



GUÍA GEOLÓGICA PARA USO TURÍSTICO Y PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO
A PARTIR DE LOS GEOSITIOS DE LA COMUNA DE PUCHUNCAVÍ

Sebastián Andrés Severino Valenzuela

Profesor guía

Hernán Gaete Olivares

Magíster en Patrimonio

Facultad de Arquitectura

Universidad de Valparaíso

2025

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a cada persona que se ha cruzado en mi camino, pues construyeron mi carácter con equivocaciones, paciencia y amor.

A mis padres Dalva y Manolo quienes me apoyaron siempre e hicieron posible que cumpla cada una de mis metas.

A mi compañera de terreno Constanza quien me demuestra su amor incondicional y a quien admiro mucho.

También agradezco a mis abuelas, tías, hermanos y hermanas quienes me inspiran profundamente.

Agradezco a la tierra de Puchuncaví por haber formado a este geólogo.

Por guiarme oportunamente agradezco al profesor Hernán Gaete.

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	MARCO TEORICO.....	5
2.1.	Puchuncaví	5
2.2.	Turismo en Puchuncaví.....	6
2.3.	El Patrimonio geológico	10
2.4.	Patrimonio geológico en Chile.....	12
2.5.	El patrimonio geológico local	14
2.6.	Productos de divulgación del geopatrimonio	14
2.7.	Geología de Puchuncaví	17
3.	PROBLEMA O HIPOTESIS DE TRABAJO	20
4.	OBJETIVOS.....	21
5.	METODOLOGÍA.....	22
5.1.	Revisión bibliográfica.....	22
5.2.	Trabajo de terreno	22
5.3.	Valoración de los geositios.....	23
5.4.	Selección final de los geositios	23
5.5.	Producto final: Elaboración de la guía geológica	25
6.	DESARROLLO	27
6.1.	Revisión bibliográfica y propuesta preliminar	27
6.2.	Inventario final de geositios	29
6.3.	Guía Geológica.....	32
6.4.	Propósito	32
6.5.	Público	33
6.6.	Estructura	33

6.7.	Formato y diseño.....	37
7.	PRODUCTO.....	38
7.1.	Propuesta Guía Geológica piloto.....	38
8.	CONCLUSIÓN.....	51
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	53

1. INTRODUCCIÓN

Durante casi dos décadas el patrimonio geológico de Puchuncaví ha sido incorporado en el inventario patrimonial local, gracias al esfuerzo realizado por actores e instituciones que se han preocupado por su valoración, como el museo de Historia Natural de Puchuncaví, el proyecto Geoparque Puchuncaví, la ONG Cárcava y estudiantes y profesores universitarios de la carrera de geología y afines (Andrade et al., 2009; Montti, 2013; Zora y Andrade, 2015; Zora, 2015). Entre los años 2009 y 2025 diversos autores han propuesto 42 geositios en Puchuncaví, quienes, mediante la valoración de estos, han definido aquellos con mayor relevancia desde un punto de vista turístico, educativo y científico (Andrade et al., 2009; Cartagena et al., 2011; Vargas, 2013; Pereira, 2014; Vilajuana, 2014; Zora, 2015; López, 2016; Bravo y Morales, 2021). Estos años de trabajo permitieron que en torno al geopatrimonio se desarrollen diversas actividades e iniciativas de carácter educativo (tesis, investigación), didáctico (visitas al museo, exposiciones itinerantes, charlas, talleres) y turístico (salidas a terreno, visitas guiadas). Sin embargo, no existe un producto divulgativo que presente una síntesis de los elementos geológicos más relevantes de Puchuncaví, con el cual el público general pueda reconocer, aprender y conectar con los paisajes geológicos cotidianos bajo otra perspectiva (la geológica).

El presente trabajo pretende visibilizar el patrimonio geológico de Puchuncaví, a través de una guía que permita transmitir al público general el valor de los elementos geológicos que existen en la comuna. Así, la divulgación de la geología mediante una guía geológica está enfocada al público general, pero también a estudiantes de enseñanza básica, media y universitaria, y pretende convertir actividades realizadas en torno al patrimonio natural una experiencia enriquecedora para toda la audiencia. De modo que, a partir de la divulgación, también se pueda incentivar la conservación de los elementos geológicos de relevancia local y regional, para que aumenten las iniciativas locales movilizadas por la temática geológica. La importancia del proyecto de guía geológica se centra en evitar la pérdida o fomentar el reconocimiento de este elemento como parte del patrimonio natural si no se toman las medidas adecuadas.

Por lo tanto, la guía pretende que el patrimonio geológico sea incorporado en el inventario patrimonial de la comuna de Puchuncaví, con la finalidad de ampliar el concepto de

patrimonio desde lo cultural hacia lo natural. De este modo, con el presente trabajo se espera contribuir al fortalecimiento del carácter identitario del patrimonio natural y la comunidad local y regional. Asimismo, se espera que futuras iniciativas logren incorporar los elementos geológicos en la promoción de actividades ligadas al patrimonio, promoviendo el desarrollo sustentable a nivel local.

Es así, como se presenta una selección final de 30 geositorios que representan el patrimonio geológico local, con los cuales se espera generar conocimiento mediante el uso de la guía geológica en actividades vinculadas al turismo y la divulgación, con enfoque al público general que visita la comuna de Puchuncaví. El presente trabajo, a modo de ejemplo, considera la presentación de una guía piloto con la caracterización de 9 de los 30 geositorios.

2. MARCO TEORICO

2.1. Puchuncaví

La comuna de Puchuncaví se ubica en el litoral de la región de Valparaíso y sus límites se extienden desde la línea de playa hasta la Cordillera de la Costa hacia el interior. Limita con la comuna de Nogales por el este, con la comuna de Zapallar por el norte y por el sur con Quintero y Quillota. Posee una extensión aproximada de 300 km² y una población de 22.539 personas según el último censo de población (INE, 2024).

Puchuncaví deriva del mupudungún “Puchuncahuin” que se interpreta como “donde abundan las fiestas”, además se considera como una de las localidades más antiguas de Chile con una historia que se remonta a más de 500 años (Municipalidad de Puchuncaví, 2020).

El inventario patrimonial de Puchuncaví es amplio y diverso, conformado por elementos del patrimonio material, inmaterial y natural que dan cuenta de la riqueza de la comuna y sus habitantes. Por ejemplo, la Parroquia Nuestra Señora del Rosario fue fundada en el año 1691 que, junto con el Campo de Prisioneros Melinka, son representantes del patrimonio material. Por otro lado, como parte del patrimonio inmaterial se encuentran los Bailes Chinos de las localidades de Pucalán La Canela, El Rincón, La Quebrada, entre otros, considerados como Patrimonio inmaterial de la Humanidad por la UNESCO. Finalmente, el patrimonio natural se encuentra representado por la fauna y vegetación nativa, dunas, montañas, acantilados y playas, donde destacan bosques costeros como el de Bellotos del Norte, zonas de nidificación

del piquero (*Sula variegata*) y yacimientos paleontológicos ricos en fósiles marinos (SERNATUR, 2019; Carrillo, 2011; MMA, 2007)

2.2. Turismo en Puchuncaví

El turismo en Puchuncaví se desarrolla con mayor fuerza los meses de verano debido a la existencia de numerosas playas, mientras que el resto del año se sostiene por actividades al aire libre, fiestas religiosas y las localidades rurales con sus tradiciones.

El catastro oficial de atractivos turísticos que elabora y administra el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR, 2019), ha reconocido 15 atractivos turísticos en la comuna de Puchuncaví, de los cuales destacan principalmente elementos del patrimonio natural como son las playas (Destino Turístico Litoral Norte) y, en menor medida, atractivos culturales como la Parroquia Nuestra Señora Del Rosario de Puchuncaví y localidades de la comuna como Puchuncaví, Campiche, Las Ventanas y Chocota.

Asimismo, el Plan de Desarrollo Turístico Comuna de Puchuncaví 2020-2025 (PLADETUR) (Municipalidad de Puchuncaví, 2020) ha evaluado el rol y potencial de la oferta turística de la comuna de Puchuncaví y propone 18 nuevos atractivos turísticos. De los cuales, 6 tienen estricta relación con el geopatrimonio al ser considerados “Lugar de intereses geológicos y paleontológicos” y “Museo” (Figura 1), estos son:

- Yacimientos Paleontológico Los Maitenes de Puchuncaví
- Arco de Roca Las Ventanas de Puchuncaví
- Acantilados Costeros de Quirilluca Puchuncaví
- Acantilados de Playa Larga de Horcón de Puchuncaví
- Jurásico de San Antonio de Puchuncaví
- Museo de Historia Natural de Puchuncaví.

En síntesis, son 33 los atractivos turísticos reconocidos en la comuna por SERNATUR (2016) y por el PLADETUR comuna de Puchuncaví 2020-2025 (Municipalidad de Puchuncaví, 2020), de los cuales destacan los sitios naturales como playas y humedales, geositios y museo (Figura 2). Asimismo, las localidades rurales de la comuna y sus tradiciones reciben un gran número

de visitantes al año, donde destacan la feria artesanal y puente de los deseos de Horcón y la Parroquia Nuestra señora del Rosario de Puchuncaví.

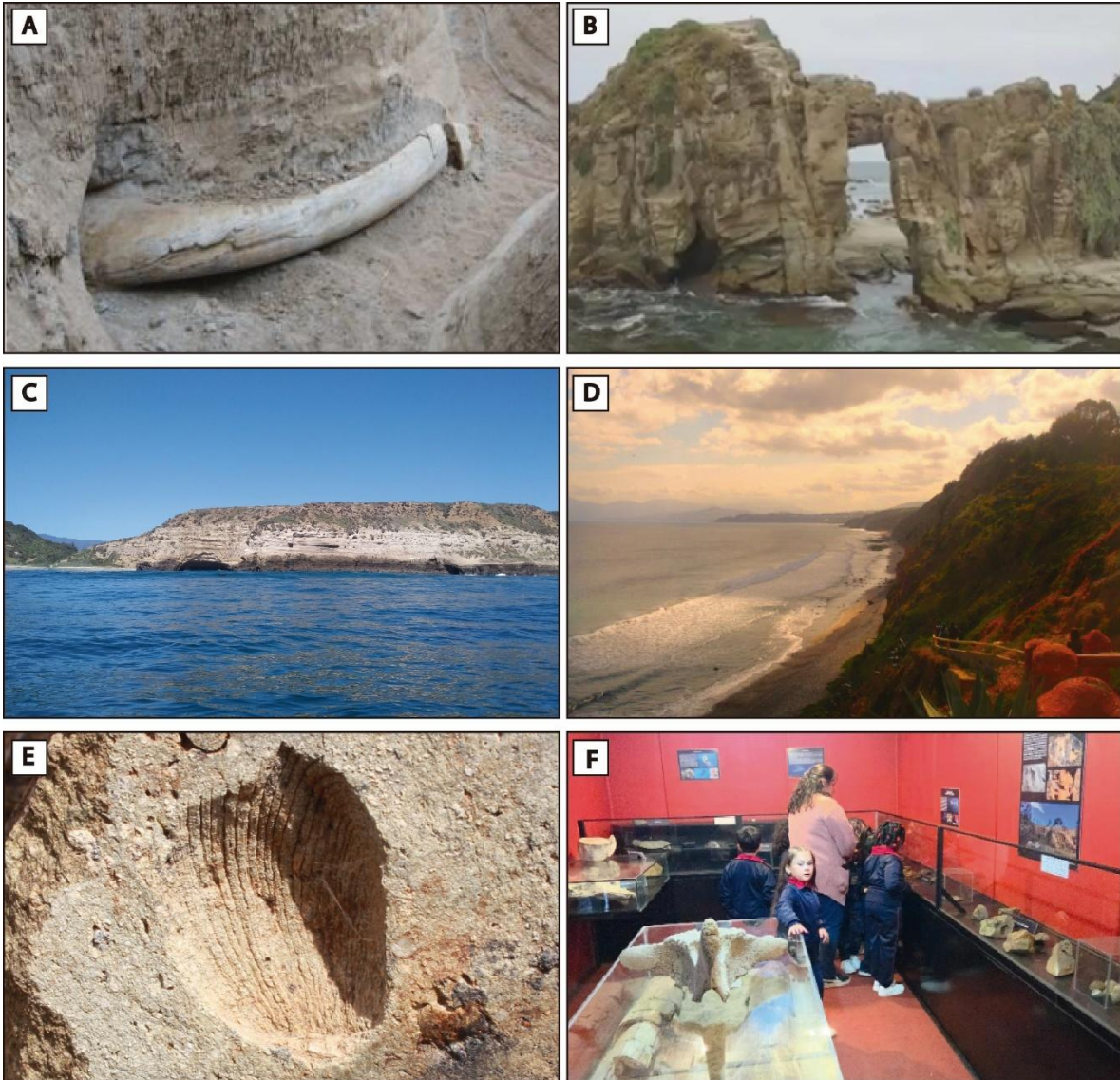


Figura 1. Museo y Lugares de interés geológico y paleontológico (SERNATUR, 2019; Municipalidad de Puchuncaví, 2020). A. Yacimiento Paleontológico los Maitenes de Puchuncaví. B. Arco de Roca Las Ventanas. C. Acantilados costeros de Quirilluca. D. Acantilados de playa larga de Horcón. E. Jurásico de San Antonio de Puchuncaví. F. Museo de Historia Natural de Puchuncaví.

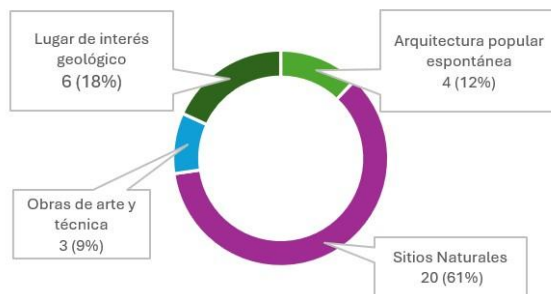


Figura 2. Distribución (%) de tipos de atractivos turísticos de la comuna de Puchuncaví (SERNATUR, 2019; Municipalidad de Puchuncaví, 2020).

Por otro lado, el Plan de Desarrollo Turístico Comuna de Puchuncaví 2020-2025 (Municipalidad de Puchuncaví, 2020) da cuenta del sistema patrimonial de la comuna, a partir de la revisión bibliográfica de diversos documentos y publicaciones académicas y normativas. De este modo, el inventario patrimonial de Puchuncaví está conformado tanto por elementos del patrimonio natural como cultural, según se muestra en la Tabla 1 (Figura 3).

