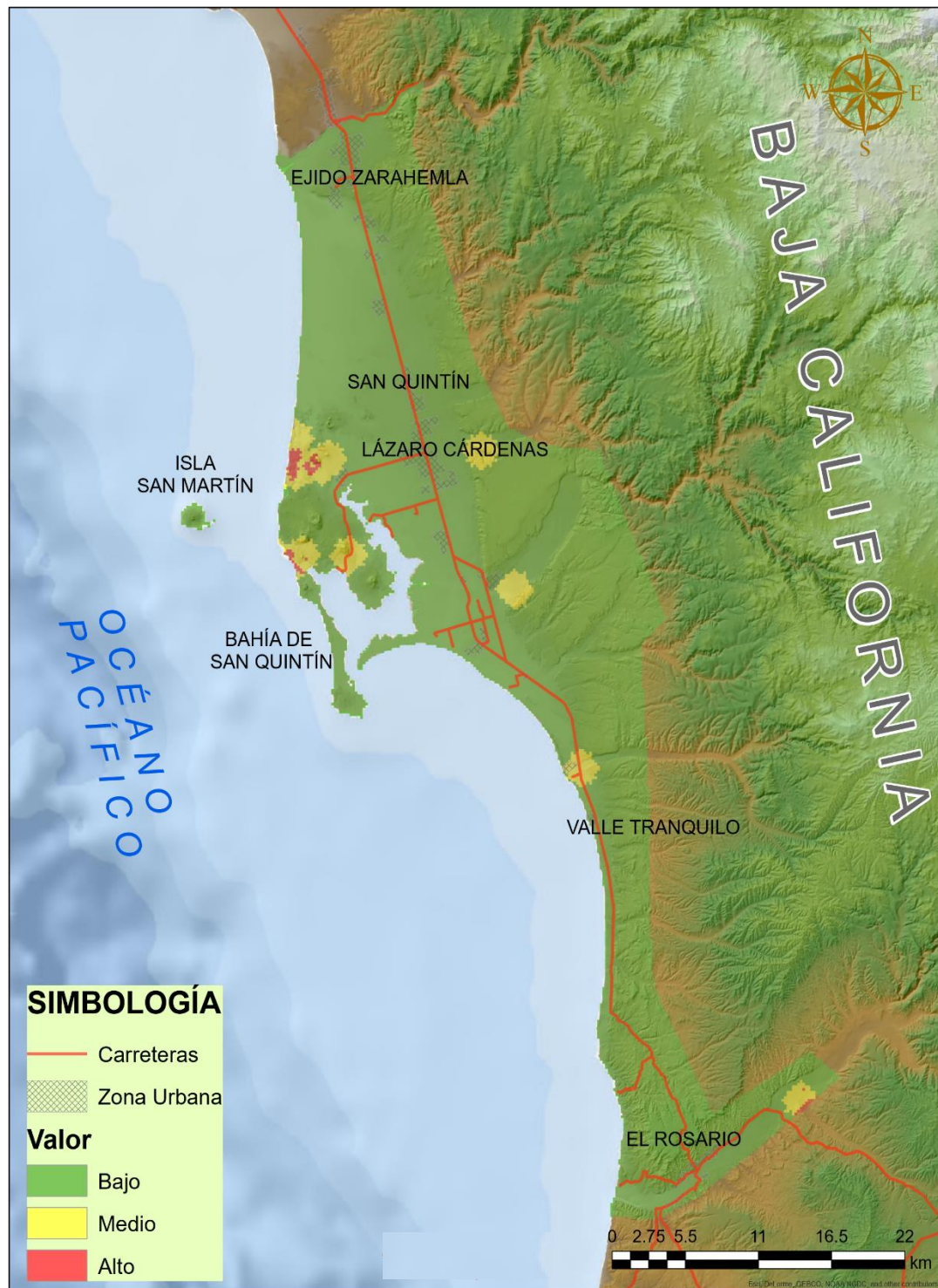


Figura 14. Índice Parcial Minero de Pereira *et al.*, (2013).

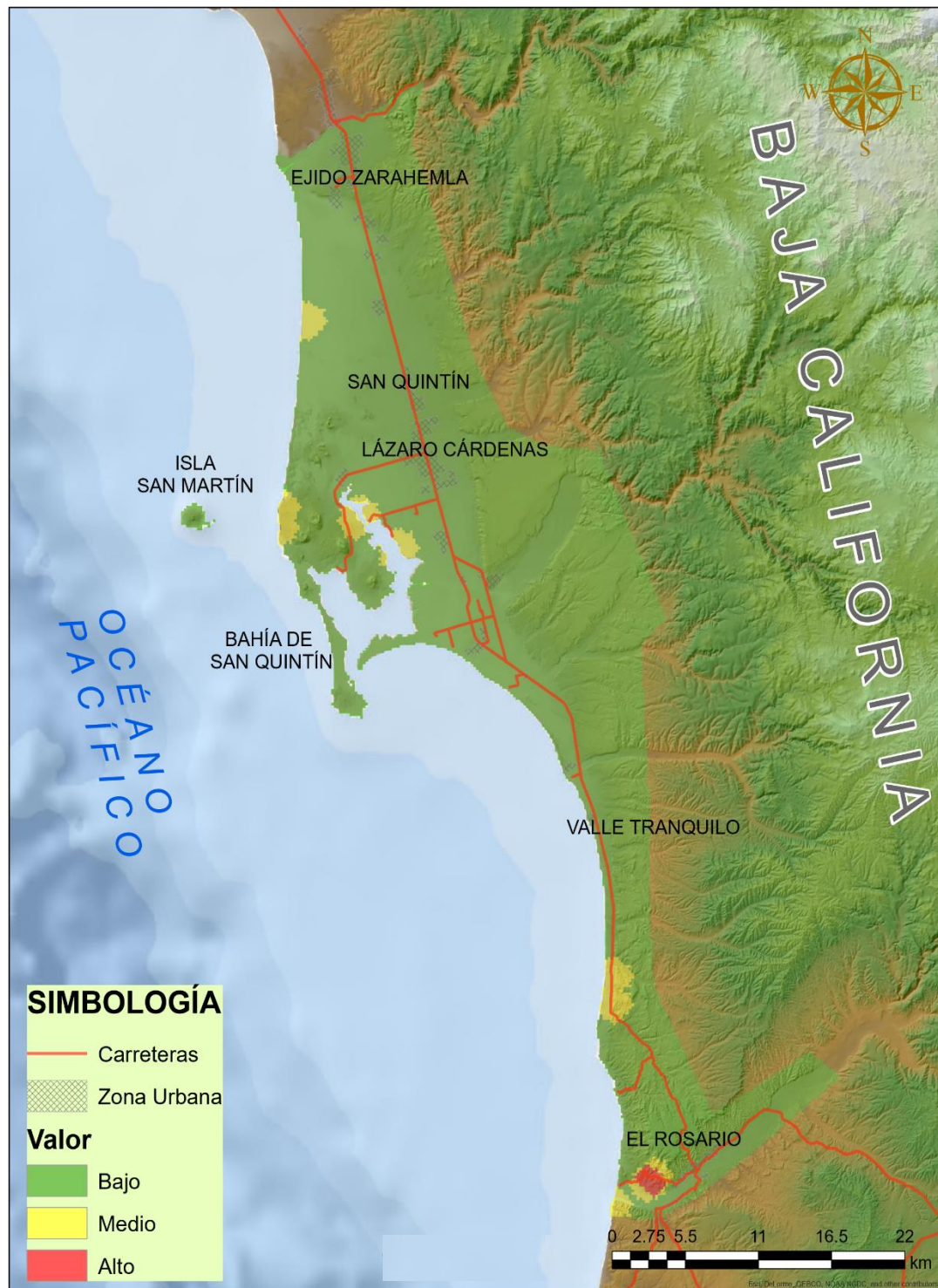


Figura 15. Índice Parcial Paleontológico de Pereira *et al.*, (2013).

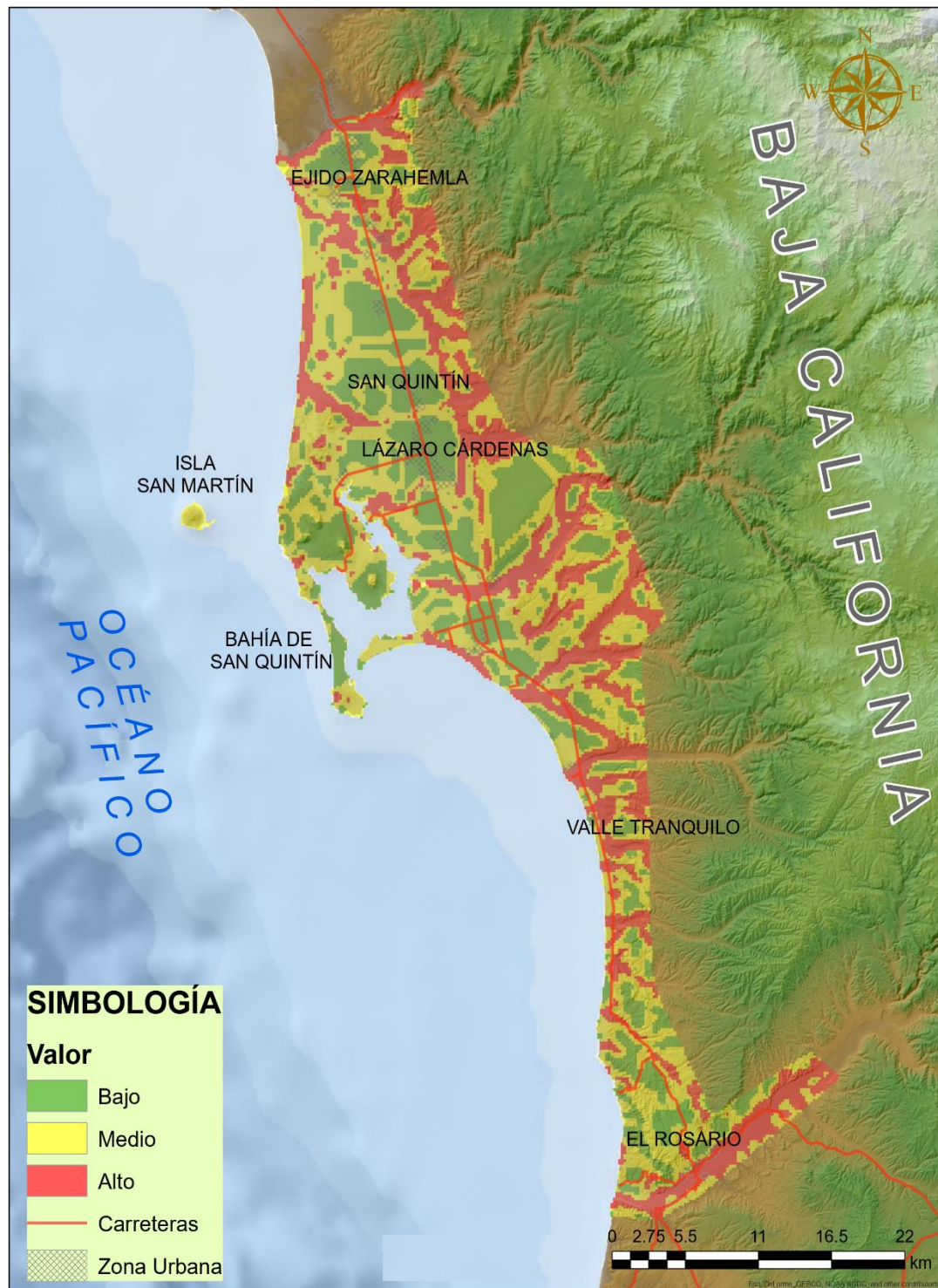


Figura 16. Índice de Geodiversidad de acuerdo a Pereira *et al.*, (2013).

10.6 Modelo propuesto por Herrera-Gutiérrez (2016)

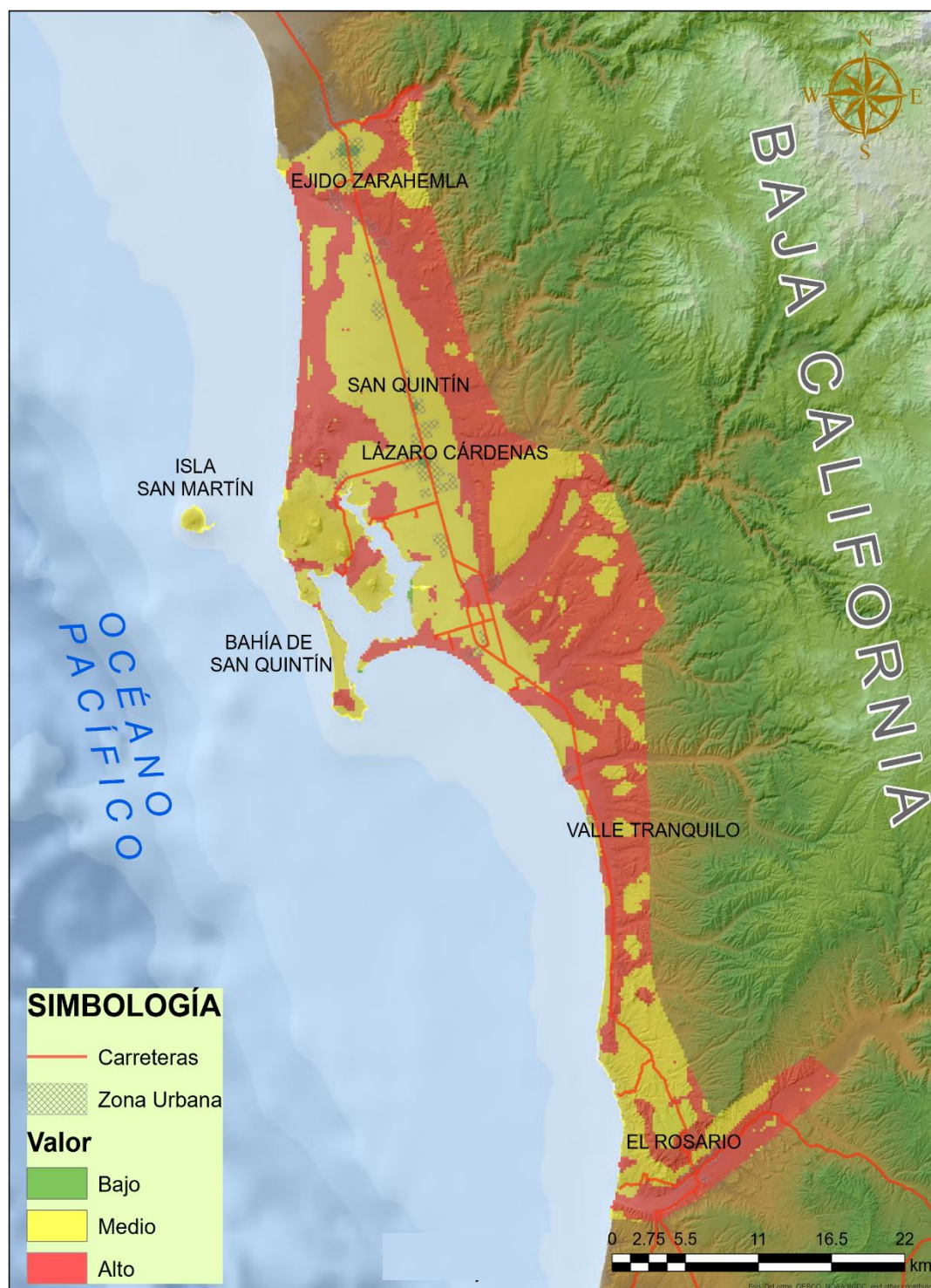


Figura 17. Índice Geológico de Herrera-Gutiérrez (2016).

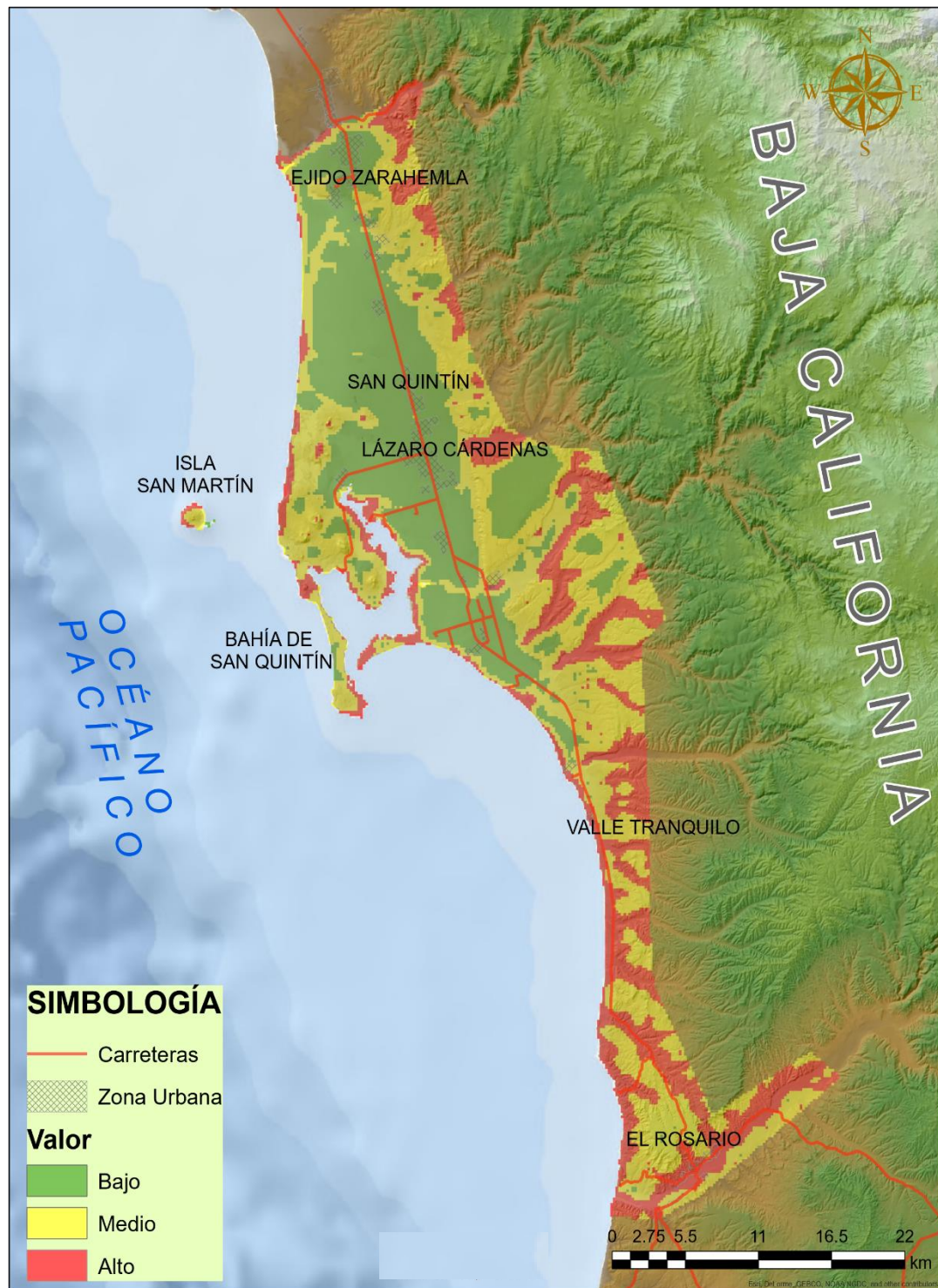


Figura 18. Índice Geomorfológico de Herrera-Gutiérrez (2016).

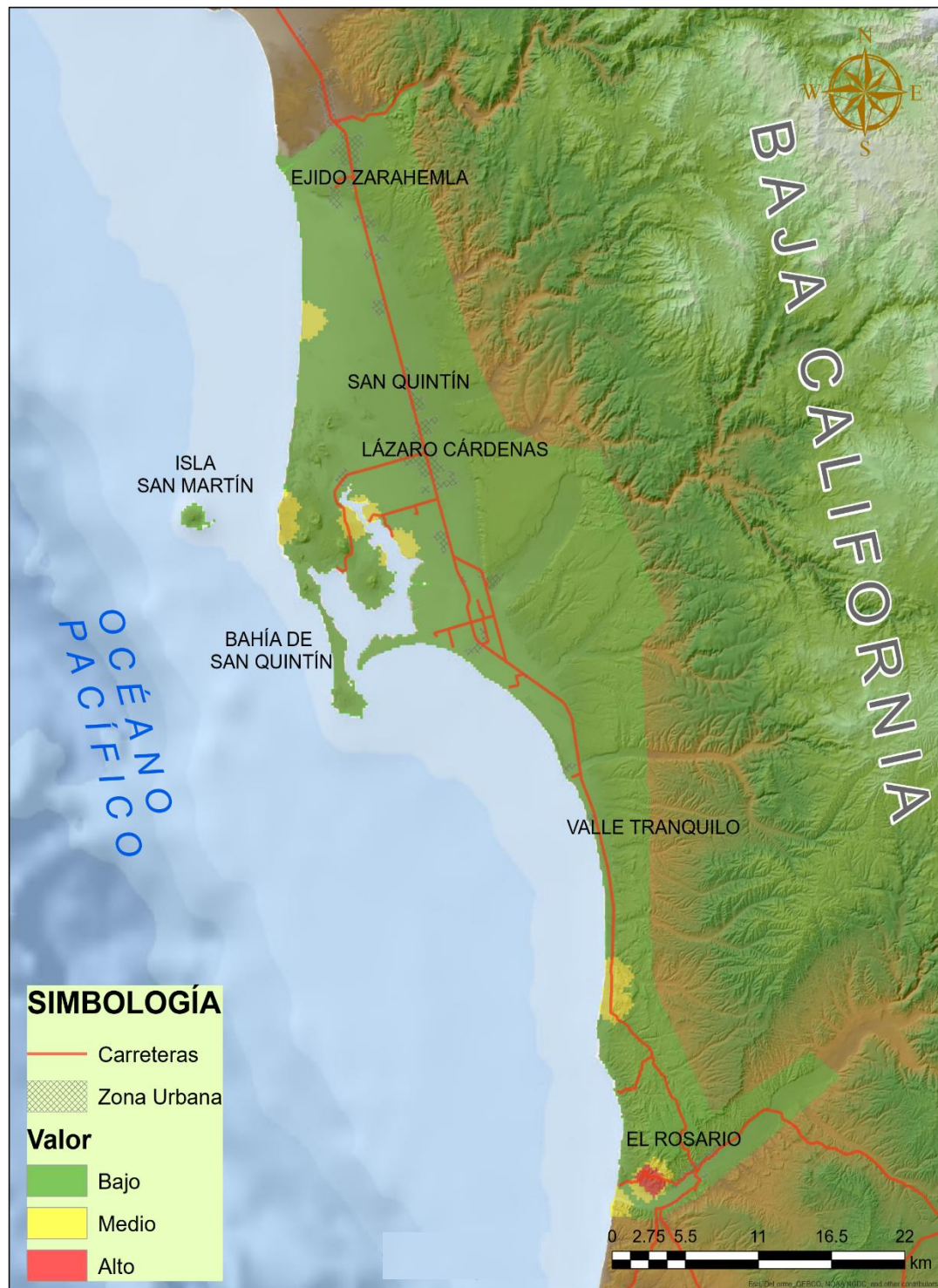


Figura 19. Índice Paleontológico de Herrera-Gutiérrez (2016).

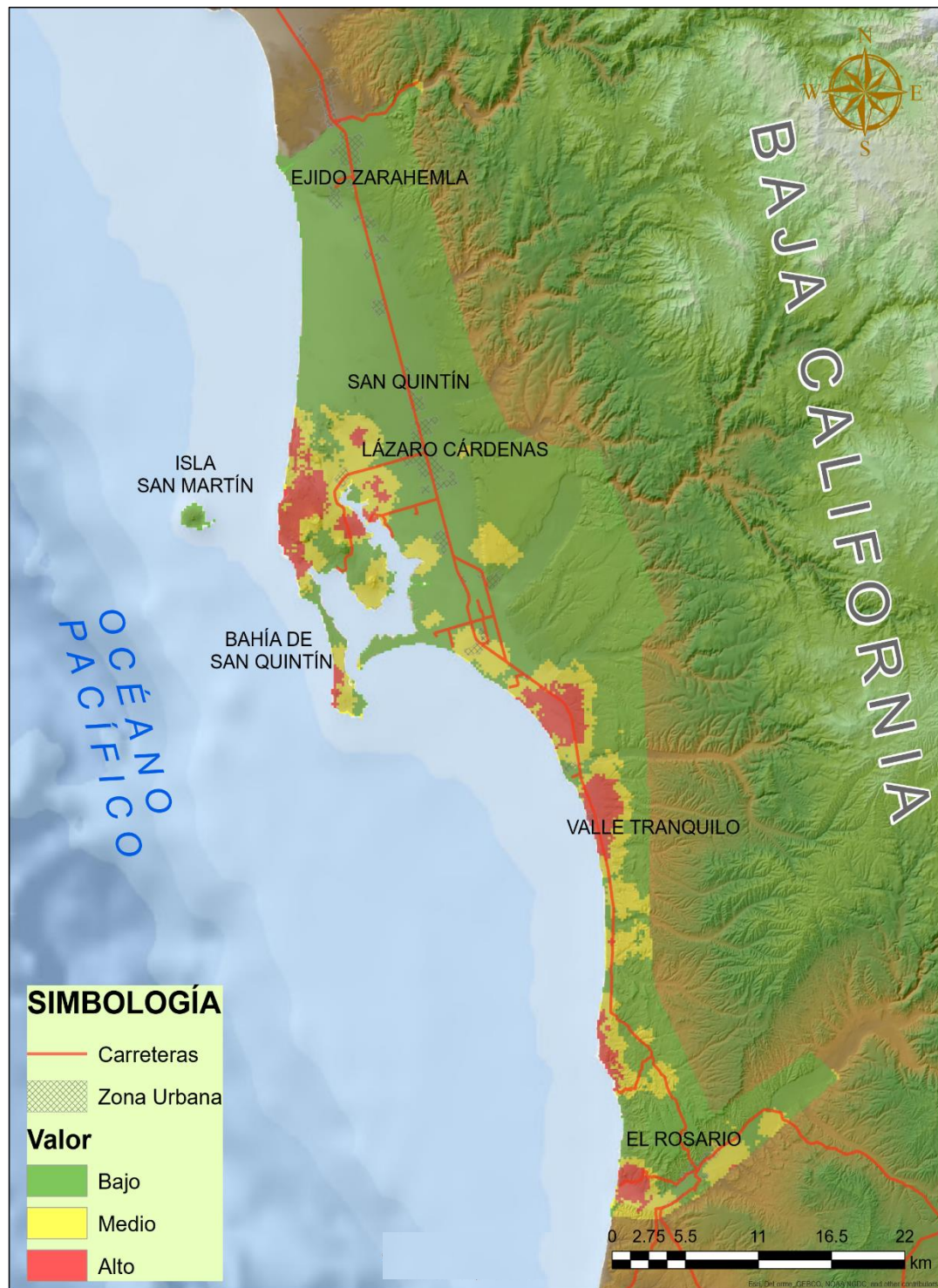


Figura 20. Índice Cultural de Herrera-Gutiérrez (2016).

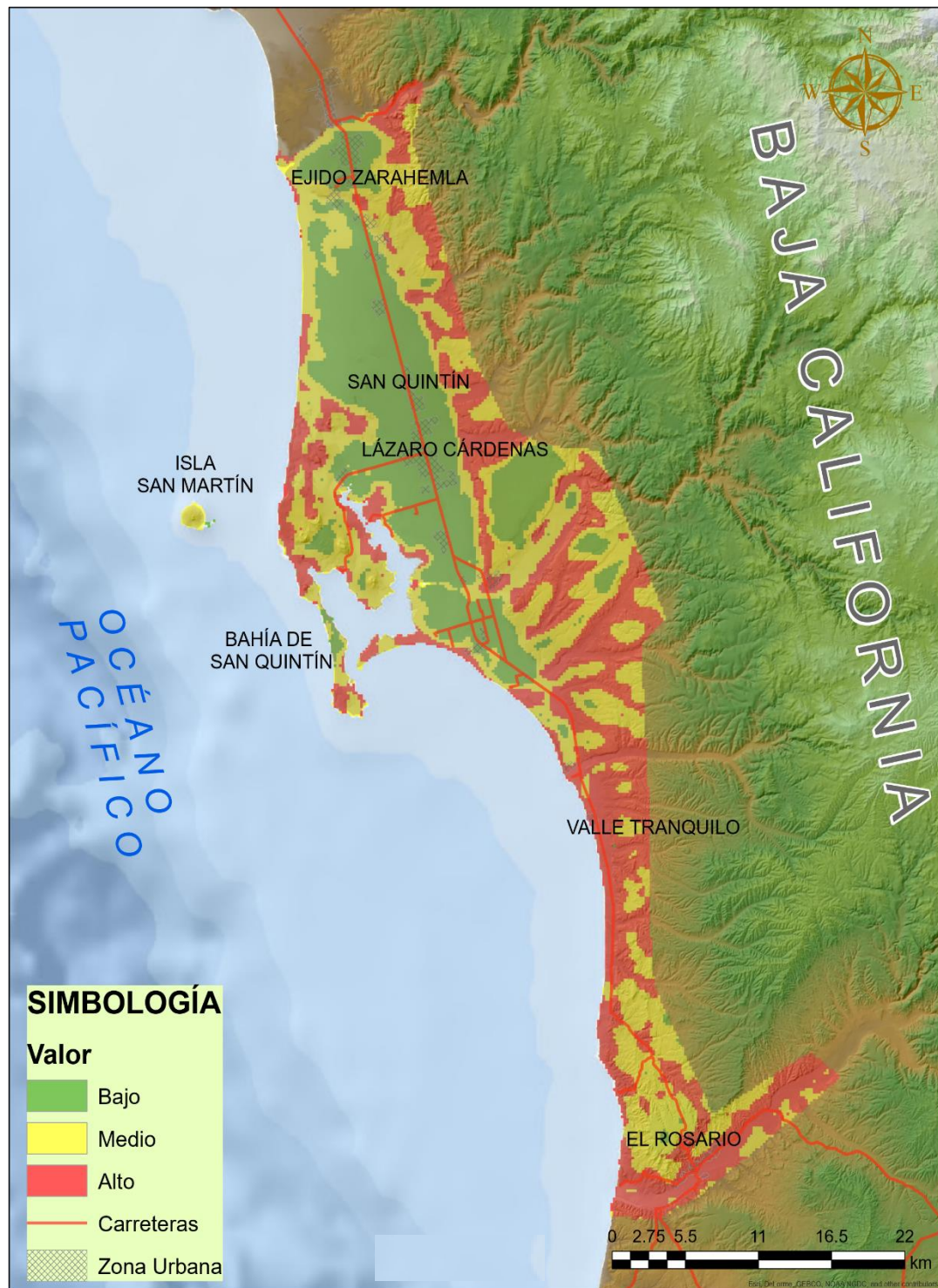


Figura 21. Índice de Geodiversidad sin LIG's según Herrera-Gutiérrez (2016).

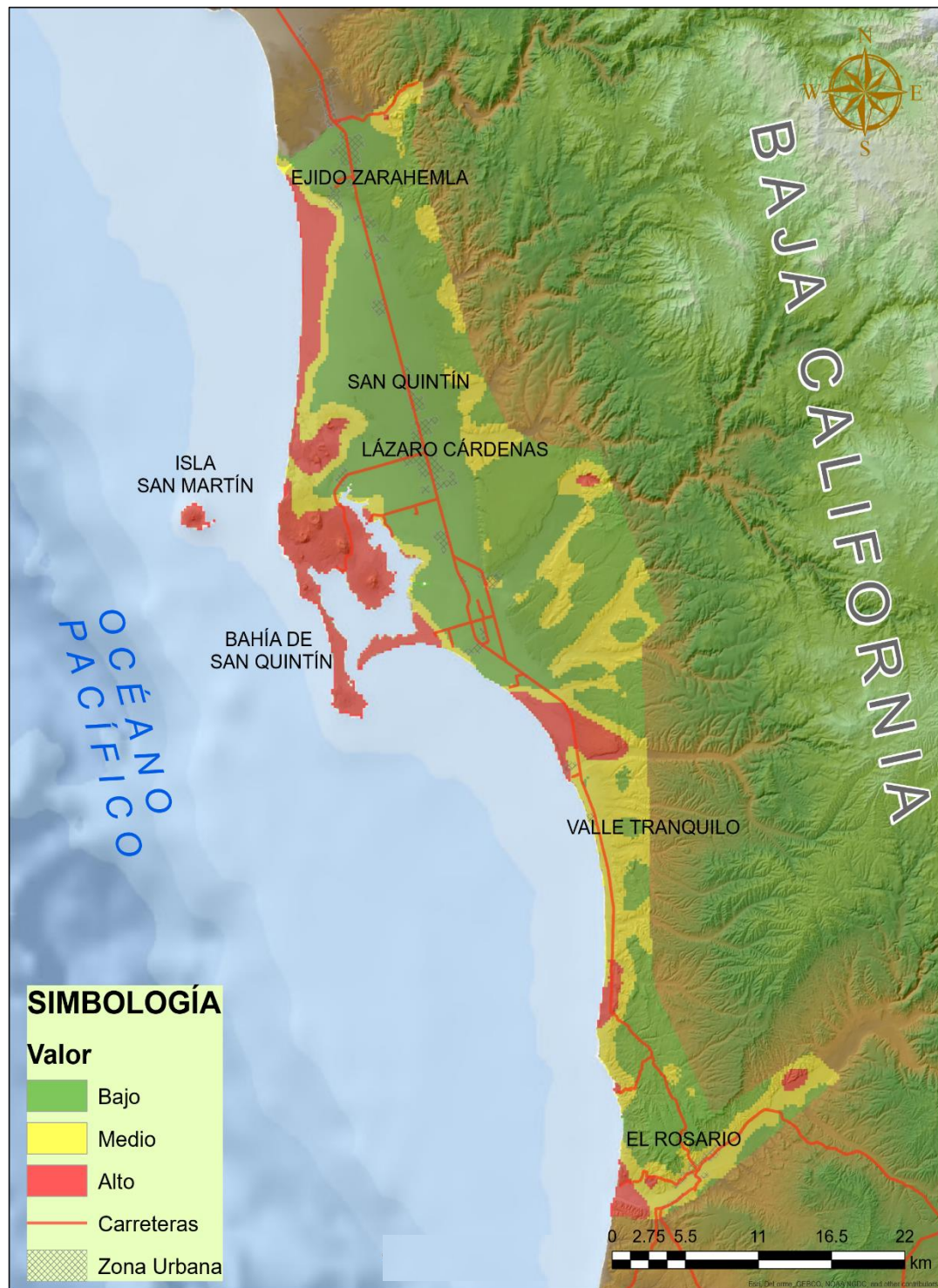


Figura 22. Índice de Geodiversidad con LIG's según Herrera-Gutiérrez (2016).

10.7 Propuesta de Aprovechamiento Sustentable

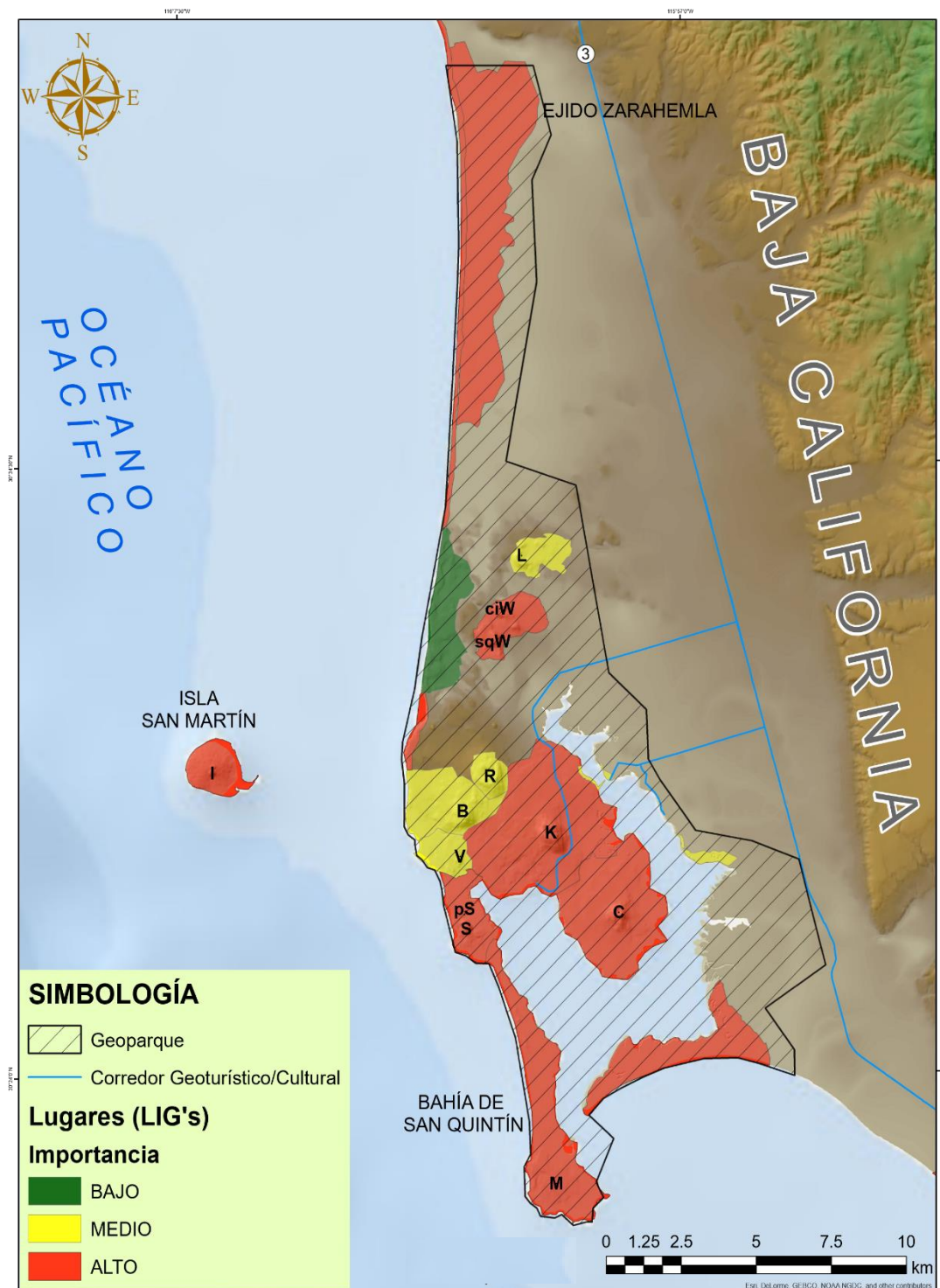


Figura 23. Delimitación del área para el geoparque.