Tabla 1. Elementos del patrimonio natural y cultural de Puchuncaví (Municipalidad de Puchuncaví, 2020).

Categoría	subcategoría	Nº	Elemento patrimonial
Natural	Geositios	1	Yacimiento paleontológico de Los Maitenes de Puchuncaví.
		2	Acantilados de Playa Larga de Horcón de Puchuncaví.
		3	Arco de Roca Las Ventanas de Puchuncaví.
		4	Acantilados Costeros de Quirilluca de Puchuncaví.
		5	Jurásico San Antonio de Puchuncaví.
	Sitios Prioritarios de la Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad	6	Cuesta El Melón - La Canela - Altos de Pucalán.
		7	Estero Catapilco - Humedal La Laguna.
		8	Acantilados de Quirilluca.
		9	Humedal Los Maitenes - Humedal Campiche.
Cultural	Inmaterial	10	Los Bailes Chinos: Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad.
	Material o Tangible	11	Parroquia Nuestra Señora del Rosario de Puchuncaví.
		12	Altar Mayor de la Parroquia Nuestra Señora del Rosario de Puchuncaví.
		13	Capilla Santa Ana.
		14	Santuario "El Cerrillo".
		15	Balneario Popular y Campo de Prisioneros Melinka.
		16	Gruta de Lourdes.
		17	Monumento al "General Velásquez".
		18	Cementerio Municipal de Puchuncaví.
		19	Cementerio de los Apestados.
		20	Las Salinas de La Greda.

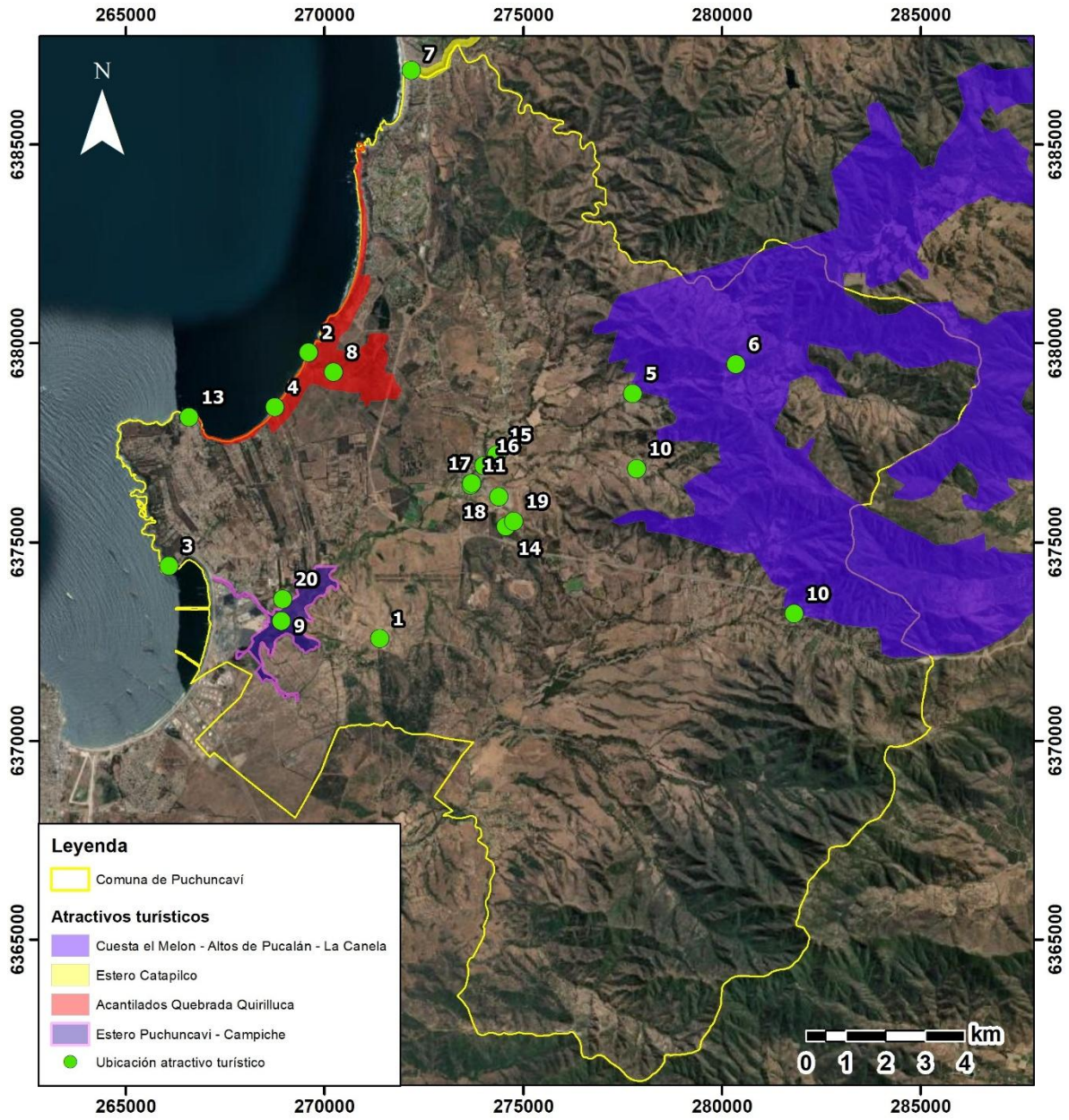


Figura 3. Localización de los principales atractivos de Puchuncaví y los elementos que conforman el patrimonio natural y cultural, según la Tabla 1.

2.3. El Patrimonio geológico

Desde algunas décadas, el patrimonio geológico ha sido incluido en el inventario patrimonial internacional. La iniciativa recae principalmente en la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y, en particular, en el Programa Internacional de Ciencias de la Tierra (PICG), la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (UICG) y los Geoparque mundiales de la UNESCO, todos incorporados en el Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques (PICGG). Desde su creación en el año 1972, el PICG fomenta las investigaciones interdisciplinarias en ciencias de la Tierra que llevan a cabo investigadores internacionalmente, por medio de labores de investigación conjunta, reuniones y talleres.

En la década de 1990, la IUGS inició el desarrollo de una base de datos de sitios geológicos de relevancia internacional, sin lograr la aceptación global que se esperaba. En consecuencia, se desarrolló un nuevo proyecto de Geositios Globales de la IUGS para realizar un inventario mundial del patrimonio de relevancia internacional en un contexto donde los Geoparque Mundiales de la UNESCO juegan un papel importante. Dicho proyecto se desarrolló con la colaboración de los servicios geológicos, las instituciones de investigación y geoparque de todo el mundo (UNESCO, 2015).

En la década de 1990, nace el concepto de geoparques para dar respuesta a la necesidad de conservar y realzar el valor de zonas de importancia geológica en la historia de la Tierra. En este sentido, en 2004, con apoyo de la UNESCO se creó la Red Global de Geoparques. Y en 2015, 195 Estados Miembros de la UNESCO ratifican la creación del programa de Geoparques Mundiales de la UNESCO. Los geoparques se definen como *“el mecanismo de cooperación internacional por medio del cual zonas del patrimonio geológico de valor internacional, aplicando un enfoque de abajo arriba a la conservación de ese patrimonio, se respaldan unas a otras para promover, junto con las comunidades locales, la conciencia de dicho patrimonio y adoptar un enfoque sostenible del desarrollo de la zona”* (UNESCO, 2015). En la actualidad, de acuerdo con los datos oficiales de la UNESCO el número de Geoparques de la UNESCO asciende a 229 distribuidos en 50 países, entre los que es posible destacar al Geoparque Kutralkura como representante de Chile.

Cabe destacar que no todos los elementos del patrimonio geológico mundial cumplirán con los requisitos que establece la UNESCO para formar parte de su red, no obstante, el conjunto de dichos elementos presentes en un determinado territorio sí podrá cumplir con los atributos suficientes como para ser considerados a nivel nacional, regional o local, bajo otras figuras como las de reserva o parque natural, geoparque, parque geológico u otras.

Las definiciones de patrimonio geológico son numerosas, con bastantes similitudes entre unas con otras. Cendrero (1996) lo define como *“el conjunto de recursos naturales, no renovables, ya sean formaciones rocosas, estructuras geológicas, acumulaciones sedimentarias, formas del terreno, o yacimientos minerales, petrológicos o paleontológicos, que permiten reconocer, estudiar e interpretar la evolución de la historia de la Tierra y de los procesos que la han modelado, con su correspondiente valor científico, cultural, educativo, paisajístico o recreativo”*. Por otro lado, la definición de García-Cortés y Carcavilla (2013) indica que corresponde a un *“conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución 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”*.

Asimismo, los elementos que conforman el geopatrimonio o la geodiversidad de un territorio son denominados geositios o lugar de interés geológico, ambas definiciones ampliamente utilizadas como sinónimo. Brilha (2005) define como geositio a la *“ocurrencia de uno o más elementos de la geodiversidad, bien delimitado geográficamente y que presenta un valor singular desde el punto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico u otro”*. Mientras que García-Cortés y Carcavilla (2013) definen como lugar de interés geológico a *“Lugar de interés, por su carácter único y/o representativo, para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos (...). Estas áreas deberán mostrar, de manera suficientemente continua y homogénea en toda su extensión, una o varias características notables y significativas del patrimonio geológico de una región natural”*.

Por último, una vez definido y valorizado el patrimonio geológico o la geodiversidad de un determinado territorio, estos atraerán a los visitantes que consideren que los atributos de los geositios o lugares de interés geológicos que lo conforman son lo suficientemente atractivos,

lo que daría lugar al desarrollo de turismo de fines especiales o geoturismo. Según Hose (2000), como se citó en Brilha, (2005) *“el geoturismo consiste en proporcionar servicios y medios interpretativos que promuevan el valor y el beneficio social de los geositios (...), asegurando simultáneamente su conservación para uso de estudiantes y turistas”*.

2.4. Patrimonio geológico en Chile

En Chile, las recomendaciones internacionales realizadas por la UNESCO o UICG han sido respondidas lenta pero progresivamente, aunque de manera aún inorgánica (Mourgues et al., 2016). Los primeros inventarios y registros del patrimonio geológico chileno se dieron en el año 2000, impulsados por la Sociedad Geológica de Chile (SGCH), el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), el Instituto Antártico Chileno (INACH) y universidades nacionales. Lo anterior, gestionado en el marco de una profusa normativa relativa al patrimonio geológico. En el año 2008, la SGCH desarrolló el Programa de Detección y Establecimiento de Geositios de Chile con el propósito de sensibilizar a la comunidad acerca del valor del patrimonio geológico. En el año 2019, luego de una década de trabajo entre diversas instituciones públicas y privadas, se oficializa el Geoparque Kütralkura como el primer Geoparque Mundial de la UNESCO de Chile (UNESCO, 2019). Posteriormente, la UICG dio a conocer tres geositios de Chile como patrimonio geológico mundial en el año 2022, estos son, Las Torres del Paine, Los Geysers de El Tatio y Los Puquios del Salar de Llamara, mientras que en el año 2024 se incluyó en el inventario el geositio “Las Lavas de Hierro de El Laco” (Figura 4).

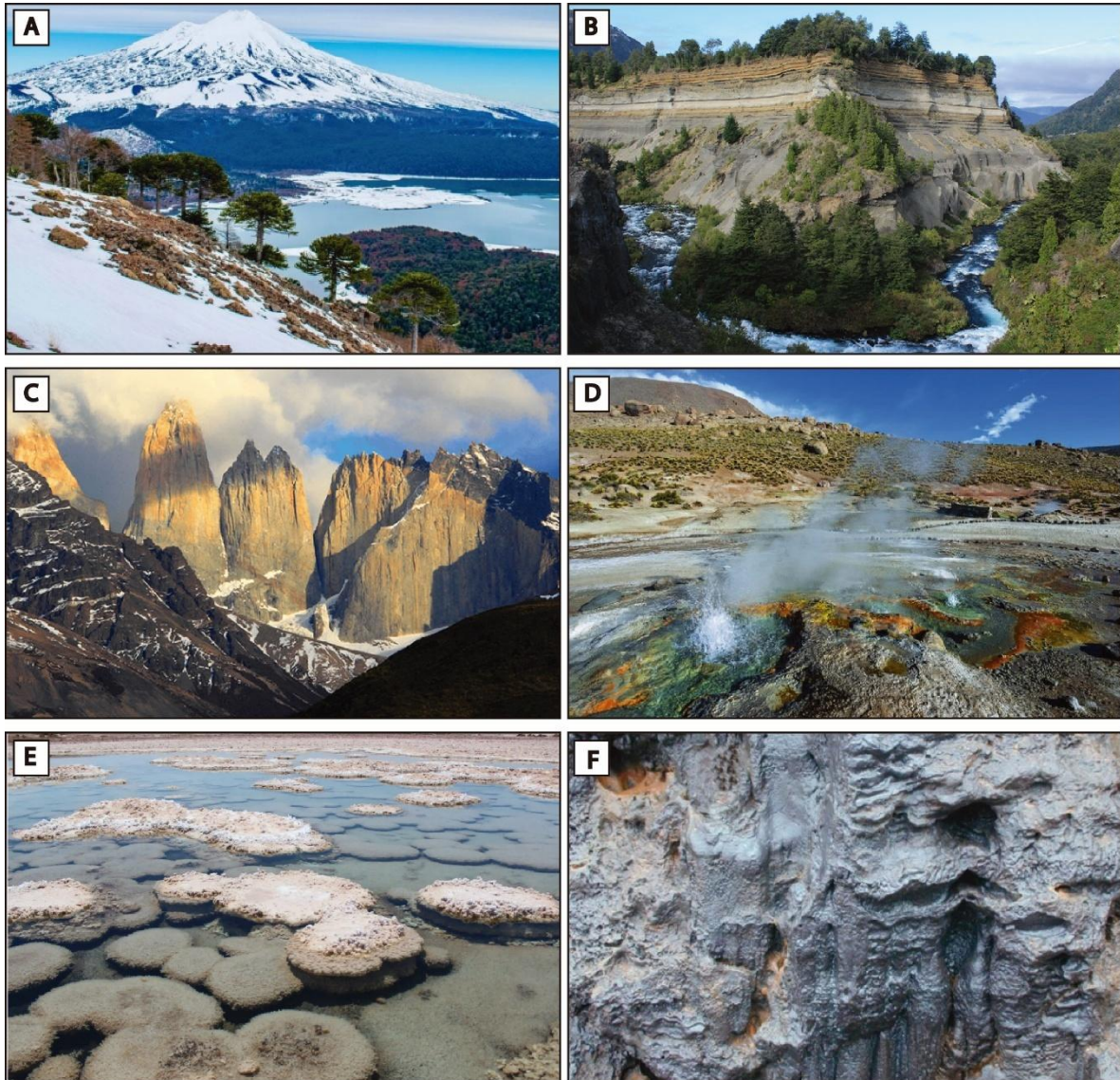


Figura 4. A-B. Geoparque Kutralkura (Fotografía: www.meteored.cl y Turismo Likankura C. Torres del Paine (Fotografía: www.lastorres.cl). D. Los Geysers de El Tatio (Fotografía de A. Duro/ESO). E. Los puquios del Salar de Llamara (Fotografía: www.tarapacainsitu.cl). E. Las Lavas de Hierro de El Laco (www.revistacrisol.cl).