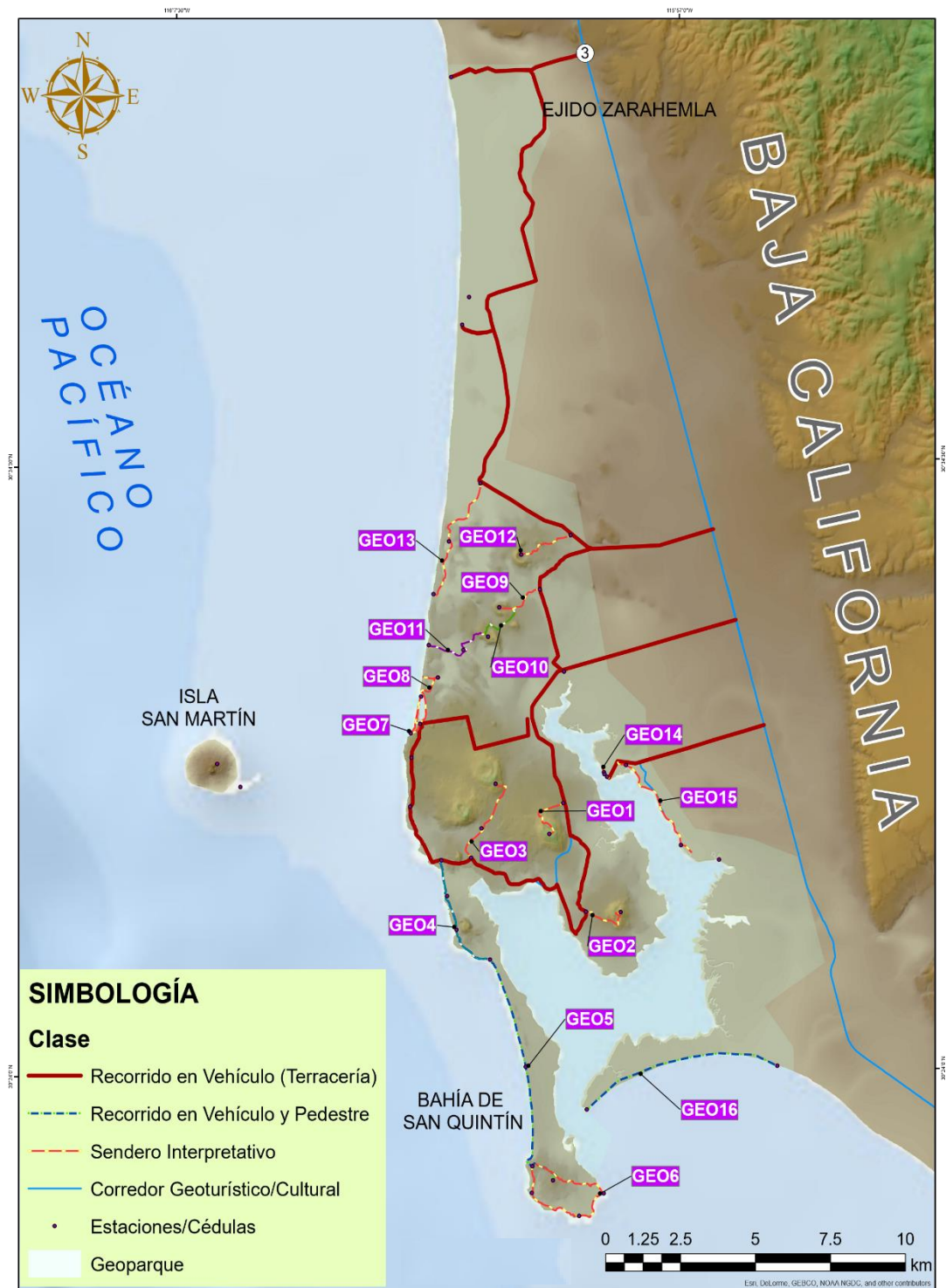


Figura 24. Georutas propuestas para el geoparque del CVSQ - Laguna Figueroa.

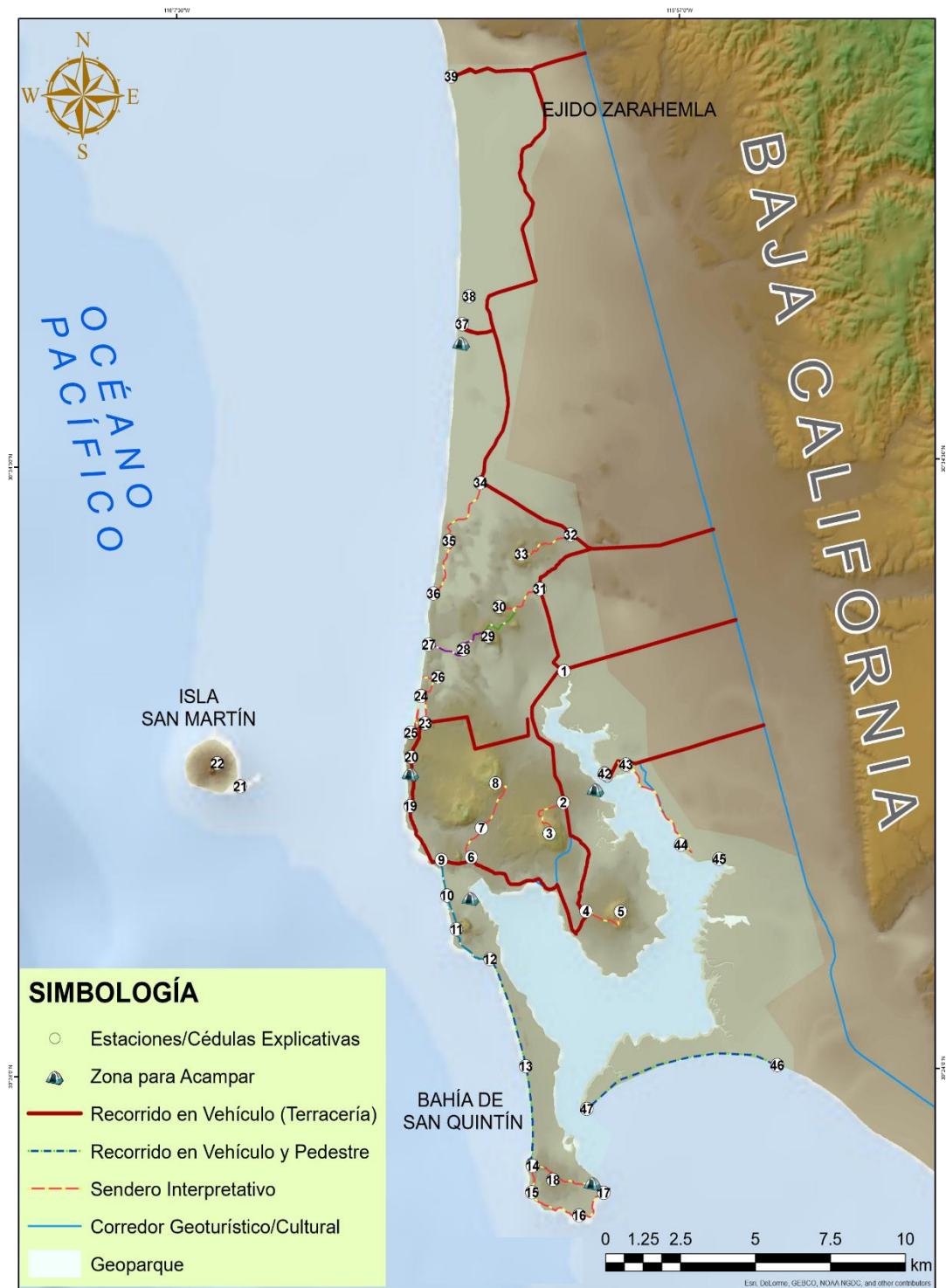


Figura 25. Estaciones interpretativas y campamentos propuestos para el geoparque.



Figura 26. Corredor Geoturístico/Cultural, presenta 13 geositos.

10.8 Fichas Técnicas y Cédulas Interpretativas

Nombre del LIG
Misión de Santo Domingo

Localidad:
Vicente Guerrero

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°46'15.12"N	LONGITUD:	115°56'13.18"W

Descripción

La Misión de Santo Domingo de la Frontera, se estableció el 30 de agosto de 1775 por los padres dominicos Manuel García y Miguel Hidalgo. Su construcción conforma estructuras rudimentarias que están hechas principalmente de adobe. Para la elaboración del adobe se hizo uso de distintos materiales disponibles en la región como arcillas y arenas. Actualmente, sólo se conservan las ruinas de este centro religioso las cuales fueron mermadas por el intemperismo y el saqueo. Estos vestigios arqueológicos son una evidencia del uso de los recursos geológicos que el ser humano ha hecho en la historia y son un claro ejemplo de la estrecha relación entre el patrimonio geológico y el patrimonio cultural.



VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
									A	A		A		A		
CLAVE	INTERÉS		A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO				
	ALCANCE		I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL				

DIMENSIONES		
LONGITUD	20	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.037	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°46'16.57"	a	30°46'14.91"	°N
LONGITUD	de	115°56'14.00"	a	115°56'13.05"	°W

Nombre del LIG
Peña Colorada

Localidad:
Vicente Guerrero

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°44'58.42"N	LONGITUD:	115°57'37.87"W



Descripción

Este geosímbolo se encuentra adyacente a la Misión de Santo Domingo. Es un promontorio rocoso que pertenece a la formación Alisitos, posiblemente es el resultado de la erosión diferencial de las rocas producida por la corriente del arroyo Santo Domingo. En su cara norte posee una cueva la cual fue un sitio habitacional con un alto valor para los nativos del área. A un costado se encuentra el Rancho Hamilton, un sitio histórico que perteneció a Margarita Henkel, hija de un embajador alemán. El rancho fue construido por Randolph Young, uno de los ingleses de la primera colonización, en el año de 1870. Posteriormente pasó a propiedad de su sobrina Harriet Hamilton y en 1944 fue adquirido por el estadounidense Roy Parodi, quien fuera esposo de Margarita Henkel. En aquellos años, el Rancho Hamilton fungió como un lugar para hospedarse, sobre todo para los que disfrutaban de la cacería.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
							A		M		A	A		A		
																R
CLAVE	INTERÉS		A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO				
	ALCANCE		I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL				

DIMENSIONES		
LONGITUD	20	Km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.18	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°44'58.42"	a	30°44'49.57	°N
LONGITUD	de	115°57'37.87	a	115°57'36.36"	°W

Nombre del LIG
Laguna Figueroa

Localidad:
Zarahemla

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LATITUD:

30°39'59.67"N

LONGITUD:

116° 0'53.77"W

Descripción

También llamada Laguna Mormona, es un complejo lagunar hipersalino que se encuentra separado del océano por una barrera de dunas entre los 8 y 12 metros de altura y con 16 km de longitud. Al interior de la laguna se hallan marismas y, evaporitas de yeso y halita que son el resultado de un ambiente de baja energía con un limitado aporte de agua dulce y una alta evaporación de agua salada proveniente del océano, la cual se percola a través de las dunas durante periodos de marea alta. Debido a su geomorfología puede ser clasificada como una **Sabkha**. En la interface Marisma-Evaporitas se encuentran tapetes microbianos dominados en superficie por *Microcoleus chthonoplastes*, *Entophysalis* (monoespecífico) y por una bacteria endémica llamada ***Spirochaeta bajacaliforniensis***, que en conjunto con otros microorganismos forman estructuras laminadas conocidas como “**Estromatolitos**” (Horodyski *et al.*, 1975, 1977, Margulis *et al.*, 1980, 1983. Fracek y Stolz, 1985). Dichas estructuras son la evidencia de vida más antigua que se conoce en la tierra. Por su parte, la barrera se integra por dunas estabilizadas con arenas silicoclásticas de color claro y en buen estado de conservación, así como una extensa playa adyacente. Laguna Figueroa es un sitio con potencial turístico y recreativo, pero principalmente con un alto interés científico y didáctico a nivel internacional ya que dichos atributos permiten comprender aspectos de los estromatolitos del Proterozoico y complejidades en la interpretación de microbiotas Precámbricas.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
	M	A			A		A	A		B	A	A	A	A		
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES

LONGITUD	20	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	18	km2

COBERTURA

LATITUD	de	30°41'4.65"	a	30°36'36.60"	°N
LONGITUD	de	116° 1'42.09"	a	116° 1'30.09"	°W



Descripción

Este cordon de arenas silicoclásticas de color claro y en buen estado de conservación, integra la barrera de dunas que modela a la Laguna Figueroa. Limita al sur con las dunas fósiles y depósitos aluviales que cubren a los acantilados costeros. Posee una longitud de 16 kilómetros, un grosor de 300 metros en sus zonas más amplias y una altura de hasta 12 metros. En la zona conocida como “Las Tres Tumbas”, se observa un ecotono abrupto, representado en el color de la arena (que va de claro a oscuro), altura de las dunas y tipo de vegetación. A largo de toda esta franja se hayan evidencias arqueológicas de tipo conchero. Considerando que este sistema de transición es frágil, que actualmente se encuentra en un estado poco impactado en conjunto con los servicios ambientales que desempeña, pone en evidencia que esta zona posee una vocación encaminada a la conservación.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
	A				M			A		A		A		A		
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	20	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	N/A	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°41'4.65"	a	30°36'36.60"	°N
LONGITUD	de	116° 1'42.09"	a	116° 1'30.09"	°W



Descripción

Al noroeste del grupo sur, los flujos de lava provenientes del Volcán Basu son cortados abruptamente formando acantilados que se extienden cerca de dos kilómetros hacia el norte sobre la franja costera y, limitan con una **albufera** que se extiende 870 metros en la misma dirección. En la parte inferior de los acantilados se observan estructuras elipsoidales correspondientes a **lavas en almohadilla**, poseen dimensiones de entre 6 pulgadas hasta 6 pies. Las estructuras se inclinan sumergiéndose al suroeste, presentan un contorno irregular o incluso una forma de pera, con una superficie vítrea y vesicular. En los intersticios se observan arcillas y arenas con presencia de espinas de equinoides, fragmentos de foraminíferos y otros fósiles marinos, lo cual indica un origen subacuático. Sobre éstos se observa una franja entremezclada de pilares alargados que dan origen a **basaltos columnares** (5 pies de espesor). Por encima se encuentra una banda uniforme de **diabasa** gruesa, gris, ligeramente vesicular, de 30 pies de espesor, que es indicadora de un flujo separado (Woodford,1928). Esta estructura se corona por dunas fósiles parcialmente vegetadas sobre las que se observan vestigios arqueológicos de tipo conchero con alto contenido de líticos.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS											TIPO DE USO				ALCANCE
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	ECONÓMICO	
	A				A		A	A		A		A		A		R
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	20	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.72	km2

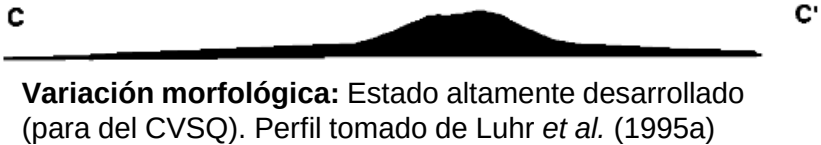
COBERTURA						
LATITUD	De	30°30'34.64''	a	30°29'15.86''	°N	
LONGITUD	De	116° 2'29.96"	a	116° 2'45.79"	°W	



Descripción

De gran tamaño, posee una morfología desarrollada, con un cono de ceniza pronunciado que descansa sobre lo que aparenta ser un antiguo escudo de lava. Pertenece al Grupo Sur conformado por otros 7 edificios volcánicos. Su actividad volcánica pudo haber empezado hace 125 ± 14 mil años (Williams, 1999; ³He y ⁴⁰Ar/³⁹Ar). Su cráter se encuentra alineado con Monte Kenton y Riverol, en dirección NW-SE (Luhr *et al*, 1995; Almeida-Vega, 1998), lo que ha llevado a suponer que su actividad estuvo controlada por fallas, sin embargo, no existe evidencia de éstas. Muestras de material solidificado, indican que los magmas de este volcán fueron contaminados con material cortical durante su ascenso a la superficie. Volcán Ceniza propició la formación en “Y” del complejo lagunar, compuesto por dos brazos internos conocidos en la actualidad como: Bahía Falsa y Bahía San Quintín. A su vez, condiciona la repartición de los flujos de agua que entran a la bahía, favoreciendo la depositación de nutrientes en Bahía Falsa.

CLAVE	VALORACIÓN		TIPO DE INTERÉS									TIPO DE USO				ALCANCE	
			ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO		DIDÁCTICO
			A	M		B	A	A	M	M	A	A	A	M	B		I
	INTERÉS		A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO					
	ALCANCE		I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL					



ESTRUCTURA	
TIPO DE VOLCAN	Cono de Ceniza
PETROLOGIA	Basalto
ACTIVIDAD VOLCANICA	Cuaternario
GRUPO VOLCANICO	1-Sur
DIMENSIONES	
DIAMETRO DE CRATER	350 m
ALTITUD MAX.	180 m
SUPERFICIE	10.7 km2

Nombre del LIG
Monte Kenton

Localidad:
Bahía de San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°28'12.38"N	LONGITUD:	115°59'51.09"W



Descripción

Este cono de escoria se encuentran bien preservado y es uno de los edificios volcánicos más representativos en la comunidad. Según Luhr *et al.* (1995; ⁴⁰Ar/³⁹Ar) la edad de este volcán está cerca de los 126 ±8 mil años, por su parte Williams, (1999; ³He y ⁴⁰Ar/³⁹Ar), calcula la actividad de este volcán entre 145 ± 14 mil años. Se encuentra alineado entre el Volcán Ceniza y Riveroll. Aquí estallaron grandes cantidades de magmas primitivos y magmas diferenciados producto de una función parcial intermedia que permitió la presencia, en abundancia moderada, de pequeñas lherzolitas de hasta 3 cm de tamaño. Al NE las coladas de lava envuelven a los depósitos fósiles del pleistoceno, mientras que al SE se advierte la presencia de marismas que marcan el límite de los derrames basálticos provenientes del Volcán Ceniza.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE		
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO	
			A	M		B	A	A	M	M	A	A	A	M		B	I
CLAVE	INTERÉS		A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO					
	ALCANCE		I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL					

ESTRUCTURA	
TIPO DE VOLCAN	Cono de Ceniza
PETROLOGIA	Basalto
ACTIVIDAD VOLCANICA	Cuaternario
GRUPO VOLCANICO	1-Sur
DIMENSIONES	
DIAMETRO DE CRATER	160 m
ALTITUD MAX.	240 m
SUPERFICIE	16.2 km2

Nombre del LIG
Volcán Riveroll

Localidad:
Bahía de San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°29'9.92"N	LONGITUD:	116° 1'8.85"W



Descripción

Este edificio natural lleva el nombre del ingeniero minero Manuel Riveroll, quien estuvo a cargo de la construcción del molino harinero, actualmente conocido como “Molino Viejo”. Según su edad relativa, es uno de los volcanes más antiguos dentro del CVSQ (revisar Luhr *et al.* 1995 y Williams, 1999). El cráter presenta un gran diámetro y, el mismo, se encuentra inclinado en la misma dirección con la que se alinea con el volcán Ceniza y Monte Kenton (NW). Extravasó volúmenes sustanciales de lavas y piroclastos primitivos, derivados de una fusión parcial progresiva. En los márgenes se aprecian evidencias arqueológicas de tipo conchero que se distribuyen en la parte norte de dicha formación. En la actualidad, este edificio volcánico es uno de los más impactados por la minería debido al aprovechamiento de la ceniza volcánica.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
			A	A		M	A	A		B	A	A	A	M		M
CLAVE	INTERÉS		A		ALTO			M		MEDIO			B		BAJO	
	ALCANCE		I		INTERNACIONAL			N		NACIONAL			R		REGIONAL	

ESTRUCTURA	
TIPO DE VOLCAN	Cono de Ceniza
PETROLOGIA	Basalto
ACTIVIDAD VOLCANICA	Cuaternario
GRUPO VOLCANICO	1-Sur
DIMENSIONES	
DIAMETRO DE CRATER	380 m
ALTITUD MAX.	220 m
SUPERFICIE	141 km2

Nombre del LIG
Monte Basu

Localidad:
Bahía de San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°28'33.41"N	LONGITUD:	116° 1'39.61"W



Descripción

Este volcán lleva el nombre de uno de los investigadores interesados en el estudio de las rocas ultramáficas del campo volcánico (ver Basu, 1975a). . También conocido como volcán 771. Se encuentra adyacente al Volcán Riveroll, Su edad se encuentra entre los 113 ± 14 mil años (Williams, 1999; ³He). La mayor parte de las erupciones arrojaron lavas diferenciadas que permitieron la presencia de xenolitos de lherzolita mayormente oxidados, de tamaño similar a los que están presentes en el Grupo Norte. Al oeste, la coladas de lava y las cenizas provenientes de esta formación sepultaron los restos fósiles de un mamut (Guía-Ramírez y Oviedo-García, 2012).

CLAVE	VALORACIÓN		TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE
			ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	
			A	A			A	A		B	A	A	A	M	M	I	
	INTERÉS		A	ALTO				M	MEDIO			B	BAJO				
	ALCANCE		I	INTERNACIONAL				N	NACIONAL			R	REGIONAL				

ESTRUCTURA	
TIPO DE VOLCAN	Cono de Ceniza
PETROLOGIA	Basalto
ACTIVIDAD VOLCANICA	Cuaternario
GRUPO VOLCANICO	1-Sur
DIMENSIONES	
DIAMETRO DE CRATER	320 m
ALTITUD MAX.	210 m
SUPERFICIE	5.1 km2

Nombre del LIG
Complejo Sudoeste

Localidad:
Bahía de San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°26'32.43"N	LONGITUD:	116° 1'35.26"O

Descripción

Este complejo está compuesto por dos estructuras volcánicas: el volcán Pescador y el volcán Sudoeste el cual posee un estado de desarrollo intermedio con respecto a los otros volcanes del CVSQ. Su actividad pudo empezar apenas hace 27 ±5 mil años (Williams, 1999. ³He). Originalmente, este volcán surgió como un escudo de lava que formó una isla cercana a la costa, posteriormente procesos de depositación de sedimentos asociados a las corrientes y la acumulación de cenizas exudadas permitieron que la costa y la isla se conectaran, formando un pequeño tómbolo. El continuo depósito de sedimentos y nutrientes permitió la presencia de marismas al interior. A lo largo de la barra arenosa que conecta al volcán se advierten diversos vestigios arqueológicos de tipo conchero.



VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS											TIPO DE USO				ALCANCE
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	ECONÓMICO	
			A	A			A	A		A	A	A	A	A	M	I
CLAVE	INTERÉS		A		ALTO			M		MEDIO			B		BAJO	
	ALCANCE		I		INTERNACIONAL			N		NACIONAL			R		REGIONAL	



Variación morfológica: Estado evolutivo intermedio (para del CVSQ). Perfil tomado de Luhr et al. (1995a)

ESTRUCTURA	
TIPO DE VOLCAN	Cono de Ceniza
PETROLOGIA	Basalto
ACTIVIDAD VOLCANICA	Cuaternario
GRUPO VOLCANICO	1-Sur
DIMENSIONES	
DIAMETRO DE CRATER	340 m
ALTITUD MAX.	100 m
SUPERFICIE	3.32 km2

Nombre del LIG
Pichacho Vizcaíno

Localidad:
Bahía de San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°27'41.81"N	LONGITUD:	116° 1'49.63"W



Descripción

Picacho Vizcaíno es el aparato volcánico más joven del CVSQ, su actividad volcánica inició hace aproximadamente 22 ± 5 mil años (Williams, 1999; ³He). Durante el Pleistoceno tardío. También es el cono más costero y pequeño dentro del grupo del sur. Se encuentra adyacente al sitio denominado Campo la Chorera. Al sur de su estructura se observan ventilas y abanicos de lava que posiblemente fluyeron hasta hace unos 3,000 años o incluso posiblemente en tiempos históricos. Es notable la alineación entre este cuerpo volcánico y las estructuras correspondientes a Sudoeste, Monte Mazo y Basu, en dirección N-S. Este volcán está fuertemente impactado por la extracción de tefra la cual es usada con fines ornamentales en la localidad.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
			A	A		A	A	A		A	A	A	A	A		A
CLAVE	INTERÉS		A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO				
	ALCANCE		I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL				

ESTRUCTURA	
TIPO DE VOLCAN	Cono de Ceniza
PETROLOGIA	Basalto
ACTIVIDAD VOLCANICA	Cuaternario
GRUPO VOLCANICO	1-Sur
DIMENSIONES	
DIAMETRO DE CRATER	40 m
ALTITUD MAX.	80 m
SUPERFICIE	1.97 Km2

Nombre del LIG
Complejo Woodford

Localidad:
Bahía de San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°31'49.43"N	LONGITUD:	116° 0'37.71"W



Descripción

El Complejo Woodford pertenece al grupo Norte y lleva el nombre del primer investigador interesado en el estudio del CVSQ (ver Woodford, 1928). Es un cono en estado evolutivo intermedio. Se encuentra separado 3.5 km del grupo del Sur, está integrado por dos volcanes conocidos localmente como Callado Internacional y Monte San Quintín. Su actividad volcánica oscila entre los 84 ±10 mil años para Callado Internacional y 165 ±13 mil años para el Monte San Quintín (Williams, 1999. ³He). Este último se caracteriza por presentar dos estructuras unidas por derrames basálticos con tendencia suroeste y presenta dos cráteres bien definidos (Almeida-Vega, 1998). Los magmas diferenciados fueron abundantes en este complejo y se encuentran clasificados como hawaiitas y hawaiitas nefelíticas. Curiosamente, en este sitio también se encuentran xenolitos de lherzolitas de espinela de gran tamaño (hasta 40 cm), con megacritales de plagioclasas y clinopiroxenos de hasta 2 cm. Dichas observaciones son evidencia de procesos ocurridos en el manto superior, tal como la cristalización fraccionada. En la actualidad, este complejo volcánico se encuentra altamente impactado por la extracción de ceniza volcánica y otros materiales.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS											TIPO DE USO				ALCANCE
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	ECONÓMICO	
	M		A	A	M	A	A	A		M	A	A	A	A	A	I
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

ESTRUCTURA	
TIPO DE VOLCAN	Cono de Ceniza
PETROLOGIA	Basalto
ACTIVIDAD VOLCANICA	Cuaternario
GRUPO VOLCANICO	2-Norte
DIMENSIONES	
DIAMETRO DE CRATER	310 m
ALTITUD MAX.	103 m
SUPERFICIE	3.17 Km2



Descripción

Es la estructura más norteña perteneciente al CVSQ y en particular al Grupo Norte. El nombre se debe a la forma que presenta su cráter y, según Luhr *et al.* (1995a) se clasifica como un volcán de estado evolutivo intermedio (similar a Sudoeste). Su edad se calcula cerca de los 106 ±9 mil años (Williams, 1999. ³He), por su parte Luhr *et al.* (1995a. ⁴⁰Ar/³⁹Ar), calcula una edad de 90 ±10 mil años. Este volcán extravasó productos diferenciados y, al igual que en el Complejo Woodford, se encuentran xenolitos de lherzolitas de espinela de gran tamaño (hasta 40 cm). Resultado de procesos ocurridos en el manto superior, durante el ascenso del magma a la superficie (cristalización fraccionada).

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
			A	A			A	A		M	A	A	A	A		B
CLAVE	INTERÉS		A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO				
	ALCANCE		I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL				

ESTRUCTURA	
TIPO DE VOLCAN	Cono de Ceniza
PETROLOGIA	Basalto
ACTIVIDAD VOLCANICA	Cuaternario
GRUPO VOLCANICO	2-Norte
DIMENSIONES	
DIAMETRO DE CRATER	320 m
ALTITUD MAX.	108 m
SUPERFICIE	2.1 Km2

Nombre del LIG
Tómbolo de Monte Mazo

Localidad:
Bahía de San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°21'53.38"N	LONGITUD:	115°59'47.13"W



Descripción

Es el cono más sureño del CVSQ, su edad relativa indica que se trata de un volcán contemporáneo a Monte San Quintín, tal vez 165 mil años (revisar Williams, 1999. ³He; Luhr *et al.* 1995. ⁴⁰Ar/³⁹Ar]. Este volcán emergió como una isla subacuática próxima a la costa al igual que el Complejo Sudoeste. Ambos actuaron como trampas de sedimento promoviendo la depositación gradual de grandes cantidades de arena y guijarro, favoreciendo la formación de una flecha que se extendió lentamente desde el volcán Sudoeste y terminó por unir a Monte Mazo con la costa, formando un tómbolo que localmente se conoce como El Playón. Dicha estructura dio origen al complejo lagunar como tal. En los cantiles occidentales se hallan buenos ejemplos de lavas almohadilladas y peperitas. Las muestras de material solidificado muestran que tienen concentraciones relativamente bajas de Ce/Pb y ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb, y altas de ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, que pueden ser evidencia de contaminación cortical de los magmas.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
			A	A	A	M	A	A		A	A	A	A	A		A
	INTERÉS		A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO				
CLAVE	ALCANCE		I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL				

ESTRUCTURA	
TIPO DE VOLCAN	Cono de Ceniza
PETROLOGIA	Basalto
ACTIVIDAD VOLCANICA	Cuaternario
GRUPO VOLCANICO	3-Tómbolo
DIMENSIONES	
DIAMETRO DE CRATER	160 m
ALTITUD MAX.	80
SUPERFICIE	9.78 Km2



Variación morfológica: Estado evolutivo bajo o poco desarrollado (para del CVSQ). Perfil tomado de Luhr *et al.* (1995a)



Descripción

Esta isla es un antiguo volcán subacuático, se encuentra a 5.3 km de la línea de costa. Estuvo activo aproximadamente hace 31 ±4 mil años. Al igual que Monte Mazo, este volcán presenta un perfil bajo, compuesto por un escudo de lava coronado por un pequeño cono de escoria. Aparentemente, esta estructura sólo extravasa magmas diferenciados. No obstante, en los basaltos alcalinos de este volcán están ausentes los xenolitos peridotíticos y las granulitas de gran tamaño. Sin embargo, los fenocristales de olivino son muy abundantes (basanitas). Esto indica que los magmas ascendieron lentamente a través de la corteza, permitiendo: (1) el asentamiento de los xenolitos, (2) el crecimiento de los cristales de olivino y, (3) la asimilación de los xenocristales de cuarzo (Luhr et al. 1995a).

En dirección Oeste-Este se observa la acreción de un espolón que originó una playa de bolsillo, adyacente a esta estructura se observa una pequeña cala. Ambas estructuras indican que la isla a fungido como trampa de sedimentos transportados por las corrientes.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
			A	A			A	A		M	A	A	A	A		B
CLAVE	INTERÉS		A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO				
	ALCANCE		I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL				

ESTRUCTURA	
TIPO DE VOLCAN	Cono de Ceniza
PETROLOGIA	Basalto
ACTIVIDAD VOLCANICA	Cuaternario
GRUPO VOLCANICO	4-Isla
DIMENSIONES	
DIAMETRO DE CRATER	189.3 m
ALTITUD MAX.	120 m
SUPERFICIE	2.71 Km2

Nombre del LIG
Salinas de San Quintín

Localidad:
Bahía de San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°31'57.72"N	LONGITUD:	116° 2'11.40"W



Descripción

Estas llanuras saladas se encuentran frecuentemente en zonas áridas. Se forman cuando el nivel freático sube debido a la infiltración de agua salada proveniente del mar, el agua tiende a inundar las zonas bajas y llanas. Cuando el agua se evapora, los minerales disueltos en ella se cristalizan formando sedimento seco con alto contenido de sal, a este tipo de depósitos se les denomina **“Evaporitas”**. Las evaporitas adyacentes al CVSQ han sido explotadas desde 1829, siendo una de las primeras actividades económicas de la región. Según los escritos de Manuel Clemente Rojo (1823-1900), la sal extraída de uno de los criaderos era superior a las salinas de Ojo de Liebre y de la Isla del Carmen. El producto era comprado en San Francisco a un buen precio, la actividad se suspendió desde que don Amado Bersten (Beruben) dejó de administrarlas por cuenta del gobierno. Actualmente, las salinas siguen siendo aprovechadas además de que representan un atractivo turístico debido a que son escenarios con un alto valor didáctico y recreativo.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE		
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO	
					A		A	A	B		A	A	M	A		A	R
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO				
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL				

DIMENSIONES		
LONGITUD	5.11	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	4.97	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°33'20.79"	a	30°30'39.34"	°N
LONGITUD	de	116° 1'59.59"	a	116° 2'24.79"	°W



Descripción

En estos pequeños acantilados afloran lechos fosilíferos del pleistoceno superior, compuestos por 107 especies entre bivalvos, gasterópodos, escafópodos, artrópodos, equinodermos, briozoarios y anélidos. Esta asociación fósil se formó por un evento catastrófico, posiblemente una tormenta que transportó organismos alóctonos pero contemporáneos y, posteriormente, ocasionó una alta acumulación de conchas en una capa delgada. Dicho agregado de organismos terminó depositándose en un ambiente de sustrato arenoso (playa). La composición faunística de este afloramiento muestra la presencia de tres tipos de comunidades contemporáneas: litoral arenoso, litoral de sustrato rocoso y litoral de sustrato lodoso.

En conjunto, la columna estratigráfica se compone por tres facies bien definidos que desaparecen en la dirección en que se hunden. La capa inferior se compone de arenas finas y claras correspondientes a una playa arenosa. El contacto superior está constituido por una discordancia paralela demarcada por los fósiles del pleistoceno e inmediatamente se encuentra la capa media, compuesta por arenas limosas muy finas, de color verde oscuro y moderadamente consolidadas que evidencian la influencia de las primeras erupciones volcánicas en la morfología de la paleo-costa. El estrato superficial se compone de un limo arenoso de color café claro sin consolidar de origen aluvial reciente, en su superficie se encuentran valvas de organismos y fragmentos líticos relacionados con antiguos asentamientos urbanos (Téllez-Duarte, 1983).

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
	A	A	A		M		A	A			A	M	A	A		
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	0.81	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.1	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°29'25.24"	a	30°29'5.27"	°N
LONGITUD	de	115°58'53.42"	a	115°58'36.19"	°W

Nombre del LIG
Depósitos en coladas de lava

Localidad:
Bahía de San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°29'5.33"N	LONGITUD:	115°59'5.01"W



Descripción

Este depósito fósil se encuentra sobre coladas de lava provenientes del Monte Kenton, dichas escorrentías dieron origen a basaltos angulares y brechas que se conjugan sobre una matriz pobremente clasificada, compuesta por limos y pequeñas cantidades de arenas finas y arcillas que contienen fragmentos dispersos de conchas. La fauna fósil que compone a esta localidad se caracteriza por la presencia de organismos propios de costas rocosas y fondos de grava, así como de organismos que habitan en sustratos de grano fino asociados a ambientes lagunares. Las clases más comunes son los pecicípodos, gasterópodos, poliplacóforos (Amphineura), equinoideos y crustáceos. La mayoría de las especies identificadas suelen vivir en ambientes protegidos y poco profundos (Valentine, 1960).

A finales del Pleistoceno la actividad volcánica dio origen a islas con costas rocosas abiertas, sobre dichas costas se asentó fauna contemporánea a los depósitos del Molino Viejo. El crecimiento de los aparatos volcánicos permitió que las islas se unieran al continente, que solía tener una costa arenosa. La unión dio origen a un ambiente lagunar que atrapó sedimentos más finos y permitió el asentamiento de organismos asociados a aguas someras y de baja energía.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
	A	A	A		M		A	A				M	A	A		
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	1	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.10	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°29'17.31"	a	30°28'54.36"	°N
LONGITUD	de	115°59'14.49"	a	115°58'50.91"	°W

Nombre del LIG
Muelle Viejo (Depósitos del Pleistoceno)

Localidad:
Bahía de San Quintín

Descripción

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°27'59.86"N	LONGITUD:	115°57'8.50"W



En esta localidad se encuentran pequeños cantiles costeros (<3 metros) que se prolongan 250 metros hacia el Sur de la costa de Bahía San Quintín. Estos cantiles están constituidos por dos facies: la parte inferior está compuesta por arenas finas y claras correspondientes a un ambiente de playa abierta. Sobre dichos sedimentos se observa una discordancia erosiva en donde afloran depósitos de moluscos contemporáneos a los del Molino Viejo que, a su vez, están cubiertos por arenas finas poco consolidadas y de un tono más oscuro correspondientes a dunas fósiles, las cuales se encuentran vegetadas y estabilizadas en su superficie. Este agregado fósil pudo ser el resultado de un evento corto de transporte y sepultamiento de fauna autóctona y parautoctona. En la actualidad, esta localidad está rodeada por marismas que poseen sedimentos limo-arcillosos, por ende, la presencia de dunas fósiles y de fauna de sustrato arenoso es evidencia de que antes de la formación de la bahía, la costa estaba constituida por una playa arenosa abierta al océano.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
	A	A	A		M		A	A				M	A	A		
	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	0.67	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.1	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°28'8.22"	a	30°27'37.44	°N
LONGITUD	de	115°57'14.37"	a	115°56'3.39	°W



Descripción

Dentro del complejo lagunar existen amplios parches de marismas, todos ellos ubicados en ambientes protegidos y de baja energía, en donde los sedimentos limo-arcillosos se han acumulado fácilmente. Dentro de Bahía Falsa, las marismas se encuentran al Sur del volcán Picacho Vizcaíno. También se encuentran en el extremo Norte de Bahía San Quintín, al Este del Monte Kenton y al Sur del Molino Viejo. Por su parte, al Sur del Cementerio Inglés, entre la desembocadura del Arroyo San Simón y la barra arenosa de Punta Azufre, se observan grandes planicies de marea donde las arenas limosas son abundantes. En dicho sitio no hay evidencia de depositación de sedimentos gruesos asociados a las corrientes de entrada del arroyo. Observaciones de campo sobre los extensos depósitos de arena a lo largo del cause del arroyo, así como de los ambientes pantanosos a lo largo de la costa y la ausencia de una estructura de “delta” definida, sugieren que las entradas de sedimentos ocasionales provenientes de esta fuente son rápidamente mezclados por la continua y dominante hidrodinámica costera (Gorsline and Stewart; 1962; Daesslé *et al.*, 1999).