En definitiva, la incorporación del patrimonio geológico como el representante abiótico del patrimonio natural en los inventarios internacionales y nacionales, es un hecho consumado. Por lo cual, no sólo debe ser considerado como un elemento aislado del patrimonio natural, si no, que más bien, debe ser entendido desde un concepto más amplio que incluya de manera conjunta al patrimonio cultural.

2.5. El patrimonio geológico local

En la década del 2010, el Museo de Historia Natural de Puchuncaví encabezó un rol protagonista en la visibilización del patrimonio geológico de la comuna, mediante la idea de creación de un geoparque. De este modo, el museo se convierte en un punto de encuentro del patrimonio geológico captando la atención de investigadores y estudiantes.

En la actualidad, Puchuncaví ha demostrado la posesión de un patrimonio geológico importante, cuyo inventario ha ido en aumento considerablemente en la última década (Vilajuana, 2014; Zora, 2017; López, 2016). En este sentido, Zora (2017) propone hacer uso del potencial del patrimonio natural geológico, no-geológico y cultural para desarrollar iniciativas de turismo alternativo sustentable, que den un empuje económico nuevo para la comuna.

El patrimonio geológico como parte de la actividad turística local aún se encuentra en una fase inicial, ya que no cuenta con la correspondiente visibilización de los elementos que lo conforman. A pesar de que el geopatrimonio ya es considerado en el Plan de Desarrollo Turístico Puchuncaví 2020-2025 (PADETUR, 2020), no incluye una propuesta clara que considere la implementación de instalaciones y servicios en favor de llevar a cabo iniciativas relacionadas con esta temática. Por lo tanto, si se desea hacer uso del entorno natural y de sus atributos geológicos, se requiere llevar a cabo un proceso de planificación que permita promover el desarrollo turístico sostenible y la conservación de los elementos naturales del territorio, con la finalidad de contribuir a la mejora del bienestar de la comunidad de Puchuncaví.

2.6. Productos de divulgación del geopatrimonio

En la actualidad, existen una gran cantidad de productos asociadas a la divulgación del patrimonio geológico para fines educativos, didáctico y turísticos, tanto en medios digitales como impresos. Por lo general, los productos corresponden a manuales, folletos, guías de bolsillo, guías turísticas y libros, elaborados con el propósito de mostrar a los visitantes, de un determinado territorio, los elementos que conforman el patrimonio geológico, junto con una propuesta de itinerarios o paradas, rutas, servicios y actividades que permitan potenciar la experiencia.

A modo de ejemplo, la Sociedad Geológica de España (SGE) todos los años organiza el Geolodía, la cual corresponde a una “iniciativa de divulgación en la que se realizan excursiones geológicas de campo guiadas por geólogos, gratuitas y abiertas a todo el público” (www.geolodía.es). Durante esta actividad se entregan folletos a los participantes para que puedan utilizar durante el recorrido por el día, de este modo, facilitar la comprensión del relato geológico. Por lo general, el contenido del folleto es acotado, sin muchas páginas, con textos sintéticos y de fácil comprensión que se apoyan con fotografías, infografías y cartografías del área en estudio.

Las guías también son un producto de divulgación muy utilizado en iniciativas relacionadas con el geopatrimonio. Estas pueden ser diferenciadas de acuerdo con el propósito de cada guía, las cuales pueden variar según el uso (guías de viaje, compras, gastronómica, etc) así como también por el volumen del contenido de estas (guías turísticas, guía de parques nacionales, guías museográficas, etc.). Por ejemplo, es posible encontrar guías de bolsillo, comúnmente utilizadas para el reconocimiento de la flora y fauna de un territorio como las elaboradas en Chile por Vázquez (2024) y Martínez (2024), entre otras. No obstante, también se encuentran guías de este tipo con contenido geológico, enfocadas principalmente al reconocimiento de rocas y minerales, con una breve introducción sobre el estudio de la tierra (Saint-Laurence y Vázquez, 2024). Contienen información concisa y práctica, acotadas a un área pequeña o actividad en particular, están diseñadas para ser fácilmente transportadas y utilizadas en movimiento y para obtener orientación y respuestas rápidas sobre temas de interés.

Por otro lado, las guías también se presentan en formatos de mayor número de páginas, diseñadas para entregar al visitante toda la información que destaca de un área o territorio más extenso, como podría ser el caso de parques, reservas, provincias o regiones. Se organizan de acuerdo con una estructura: Portada, título, introducción y desarrollo. El desarrollo de la guía es el punto más relevante, ya que en este apartado se entregará la información de acuerdo con un orden coherente, desde lo más general hasta lo más específico, incluyendo la información escrita de manera que sea fácil de comprender. Lo anterior, será complementado con el apoyo de ilustraciones, fotografías y mapas, todo en un formato de tamaño pequeño a mediano para su transporte mientras se practica el turismo (CEUPE, 2025). Un ejemplo de este tipo de

contenidos en Chile es la guía geoturística elaborada por el Geoparque Kutralkura (Schilling et al., 2013).

Por último, los libros también son representantes de los productos utilizados para la divulgación de la geodiversidad. En Chile, los libros publicados han surgido a partir de iniciativas públicas y, en menor medida, privadas, que fomentan el conocimiento del patrimonio geológico en la comunidad, destacan los libros *Geositios de Chile: Una mirada a sus maravillas geológica* (Sernageomin, 2023), *Geositios de la Región de Aysén* (Bernado et al., 2025) y *Especies Minerales Chilenas: Un aporte al conocimiento del geopatrimonio de Chile* (Cuadra, 2022) (Figura 5). En términos generales, los libros elaborados con un propósito informativo sobre el geopatrimonio presente en un territorio, se caracterizan por contener muchas ilustraciones y fotografías que dan cuenta de las virtudes del espacio natural descrito en el texto. De este modo, las imágenes forman parte de la narración, ya que complementan los textos del libro

En conclusión, existe una diversidad de productos que pueden ser utilizados para realizar la divulgación de la geodiversidad de un territorio, los cual, a su vez, dependerán del tipo de actividad, uso, volumen de información y extensión del área de estudio, entre otros de acuerdo con la necesidad y objetivo de cada proyecto.



Figura 5. Portada de productos de divulgación internacionales y nacionales. Folletos actividad del geolodía (España), guía práctica de campo (Andalucía, España), Libro sobre geopatrimonio (Arabia Saudí), Libro de geositios (Aysén, Chile), Guía geoturística (Geoparque Kutralkura, Chile) y Libro Geositios de Chile (SERNAGEOMIN, Chile). (nombrados de izq. a decha. y arriba a abajo).

2.7. Geología de Puchuncaví

Las rocas presentes en Puchuncaví son como las páginas de un libro que cuentan la historia geológica del lugar (figura 6). Las rocas más antiguas de la comuna corresponden a rocas metamórficas, las cuales debido a procesos tectónicos fueron sometidas a grandes presiones, transformándolas en rocas distintas a las que originalmente fueron (Thomas, 1958). También encontramos rocas del Jurásico Inferior, es decir, se formaron hace 191 millones de años atrás (Rivano, 1996). Durante el Jurásico, en lo que hoy es la Cordillera de la Costa, existió un paisaje dominado por volcanes activos que ocupaban buena parte de la costa. Entre las capas de lavas y cenizas expulsadas por estos antiguos volcanes se encuentran intercalaciones de rocas sedimentarias que contienen fósiles marinos jurásicos, los que nos dan algunas pistas sobre lo cerca que estaban los volcanes del mar, muy distinto a lo que ocurre en la actualidad donde los volcanes se encuentran en lo alto de la Cordillera de los Andes. Luego, millones de años después, durante el Mioceno y Plioceno se depositaron los estratos marinos de la

Formación Horcón en lo que fue una antigua bahía; en estas rocas se encuentra una rica fauna fósil que habitaba el fondo marino, compuesta por moluscos marinos, peces óseos, tiburones, pingüinos, cormoranes, delfines, ballenas y perezosos de vida marina. Debido al alzamiento del continente producto de la tectónica de placas, hoy podemos observar estas rocas con fósiles en los acantilados que recorren la línea de costa y en cárcavas al interior de la comuna. En el Mioceno y Plioceno también se depositaron sedimentos fluviales de la Formación Confluencia que nos dan cuenta de los cambios geomorfológicos del paisaje. Actualmente, los procesos geológicos siguen activos y día a día modelan la superficie a partir de la interacción entre las rocas y otros agentes como el viento y el agua. También es posible recorrer las antiguas minas de cobre, oro y carbón que se encuentran en lo alto de los cerros y quebradas, resguardadas como un tesoro digno de unos pocos aventureros.

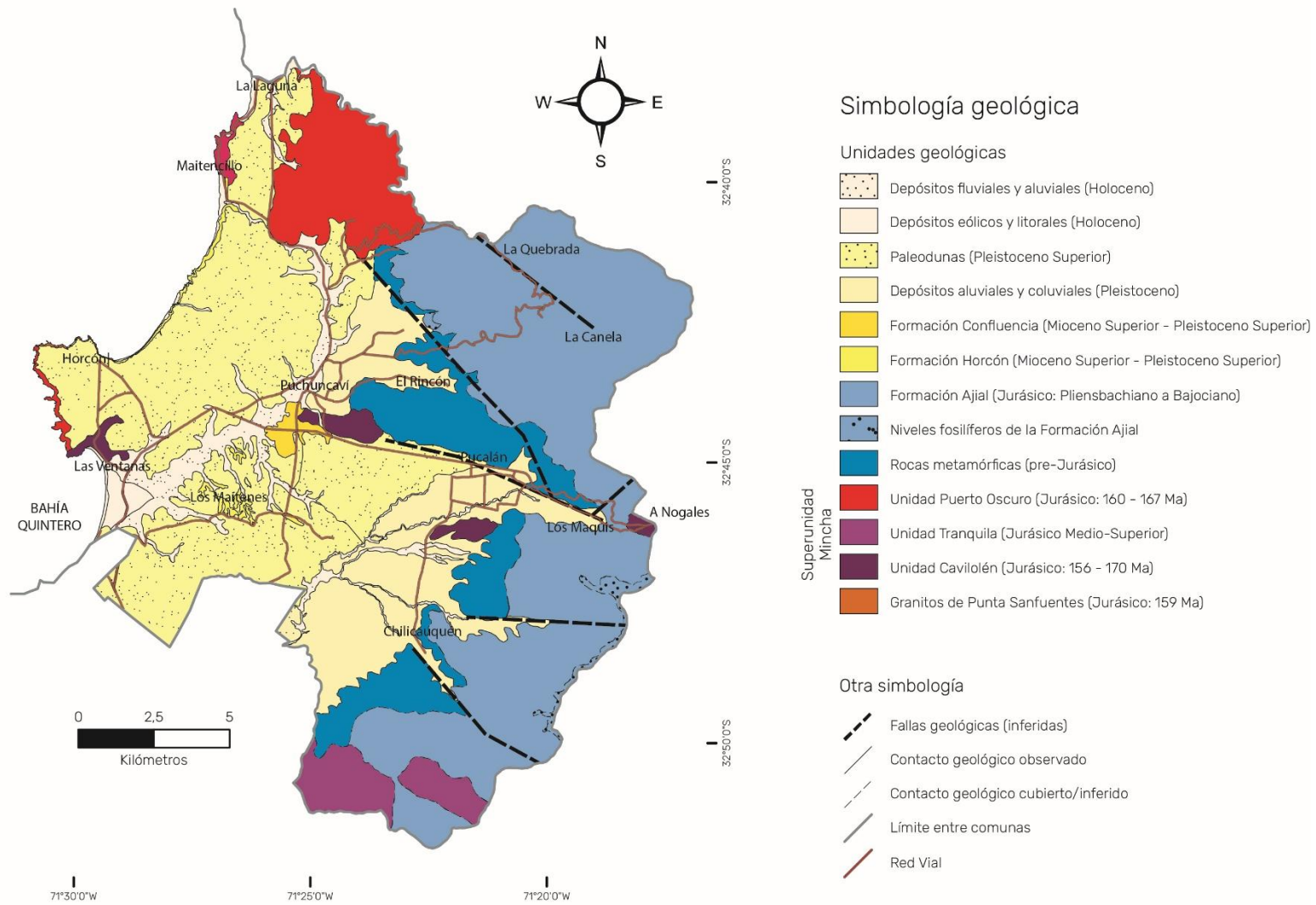


Figura 6. Mapa geológico de la comuna de Puchuncaví (Elaboración propia).

3. PROBLEMA O HIPOTESIS DE TRABAJO

En la comuna de Puchuncaví se reconoce un patrimonio geológico que no ha sido visibilizado y/o desarrollado, al menos no lo suficiente, ya que se requiere un mayor trabajo para su puesta en valor, por lo que se corre el riesgo de que se pierda o no se reconozca como un elemento del patrimonio natural si no se toman las medidas adecuadas. Asimismo, la inacción sobre el geopatrimonio pone en peligro la conservación de los elementos que lo conforman. Por otra parte, la comuna ha enfrentado episodios de contaminación conocidos a nivel nacional, que dificultan aún más la aceptación de alternativas de desarrollo sustentable para la comunidad, sumado al crecimiento industrial y la presión de las inmobiliarias sobre suelos del territorio geopatrimonial. En consecuencia, dada la enorme problemática socio-ambiental, se deben poner en valor nuevos elementos con los cuales la comunidad pueda sentirse identificada y generar sentido de pertenencia, para así también velar por su salvaguarda. Sin embargo, el camino a la consolidación del geopatrimonio es largo, pues se debe señalar que la comuna de Puchuncaví carece de agentes locales capaces aún de lograr una articulación de los actores locales (Pereira, 2014).