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
					A		A	A				B	A	A		
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	N/A	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.55	km2

COBERTURA						
LATITUD	de	30°30'46.98"	a	30°24'33.53"	°N	
LONGITUD	de	115°59'48.39"	a	115°56'6.90"	°W	

Nombre del LIG
Flecha de Punta Azufre

Localidad:
Bahía de San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°24'20.11"N	LONGITUD:	15°57'2.43"W



Descripción

Esta estructura se acreciona en dirección E-O y constituye una barrera natural que limita los flujos de agua dentro de la bahía. Al igual que las playas, estas flechas son formas de deposición que surgen cuando la arena y guijarros transportados por el mar exceden a la capacidad de las olas para llevarse ese material. Cuando estas flechas se estabilizan y protegen grandes extensiones de agua poco profunda, se va depositando sedimento fino detrás de ellas lo que permite la formación de marismas (Yarham, 2010). Es posible que los antiguos aportes de sedimento provenientes del arroyo San Simón, hayan suministrado el material para formar esta estructura. Además, la formación de esta flecha debió haber iniciado después de la creación del tómbolo de Punta Mazo. Dicho tómbolo cambió la dirección de las corrientes y debilitó el oleaje, favoreciendo la acumulación de sedimentos en zonas menos profundas y formando bancos de arena que pudieron crecer durante eventos extraordinarios donde el sedimento podía ser transportado y depositado. Sobre esta estructura se encuentra un gran campo de dunas semi-estabilizadas en buen estado de conservación.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS											TIPO DE USO				ALCANCE
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	ECONÓMICO	
			B		A		A	A		M		A		A		
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	6.0	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	6.65	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°24'22.43"	a	30°23'25.02"	°N
LONGITUD	de	115°55'27.07"	a	115°59'9.21"	°W

Nombre del LIG
Arroyo San Simón

Localidad:
San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°30'35.74"N	LONGITUD:	115°48'39.33"W



Descripción

Los principales materiales que afloran en la zona de la desembocadura del arroyo, son los sedimentos aluviales cuaternarios que en su superficie presentan una cubierta de arcilla y arenas. En la frontera oriental del valle (donde atraviesa a los cantiles), se observa la presencia de rocas sedimentarias constituidas por arcillas, areniscas y conglomerados. Debajo de la cubierta aluvial continúan los materiales granulares, sedimentos que por sus condiciones de buena permeabilidad permiten el almacenamiento de agua subterránea, susceptible de ser extraída. También se aprecia una capa subyacente a la anterior, de sedimentos arcillosos de origen marino (localmente conocida como barro azul) que ha sido considerada como el basamento de la zona explotable, por lo que la gran mayoría de las obras hidráulicas son perforadas hasta encontrar esta capa (Cuevas 2015; en CONAGUA-DOF 20 abril de 2015). Sobre la mesa, se encuentran terrazas fluviales que delimitan el cause del arroyo, éstas limitan con valles de montaña en V, en donde afloran rocas del cretácico superior pertenecientes a la formación Alisitos. A la distancia se divisan los plutones Pre-batolíticos, fuente distributiva de los sedimentos mencionados.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS											TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	ECONÓMICO		
	A		M	M	B	M	M	A				A		A	A		R
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO				M	MEDIO				B	BAJO		
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL				N	NACIONAL				R	REGIONAL		

DIMENSIONES		
LONGITUD	N/A	km
ALTITUD MAX.	>118	m
SUPERFICIE	N/A	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°30'19.20"	a	30°26'41.41"	°N
LONGITUD	de	115°46'50.41"	a	115°51'55.77"	°W

Nombre del LIG
El Socorro

Localidad:
Ejido Nueva Odisea

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°20'47.92"N	LONGITUD:	115°49'39.78"W

Descripción

La geología de la esta localidad está formada por conglomerados del cenozoico y aluviones de cuaternario, aquí es importante el aporte sedimentario proveniente de las rocas batolíticas (Cretácico) y pre-batolíticas (Jurásico) de los arroyos que rodean esta zona (Gastil *et al.*, 1975). En este sitio se caracteriza por la presencia de un sistema de dunas parabólicas con alturas de hasta 20 metros, y que se encuentran imbrincadas y alargadas perpendicularmente a lo largo de la línea de costa. Existen dunas tanto móviles como estabilizadas compuestas por sedimento cuarzo-feldespático y con presencia de plagioclasas, así como de minerales densos como la honrblenda, trazas de piroxeno, y escasa hematita e ilmenita; que sugieren como fuente principal de sedimentos al arroyo Santo Domingo cuya desembocadura se encuentra a 45 km al norte y, que también es fuente sedimentaria para el Tómbolo de Punta Mazo (Rodríguez-Revelo *et al.*, 2014). Sobre la parte más costera de las dunas, se encuentran vestigios arqueológicos de tipo conchero que cubren una gran extensión y se encuentran asociados a talleres líticos. Al sur de las dunas, se encuentra el cause del arroyo El Socorro, que en su desembocadura forma una playa constituida por cantos rodados sobre una matriz de arenas gruesas. La costa prístina de este lugar le otorga una alta importancia turística y recreativa que ha llevado a establecer espacios residenciales que hasta ahora son de bajo impacto.



© Jorge Miras

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE		
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO	
					A			A		M		A		A		M	R
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO				
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL				

DIMENSIONES		
LONGITUD	7.4	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	11.9	km2

COBERTURA`					
LATITUD	de	30°22'10.70"	a	30°19'55.88"	°N
LONGITUD	de	115°51'47.75"	a	115°47'13.76"	°W



Descripción

Al este del margen costero se encuentran escarpes prominentes que delimitan la extensión de las terrazas marinas: Escarpe Santa María (Gorsline y Stewart, 1962). Dichos cantiles marcan la posición de un antiguo litoral formado en el Pleistoceno (cuando el nivel del mar era mayor). Pasan cerca de la línea de costa actual en la parte sur mientras que se alejan 7 km en la porción norte correspondiente a la zona del valle de San Quintín (Santillán y Barrera, 1930). Son muy rectos y se extienden por más de 30 km con una tendencia N-NNO, elevándose 40-80 metros sobre la llanura costera. A lo largo de estos cantiles afloran sedimentos marinos del Cretácico tardío pertenecientes al Grupo Rosario, los cuales están cubiertos por conglomerados del Terciario y sedimentos marinos del Plioceno (Luhr *et al.*, 1995). Estos afloramientos son apreciados de mejor manera cerca de El Consuelo, en donde el registro fósil deja al descubierto facies distintas correspondientes a: 1) un ambiente de plataforma que presenta areniscas y limolitas que envuelven fósiles de organismos pelágicos, 2) en discordancia se encuentran sedimentos gruesos correspondientes a un ambiente más somero posiblemente de plataforma interna y, 3) en la superficie se encuentra fósiles de organismos adaptados a un litoral rocoso (Téllez-Duarte, 2016 en comunicación personal). Este sitio ilustra de manera didáctica la importancia paleontológica y la historia geológica de la región.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
	A	A	M		A		A	A				A	A	A		
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	>30	km
ALTITUD MAX.	40-80	m
SUPERFICIE	N/A	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°26'19.68	a	30° 8'46.39"	°N
LONGITUD	de	115°50'39.82"	a	115°47'34.52"	°W



Descripción

Estas son dunas muy antiguas que forman montículos aislados (>500 m), están compuestas por arenas finas que se separan de la costa (en promedio 20 m) y forman un cantil de aproximadamente 8 metros de alto. Se encuentran en su mayoría activas y parcialmente estabilizadas. Parecen no estar siendo alimentadas por arena de playa debido a que la costa adyacente se compone por sedimento grueso, especialmente de cantos rodados. La morfología de este tipo de estructuras, también llamadas “dunas colgadas”, las hace frágiles porque no se están renovando. Sobre el barlovento de la duna, la continua deflación permite apreciar procesos como la estratificación cruzada de gran escala. Por otra parte, tienen una importancia de carácter arqueológico ya que sobre ellas se encuentran vestigios de amplios concheros asociados a talleres líticos. Detrás del montículo que conforman las dunas, cerca a la carretera, se observa la presencia de “tierras malas” que se caracterizan por la ausencia de vegetación y una extensa erosión.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS											TIPO DE USO				ALCANCE
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	ECONÓMICO	
	A	A			A		A	A		A			A	A		
															R	
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	2	km
ALTITUD MAX.	8	m
SUPERFICIE	0.29	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30°10'9.65"	a	30° 9'8.63"	°N
LONGITUD	de	115°47'51.69"	a	115°48'8.83"	°W

Nombre del LIG
Cerro Cuates

Localidad:
San Quintín

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30°35'38.31"N	LONGITUD:	115°44'55.36"W



© Miguel Téllez

Descripción

Estas montañas forman parte de los afloramientos Pre-batolíticos la Formación Alisitos y colindan con los afloramientos batolíticos al este. Son un geosímbolo para los pobladores locales. El senderismo es común en esta zona.

DIMENSIONES		
LONGITUD	N/A	km
ALTITUD MAX.	680	m
SUPERFICIE	N/A	km2

CLAVE	VALORACIÓN		TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE
			ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	
							B				A	A		A		R	
CLAVE	INTERÉS		A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO					
	ALCANCE		I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL					

COBERTURA					
LATITUD	de	30°35'50.46"	a	30°35'13.20	°N
LONGITUD	de	115°45'5.95"	a	115°44'47.93	°W

Nombre del LIG
La Lobera (El Desfondadero)

Localidad:
El Rosario

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30° 6'38.27"N	LONGITUD:	115°47'16.48"W



Descripción

Este es un sitio emblemático para las comunidades del San Quintín y de El Rosario. Su nombre original es “El Desfondadero”, nombre dado por el ensayista bajacaliforniano Manuel Clemente Rojo Zavala (1823-1900) en su trabajo *Apuntes Históricos de Baja California... (1879)*. Esta estructura pertenece a la formación Rosario del Cretácico superior. Las rocas que caracterizan a esta formación son las areniscas y conglomerados compactos, con porciones pequeñas de rocas del tipo de areniscas arcillosas y arcillas arenosas (Santillán y Barrera, 1930). La mayoría de estas rocas son fácilmente erosionables especialmente por corrientes fluviales y oleaje. Esta localidad se caracteriza por ser una zona costera de alta energía en donde las rocas sedimentarias están expuestas a la fuerza de las olas. El viento lanza las olas contra la tierra y lentamente van esculpiendo acantilados costeros. En ocasiones, en las zonas más frágiles de la roca se pueden formar cuevas que concentran en su interior la energía de las olas y del viento generado por éstas. La Lobera es resultado de una cueva formada por dichos procesos que, posteriormente se colapsó sobre si misma por el debilitamiento de la roca y la fuerza de gravedad. Actualmente, esta formación es refugio de *Phoca vitulina* y un atractivo turístico con un interés creciente.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
	A						A	A		M	A	A	M	A		A
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

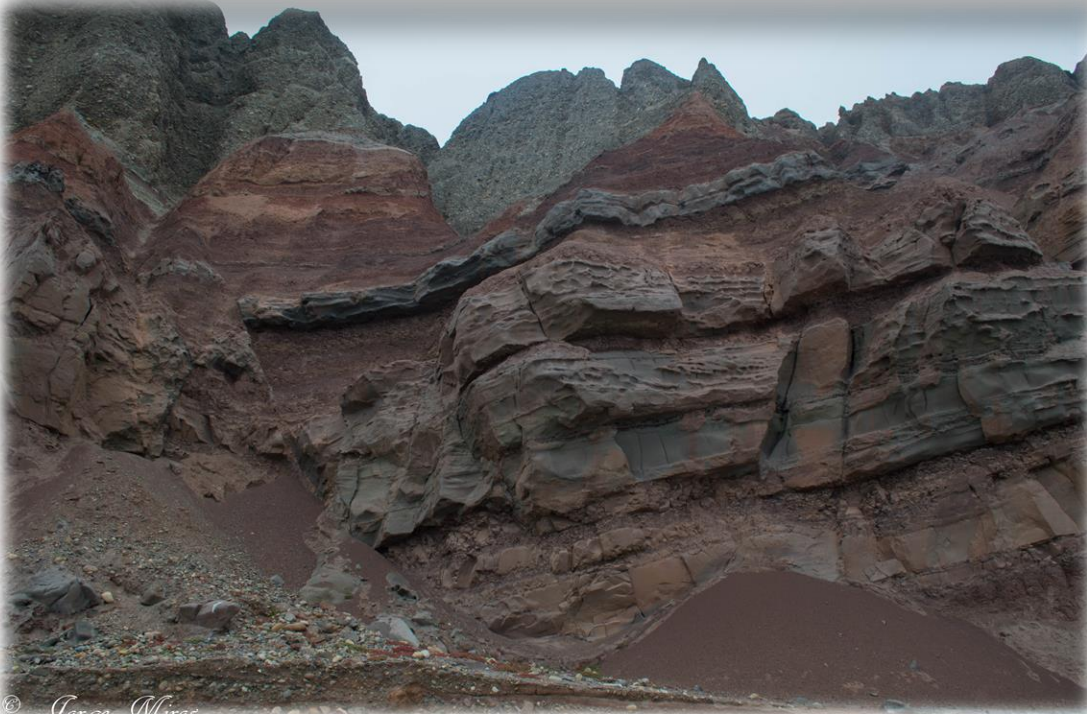
DIMENSIONES		
LONGITUD	20	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.25	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30° 6'50.69"	a	30° 6'27.86"	°N
LONGITUD	de	115°47'16.92"	a	115°47'12.27"	°W

Nombre del LIG
Formación Bocana Roja

Localidad:
El Rosario

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30° 2'7.43"N	LONGITUD:	115°47'22.64"W



Descripción

Esta **localidad tipo** está compuesta por lutitas rojas y tobas. Molnar (1974) describió un ejemplar **monoespecífico** de dinosaurio terópodo al cual denominó *Labocania anomala*. Le sobreyace de manera discordante una unidad de capas tanto marinas como continentales que constituyen la formación El Gallo. En su sección costera, se encuentran acantilados que se elevan alrededor de 10 metros sobre una playa arenosa, en dichas estructuras se observan fallas normales que forman un graben. Junto a este **estratotipo** colinda la desembocadura del arroyo El Rosario, el cual forma un sistema lagunar de gran importancia biológica. Además, la playa adyacente conecta a los acantilados con un escenario totalmente distinto, regido por un sistema de dunas fósiles las cuales se encuentran en su mayoría estabilizadas pero que están siendo reactivadas por el transito de vehículos todo terreno. Sobre las dunas se encuentra un conchero de grandes dimensiones el cual está asociado a talleres líticos; aquí es notable la presencia de artefactos líticos constituidos por **riolitas**. Las dunas limitan al norte con lo que aparenta ser un **cabo** que se proyecta hacia el mar. Este conjunto paisajístico es muy diverso y posee una importancia a nivel internacional, por lo que amerita su conservación.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS											TIPO DE USO				ALCANCE
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	ECONÓMICO	
	A	A	A		A		A	A	A	A		M	A	A		I
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	20	km
ALTITUD MAX.	DND	m
SUPERFICIE	3.55	km2

COBERTURA						
LATITUD	de	30° 3'42.86"	a	30° 1'48.51"	°N	
LONGITUD	de	115°47'8.20"	a	115°47'29.46"	°W	

Nombre del LIG

Formación El Gallo

Localidad:

El Rosario

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LATITUD:

30° 3'8.83"N

LONGITUD:

115°45'42.33"W



© Miguel Téllez

Descripción

Pertenece a la Formación Rosario que fue descrita inicialmente por Santillán y Barrera (1930) para referirse a las rocas que afloran en los alrededores del poblado de El Rosario. Las rocas de dicha unidad se dividen informalmente en cuatro formaciones: La Bocana, Punta Baja, El Gallo y Rosario (Kilmer 1963 en Gastil, 1975). De las anteriores, El Gallo es la más rica en fósiles, donde se han recolectado restos de dinosaurios, tortugas, peces, reptiles y madera petrificada sobre sedimentos finos como lutitas (Shale) ligníticas de color café-negro y limolitas intercaladas con areniscas arcósicas. Los lentes de conglomerados y las concreciones son comunes en la zona. Se identificaron invertebrados fósiles, incluidos en lentes marinos dentro de dicha formación, que sugieren una edad Campaniana media-tardía. La litología de este sitio es indicadora de un ambiente lagunar cercano a la costa así como de un ambiente de playa, los cuales eran hábitats comunes para los Hadrosaurus. La vegetación era totalmente distinta a la actual, llegando a existir zonas densamente boscosas (Morris, 1967 y 1973 en Gastil, 1975). El intemperismo se han encargado de esculpir formaciones caprichosas que, junto con lo anterior, evidencian que esta localidad tienen un alto potencial didáctico y recreativo. Sin embargo, se encuentra en un estado fuertemente impactado por el saqueo de restos fósiles.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
	A	A	M		A		A	A	A			A	A	A		

CLAVE	INTERÉS	A	ALTO	M	MEDIO	B	BAJO
ALCANCE		I	INTERNACIONAL	N	NACIONAL	R	REGIONAL

DIMENSIONES		
LONGITUD	20	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	>0.28	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30° 3'1.11"	a	30° 3'9.62"	°N
LONGITUD	de	115°45'59.00"	a	115°45'15.91"	°W

Nombre del LIG
Misión El Rosario de Arriba

Localidad:
El Rosario

UBICACIÓN GEOGRÁFICA			
LATITUD:	30° 2'28.04"N	LONGITUD:	115°44'20.10"W



Descripción

Fue la primera misión fundada por los religiosos dominicos. Los padres Vicente Mora y Francisco Galisteo, fueron quienes la establecieron el 20 de junio de 1774, con el padre Galisteo como responsable. Este sitio se localiza en la frontera con el desierto de Vizcaíno, a 50 km al NO de la misión de San Fernando Rey de España de Velicatá, construida 95 años antes. Debido a las constantes inundaciones, el padre Raymundo Escolá como encargado de la misión en 1802, se vio en la necesidad de trasladar el establecimiento religioso corriente abajo, a un lugar más alto y seguro en el lecho del mismo arroyo. Dichas inundaciones al ser tan constantes provocaron un alto índice de epidemias que diezmaron a la población. En 1776 se registraron 557 indígenas y para 1828, año en la que fue abandonada la empresa evangelizadora de este lugar, sólo existían 150 indígenas en esta misión.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
									A	A		A		A		N
CLAVE	INTERÉS		A	ALTO		M	MEDIO		B	BAJO						
	ALCANCE		I	INTERNACIONAL		N	NACIONAL		R	REGIONAL						

DIMENSIONES		
LONGITUD	20	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.029	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30° 2'29.01"	a	30° 2'27.09"	°N
LONGITUD	de	115°44'20.70"	a	115°44'19.62"	°W



Descripción

En 1802, el padre dominico Francisco Galisteo, construyó en este terreno, el segundo establecimiento de la misión de Nuestra Señora del Santísimo Rosario de Viñadacó. Este sitio tuvo algunas ventajas en comparación con la anterior. Está en un lugar más alto y seguro, cercano de la costa, con disponibilidad de alimentos marinos, además de contar con mucha tierra cultivable. Según datos del Investigador Peveril Meigs, quien visitó la misión durante la década de 1920, existía un patio central rodeado de muros, con un corral y un edificio de adobe de tres habitaciones como parte del complejo. También afirma que el cuarto más grande de este edificio fue la iglesia. Para la construcción de los edificios se utilizó cantos rodados como cimiento y las paredes estaban hechas de adobe, elaborado a partir de arenas, arcillas, cal, agua y paja. Materiales abundantes en la zona.

VALORACIÓN	TIPO DE INTERÉS											TIPO DE USO				ALCANCE
	ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO	ECONÓMICO	
									A	A		A		A		N
CLAVE	INTERÉS			A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO			
	ALCANCE			I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL			

DIMENSIONES		
LONGITUD	20	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.03	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30° 4'1.81"	a	30° 3'59.55"	°N
LONGITUD	de	115°43'8.37"	a	115°43'6.86"	°W

El Castillo (Arroyo el Rosario)

El Rosario

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

LATITUD:

30° 7'2.76"N

LONGITUD:

115°38'50.78"W



Descripción

Esta formación se encuentra en la margen norte del arroyo El Rosario y es resultado de los efectos de una falla normal la cual posee un azimuth de 64.69° (Falla del Rosario), esta fractura ha influido en la orientación general de la cañada (Santillán y Barrera, 1930). Cuando la superficie de la roca se mueve sobre otra en estrecho contacto y presión, ambas desarrollan una especie de pulido con surcos lineales y cuñas paralelas a la dirección del movimiento, a esto se le llama “espejo”, y se pueden observar frecuentemente en los planos de falla. Por lo tanto, El Castillo es un espejo de falla que adquirió una forma similar a la edificación que sugiere su nombre y presenta una aparente torre en el costado Este. El movimiento de la falla, paralela al arroyo, ha dado como resultado el recubrimiento del lado del cañón con conglomerados planos y resistentes que forman el castillo. La banda amarilla en lo alto de las colinas es el límite entre las rocas del Cretácico y Paleoceno en esta área (Minch y Leslie, 1991).

DIMENSIONES		
LONGITUD	20	km
ALTITUD MAX.	N/A	m
SUPERFICIE	0.53	km2

COBERTURA					
LATITUD	de	30° 7'16.24"	a	30° 6'49.68"	°N
LONGITUD	de	115°38'30.38"	a	115°39'13.84"	°W

CLAVE	VALORACIÓN		TIPO DE INTERÉS										TIPO DE USO				ALCANCE	
			ESTRATIGRÁFICO	PALEONTOLÓGICO	TECTÓNICO	PETROLÓGICO	SEDIMENTOLÓGICO	MINERO	GEOMORFOLÓGICO	PROCESOS	HISTÓRICO	ARQUEOLÓGICO	GEOSÍMBOLO	RECREATIVO	CIENTÍFICO	DIDÁCTICO		ECONÓMICO
			A		A		M		A				A	A		A		
INTERÉS	A	ALTO			M	MEDIO			B	BAJO								
ALCANCE	I	INTERNACIONAL			N	NACIONAL			R	REGIONAL								

El Origen de la Bahía de San Quintín

La secuencia evolutiva de la Bahía de San Quintín puede dividirse en cuatro etapas bien diferenciadas:

1. Costa abierta de playa arenosa

Durante la época del Pleistoceno perteneciente al periodo Cuaternario, la línea de costa del oeste de Baja California tenía una configuración distinta a la actual, especialmente en lo que ahora es la Bahía de San Quintín. En aquel entonces la costa se caracterizaba por extensas playas arenosas y cordones de dunas. La línea de costa era muy dinámica, transportándose arena de norte a sur y de la playa a las dunas.

2. Surgimiento de Islas Volcánicas

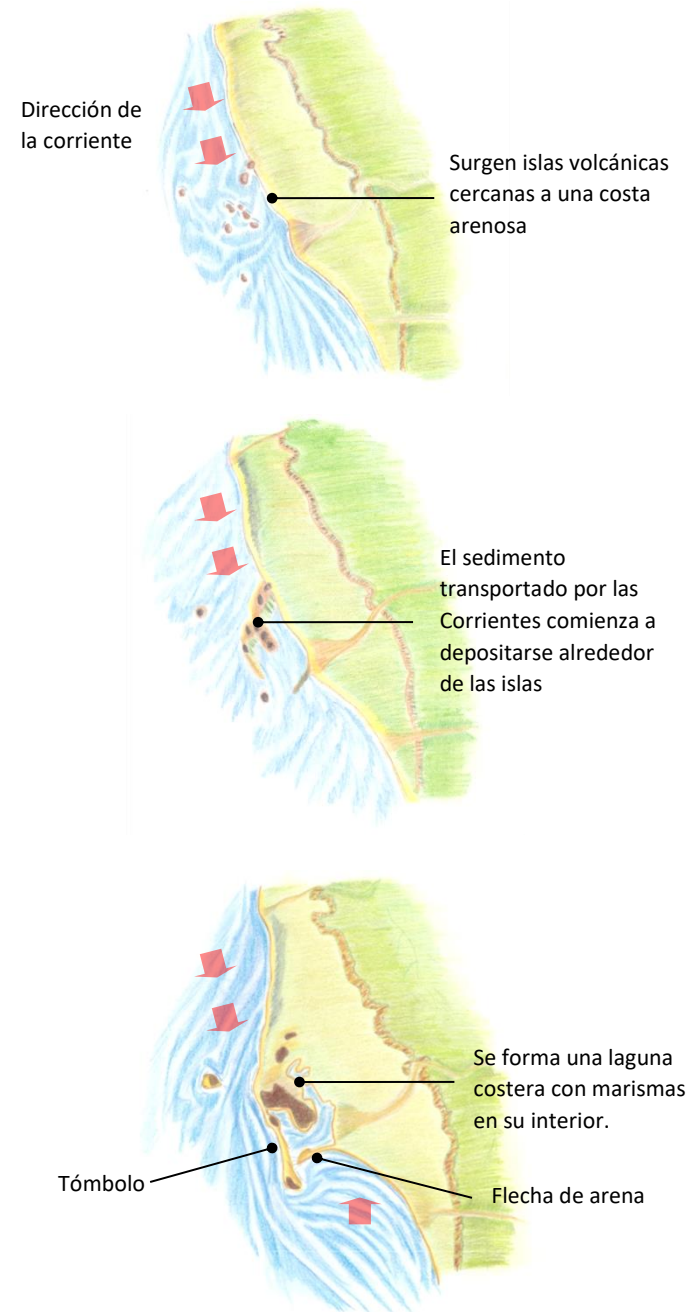
Hace más de 180 mil años, durante el Pleistoceno Tardío; surgieron volcanes subacuáticos producto de una actividad denominada “volcanismo intraplaca”. Estos volcanes formaron islas de lava solidificada (basalto) y de cenizas. Las islas se encontraban cercanas a la antigua línea de costa.

3. El principio de una bahía

Las antiguas islas volcánicas cambiaron la dirección de las corrientes y actuaron como trampa de sedimento. Eventualmente las islas crecieron debido a la acumulación de sedimento transportado por las corrientes y por las continuas coladas de lava expulsadas por los volcanes. Con el tiempo, éstas se unieron al continente formando barras arenosas y costas rocosas que dieron origen a una bahía embrionaria. La presencia de islas y de una pequeña bahía redujo la energía del oleaje y cambió el régimen sedimentario, acumulando sedimentos finos y oscuros (limos y arcillas) en donde antes eran playas con arenas finas y claras.

4. Bahía de San Quintín

La actividad volcánica continuó hasta el Holoceno, cuando la bahía adquiere una configuración muy similar a la laguna costera actual. Por otro lado, la corriente a lo largo de la costa generada por el oleaje ha promovido el transporte y acumulación de sedimento hasta nuestros días. Esta continua acumulación, aunque casi imperceptible, unió la costa con la isla que actualmente es Punta Mazo originando una estructura llamada tómbolo. Al sureste, la corriente de sur a norte formó una flecha arenosa casi cerrando la bahía y formando un ambiente lagunar costero semi-cerrado, caracterizado por su forma en “Y”, en cuyo interior hoy día se depositan sedimentos finos.



El Registro Fósil de la Bahía de San Quintín

Evidencia de antiguos ambientes

Ilustración: Téllez-Duarte, 1986.

El estudio de los fósiles, los sedimentos que los contienen, y la secuencia en que fueron depositados, o estratigrafía, ha sido importante para entender la evolución de la bahía de San Quintín y la historia del paisaje. Los moluscos son los más abundantes, y por estar adaptados a vivir en la superficie de rocas, o en fondos de arena o lodo, nos indican el ambiente donde vivieron (playa, laguna costera, costa rocosa, etc.). Además, por el orden de los estratos donde se encuentran podemos deducir como fueron cambiando los ambientes a través del tiempo. La historia evolutiva de la bahía está registrada por los fósiles en tres localidades principales: (a) El Muelle Viejo, cuando era una playa arenosa, (b) El Molino Viejo, al transformarse en laguna, y (c) frente a El Molino Viejo donde las coladas de Lava del Volcán Monte de Ceniza conformaron una costa rocosa.

La historia de la bahía en una columna estratigráfica

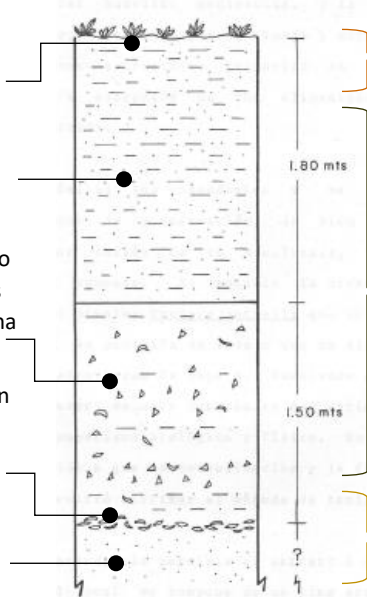
Conchas y restos líticos de antiguos asentamientos indígenas, primeros pobladores de la bahía.

Limo arenoso café claro sin consolidar de origen aluvial reciente.

Arenas limosas verde oscuro y muy finas con fragmentos de ceniza volcánica: se forma la laguna costera.

Capa con alta concentración de moluscos fósiles, tanto articulados como desarticulados.

Arenas finas y claras de un ambiente de playa arenosa



Fósiles en coladas de lava

En la costa al oeste de El Molino Viejo surgió la isla volcánica del Volcán Kenton, cuyas coladas de lava sirvieron de sustrato a una fauna de moluscos de costa rocosa. Sobre estas se depositaron sedimentos de grano fino durante la formación de la laguna.



Formación de la laguna costera

En esta capa los sedimentos se vuelven más finos con un alto contenido de cenizas volcánicas y fósiles de moluscos, algunos de ellos articulados y en posición de vida. Registra la actividad volcánica que originó la laguna costera.



Playa arenosa del Cuaternario

Arenas de duna y aluvión.

Discordancia con alta concentración de moluscos fósiles del Pleistoceno.

Arenas finas y claras que indican la existencia de una playa abierta antes del surgimiento de los volcanes



¿Sabías que?

La asociación fósil de Bahía de San Quintín se compone de 107 especies de moluscos. Las capas donde se concentran se formaron posiblemente por tormentas, de forma similar a como actualmente en las tormentas invernales se varan almejas y otros moluscos en las playas formando grandes concentraciones de conchas.

¿Qué es un fósil?

Rhona M. Black, 1982.

Un fósil es todo resto de animal, planta o huella de organismo que se ha conservado a través del tiempo. Por ejemplo: son fósiles tanto los huesos de dinosaurios como las huellas de sus pisadas sobre las rocas sedimentarias. El término “fósil” se refiere sólo a organismos que vivieron en otras épocas geológicas, pero esto no implica que todos ellos correspondan a grupos extintos, ya que gran variedad de formas fósiles conocidas tienen representantes en la flora y fauna actual.

El proceso de fosilización es la serie de cambios físicos y químicos que ocurren en un organismo, desde que muere hasta que es descubierto como fósil, formando parte de las rocas.

La Paleontología es la ciencia que estudia a los animales y plantas que provienen de otras épocas geológicas y cuyos restos, huellas u otros indicios han llegado hasta nosotros formando parte de rocas sedimentarias.

Conservación de fósiles

Cuando un organismo muere normalmente los tejidos blandos se descomponen y las partes duras como conchas, huesos y dientes, son las que generalmente se conservan y llegan hasta nosotros.



La fosilización es favorecida por determinadas condiciones, las principales son: abundancia de organismos y algún mecanismo que asegure su rápida sepultura, como ocurre durante una tormenta. Un buen estado de conservación se logra si los restos fosilizan “in situ” y por tanto no deben ser sometidos a la erosión por transporte o al destrozo por animales carroñeros.

1. Huellas de organismos

Los moluscos fósiles son abundantes en la actualidad, debido a que la mayoría tienen concha que se conserva fácilmente al enterrarse. También las galerías que excavaban en el sedimento pueden conservarse, así como las huellas que dejan en la superficie del sedimento. A éstas, y cualquier huella de otro organismo se denomina como icnofósil.

2. Almejas perforadoras

Pholas, comúnmente conocido como dátil de mar, perfora en rocas sedimentarias duras como las areniscas (arena cementada) y lutitas (arcillas cementadas). Excava galerías por medios mecánicos y han estado presentes desde el cretácico hasta la actualidad.



Huellas en la superficie de la arena de organismos



Almejas perforadoras fósiles



Almejas perforadoras recientes

¿Sabías que?

A lo largo del tiempo, los organismos han evolucionado o se han extinguido, por lo tanto, han sido abundantes o ausentes en diversas épocas del tiempo geológico. Los geólogos han logrado establecer una secuencia cronológica con base en el registro fósil, de esta manera identificando los géneros y especies se puede determinar la edad de las rocas que los contienen comparándolos con otros yacimientos fósiles con características similares. Esto se llama “Datación Relativa”.

Marismas de Agua Salada

Modificado de: Yarham, (2010). Fotografía tomada de: Proesteros.cicese.mx. Adaptación sólo para uso didáctico.

Cuando un río o arroyo alcanza el mar deposita grandes cantidades de sedimentos finos sobre los estuarios o lagunas costeras. Con el tiempo se forman canales que quedan cada vez más encenagados por los depósitos del propio arroyo o por las subidas y bajadas de la marea. Esto hace que las marismas resultantes queden sin cubrir por el agua de mar y expuestas al aire durante periodos cada vez más largos de tiempo. Cuando esto ocurre, una serie de plantas adaptadas al medio salino comienzan a instalarse y a colonizar las llanuras, beneficiándose del lodo y de la abundancia de nutrientes. En regiones tropicales, estos humedales son colonizados por árboles de mangle.

Marismas

Las marismas cubren gran parte de la Bahía de San Quintín, en Baja California. Estas zonas costeras son un hábitat rico para la vida silvestre y para las plantas especializadas.

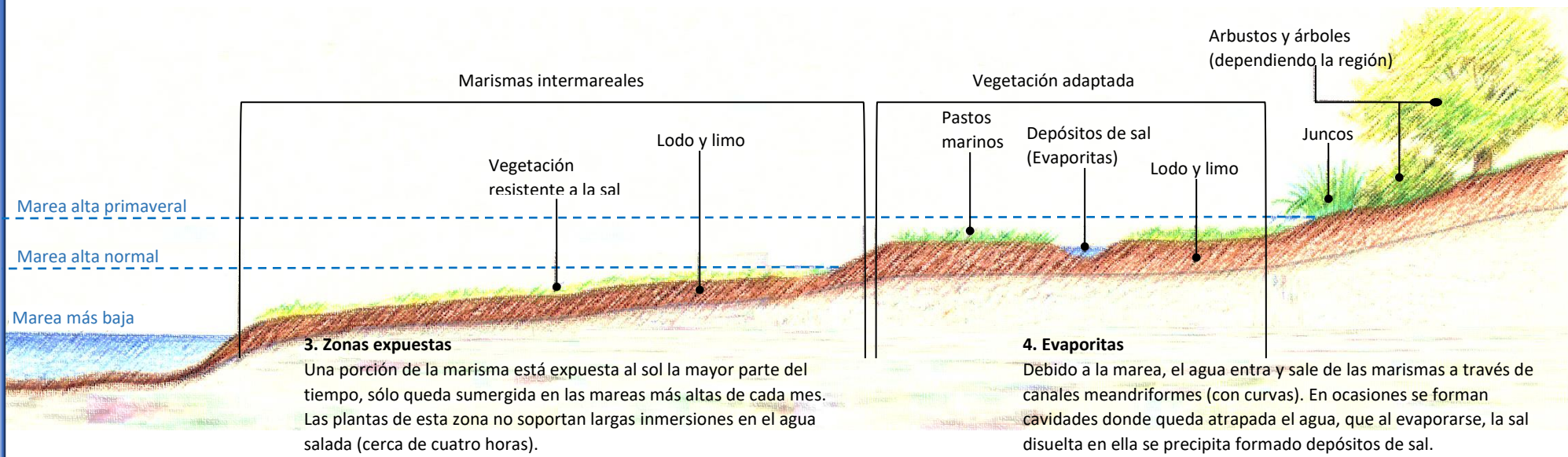


1. Marismas intermareales

La acumulación de sedimento fino (limos y arcillas) promueve la propagación de plantas oportunistas sobre el lodo expuesto. También, en estas zonas muchos organismos encuentran refugio.

2. Colonización de plantas

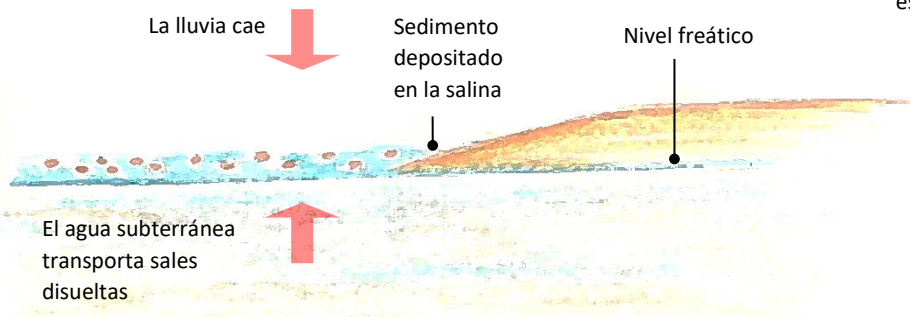
El ambiente hipersalino es un hábitat para vegetación especializada. Aquí sólo se establecen aquellas plantas que pueden sumergirse cerca de ocho horas bajo el agua salada. El tiempo de inmersión dependerá del ciclo de mareas.



Salinas (Depósitos evaporíticos)

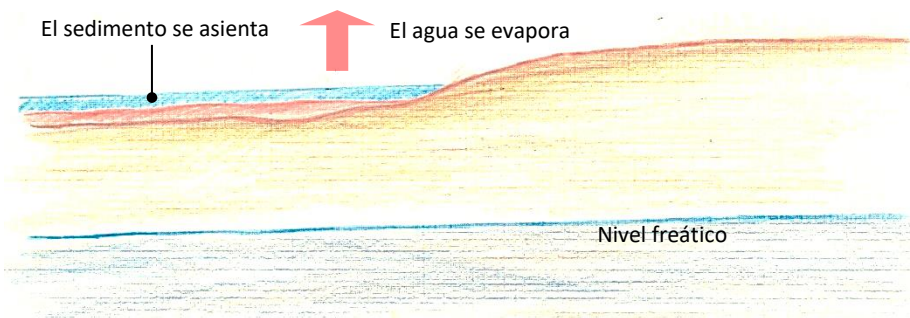
Modificado de: Yarham, 2010. Adaptación sólo para uso didáctico.

Las salinas se encuentran comúnmente en zonas secas y áridas. Son una depresión o lecho de laguna seca, que también se les conoce como sabkhas o depósitos evaporíticos. Se forman por lluvias ocasionales, o por la subida del nivel freático que inunda zonas bajas y llanas. Usualmente, el agua contiene sales minerales disueltas, que cuando se evapora se precipitan dejando un sedimento seco que, en el caso de las salinas, tienen alto contenido de sal.



1. Laguna Temporal

El agua de lluvia o la infiltración de agua marina llenan una llanura ancha y plana en un clima árido, acumulándose en una cavidad amplia y poco profunda del terreno hasta formar una laguna temporal.