Ante la falta de visibilización y divulgación de los elementos que conforman la geodiversidad de Puchuncaví, surge la necesidad de poner en valor el patrimonio geológico a través de una guía geológica para uso turístico y divulgativo, la cual permitirá a los habitantes y visitantes de la comuna reconocer un patrimonio que no ha sido puesto en valor correctamente. De este modo, se podrán conocer los distintos atractivos turísticos desde un punto de vista geológico y del paisaje, reconociendo los geositios de la comuna, a través de un documento que permita una lectura clara y concisa de conceptos geológicos más complejos, junto con ilustraciones ejemplificadoras sobre lo que vemos en terreno.

El presente trabajo pretende vincular la ciencia geológica con la comunidad, en una guía geológica que permitirá interpretar el patrimonio geológico y entregar una base para la comprensión del territorio desde lo general a lo específico. Lo anterior, permitirá al visitante/turista disfrutar de los diversos recorridos y paradas propuestas en la guía, para conectar con los elementos del patrimonio natural en conjunto con los otros patrimonios.

En conclusión, el patrimonio geológico debe ser incorporado en el inventario patrimonial de la comuna de Puchuncaví, con la finalidad de ampliar el concepto de patrimonio desde lo cultural hacia lo natural. De modo, se espera que futuras iniciativas logren promover actividades ligadas a todos los tipos de patrimonio, promoviendo el desarrollo sustentable a nivel local.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Resaltar el patrimonio geológico mediante una guía geológica con enfoque turístico y divulgativo, para que sea usada por los habitantes y visitantes de la comuna de Puchuncaví.

4.2. Objetivos específicos

Determinar los elementos del patrimonio geológico de la comuna de Puchuncaví que serán incluidos en la guía geológica, considerando su singularidad, representatividad y diversidad.

Desarrollar los contenidos de la Guía geológica de Puchuncaví en función de los elementos del patrimonio geológico previamente seleccionados.

Generar la Guía del Patrimonio geológico de Puchuncaví que permita al visitante conectar con todos los elementos geológicos y su historia de millones de años.

5. METODOLOGÍA

5.1. Revisión bibliográfica

La identificación de los lugares de interés geológico de la comuna de Puchuncaví se realizó inicialmente en diversas reuniones sostenidas por profesionales de la Región de Valparaíso vinculados a las ciencias de la tierra, entre los cuales se encuentra el autor del presente trabajo. Lo anterior, fue complementado con la revisión de la cartografía geológica disponible Hoja Quillota-Portillo (Rivano et al., 1993), la revisión bibliográfica de trabajos de pregrado (Bravo y Morales, 2021; López, 2016; Zora, 2015; Vilajuana, 2014; Vargas, 2013; Montti, 2013), trabajos de postgrado (Zora, 2017) y publicaciones en revistas y congresos (Zora & Andrade, 2015; De Pablo et al., 2009) que dan cuenta del patrimonio geológico de la comuna. Por último, de acuerdo con lo propuesto por García-Cortés y Carcavilla (2013), la información recopilada sobre los lugares de interés geológicos fue estudiada y analizada en conjunto con la normativa vigente y con otros elementos de interés natural o cultural, que permitieron conocer el nivel de protección de los elementos del patrimonio geológico y así aumentar el interés de los elementos a partir de otros valores.

5.2. Trabajo de terreno

El trabajo de terreno se desarrolló en numerosas campañas de terreno llevadas a cabo por un equipo multidisciplinario, conformado principalmente por geólogos. También participaron en las visitas a terreno profesionales del área del turismo, docentes, arqueólogas, geógrafos, sociólogos, entre otros motivados por el reconocimiento del geopatrimonio. Muchas visitas a terreno se desarrollaron previo a este trabajo por parte del autor. En este sentido, el trabajo de terreno se efectuó en el marco de diversas iniciativas locales y otras, que tuvieron como objetivo el inventario y visibilización del patrimonio geológico. Dichas iniciativas corresponden al proyecto Geoparque Puchuncaví, O.N.G Cárcava y la supervisión de prácticas profesionales para estudiantes de geología.

Las campañas de terreno fueron planificadas para explorar aquellos sectores de la comuna que no contaban con estudios previos sobre la existencia de lugares de interés geológicos. Para llegar a las áreas de estudio se utilizaron los caminos públicos y privados, para luego continuar a pie a través de quebradas, playas, cauces de esteros, acantilados y cerros. Durante

los recorridos pedestres se realizó cartografía geológica, registro fotográfico, caracterizaciones geológicas y geomorfológicas, muestreo de rocas y sedimentos, georreferenciación de lugares de interés geológico.

5.3. Valoración de los geositios

La valoración de los lugares de interés geológico fue obtenida a partir del trabajo y los inventarios sobre el geopatrimonio de la comuna de Puchuncaví realizados por Vilajuana (2014), Zora (2015), López (2016), Bravo y Morales (2021) y el presente trabajo.

Los trabajos mencionados utilizaron las metodologías sobre valoración del geopatrimonio propuestas por Pereira (2010), Martínez (2010) y García-Cortés y Carcavilla (2013) para obtener la valoración de todos los lugares de interés geológicos de la comuna.

Actualmente existen numerosas metodologías que permiten valorar el patrimonio geológico de un territorio. La valoración se basa principalmente en fórmulas matemáticas que a partir de la puntuación de diversos parámetros de valoración permiten situar a los lugares de interés geológicos en rangos de altos, medios y bajos valores. Así, se obtienen valores con los cuales se puede conocer el valor intrínseco, el valor ligado a la potencialidad de uso (científico, didáctico y turístico-recreativo) y el valor ligado a la necesidad de protección (susceptibilidad de degradación, fragilidad y vulnerabilidad) de los elementos geológicos.

La información sobre la identificación general, ubicación, extensión, geografía, geología, planos o cartografías, valoración y propuesta de gestión de los lugares de interés geológico fueron incluidas en una ficha descriptiva, las cuales son parte de los trabajos revisados sobre el geopatrimonio local.

5.4. Selección final de los geositios

En conjunto con la revisión bibliográfica y a partir de los valores obtenidos por los diversos investigadores en el trabajo de valoración realizado para los lugares de interés geológico de la comuna de Puchuncaví, se realizó la selección final de estos, considerando principalmente aquellos que presentaron mayor valor turístico-recreativo, científico y didáctico. Asimismo, se incorporaron algunos elementos del geopatrimonio que, a pesar de no contar con un proceso de valoración, su incorporación en la guía geológica contribuye a la representatividad de todos

los elementos geológicos presentes, al entendimiento de la historia geológica local y a la posibilidad de realizar futuras iniciativas de divulgación.

Una vez definido el inventario final, se comenzó a utilizar el término “Geositio” para referirse a los elementos del patrimonio geológico que fueron finalmente seleccionados. De este modo, el término lugar de interés geológico fue relegado exclusivamente para los elementos geopatrimoniales que no lograron la puntuación suficiente como para ser considerados en el inventario final de geositios. En este sentido, no se descarta que en el futuro puedan ser incorporados al inventario si se desarrollan los estudios y gestión correspondiente.

Se ha decidido usar el término Geositio, ya que tiene mayor reconocimiento entre los habitantes de Puchuncaví debido a las diversas actividades educativas y recreativas realizadas en el pasado por organizaciones y profesionales locales, por lo cual, al usar este término se espera conectar de mejor manera con los visitantes. Por otro lado, en Chile también se ha ido ampliando el uso de la palabra geositios para referirse a los elementos representantes de la geodiversidad nacional.

Asimismo, para la selección final, el autor también ha priorizado la existencia de infraestructura cercana, la accesibilidad, la representatividad en el contexto geológico local, la relación con el patrimonio cultural y natural local, otros usos y el conocimiento que tiene la comunidad sobre los geositios, entre otros criterios que permitirán potenciar la puesta en valor de los elementos del geopatrimonio.

Los geositios seleccionados serán nombrados conforme al sistema unificado de nomenclatura sugerido por Vegas et al. (2011) que propone el uso de tres términos que incluyen la descripción del tipo de interés principal, la edad del geositio y el emplazamiento geográfico. Se dará prioridad a mantener el nombre de los geositios que cumplan con las reglas de nomenclatura, sin embargo, es posible que en algunos casos no se aplique si resulta en nombres muy complejos.

Finalmente, los geositios seleccionados serán posicionados sobre una cartografía donde se utilizará como base una imagen satelital (Google Earth). Además, en la cartografía se incorporará la ubicación de las principales localidades, calles, puntos de referencias, atractivos turísticos, patrimonio cultural y material, entre otros.

5.5. Producto final: Elaboración de la guía geológica

Para realizar la puesta en valor de los geositios de Puchuncaví seleccionados, el producto que más se adecua a los objetivos del presente trabajo corresponde al de una Guía Geoturística. La guía contendrá textos y recursos didácticos (imágenes, ilustraciones y fotografías) que ayuden al público general comprender y aplicar el conocimiento geológico durante los recorridos por los geositios de la comuna de Puchuncaví.

Los textos de la guía tendrán como base la información bibliográfica recopilada, sin embargo, las referencias bibliográficas no serán incluidas en el texto para no saturar de información al lector. La redacción de los textos se realizará utilizando el sistema de aproximaciones sucesivas, el cual sugiere que, a partir de un texto inicial técnico, se modifiquen y resuman los contenidos hasta alcanzar un texto coherente y legible para el visitante común (Carcavilla et al., 2010). De igual forma, la información técnica recopilada fue reescrita para conseguir frases cortas. También se cambiaron palabras técnicas por sinónimo, ejemplos, explicaciones y/o metáforas para que la información transmitida sea entendida por personas no especialistas y así también se alcance un lenguaje más cotidiano.

La elección de fotografías, ilustraciones, cartografías y esquemas es fundamental, dan fuerza al texto y a ellas se dirige la mirada en primer lugar (Carcavilla et al., 2010). Las fotografías permitirán describir de manera visual los geositios, por lo cual, es importante que tengan buena calidad. Cada fotografía tendrá el nombre del lugar de dónde proviene. Esto será complementado con la incorporación de fotografías interpretadas, que ayuden a reconocer los rasgos geológicos señalada en el texto. Asimismo, las imágenes pretenden mostrar perspectivas que el visitante no puede ver y que pueden ayudar a interpretar el lugar. En el caso de las ilustraciones, esquemas o dibujos serán realizados por especialistas, pero con asesoramiento técnico geológico para no pasar por alto detalles importantes. En el caso de las cartografías se deberá incluir la escala, el norte, referencias como carreteras y centros urbanos, además de toponimia de cerros, quebradas y playas.

Como referencia para definir la estructura de la guía se siguieron algunas de las recomendaciones propuestas por Baquedano et al., (2015): 1. Identificar el contenido mediante un título temático; 2. Usar una frase corta para “enganchar” al público con la temática; 3. Incluir un breve texto que permita conocer la temática de cada página; 4. Incluir

definiciones de tecnicismos; 5. Incluir espacios que permitan al lector más información sobre contenidos específicos. Para el diseño se tomaron como ejemplo la Guía Geoturística Geoparque Kuttralkura (Schilling et al., 2013), Guía Geológica Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Carcavilla et al., 2020) y Guía Geoturística del Parque Natural Sierra Norte de Sevilla (Geoparque Mundial de la Unesco) (Perez et al., 2020).

La guía será desarrollada en formato papel para ser difundida entre las instituciones educativas de la comuna, la municipalidad, museo y centros culturales, así como también en un formato digital para que pueda ser compartida a través de los medios digitales.

Para el presente trabajo, se entregará una maqueta de guía piloto con solo nueve geositios de la comuna, la cual será utilizada a modo de ejemplo.

6. DESARROLLO

6.1. Revisión bibliográfica y propuesta preliminar

A partir de la revisión bibliográfica el equipo de trabajo constituido por profesionales del área de las ciencias de la tierra realizó el inventario preliminar con los lugares de interés geológico de la comuna (LIG).

Los diversos autores que han trabajado en el catastro del patrimonio geológico de Puchuncaví, han realizado la valoración de 42 lugares de interés geológicos basados en tres metodologías principalmente. Vilajuana (2014) utilizó la metodología creada por Pereira (2010) con un enfoque cuantitativo para conocer el potencial de uso turístico de los elementos inventariados. Asimismo, López (2016) realizó una valoración cualitativa y cuantitativa de los geositios, mediante la metodología de Martínez (2010) en la cual aplican como geositios aquellos de interés con alto valor científico o con alto valor intrínseco o de uso. Por otro lado, Zora (2015) y Bravo y Morales (2021) a partir de la metodología propuesta por García-Cortés y Carcavilla (2013), realizaron la valoración cualitativa y cuantitativa de los lugares de interés geológico seleccionados, en base a parámetros intrínsecos y asociados a su potencial didáctico, recreativo y turístico. Asimismo, se incluyeron cuatro lugares de interés geológico al inventario preliminar, que no habían sido identificados preliminarmente en trabajos sobre el geopatrimonio local, pero que a criterio del autor corresponden a elementos relevantes de la geodiversidad que deben ser incluidos en la guía.

El inventario preliminar con los LIG se muestra en la tabla 2, siendo elaborado a partir de la recopilación bibliográfica realizada para el presente trabajo. En la tabla se indica el año donde el LIG fue nombrado por primera vez, el nombre del LIG que fue propuesto en su primera mención, la categoría y los autores que los describen.

Tabla 2. Inventario preliminar con los lugares de interés geológico de la comuna de Puchuncaví.