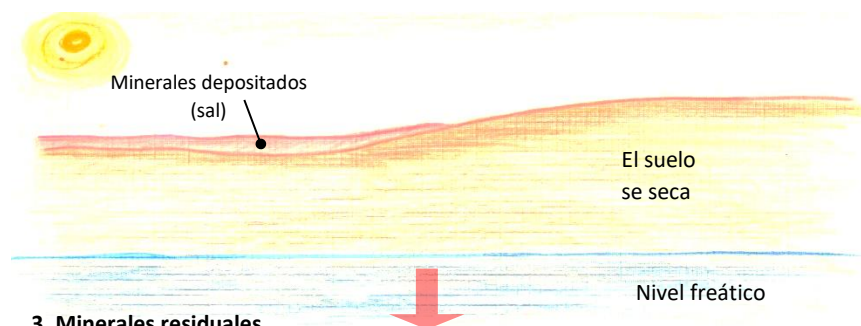


2. La laguna comienza a secarse

Durante periodos prolongados sin lluvia y cuando el flujo de agua subterránea decrece, el lago se seca gradualmente al evaporarse el agua por el calor.

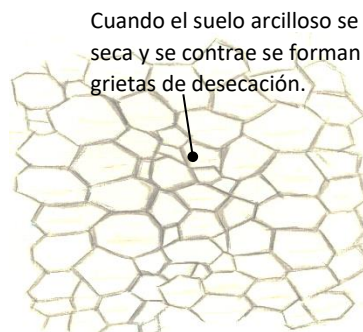
Evaporitas

Al norte de la Bahía de San Quintín se encuentran depósitos evaporíticos que desde el pasado se han aprovechados para la extracción de sal. Las constantes inundaciones y evaporaciones de algunas salinas le dan ese aspecto llano.



3. Minerales residuales

Cuando el agua se evapora, deja en la superficie sedimentos como arcilla, arena o limo; además de minerales como sales.



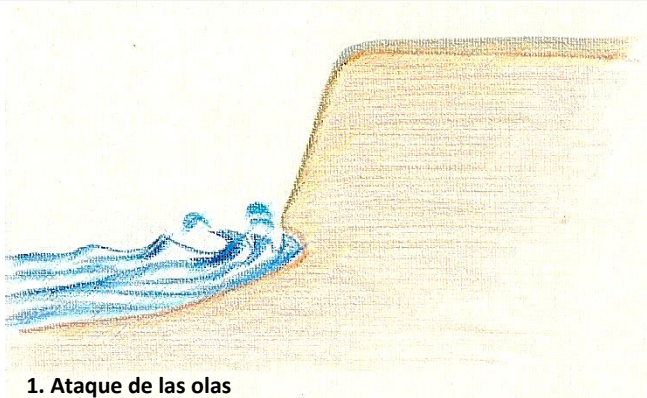
4. Grietas de desecación

La mezcla de lodo y sal se contrae al evaporarse la humedad, formando a menudo grietas poligonales en la superficie. La sal se cristaliza y hace palanca en estas grietas para que se abran.

Acantilados Costeros

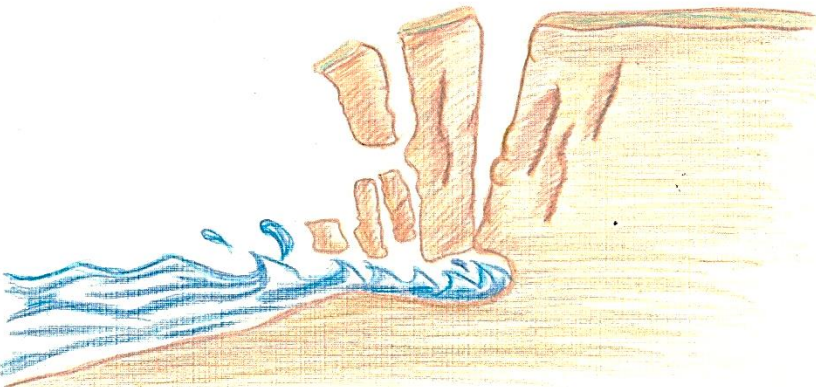
Modificado de: Robert Yarham, (2010). Adaptación sólo para uso didáctico.

Los acantilados costeros son uno de los rasgos más sobresalientes del paisaje modelados por la erosión. En un principio se levantan sobre el nivel del mar empujados por fuerzas como el movimiento de las placas tectónicas o por cambios en el nivel del mar, quedando la roca expuesta a la acción de las fuerzas de la naturaleza. El oleaje es el que principalmente erosiona la base de las paredes expuestas ocasionando que el cantil vaya progresivamente retrocediendo.



1. Ataque de las olas

El viento genera el oleaje que llega a la costa. Las olas más altas contienen mucha energía, al golpear en el acantilado poco a poco lo socaba en su base, debilitando la estructura de la roca por la formación de grietas.

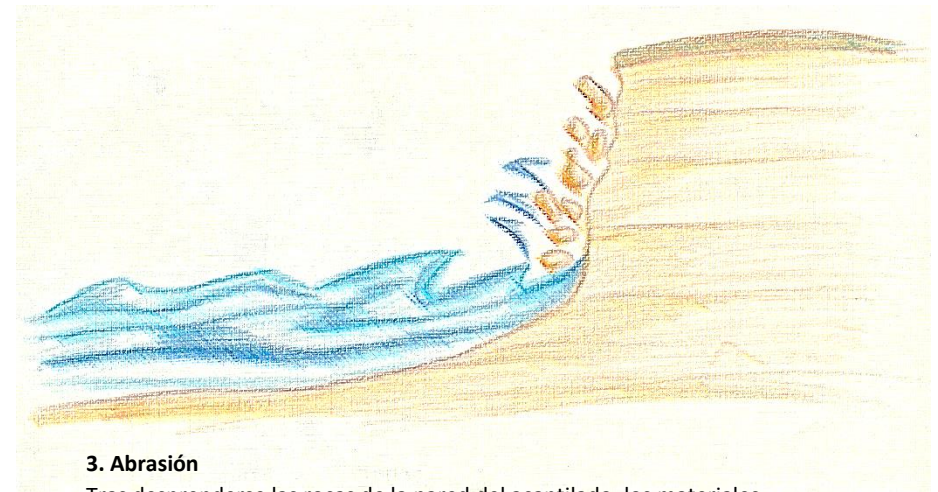


2. Desprendimiento de la roca

Las olas y la sal debilitan la roca, las grietas se agrandan y el acantilado progresivamente se desintegra. Finalmente, las rocas se desprenden retrocediendo el cantil.

Acantilados con paredes de basalto

Los acantilados al norte de la Bahía de San Quintín se levantan por más de 20 metros. Están compuestos de basalto derivado de las coladas de lava que fluyeron de los volcanes adyacentes. En su parte inferior se encuentran lavas en almohadilla, formadas cuando la lava penetra en el mar. También hay una franja de basaltos columnares únicos en la región.



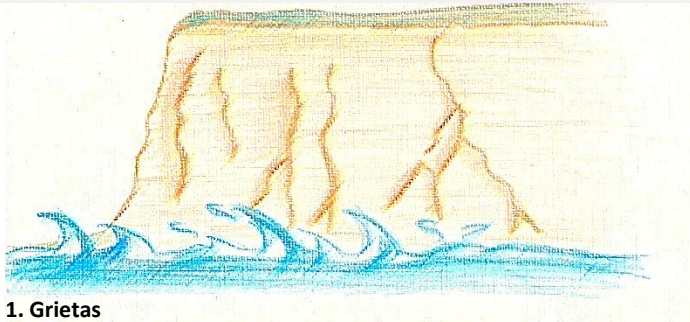
3. Abrasión

Tras desprenderse las rocas de la pared del acantilado, los materiales rocosos más pequeños se unen a la arena, mientras que bloques de piedra comienzan a ser golpeados contra las rocas, rompiéndolos aún más y abrasionándolos hasta reducirlos a gravas y arena.

Cuevas marinas

Modificado de: Yarham, 2010. Adaptación sólo para uso didáctico.

Algunos acantilados costeros presentan cuevas. Estas cavidades se originan en la base del acantilado y lo socavan por los mismos procesos de erosión que abrasionan y corroen implacablemente la roca, especialmente en lugares de mayor debilidad en la pared del acantilado, como las grietas producidas por el continuo embate de las olas, o por la presencia de distintos tipos de roca. Cuando existen distintos tipos de roca, generalmente una será más susceptible a la erosión (calizas, areniscas, etc.) y mientras que la otra será más resistente (basaltos, granitos); cuando se forman cuevas por este motivo, se dice que son producto de la **erosión diferencial de las rocas**. Además, algunas cuevas se encuentran más arriba que otras, y esto es un indicio de que fueron excavadas por una erosión antigua, cuando el nivel del mar estaba en esa altura.

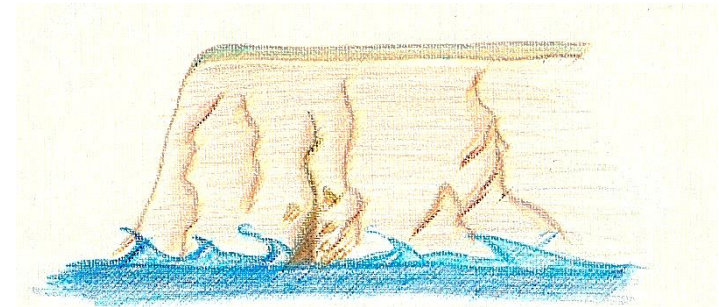


1. Grietas

El constante batir de las olas va debilitando las zonas vulnerables de las paredes verticales de los acantilados, como son las grietas, las diaclasas y las fallas que se forman como resultado de las presiones en la roca.

Cuevas colapsadas

La Lobera, en El Rosario, B.C., es un ejemplo de una cueva marina que colapsó. Cuando la roca no es lo suficientemente resistente, no puede mantener su forma alrededor de la cavidad y el debilitamiento de la roca provoca que la cueva se derrumbe.



2. Desintegración de la roca

En la base del acantilado la fuerza de las olas es mayor, donde la erosión deleva gradualmente las líneas de vulnerabilidad, convirtiendo las cavidades en agujeros de mayor tamaño.



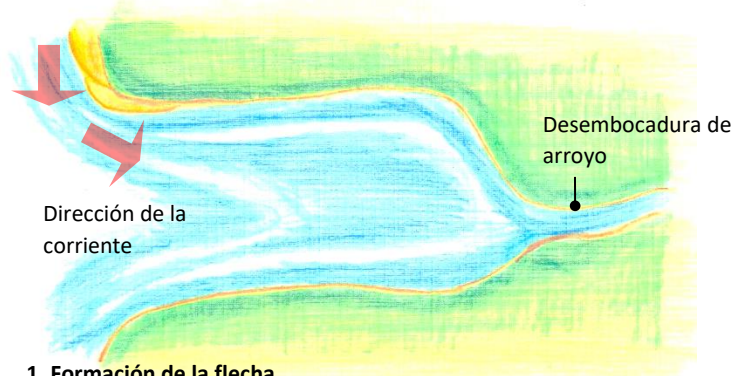
3. Cuevas

Con el tiempo se abre una cueva en la base del acantilado. Si la roca es resistente, mantendrá su forma alrededor y sobre la cavidad. Sin embargo, con el tiempo la cueva terminará derrumbándose.

Flechas arenosas

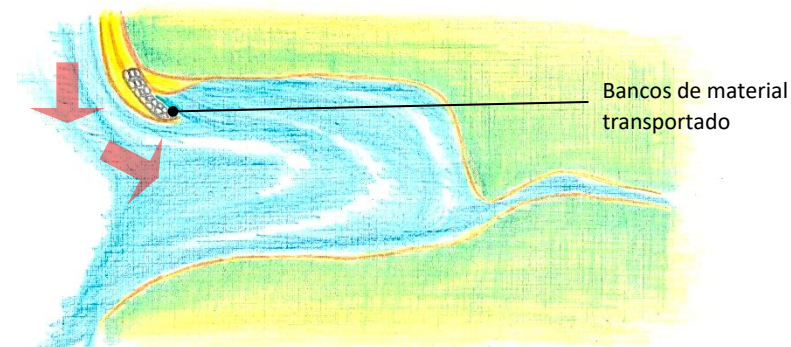
Modificado de: Yarham, 2010. Fotografía: Edgar Lima. Adaptación sólo para uso didáctico.

Las flechas se forman por la deposición continua de sedimentos en la dirección de una corriente a lo largo de la costa. Se construye cuando la cantidad de arena y grava transportada por el mar excede a la capacidad de las olas o las corrientes para llevarse ese material. Son lenguas largas y estrechas de arena y grava, se adentran al mar y a menudo se extienden en una bahía o una desembocadura. Cuando las flechas se estabilizan y protegen grandes extensiones de agua poco profunda e intermareal, se va depositando sedimento fino detrás de ellas y surge una marisma de agua salada. En ocasiones estas flechas arenosas se prolongan hasta islas cercanas a la costa, terminando por crear un puente natural entre la costa y la isla, formando lo que se denomina como un **tómbolo**.



1. Formación de la flecha

La flecha comienza su formación cuando la corriente litoral arrastra sedimentos como gravas y arenas junto a un borde o cabo del margen costero, el sedimento es depositado donde hay menos profundidad y por ende, donde el agua fluye a menor velocidad.

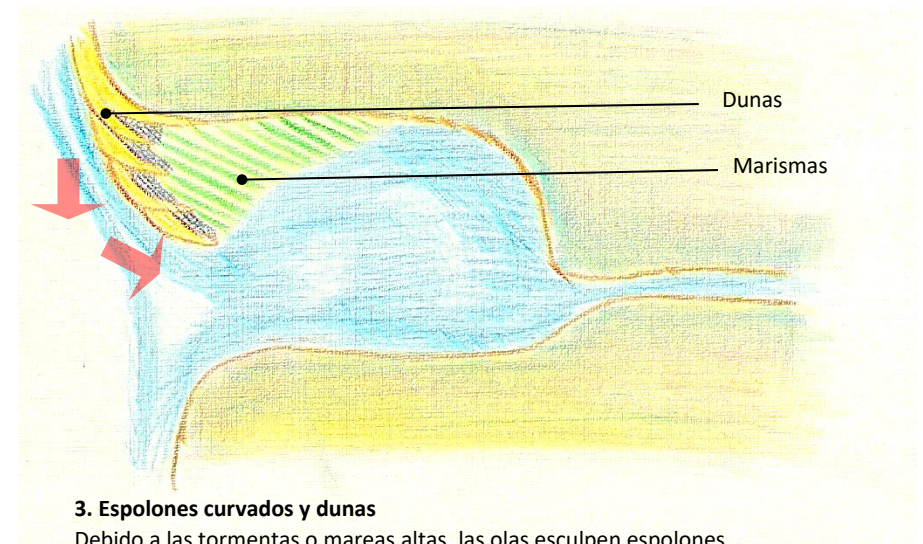


2. El efecto de las tormentas

Durante tormentas o mareas muy altas, el agua alcanza a depositar grandes cantidades de grava y arena que forman bancos de material duraderos.

De flecha a tómbolo

La flecha arenosa, que forma la Bahía de San Quintín, en realidad se trata de un tómbolo, ya que conecta a la costa con la antigua isla adyacente de Punta Mazo. En la parte interna de la bahía se prolonga una flecha arenosa en la desembocadura del Arroyo San Simón.

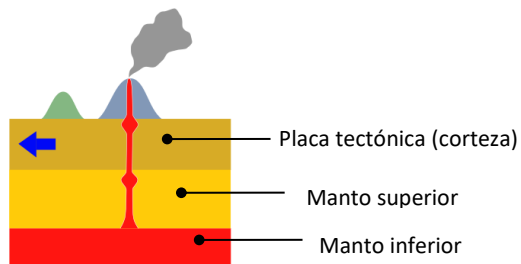
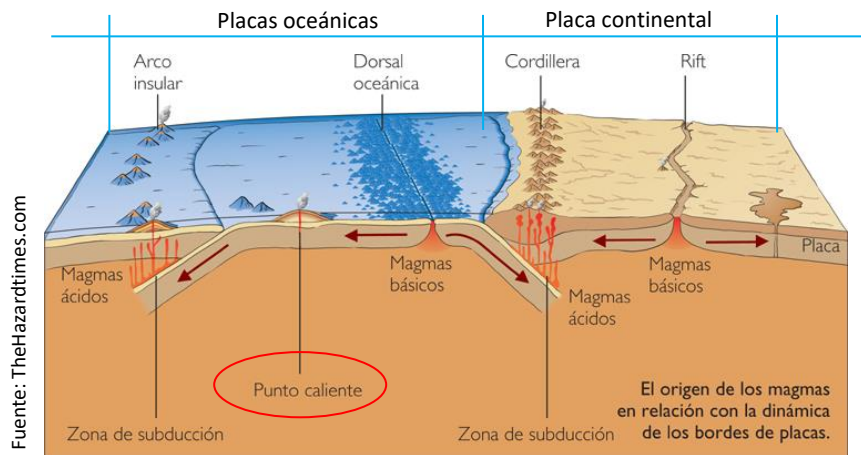


3. Espolones curvados y dunas

Debido a las tormentas o mareas altas, las olas esculpen espolones curvados compuestos de arena y gravas redondeadas. Al bajar la marea, el viento arrastra la arena seca sobre las gravas formando dunas. En el interior crece vegetación que estabiliza el espolón y permite su crecimiento.

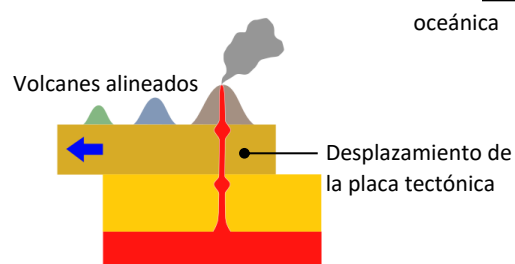
Inicio de la actividad volcánica

Desde el punto de vista tectónico, el vulcanismo deriva de tres procesos principales: arcos y cordilleras volcánicas asociados a zonas de subducción, vulcanismo de zonas de dispersión (Rift) y vulcanismo intraplaca producido en puntos calientes o “hot spots”. Los volcanes de la Bahía de San Quintín se originaron de un vulcanismo intraplaca similar al hot spot. Sin embargo, el origen de este tipo de vulcanismo específico deriva de un proceso poco común y que aún es causa de debate. Hace cerca de 12 Ma las antiguas placas tectónicas de la zona se estaban reacomodando, por lo que existía una gran inestabilidad cerca de la región de San Quintín. Se cree que en algún momento, una placa tectónica pudo haberse agrietado creando una **ventana astenosférica** que permitió el paso de materiales del manto superior hacia la superficie.



1. Punto caliente

Se forman por el ascenso de plumas de magma provenientes del manto a la superficie de la tierra.