Nº	AÑO*	NOMBRE	CATEGORÍA**	AUTOR
1	2009	Yacimiento Paleontológico Los Maitenes de Puchuncaví	Geositio	Andrade et al., 2009; Vargas, 2013; Pereira, 2014; López, 2016; Bravo y Morales, 2021
2	2013	Arco de Rocas Las Ventanas de Puchuncaví	Geositio	Pereira, 2014; Zora, 2015; López, 2016; Bravo y Morales, 2021
3	2013	Acantilados Costeros de Quirilluca-Puchuncaví	Geositio	Andrade et al., 2009; Pereira, 2014; Zora, 2015; López, 2016; Bravo y Morales, 2021
4	2013	Acantilados Playa Larga de Horcón de Puchuncaví	Geositio	Andrade et al., 2009; Pereira, 2014; Zora, 2015; López, 2016; Bravo y Morales, 2021
5	2014	Aureola de contacto La Quebrada	LIG	Vilajuana, 2014; López, 2016
6	2014	Areniscas Feldespáticas La Canela	LIG	Vilajuana, 2014; ; Bravo y Morales, 2021
7	2014	Rocas Metasedimentarias El Rincón	LIG	Vilajuana, 2014; Zora, 2015; López, 2016; Bravo y Morales, 2021
8	2014	Rocas estratificadas (y dique) del camino a La Canela	LIG	Vilajuana, 2014; Zora, 2015; López, 2016; Bravo y Morales, 2021
9	2014	Esquistos y filitas de El Rincón	LIG	Vilajuana, 2014
10	2014	Diques de la Cantera cementerio Puchuncaví	LIG	Vilajuana, 2014; Zora, 2015
11	2014	Mina Chilicauquén	LIG	Vilajuana, 2014; Zora, 2015
12	2015	Los Maitenes Sur	LIG	Zora, 2015
13	2015	Loza Carbonática Playa Quirilluca	LIG	Zora, 2015
14	2015	Acantilados de Maitencillo	LIG	Zora, 2015; Bravo y Morales, 2021
15	2015	Desembocadura Estero Catapilco	LIG	Zora, 2015; Bravo y Morales, 2021
16	2015	Diques de la cantera cementerio puchuncaví	LIG	Zora, 2015
17	2015	Fallas afloramiento camino a Nogales	LIG	Zora, 2015
18	2015	Xenolitos e inclusiones máficas Las Ventanas	LIG	Zora, 2015; Bravo y Morales, 2021
19	2015	Diques de ortosa de Caleta Maitencillo	LIG	Zora, 2015; Bravo y Morales, 2021
20	2015	Granodiorita Playa Maitencillo	LIG	Zora, 2015; Bravo y Morales, 2021
21	2015	Falla Alto de las Bellotas	LIG	Zora, 2015
22	2015	Rocas piroclásticas de La Quebrada	LIG	Zora, 2015
23	2015	Quebrada Humedal Campiche	LIG	Zora, 2015
24	2016	Mirador La Canela	LIG	López, 2016
25	2016	Jurásico de San Antonio de Puchuncaví	Geositio	Zora, 2015; López, 2016; Bravo y Morales, 2021
26	2017	Sedimentos marinos y fluviales del Neógeno-Cuaternario	LIG	Piñones, 2017
27	2021	Cataclastita (roca de falla) bajada La Canela	LIG	Bravo y Morales, 2021
28	2021	Registro volcánico-sedimentario del jurásico – La Canela	LIG	Bravo y Morales, 2021
29	2021	Estero Los Maquis: Ambiente fluvio-aluvial Neógeno-Cuaternario	LIG	Bravo y Morales, 2021
30	2021	Rocas metamórficas Subida a La Canela	LIG	Bravo y Morales, 2021
31	2021	Mina de carbón La Negra	LIG	Bravo y Morales, 2021
32	2021	Mina de Cobre Raíz del Cobre	LIG	Bravo y Morales, 2021
33	2021	Fósiles marinos del Cerro Piedras Trepadas	LIG	Bravo y Morales, 2021
34	2021	Playa Las Conchitas	LIG	Bravo y Morales, 2021
35	2021	Playa El Tebo	LIG	Bravo y Morales, 2021
36	2021	Playa Cau-Cau	LIG	Bravo y Morales, 2021
37	2021	Dunas de Los Maitenes	LIG	Bravo y Morales, 2021
38	2021	Arco de Rocas de Horcón	LIG	Bravo y Morales, 2021
39	2024	Yacimientos de oro del Estero Mala Cara	LIG	Severino, 2024; Propuesto en este trabajo
40	2024	Vetas de Cuarzo-oro Estero Mala Cara	LIG	Severino, 2024; Propuesto en este trabajo
41	2025	Bahía de Quintero - Sitio paleontológico subacuático de megafauna GNLQ1	LIG	Cartagena et al., 2011; Propuesto en este trabajo
42	2025	Sill Punta Fraile	LIG	Propuesto en este trabajo

*Año en el que fue mencionado por primera vez en bibliografía. **La categoría de geositio se da a partir de una declaración de la Sociedad Geológica de Chile

6.2. Inventario final de geositorios

Los geositorios fueron seleccionados en consideración con los valores obtenidos para cada uno de los lugares de interés geológico, obtenidos en los trabajos sobre el geopatrimonio de Puchuncaví realizados por Vilajuana (2014), Zora (2015), López (2016), Bravo y Morales (2021), siguiendo las metodologías sobre valoración del patrimonio geológico de Pereira (2010), Martínez (2010) y García-Cortés y Carcavilla (2013).

De un total de 42 lugares de interés geológico (LIG) preseleccionados en la etapa de “revisión bibliográfica y propuesta preliminar”, se seleccionaron aquellos elementos con valores por sobre la media para el inventario final. También se seleccionaron cuatro elementos del geopatrimonio que se consideran relevantes para la actual guía, pero que no cuentan con un trabajo previo de valoración.

En total se seleccionaron 30 geositorios para ser representantes del patrimonio geológico de la comuna de Puchuncaví. En la Figura 7 y en la Tabla 3 se presentan los 30 geositorios seleccionados. Los elementos seleccionados permiten dar a conocer la geodiversidad del territorio en base a las distintas rocas sedimentarias, intrusivas, volcánicas y metamórficas conocidas, los rasgos geomorfológicos y también los rangos de tiempos que representan con una historia geológica que inicia en el Jurásico, hace aproximadamente 191 millones de años atrás hasta el presente.

De este modo, se obtiene un inventario sobre el cual se espera poder desarrollar un potente trabajo de puesta en valor de los geositorios de Puchuncaví, con miras al futuro y con la posibilidad de convertir estos elementos en potenciales focos turísticos. Así, el patrimonio geológico, podrá ser entendido como parte de la actividad turística local permitiendo el desarrollo de actividades económicas sustentables. Dejando atrás severos episodios de contaminación, crecimiento industrial desmedido y la presión inmobiliaria en un territorio altamente dañado por los problemas del pasado.

Por último, la visibilización de los 30 geositorios de la comuna de Puchuncaví se realizará mediante un producto de divulgación con fines turísticos y didácticos, para lo cual se escogió la elaboración de una guía geológica.

Tabla 3. Geositios de Puchuncaví y localidad.

N°	NOMBRE	LOCALIDAD
1	Bahía de Quintero	Las Ventanas
2	Dunas y humedal de Los Maitenes- Campiche	Los Maitenes/Campiche
3	Playa Las Conchitas	Horcón
4	Playa El Tebo	Horcón
5	Arco de Rocas Las Ventanas	Las Ventanas
6	Inclusiones jurásicas de Las Ventanas	Las Ventanas
7	Pegmatitas y granitos de Punta Fraile	Horcón
8	Playa Cau-Cau	Horcón
9	Arco de rocas jurásicas de Horcón	Horcón
10	Acantilados Playa Larga de Horcón	Horcón
11	Yacimiento Paleontológico Los Maitenes	Los Maitenes
12	Acantilados Costeros de Quirilluca-Puchuncaví	Horcón
13	Acantilados de Maitencillo	Maitencillo
14	Granodiorita Playa Maitencillo	Maitencillo
15	Diques de ortosa de Caleta Maitencillo	Maitencillo
16	Desembocadura Estero Catapilco	Maitencillo
17	Sedimentos fluviales del neógeno	Puchuncaví
18	Estero Los Maquis	Pucalán
19	Rocas Metamórficas El Rincón	El Rincón
20	Toba Jurásica subida a La Canela	San Antonio
21	Rocas volcánicas del camino a La Canela	San Antonio
22	Rocas piroclásticas de La Quebrada	La Canela
23	Aureola de contacto La Quebrada	La Quebrada
24	Jurásico de San Antonio de Puchuncaví	San Antonio
25	Mina de carbón La Negra	El Rincón
26	Mina Raíz del Cobre	El Rincón
27	Mina Chilicauquén	Chilicauquén
28	Fósiles marinos del Cerro Piedra Trepada	Los Maquis
29	Yacimientos de oro del Estero Mala Cara	Chilicauquén
30	Vetas de cuarzo-oro Estero Mala Cara	Chilicauquén

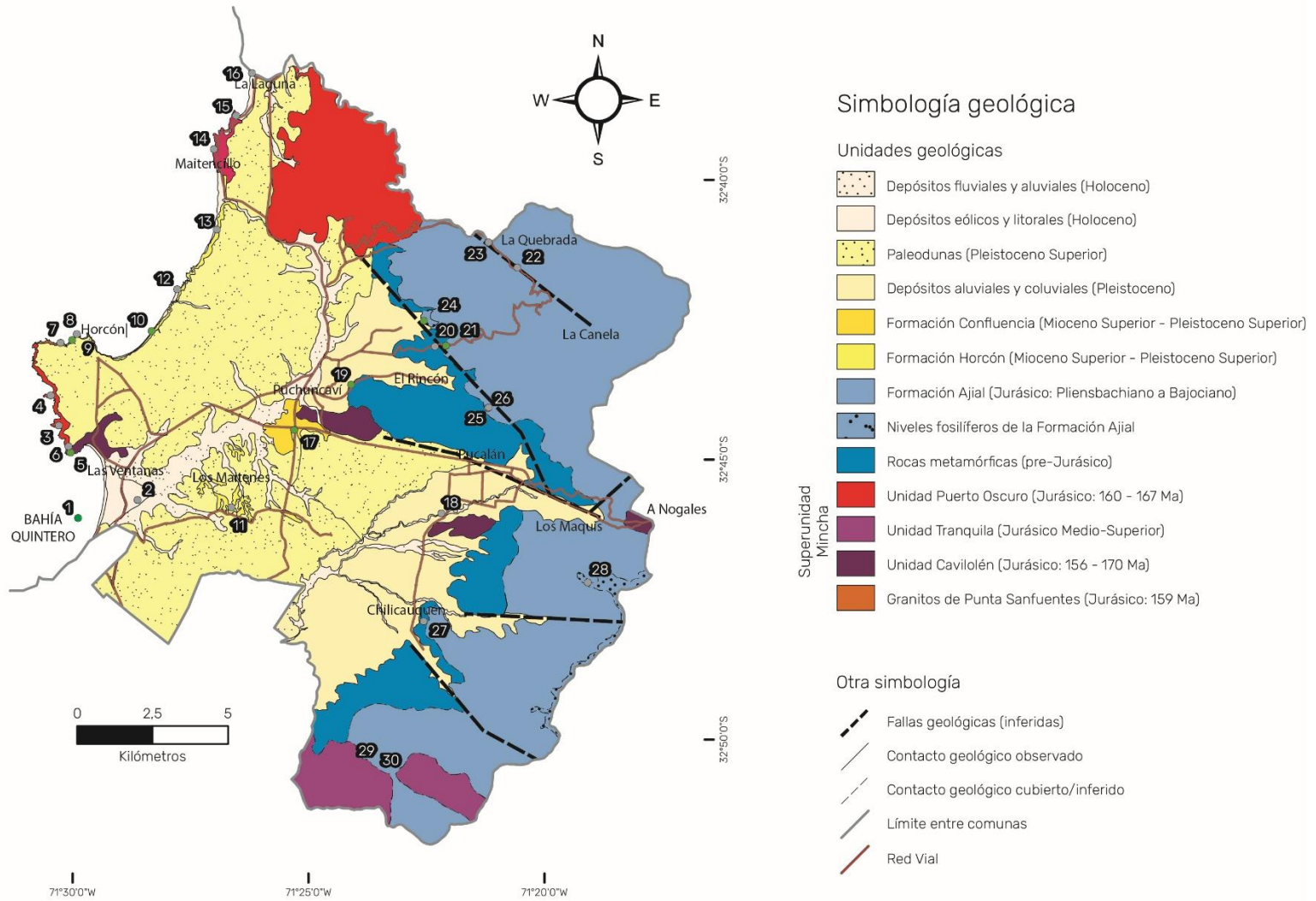


Figura 7. Ubicación de los Geositos de Puchuncaví sobre cartografía geológica

6.3. Guía Geológica

En este trabajo se presentan los elementos del contenido de la primera guía geológica de Puchuncaví, la cual será elaborada teniendo en cuenta los 30 geositios seleccionados como representantes del patrimonio geológico local. Sin embargo, para el presente trabajo solo se tendrán en consideración 9 de los 30 geositios, con los cuales se presentará una primera versión de guía geológica piloto. Con lo anterior, se espera que en el futuro a través de la realización de un proyecto se obtenga financiamiento para abarcar el resto de geositios e imprimir la guía geológica.

De acuerdo con lo planteado por Soto (2013), una guía puede entenderse cómo un libro o revista que contiene información específica de un lugar, la cual pone a disposición de los visitantes y estudiosos los detalles más relevantes y atractivos de una determinada zona geográfica. En este sentido, una guía también se define en base a la temática, como puede ser la visibilización de eventos culturales o religiosos, el fomento de actividades deportivas o recreativas, recomendaciones gastronómicas o presentación de atractivos naturales. Asimismo, de la temática se define la estética de la guía. De este modo, la presente guía se realiza para mostrar los principales atractivos naturales de Puchuncaví, a través de una descripción de los procesos geológicos y geomorfológicos que modelan la superficie de la comuna. Junto con fotos panorámicas del territorio, esquemas, diagramas y cartografías para dar cuenta de la belleza escénica del lugar, además de la ubicación y accesos a estos puntos.

6.4. Propósito

Ante la creciente demanda de productos divulgativos que permitan conocer y explicar el entorno natural de un territorio, en la última década se han elaborado numerosas guías dirigidas a turistas, estudiantes y público general, que presentan aspectos botánicos, zoológicos, ecológicos, geográficos o etnográficos (Robador et al., 2015). No obstante, la publicación de guías con temáticas geológicas no es frecuente, sino más bien se restringen al uso por parte de profesionales del área y no al público general.

Por lo tanto, la presente guía quiere poner en valor los geositios presentes en la comuna de Puchuncaví para que las personas que habitan el territorio y los visitantes puedan conectar

con todos los elementos del patrimonio geológico local y su relación con los otros patrimonios (cultural y natural).

6.5. Público

La guía geológica está dirigida al público general, el cual dividimos en dos grupos principales basados en los perfiles de público definidos por Keene (1994) (como se citó en Carcavilla et. al., 2010). El primer tipo corresponde a personas que realizan visitas al lugar de manera casual, generalmente acompañados de familia y amigos (público general). Mientras que el segundo grupo corresponde a personas generalmente adultas que deciden visitar la comuna con el propósito de conocer lugares o desarrollar actividades deportivas y recreativas. Ambos perfiles de público están interesados en conocer un poco más sobre el entorno que visitan.

En línea con lo anterior, es importante generar en el público un producto que pueda captar su atención y explicar de buena manera los que sus ojos observan. Entre más didáctico y certero sea el texto de la guía, más interesante va a ser para el público general, y, por lo tanto, su experiencia será más satisfactoria.

La guía también espera llegar a los niños en periodo escolar; en este caso, se sugiere que la entrega de información se realice a través de sus tutores o profesores, quienes deberán resolver eventuales preguntas que realicen los estudiantes. Por lo tanto, el producto también podrá ser utilizado como una herramienta educativa de ser requerido. En la comuna ya existen iniciativas sobre geoeducación, como lo realizado por Ramírez (2021) al correlacionar los contenidos curriculares del MINEDUC con cinco geositos, a través de la creación de dos cortometrajes animados que permitieron visualizar los eventos geológicos a lo largo de la historia de Puchuncaví.

Por último, la guía será un complemento a las visitas que se realicen en Puchuncaví, ya que, tanto en su formato impreso como digital, permitirá que los recorridos por el territorio sean autoguiados.

6.6. Estructura

La guía geológica ha sido organizada en secciones que permitirán al lector y visitante lograr una fácil comprensión de los textos, desde lo más general a lo específico, utilizando un relato lineal

que tiene como base los geositios. En este sentido, los acontecimientos se presentan en orden cronológico y secuencial, siguiendo la progresión natural para dar a conocer la evolución geológica de Puchuncaví desde el periodo Jurásico (hace 191 millones de años) hasta la actualidad. Asimismo, se agruparán los distintos geositios según el contexto geológico que representen, para que así puedan ser descritos conjuntamente a su temporalidad y características geológicas.

En las primeras cuatro secciones de la guía se va a entregar información general, comenzando por (1) la presentación del producto, (2) instrucciones para enseñar a utilizar la guía, (3) información general de la comuna de Puchuncaví y (4) un marco geológico regional y local.

Luego, en las siguientes cuatro secciones se presentan los 30 geositios de Puchuncaví. En la sección cinco (5) y seis (6) se muestran los geositios ubicados en el sector costero de la comuna. Mientras que en la sección siete (7) y ocho (8) se presentan los geositios localizados en el sector este de la comuna, específicamente en la Cordillera de la Costa.

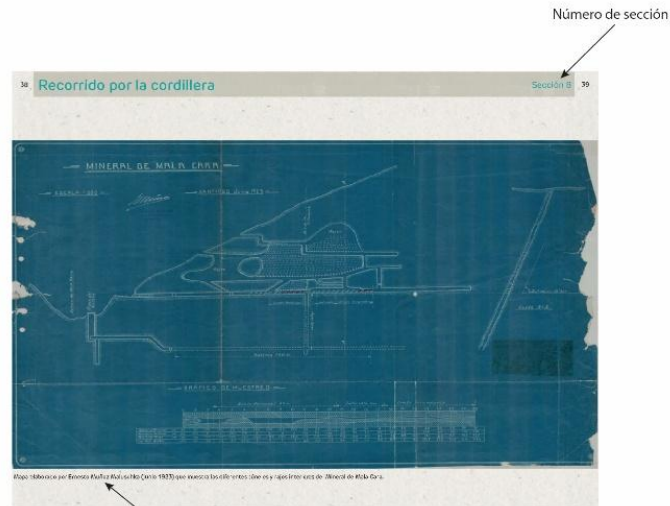
En la sección nueve (9) se incluye un glosario con una recopilación de las palabras técnicas utilizadas en la guía y sus definiciones, además de información turística relevante. Y en la sección diez (10) se incluyen la bibliografía técnica consultada y el índice.

Los títulos de cada una de las secciones de la guía se muestran en la Figura 8.

Figura 8. Índice de la guía geológica.

ÍNDICE		43
1.	Presentación y agradecimientos	
2.	Cómo usar la guía	
3.	Comuna de Puchuncaví: historia, clima, geografía	
4.	Geología (Marco Geológico) de Puchuncaví	
5.	Recorrido por la costa (costero): Las Ventanas - Horcón	
5.1.	Geología de la costa	
	Geosito 1. Bahía de Quintero	
	Geosito 2. Dunas y Humedal de Los Maitenes	
	Geosito 3. Playa Las Conchitas	
	Geosito 4. Playa El Tebo	
	Geosito 5. Arco de Rocas de Las Ventanas	
	Geosito 6. Mezcla de magmas Las Ventanas: Mixing y mingling	
	Geosito 7. Sill Punta de Fraile	
	Geosito 8. Playa Cau Cau	
	Geosito 9. Arco de rocas de Horcón	
6.	Recorrido por la costa: Horcón-Maitencillo-La Laguna	
6.1.	Geología de la costa	
	Geosito 10. Acantilado de Playa Larga de Horcón	
	Geosito 11. Yacimiento Paleontológico Los Maitenes de Puchuncaví	
	Geosito 12. Acantilados costeros de Quirilluca	
	Geosito 13. Acantilados de Maitencillo	
	Geosito 14. Granodiorita Maitencillo	
	Geosito 15. Diques de ortoclasa de caleta Maitencillo	
	Geosito 16. Desembocadura Estero Catapilco en La Laguna	
	Geosito 17. Sedimentos marinos y fluviales del Neógeno-cuaternario	
	Geosito 18. Sedimentos fluviales-aluviales del estero Los Maquis	
7.	Recorrido por la Cordillera de la Costa: La Quebrada – La Canela – El Rincón	
7.1.	Geología de la Cordillera de la Costa	
	Geosito 19. Rocas metasedimentarias El Rincón	
	Geosito 20. Rocas metamórficas subida a La Canela	
	Geosito 21. Rocas volcánicas y dique del camino a La Canela	
	Geosito 22. Rocas piroclásticas de La Quebrada	
	Geosito 23. Aureola de Contacto La Quebrada	
	Geosito 24. Yacimiento Paleontológico San Antonio de Puchuncaví	
	Geosito 25. Mina de carbón La Negra	
	Geosito 26. Mina de cobre Raíz del Cobre	
8.	Recorrido por la Cordillera de la Costa: Los Maquis-Chilicauquén	
8.1.	Geología de la Cordillera de la Costa	
	Geosito 27. Mina de Cobre Chilicauquén	
	Geosito 28. Cerro Piedras Trepadas	
	Geosito 29. Yacimientos de oro del Estero Mala Cara	
	Geosito 30. Vetas de cuarzo-oro del cerro	
9.	Glosario e información turística	
10.	Bibliografía e Índice	

Por último, la estructura del producto se realiza considerando que la guía tendrá una gran cantidad de material gráfico (esquemas y diagramas) y fotografías para reducir y dar contexto a los textos, que informaran sobre la geología y los procesos que modelaron el relieve de Puchuncaví. También se utilizaron fotografías interpretadas para describir de manera visual los elementos geológicos. La estructura y disposición de los textos, ilustraciones y fotografías se muestran en la Figura 9.



Cartografías

La guía incluye cuadros de color naranja donde se entrega al lector información complementaria para profundizar en algunos temas.

Descripción de las imágenes.
Fuente New Rubrik Medium tamaño 8



Diagramas para facilitar la interpretación de los conceptos geológicos

Fotografías interpretadas

Fotografías. Todas las fotografías incluyen descripción y ubicación.

Figura 9. Diseño de la guía geológica

6.7. Formato y diseño

La guía estará disponible en formato alargado vertical en papel, impresa en láser y tipografía Rubrik light. Contiene 44 páginas incluyendo la portada y contraportada. Cada página de la guía tiene un tamaño de 21 cm de largo y 14 cm de ancho, con la finalidad de facilitar el transporte en mochilas, bolsos y bolsillo mientras se realizan los recorridos. Las páginas interiores fueron impresas en papel couché brillante para asegurar una impresión de alta calidad. Tanto la portada como la contraportada serán de tapa dura.

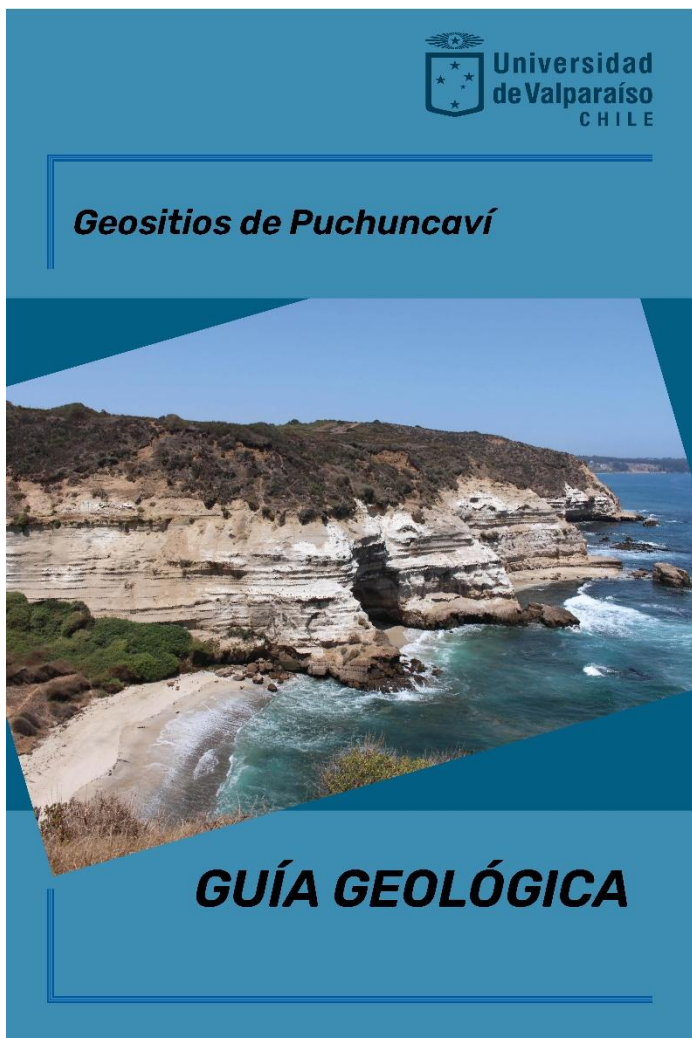
En relación con el orden interno de la guía, las secciones serán agrupadas en paletas de colores de acuerdo con la información que se está entregando al lector. De este modo, por ejemplo, la sección dos (2) se diferenciará de la sección tres (3) por los colores utilizados en los cuadros que contienen el título de cada hoja y en los cuadros que contienen información técnica que complementan los textos.

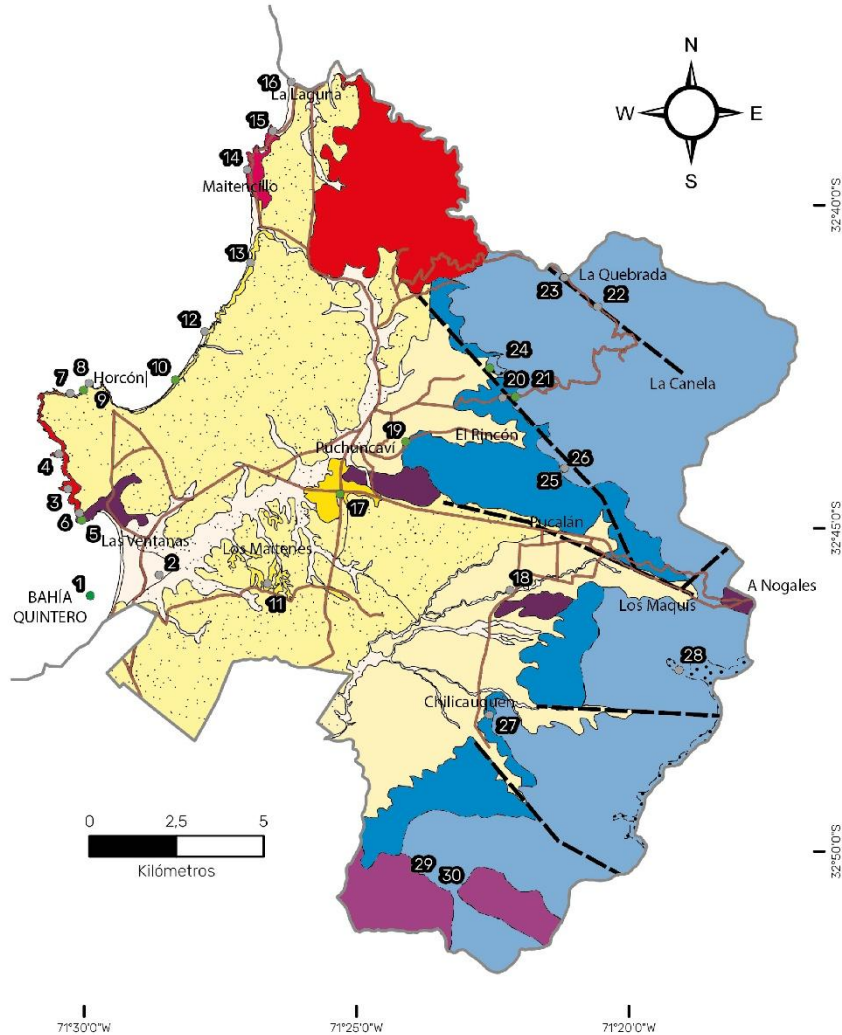
Asimismo, se entregará la guía en formato digital para facilitar su lectura y transporte, por ejemplo, para ser revisada desde el teléfono móvil.

7. PRODUCTO

A continuación, se presenta la maqueta de una guía piloto elaborada a modo de ejemplo, con nueve de los 30 geositios seleccionados para la comuna de Puchuncaví.