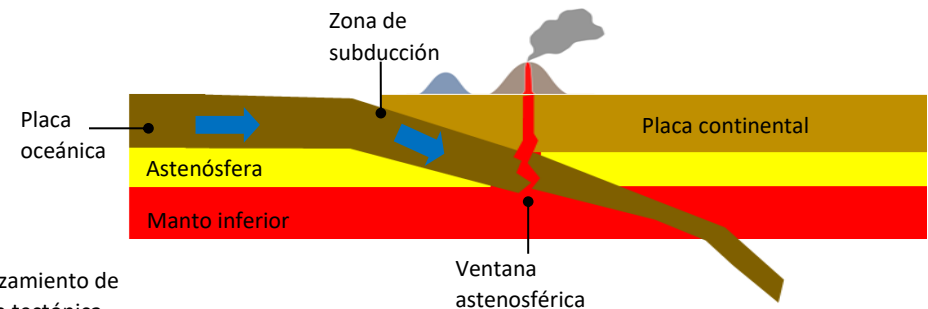
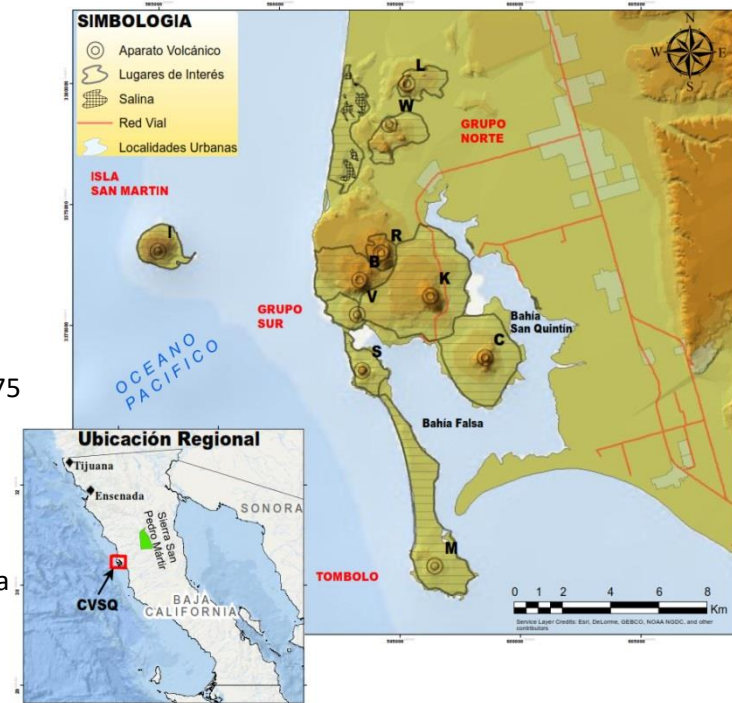


2. Cadena de volcanes

En la superficie, las placas tectónicas continúan su movimiento deslizándose sobre el manto, mientras que el punto caliente se mantiene quieto por debajo. Este efecto crea una cadena de volcanes los cuales se van extinguiendo conforme avanza la placa tectónica.

Campo Volcánico de San Quintín (CVSQ)

El campo volcánico dio origen a la Bahía de San Quintín. El ascenso de magmas de una profundidad estimada de 75 km origina la presencia de rocas y minerales únicos en Baja California.



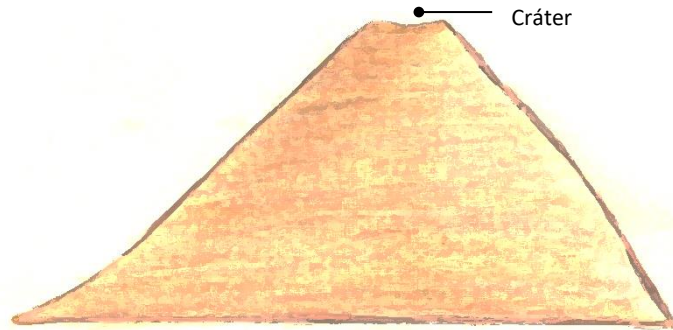
3. Ventana astenosférica

En una zona de convergencia de placas, si la placa que se sumerge llega a bifurcarse (como la lengua de una serpiente) o se parte en dos (como en la imagen), el manto tendrá libre acceso a una zona delgada debajo de la placa continental y, eventualmente el magma llegará a la superficie formando volcanes.

Tipos de volcanes

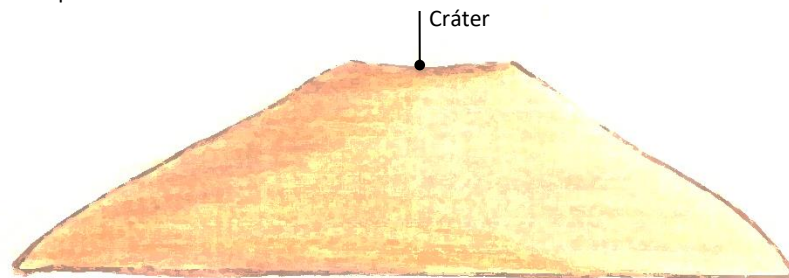
Modificado de: Yarham, 2010. Adaptación sólo para uso didáctico.

Los volcanes pueden clasificarse de diversas formas; por su estructura, actividad o por el tipo de erupción. Sin embargo, la manera más común de clasificarlos es por cómo se forman y por el material del que están constituidos. Los paisajes volcánicos más activos usualmente se encuentran cerca de los límites entre las placas tectónicas. Estos escenarios naturales son el resultado de las fuerzas internas que forman y modelan al planeta; además son sitios prioritarios para la conservación ya que integran parte importante del patrimonio geológico y de la historia de la tierra.



1. Estratovolcán

Son grandes volcanes compuestos, con lados muy pronunciados. Sus flancos están hechos de capas alternadas de lava, ceniza y fragmentos de roca que son expulsados en erupciones. El Volcán de la Tres Vírgenes en Baja California Sur es un ejemplo de este tipo de volcán.



2. Cono de ceniza

Montículos compuestos de cenizas y fragmentos gruesos de material piroclástico expulsados por la chimenea volcánica, el material se amontona al alrededor de ésta formando un cono. Es común ver coladas de lava expulsadas por chimeneas situadas en la base del cono.

Conos de ceniza

Al menos 12 volcanes integran al Campo Volcánico de San Quintín. Estos conos de ceniza se encuentran en distintos estados evolutivos. Aquí las erupciones de tipo estromboliano, arrojaron coladas de lava y grandes cantidades de ceniza.



3. Domo de lava

Cuando la lava es muy densa y tiene poco contenido de gases, apenas puede fluir y tiende a solidificarse rápidamente sobre las chimeneas creando montículos en forma de cúpula. Si la actividad continua, con el tiempo los flujos de lava construyen cúpulas pronunciadas llamadas cuellos o pitones volcánicos.



4. Volcán en escudo

Son amplias cúpulas de lava fluida que llegan a cubrir una gran superficie, incluso pueden abarcar cientos de kilómetros formando islas o paisajes volcánicos únicos.

Los antiguos habitantes

Mapa: Everardo Garduño, 2010.

Por la región confluyeron varios grupos étnicos, los cuáles cambiaron a través del tiempo, principalmente por las migraciones en busca de recursos. El grupo prehistórico más relevante es el de los yumanos. Estos son una familia etnolingüística a la cual pertenecen 15 grupos étnicos, los cuales habitaron en Baja California, Sonora y gran parte de Estados Unidos. En la Bahía San Quintín y sus alrededores los últimos habitantes nativos fueron los Kiliwas.

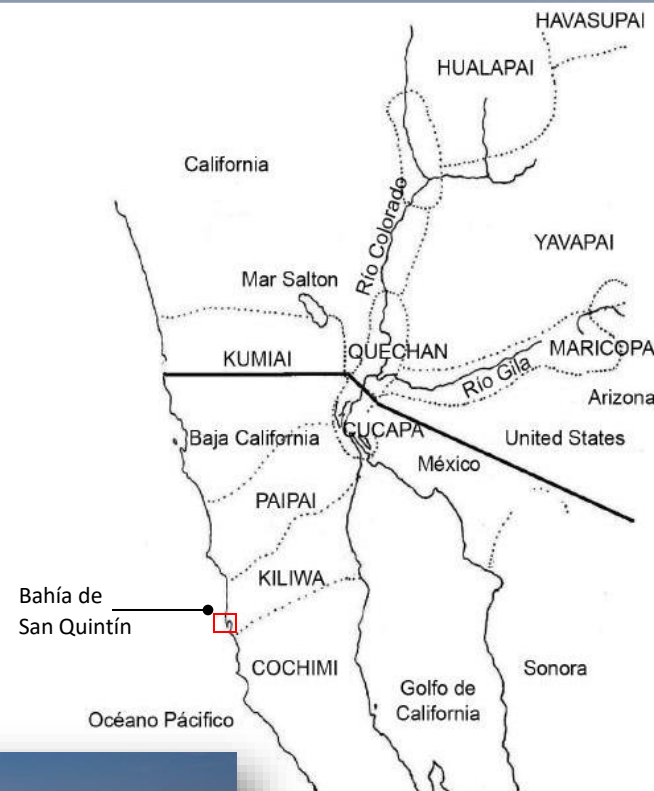
Los grupos étnicos de Baja California quedaron congelados en el Paleolítico, debido a que se caracterizaron por la fabricación y utilización de herramientas talladas en piedra, la práctica de la caza y recolección, así como algunas manifestaciones artísticas expresadas en el petrograbado y pinturas rupestres, así como ornamentos en concha, hueso y piedra.

¿Sabías que?

Los Kiliwas poseen la lengua más antigua de todos los grupos yumanos. En la actualidad existen apenas cinco hablantes de esta lengua.

Grupos yumanos

Los grupos étnicos yumanos que aún existen en Baja California son los Kiliwa, Kumiai, Paipai y Cucapá. De estos los Kiliwa habitaron en la Bahía de San Quintín. También existieron grupos anteriores a los yumanos pero sus lenguas están extinguidas, como los cochimí.



1. Resguardos

Los nativos tenían un gran conocimiento del entorno, así como una gran capacidad de adaptación y supervivencia. Ellos usaron las cavidades rocosas de la zona para resguardarse del clima agreste. En el interior de las cuevas hacían fogatas, se alimentaban y tallaban sus herramientas.



2. Concheros

Estos grupos no desarrollaron la construcción de enormes asentamientos como los grupos del centro y sur de México. Por su parte, las evidencias de antiguos asentamientos humanos son los depósitos de conchas o concheros (acumulaciones de conchas de almejas y caracoles consumidos por los nativos), material lítico (herramientas de piedra) y cerámica, que se encuentran mayormente en la costa sobre las dunas o acantilados de la región. Respeta estos sitios y déjalos como están, ya que está prohibido y penado por la ley removerlos o recolectar objetos culturales.

Glosario

Acuífero: Porción sedimento o roca permeable y poroso, que permite que el agua pase entre poros o grietas y se almacene.

Afloramiento: (*in situ*). Lecho de roca que ha quedado expuesto en superficie.

Alóctono: Material venido de otra parte.

Aluvi3n: Acumulaci3n de material sedimentario transportado por r3os y arroyos. Com3nmente se encuentran limos, arcillas, arenas y gravas.

Arcilla: material sedimentario fino y granulado que, cuando se humedece, es pegajoso.

Arenisca: Roca sedimentaria formada por arenas compactadas.

Astenosfera: Parte superior del manto terrestre, debajo de la lit3sfera. Generalmente formada por materiales viscosos

Aut3ctono: Formado en el lugar que se encuentra.

Basalto: Roca 3gnea volc3nica de color oscuro. Es una de las rocas m3s abundantes en la corteza.

Basamento: Corteza terrestre situada debajo de los dep3sitos sedimentarios.

Batolito: Gran masa de roca (cubre m3s 100 km²) que consolida en la corteza terrestre a gran profundidad.

Generalmente afloran y forman cadenas monta3osas.

Brecha: Roca sedimentaria compuesta de fragmentos rotos y angulosos.

Buzamiento: 3ngulo de inclinaci3n de las capas de roca.

Cabalgamiento: Conjunto de capas rocosas de edad m3s antigua que se superponen sobre otras m3s modernas por efecto de presiones laterales.

Cabo: O punta, es un accidente geogr3fico formado por una masa de tierra que se proyecta hacia el interior del mar.

Cala: Una peque1a bah3a o ensenada.

Caliche: Costra calc3rea o dolomita que se forma en la superficie por evaporaci3n, en regiones 3ridas.

Caliza: Roca sedimentaria formada por carbonato de calcio.

Ceniza volc3nica (Tefra): Part3culas muy finas expulsadas por un volc3n.

Clasto: Fragmento, ya sea de cristal, de roca o f3sil.

Concordancia: relaci3n geom3trica entre dos unidades estratigr3ficas superpuestas, condiciones uniformes de sedimentaci3n que siguen la secuencia normal de la 3poca geol3gica.

Concreción: Cuerpo sedimentario irregular, formados por precipitación o segregación de minerales alrededor de un núcleo o superficie.

Conglomerado: Roca sedimentaria de grano muy grueso.

Corteza: Capa externa sólida de la Tierra, de unos 5 km de espesor bajo los océanos y 64 km bajo las cordilleras continentales.

Cráter: depresión en forma de cuenca creada por la erupción volcánica o el impacto de un meteorito.

Cretácico: Periodo de la Era Mesozoica que va desde hace 145 hasta los 65.5 millones de años.

Cuarzo: Cristales de dióxido de silicio. El ágata y la amatista son dos tipos de cuarzo.

Cuaternario: Periodo de la era Cenozoica que comienza hace 2.58 millones de años y llega hasta la actualidad.

Cuenca de Drenaje: Zona por la que fluye el agua hacia un río o lago.

Deformación: Cualquier cambio producido en las rocas producto de movimientos geológicos.

Detrito: Material suelto y sedimentario de rocas. Producto de la erosión transporte y meteorización de las rocas.

Dique: Formación de roca ígnea que atraviesa otros cuerpos roca, generalmente tiene forma tubular

Discordancia: Rotura de la secuencia cronológica de las capas de roca o sedimentos. Representa cambios ambientales o movimientos tectónicos.

Duna: Montículo de arena seca cercana al mar, en el lecho de un río en el desierto.

Estromatolito: Estructuras organo-sedimentarias laminadas (comúnmente de carbonato de calcio) que crecen adheridas al sustrato. Su inicial formación y desarrollo a lo largo del tiempo, se debe a la actividad de poblaciones microbianas (típicamente dominadas por cianobacterias), que pasivamente facilitan la precipitación de carbonatos.

Eólico: Referente al viento. Rasgo geográfico formado por la erosión, transporte y sedimentación producida por el viento.

Erosión: Remoción o desgaste del suelo o roca por efecto del agua, el hielo o el viento.

Esquisto: Roca metamórfica compuesta por capas finas.

Estratificación: Formación visible de capas de sedimento o roca sedimentaria.

Estrato: Capas en las que se disponen las rocas sedimentarias, se forman por acumulación,

compactación y cementación de sedimentos.

Estuario: Tramo de agua donde se encuentra un río con el mar. También suele aplicarse en bahías donde se combina el agua dulce con el agua de mar (Salobre).

Evaporita: Depósito sedimentario que deja la evaporación de agua salada.

Falla: Fractura en una roca que provoca desplazamiento.

Feldespatos: Silicatos de aluminio con porciones distintas de potasio, sodio y calcio.

Fenocristal: Es un cristal de tamaño grande respecto al resto de los componentes de una roca; resultado de un enfriamiento lento en el proceso de cristalización del magma.

Fisura: Fractura en el suelo o en las rocas.

Flujo piroclástico: Mezcla de fragmento de roca y gases calientes expulsado por un volcán.

Fósil: Señal, forma o indicio de una planta mineralizada o de restos de animales.

Freático: Parte del suelo saturado de agua.

Gabro: Roca ígnea oscura, pesada y de grano grueso.

Geología: Ciencia que estudia la historia de la Tierra.

Granito: Roca ígnea granulosa de color gris común en la corteza terrestre.

Grava: Sedimento grueso compuesto de partículas mayores a 2 mm.

Hematita: Mineral compuesto por óxido de hierro.

Hidrotermal: Cualquier actividad relacionada con el calentamiento del agua por acción volcánica.

Holoceno: Época del periodo Cuaternario que abarca de los 10 mil años hasta la actualidad.

Ígneo: (Roca) roca formada cuando el magma o lava se enfría y solidifica.

Intrusión: Penetración de roca ígnea en otras rocas mientras está en estado líquido.

Jurásico: Periodo ocurrido desde hace 206 hasta los 145 millones de años.

Karst: (Kárstico) Paisaje irregular de roca caliza, creado por la erosión extrema de la roca

Lava: Roca líquida que ha salido a la superficie por actividad volcánica.

Lava A'A: (Del hawaiano A'ā, que significa "pedregosa con lava áspera") es uno de los tres tipos básicos de lava fluida. Están caracterizadas por su superficie irregular, resultante de la pérdida rápida de gases.

Lava Pahoehoe: (Encordada) Son generalmente coladas de lavas basálticas. Presenta rugosidades que se asemejan a cuerdas, lo que le da el nombre de lava cordada.

Lava Almohadillada: Son lavas basálticas solidificadas en un ambiente subacuático. Tienen una apariencia que se asemeja a almohadas apiladas.

Lecho de Roca: Roca sólida bajo el suelo o capas de sedimento.

Litósfera: Parte sólida y externa de la Tierra situada encima del Manto. Incluye la corteza, placas y continentes.

Llanura de Inundación: Terreno llano en un valle aluvial, cubierta de sedimentos depositados por la crecida del río.

Máfico: (Roca). Roca Oscura rica en minerales de magnesio y hierro.

Magma: Roca fundida que se encuentra bajo la superficie.

Meandro: Curva sinuosa moldeada por el curso de un río.

Metamórfico: Roca ígnea o sedimentaria que ha sufrido cambios debido a que ha estado expuesta a altas presiones y temperaturas.

Meteorización: Descomposición de la roca por acción de calor, sustancias químicas, lluvia, viento o por el hielo.

Mineral: Materia inorgánica surgida de forma natural con una

composición química definida y estructura cristalina.

Montaña: Elevación del terreno usualmente con lados empinados y mayor a los 300 metros de altura.

Núcleo: La parte más interna de la Tierra. Está compuesta de metales como el hierro con un núcleo interno sólido y un núcleo externo líquido.

Obsidiana: Vidrio volcánico oscuro.

Paleoclima: Clima antiguo (Paleo = antiguo).

Paleontología: Estudio de fósiles y formas de vida antiguas.

Placa Tectónica: Parte de la corteza terrestre en constante movimiento, expansión o contracción.

Plano de falla: Superficie a lo largo de la cual la falla o fractura ha causado el movimiento de la roca.

Pleistoceno: Época geológica del periodo Cuaternario, comprende desde hace 2.59 millones de años y finaliza aproximadamente en el 10.000 a. C.

Plioceno: Época geológica que comienza hace 5.33 millones de años y termina hace 2.59 millones de años.

Pumita: Vidrio volcánico ligero y lleno de vesículas.

Riolita: Roca ígnea de grano fino de composición similar al granito.

Roca: Masa de mineral sólido formada de manera natural.

Roca Piroclástica: Fragmento de roca expulsada por un volcán.

Sedimentación: Proceso de formación de roca sedimentaria.

Sedimentaria, Roca: Roca formada a partir de la acumulación y compactación de sedimentos.

Sedimento: Partículas finas de material depositado por agua o por el viento.

Seta Rocosa: También llamada roca fungiforme, son rocas con forma de hongo modeladas por la erosión y meteorización.

Subducción: Proceso por el cual una placa se hunde debajo de otra menos densa.

Subsidencia: Hundimiento de la corteza de la Tierra bajo el nivel superficial.

Suelo: Material superficial fértil compuesto de partículas minerales y orgánicas desintegradas o descompuestas.

Tectónica de Placas: Teoría que define que la corteza de la Tierra está formada por placas que se mueven por encima del manto.

Toba: Roca formada por el endurecimiento de ceniza volcánica.

Tómbolo: Barra formada por depósitos sedimentarios que unen una isla con otra o con la costa.

Valle en V: Valle con paredes de pendiente pronunciada erosionados por las corrientes de ríos o arroyos.

Ventifacto: Roca pulida por la arena transportada por el viento, comunes en zona desérticas.

Veta: Fino depósito de partículas minerales en la fractura de una roca.

Volcán: Saliente comúnmente de forma cónica sobre la superficie del terreno causada por la expulsión de lava y ceniza.

Xenocrystal: Un cristal individual, extraño a la roca encajante, incluido en una intrusión ígnea.

Xenolito: Fragmento de roca envuelta en otra de distinta composición y transportada a la superficie por la actividad ígnea. Cada roca se forma a distinta fase y profundidad.