7.1. Propuesta Guía Geológica piloto





Simbología geológica

Unidades geológicas

- Depósitos fluviales y aluviales (Holoceno)
- Depósitos eólicos y litorales (Holoceno)
- Paleodunas (Pleistoceno Superior)
- Depósitos aluviales y coluviales (Pleistoceno)
- Formación Confluencia (Mioceno Superior - Pleistoceno Superior)
- Formación Horcón (Mioceno Superior - Pleistoceno Superior)
- Formación Ajial (Jurásico: Pliensbachiano a Bajociano)
- Niveles fosilíferos de la Formación Ajial
- Rocas metamórficas (pre-Jurásico)
- Unidad Puerto Oscuro (Jurásico: 160 - 167 Ma)
- Unidad Tranquilla (Jurásico: Medio-Superior)
- Unidad Caviolién (Jurásico: 156 - 170 Ma)
- Granitos de Punta Sanfuentes (Jurásico: 159 Ma)

Otra simbología

- Fallas geológicas (Inferidas)
- Contacto geológico observado
- Contacto geológico cubierto/inferido
- Limite entre comunas
- Red Vial

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD
1	Bahía de Quintero	Las Ventanas
2	Dunas y humedal de Los Maitenes- Campiche	Los Maitenes/Campiche
3	Playa Las Conchitas	Horcón
4	Playa El Tebo	Horcón
5	Arco de Rocas Las Ventanas	Las Ventanas
6	Inclusiones jurásicas de Las Ventanas	Las Ventanas
7	Pegmatitas y granitos de Punta Fraile	Horcón
8	Playa Cau-Cau	Horcón
9	Arco de rocas jurásicas de Horcón	Horcón
10	Acantilados Playa Larga de Horcón	Horcón
11	Yacimiento Paleontológico Los Maitenes	Los Maitenes
12	Acantilados Costeros de Quiriluca-Puchuncaví	Horcón
13	Acantilados de Maitencillo	Maitencillo
14	Granodiorita Playa Maitencillo	Maitencillo
15	Diques de ortosa de Caleta Maitencillo	Maitencillo
16	Desembocadura Estero Catapilco	Maitencillo
17	Sedimentos fluviales del neógeno	Puchuncaví
18	Estero Los Maquis	Pucalán
19	Rocas Metamórficas El Rincón	El Rincón
20	Toba Jurásica subida a La Canela	San Antonio
21	Rocas volcánicas del camino a La Canela	San Antonio
22	Rocas piroclásticas de La Quebrada	La Canela
23	Aureola de contacto La Quebrada	La Quebrada
24	Jurásico de San Antonio de Puchuncaví	San Antonio
25	Mina de carbón La Negra	El Rincón
26	Mina Raíz del Cobre	El Rincón
27	Mina Chilicaucquén	Chilicaucquén
28	Fósiles marinos del Cerro Piedra Tropicada	Los Maquis
29	Yacimientos de oro del Estero Mala Cara	Chilicaucquén
30	Vetas de cuarzo-oro Estero Mala Cara	Chilicaucquén

DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN:

Sebastián Severino Valenzuela

COORDINACIÓN EDITORIAL:

Geológica ediciones

TEXTOS:

Sebastián Severino Valenzuela
Patricia Piñones Piñones
César Arango Llerio
Diego Escandor

MAPAS:

Sebastián Severino Valenzuela
Matías Alarcón

ILUSTRACIONES:

Sebastián Severino Valenzuela
César Arango Llerio
Nicolás Lopéz

FOTOGRAFÍAS:

Sebastián Severino Valenzuela
César Arango Llerio
Patricia Piñones Piñones

Agradecimientos

A mis colegas Patricia Piñones, César Arango y Diego Escandor, que con mucho esfuerzo, trabajo y dedicación hicieron posible la realización de esta guía geológica. Al equipo multidisciplinario del Proyecto Geoparque Puchuncaví y O.N.G. Carcáva que con un enfoque local permiten llevar el conocimiento geológico a la comunidad de Puchuncaví.

CÓMO USAR LA GUÍA



HISTORIA

La comuna de Puchuncaví se ubica en el litoral de la región de Valparaíso y sus límites se extienden desde la línea de playa hasta la Cordillera de la Costa hacia el interior. Limita con la comuna de Nogales por el este, con la comuna de Zapallar por el norte y por el sur con Quintero y Quillota. Posee una extensión aproximada de 300 km² y una población de 18.546 personas según el último censo de población.

El inventario patrimonial de Puchuncaví es amplio y diverso, conformado por elementos del patrimonio material, inmaterial y natural que dan cuenta de la riqueza de la comuna y sus habitantes. Por ejemplo, la Parroquia Nuestra Señora del Rosario fue fundada en el año 1691 que, junto con el Campo de Prisioneros Melinka, son representantes del patrimonio material. Por otro lado, como parte del patrimonio inmaterial se encuentran los Bailes Chinos de las localidades de Pucalán La Canela, El Rincón, La Quebrada, entre otros, considerados como Patrimonio inmaterial de la Humanidad por la UNESCO. Finalmente, el patrimonio natural se encuentra representado por la fauna y vegetación nativa, dunas, montañas, acantilados y playas, donde destacan bosques costeros como el de Bellotos del Norte, zonas de nidificación del piquero (sula variegata) y yacimientos paleontológicos ricos en fósiles marinos.



Iglesia Nuestra Señora del Rosario de Puchuncaví (www.chuile-iglesias-catalicas.blogspot.com)

Puchuncaví deriva del mupudungún "Puchuncahuin" que se interpreta como "donde abundan las fiestas", además se considera como una de las localidades más antiguas de Chile con una historia que se remonta a más de 500 años.



Bailes chinos en Hórcon - Patrimonio inmaterial de la Humanidad

CLIMA



Cordillera de la Costa en la localidad de Chilicaucún.

La región de Valparaíso posee un clima mediterráneo costero, caracterizado por veranos secos y calurosos e inviernos suaves con lluvias concentradas entre mayo y agosto. La influencia del océano Pacífico modera las temperaturas, evitando extremos muy marcados y aportando humedad a través de la camanchaca o neblina costera. En el interior, las temperaturas son más elevadas en verano y las lluvias algo más escasas. La comuna de Puchuncaví comparte estas características, con un clima templado cálido que se beneficia de la cercanía al mar. Sus veranos son soleados y secos, con brisas marinas que refrescan las jornadas más calurosas. En invierno, las lluvias permiten la recarga de acuíferos y el crecimiento de la vegetación local. La oscilación térmica diaria es moderada gracias a la influencia oceánica. Este clima favorece tanto la agricultura de secano como la riqueza de ecosistemas costeros. Además, permite actividades turísticas durante gran parte del año, al ofrecer condiciones agradables y estables para disfrutar de la naturaleza y el patrimonio geológico de la zona.

GEOMORFOLOGÍA



Mapa Geomorfológico de la Región de Valparaíso (Instituto Geográfico Militar, centroderecursos.educarchile.cl)

La comuna de Puchuncaví presenta una geomorfología diversa marcada por la Cordillera de la Costa, la planicie litoral y un amplio borde costero. La geomorfología se distingue por terrazas marinas, dunas, quebradas, acantilados, playas y cerros bajos que reflejan la interacción entre procesos tectónicos y marinos.

Estos elementos, sumados a la actividad humana, han modelado un paisaje costero único. Así, Puchuncaví constituye un ejemplo de cómo la dinámica natural y cultural se expresa en el territorio. Instituto Geográfico Militar Mapa geomorfológico Quinta Región de Valparaíso.

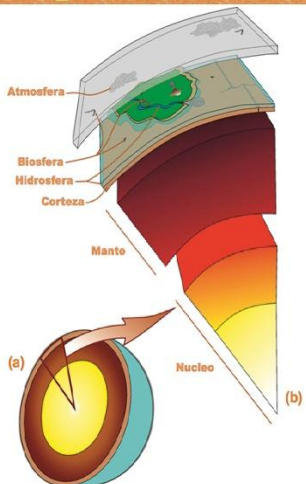
LA TIERRA

La Tierra tiene un diámetro de 12.756 km y se encuentra alejada del sol por 149.597.870 km. La distancia del Sol a la que se encuentra la Tierra permite que sus condiciones de temperatura hagan posible la existencia de la vida en él, no es lo suficientemente caliente como para que el sol quemara las formas de vida y la distancia a la que se encuentra del Sol permite la existencia de la capa gaseosa atmósfera y la líquida hidrosfera que hace posible que la vida se genere y que se respire Oxígeno. Por debajo de la atmósfera y los océanos se encuentran los elementos sólidos que conforman las capas de la Tierra.

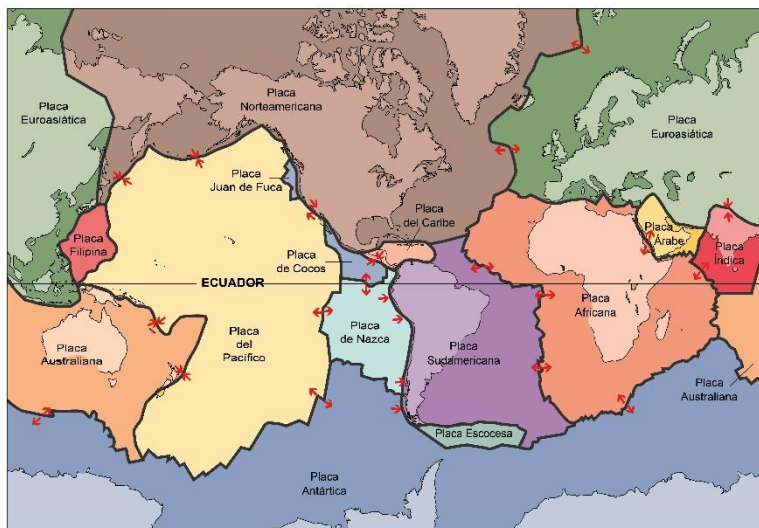
LAS CAPAS DE LA TIERRA

Internamente la Tierra es un planeta que está compuesto por diferentes capas, estas capas se forman cuando la Tierra comienza a enfriarse. En ese momento los elementos químicos más pesados viajan al interior de la Tierra y los más ligeros al exterior. Debemos entender que, a pesar de estar constituida por una masa sólida, por debajo de la superficie tiene un comportamiento dinámico, el cual hemos podido estudiar a partir de las evidencias superficiales que la tierra nos entrega, como son la formación de montañas, terremotos, desplazamiento de continentes y volcanismo, entre otros.

En base a su composición química, la Tierra se puede dividir en tres capas: corteza, manto y núcleo. La capa más superficial es la corteza, constituida por una capa rocosa comparativamente más finas que el manto y núcleo. Se divide en corteza continental que tiene un grosor que ronda los 35 - 40 kilómetros de grosor (70 km en zonas montañosas) y corteza oceánica que tiene aproximadamente 7 km de grosor. La segunda capa es el manto y representa el 82% del volumen de la Tierra, se extiende hasta los 2.900 kilómetros de profundidad y está formado por una capa rocosa sólida. Finalmente, el núcleo está conformado por una aleación de hierro y níquel, y en menor medida, oxígeno, silicio y azufre. El núcleo se divide en núcleo externo y núcleo interno. La parte externa del núcleo es una capa líquida de 2.270 kilómetros de grosor, mientras que en la parte interna se presenta una esfera de 1.216 kilómetros de radio que se comporta como un sólido debido a la enorme presión.

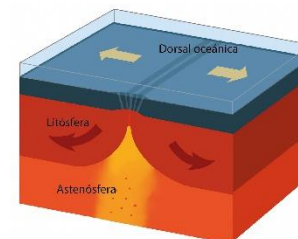


Capas de La Tierra. Se muestra un modelo del interior de La Tierra (a) y una ampliación (b) del triángulo resaltado en dicho modelo en el que se señalan las diferentes capas que forman La Tierra.

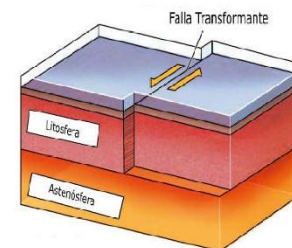


TECTÓNICA DE PLACAS

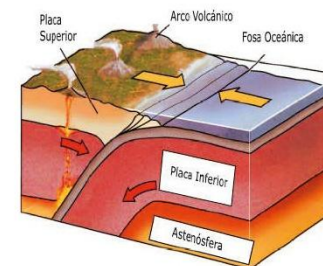
La tectónica de placas es la teoría que explica cómo la corteza terrestre, compuesta por grandes bloques llamados placas tectónicas, se mueve sobre el manto superior, más plástico y caliente. Estas placas se desplazan lentamente, interactuando entre sí en límites donde pueden separarse (límites divergentes), deslizarse lateralmente (límites transformantes) o chocar (límites convergentes). Cuando colisionan, una placa puede hundirse bajo otra en un proceso llamado subducción. En el caso de Chile, la placa de Nazca, ubicada en el fondo del océano Pacífico, se desplaza hacia el este y se introduce bajo la placa Sudamericana a lo largo de la fosa de Perú-Chile. Este movimiento genera una intensa actividad sísmica y volcánica, formando la Cordillera de los Andes y una cadena de volcanes activos. La presión acumulada por el roce entre ambas placas se libera en forma de terremotos, algunos de gran magnitud. La subducción también produce el ascenso de magma, que da origen a volcanes como el Villarrica o el Llaima. Este proceso es continuo y ha moldeado el relieve chileno durante millones de años.



Límite Divergente de placa



Límite Transformante de placa (www.geologiaweb.com)

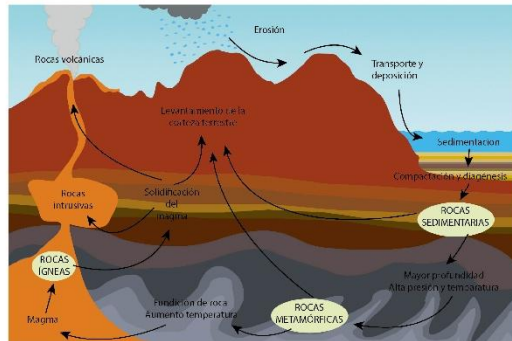


Límite Convergente de placa (www.geologiaweb.com)

Límites de las principales placas tectónicas que existen en la actualidad y distribución de los continentes. Las flechas rojas indican la dirección de movimiento de las placas tectónicas.

EL CICLO DE LAS ROCAS

La representación en un esquema del ciclo de las rocas nos ayuda a entender el origen de las principales tres grupos de rocas: rocas ígneas, rocas metamórficas y rocas sedimentarias. Cada uno de los grupos están en continuo cambio, dando lugar a la formación de distintos tipos de rocas a lo largo de los millones de años.



Esquema del ciclo de las rocas. Inicialmente las rocas son erosionadas y transportadas hacia la cuenca, donde se acumulan en capas formando rocas sedimentarias. Luego son enterradas hasta alcanzar grandes profundidades y sufren metamorfismo debido a altas presiones y temperatura. Si la temperatura es muy alta las rocas alcanzan el punto de fusión y se funden. El magma asciende y forma rocas plutónicas cuando el magma cristaliza en la profundidad, mientras que el magma que asciende hasta la superficie es expulsado por los volcanes. Finalmente el ciclo se vuelve a repetir cuando se produce el levantamiento de la corteza terrestre y erosión.

TIPOS DE ROCAS

Las rocas son el material más abundante de la Tierra, se conforman de granos y/o minerales de diversos colores y tamaños, que les otorgan texturas y características propias que permiten a los geólogos diferenciarlas entre los tres grupos principales.

Rocas ígneas: Se forman a partir del enfriamiento y solidificación de un magma (roca fundida). Los cuerpos magmáticos se localizan en la profundidad de la corteza y manto, donde se enfría lentamente durante cientos y miles de años, dando lugar a la formación de minerales en forma de cristales relativamente grandes. Estas rocas ígneas de grano grueso se denominan rocas plutónicas. Cuando el magma o roca fundida asciende hacia la superficie, como cuando ocurre una erupción volcánica, se enfría rápidamente dando paso a la formación de cristales más pequeños que se mezclan con los cristales gruesos formados durante el ascenso del magma. Las rocas ígneas de grano fino formadas más cerca de la superficie se denominan rocas volcánicas.

Rocas metamórficas: Se forman a partir de una "roca madre", la cual puede ser una roca ígnea, sedimentaria o incluso metamórfica. La "roca madre" cambiará de forma y composición producto del aumento de la temperatura y presión a la que sea sometida en la corteza y/o manto de la Tierra. Estos cambios ocurren en estado sólido, ya que, si se llegase a fundir la roca, se transformaría en roca ígnea. El mármol es una roca metamórfica, cuya roca madre es la caliza.

Rocas sedimentarias: Las rocas sedimentarias constituyen sólo el 5% de las rocas de la corteza de la Tierra. Debido a procesos físicos las rocas preexistentes se fragmentan en restos más pequeños, que, a su vez, son transportados por agentes como el agua y el viento a las distintas cuencas donde se acumulan los sedimentos en forma de capas más o menos horizontales sobre la superficie. A medida que las capas sedimentarias se acumulan unas sobre otras, aumenta la presión por el peso de estas, generando la compactación y cementación de sus granos, convirtiendo los sedimentos en roca.

EL TIEMPO GEOLÓGICO

¿Has pensado lo antigua que es nuestra tierra en comparación con la especie humana? Nuestro planeta tierra tiene una edad aproximada de 4600 Millones de años (Ma). Si se lleva la edad de la tierra a una escala de un año, el homo Sapiens (hombres y mujeres actuales) se desarrolla en el día 31 de diciembre a las 11:30 pm. Es decir que como especie llevamos solo 30 minutos de un día viviendo sobre la tierra.

La historia de la Tierra se ha dividido en intervalos de tiempo que en su conjunto son conocidos como tiempo geológico. Es así, como se nombraron los distintos intervalos del tiempo geológico conocidos como Eones, Eras, periodos, época y piso, los que se diferencian entre ellos por estar conformados por capas de rocas con ciertas características, como por ejemplo los tipos de roca y fósiles que contienen.

En la actualidad, contamos con una tabla o columna cronoestratigráfica muy completa y con edades más precisas. A continuación, se presenta la columna con las edades de cada periodo y algunos de los hitos más importantes ocurridos durante la evolución de la tierra. En la columna de la izquierda se presentan los Eones Arcaico y Proterozoico, de los cuales no existen rocas tan antiguas representadas de este tiempo en la comuna. La historia geológica de Puchuncaví se desarrolla en el Eón Fanerozoico, el cual incluye las Eras Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico.

Eón	Era	Periodo	Edad (Ma)	Hitos importantes	Hitos geológicos en Puchuncaví	
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	2.58 actual	Surgimiento de la civilización humana	Depositos fluviales, aluviales, eólicos y lacustres	
		Neógeno	23 - 2.58	Extinción de los dinosaurios	Rocas de Formación Confluencia y Caldera Horcón	
	Mesozoico	Paléoceno	66 - 23	Extinción Cretácico-Paléoceno. Aparecen los primeros avestruz	Manto de 140 millones de años donde no se formaron rocas	
		Cretácico	145 - 66	Ruptura de Gondwana y proliferación de las aves	Rocas de Formación Ajiá y Superunidad Mincha	
		Jurásico	201 - 145	Ruptura de Pangea. Abundancia de Dinosaurios		
	Proterozoico	Eón Arcaico	Triásico	252-201	Aparecen los primeros mamíferos	No existen rocas de esta edad en Puchuncaví
			Permo-triásico	298-252	Formación de Pangea y primeros amniotas	
		Carbonífero	358-298	Abundancia de plantas y primeros vertebrados terrestres		
		Devónico	419 - 358	Primeros insectos sin alas y plantas con semillas		
		Silúrico	444 - 419	Primeros peces con mandíbulas		
Eón Proterozoico	Mesoproterozoico	Ordovícico	748 - 744	Primeras plantas verdes y hongos en tierra		
		Ediacarano	541 - 495	Explosión cambriana. Diversificación de la vida		
Arcaico	Mesoproterozoico	Neoproterozoico	1000 - 541	Glaciación sobre la tierra eólica		
		Mesoproterozoico	1800 - 1000	Orogénesis supercontinental Rodinia		
	Eón Arcaico	Arcaico	2500 - 1800	Primeras formas de vida unicelulares		
		Neo-arcaico	2300 - 2500	Estabilización de cratóns arcaicos		
Eón Arcaico	Eón Arcaico	Meso-arcaico	3200 - 2800	Expansión de los estromatolitos		
		Palaeo-arcaico	3900 - 3200	Primeras bacterias productoras de oxígeno		
		Eón Arcaico	4000 - 3600	Primera forma de vida unicelular		
			4300 - 4000	Mineral más antiguo conocido (Eón Arcaico)		

Escala del tiempo geológico con los Eones, Eras y periodos. Además muestra la duración en millones de años de cada uno y los principales hitos asociados a ellos.

Las rocas más antiguas de Puchuncaví corresponden a rocas metamórficas provenientes de un conjunto de estratos que fue afectado por grandes fuerzas tectónicas, probablemente antes del inicio de la Era Mesozoica. Les siguen rocas volcánicas (Formación Ajiá) e intrusivas (Superunidad Mincha) más jóvenes vinculadas con el arco volcánico del periodo Jurásico. Posteriormente, en la historia geológica de Puchuncaví existe un "hiato geológico", lo que quiere decir que no se formaron ni se preservaron rocas en un periodo de tiempo de 140 millones de años. Este periodo o "hiato" pudo ser causado por la falta de deposición de sedimentos o por la erosión de capas preexistentes. Las siguientes capas más jóvenes sedimentaron sobre el basamento intrusivo del jurásico y corresponden a rocas sedimentarias marinas y fluviales de la Época Mioceno-Plioceno. Los sedimentos más recientes corresponden a depósitos eólicos, fluviales y aluviales formados entre el Plioceno y el Holoceno del periodo Cuaternario.

Periodo	Época	Edad (Ma)
Cuaternario	Holoceno	0.011 - actual
	Pleistoceno	2.58 - 0.011
Neógeno	Plioceno	5.3 - 2.58
	Mioceno	23 - 5.3

Tiempo geológico y duración en millones de años de las épocas en las cuales se originaron la Formación Confluencia, Formación Horcón, depósitos aluviales y eólicos.

Periodo	Época	Miso	Edad (Ma)
Terciario	Superior	Titaniano	146 - 145
		Kimmeridgiense	155 - 145
		Oxfordiense	162 - 155
	Medio	Calloviano	165 - 162
		Bathoniense	168 - 155
		Bajociano	170 - 158
		Ajuntiano	175 - 170
	Inferior	Taurinense	184 - 175
		Micropalaeozoico	192 - 154
		Sinemuriense	198 - 183
		Neotangiense	201 - 158

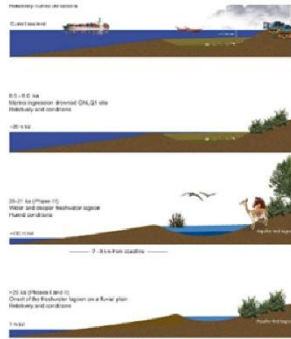
Tiempo geológico y duración en millones de años de los pisos donde se desarrolló la Formación Ajiá (en rojo).

BAHÍA DE QUINTERO

El geositio Bahía de Quintero, administrativamente forma parte de la comuna de Puchuncaví y Quintero. Es una bahía de tipo somera, que abarca 14 kilómetros de costa y tiene una boca de 4,3 km de longitud donde alcanza profundidades cercanas a los 50 metros. En los extremos norte y sur de la bahía afloran rocas intrusivas de la Unidad Cavilolén, representados por granodioritas y tonalitas que contienen gran cantidad de inclusiones máficas. En el extremo norte, en Punta Ventanillas, se encuentra el geositio Arco de roca de Las Ventanas. Hacia el centro de la bahía, las rocas intrusivas se encuentran cubiertas por depósitos marinos, eólicos, aluviales y coluviales del Cuaternario.

La relevancia del geositio está dada por el descubrimiento del sitio paleontológico GNL Quintero 1 (GNLQ1), que se caracteriza por una alta abundancia y diversidad de fósiles terrestres de megafauna extinta y actual, entre los que destacan: Camelidos, cérvidos, équidos, milodontos, xenartros, cánidos, miocastorinos y octodóntidos. El sitio GNLQ1 se encuentra a 650 m de la línea de costa y a 13 m de profundidad, lo que lo transforma en el único yacimiento paleontológico sumergido del Pleistoceno Tardío para la costa sureste del Pacífico.

Los animales encontrados en el sitio GNLQ1 habrían habitado una laguna de agua dulce que se desarrolló sobre una planicie fluvial, en condiciones relativamente áridas, al menos hace unos 28.000 a 21.000 años atrás. Posteriormente, la laguna se expandió y profundizó bajo condiciones climáticas húmedas que afectaron la zona central de Chile durante el Último Máximo Glacial, también conocido como la última Edad del Hielo. Por último, el sitio quedó sumergido alrededor de los 8.500 a 8.000 años atrás, luego de la transgresión marina postglacial más reciente.

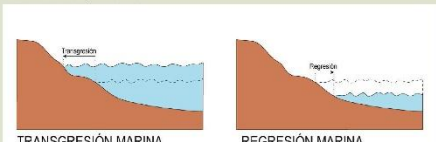


Modelo de evolución del sitio GNL Q1 (Flores et al., 2021)

CAMBIOS EN EL NIVEL DEL MAR

Las **transgresiones** y **regresiones** marinas son cambios en la posición del mar respecto a los continentes. Una transgresión ocurre cuando el mar avanza tierra adentro, cubriendo zonas del continente, mientras que una regresión sucede cuando el mar retrocede y deja al descubierto áreas que estaban sumergidas.

Estos procesos pueden deberse a dos grandes causas: la **tectónica de placas** y los **cambios globales en el nivel del mar**. La tectónica eleva o hunde regiones, favoreciendo la entrada o salida del mar; por ejemplo, al levantarse montañas se produce una regresión, mientras que al hundirse una cuenca se facilita una transgresión. Por otra parte, los **cambios eustáticos**, relacionados con la cantidad de agua en los océanos, también son claves: durante las glaciaciones el mar baja y durante los deshielos sube. Estos fenómenos quedan registrados en las rocas como capas que alternan sedimentos marinos y continentales, funcionando como páginas de un libro que cuentan la historia del planeta.



(www.geologicaimani.blogspot.com)

PLAYA CAU-CAU

En el geositio playa Cau-Cau, las arenas están formadas por minerales de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico, provenientes de la erosión de las rocas intrusivas presentes en este sector del borde costero. Las rocas intrusivas, denominadas Granitos de Punta Sanfuentes (Jurásico 159 Ma), corresponden a granitos y pegmatitas bandeadas, dispuestas subhorizontalmente sobre las rocas de la unidad Cavilolén (Granodioritas y tonalitas). Petrologicamente las rocas corresponden a sienogranitos y monzogranitos, leucocráticos, con texturas fanerítica de grano medio a muy grueso, conformadas por minerales de plagioclasa, microclina, cuarzo, biotita y moscovita, además de minerales accesorios opacos y esfero.

Al recorrer la playa se pueden observar superficies erosionadas como zonas rocosas muy pulidas, así como también marmitas formadas por la generación de flujos helicoidales a partir del oleaje.

Hacia el sur de la playa, los afloramientos rocosos dificultan el recorrido por la costa y favorecen la acumulación de grandes volúmenes de cantos rodados ígneos y bien redondeados. En este sector el bandeado de las pegmatitas es muy marcado producto de las diferencias en el tamaño de grano de los cristales. Se pueden observar cristales de turmalina al interior de drusas, generalmente desarrolladas en las bandas de grano muy grueso.



Vista hacia el sur de la playa Cau-Cau. El color de la arena tiene relación con las rocas que afloran en el borde costero.



Bandeados de granitos y pegmatitas



Cantos rodados acumulados en las zonas rocosas del borde costero



Afloramientos rocosos con bandeados y pliegues



Marmita. Pequeña depresión en la roca, la cual aumenta su profundidad a partir de la acción gísteria de cantos duros sobre la superficie por un tiempo prolongado.

SEDIMENTOS FLUVIALES DEL NEÓGENO

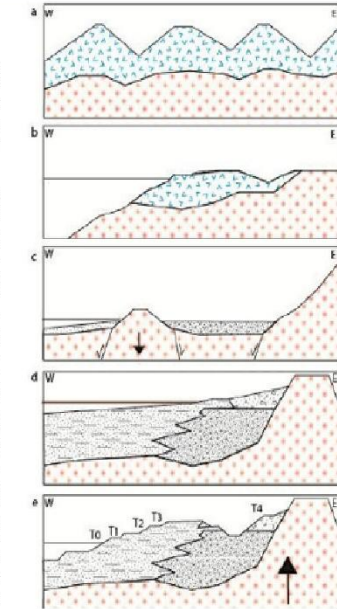
En este geositio podemos reconocer los sedimentos fluviales que son testigos de antiguos ríos que recorrían la comuna hasta llegar al mar. Estos sedimentos están representados por capas de areniscas y conglomerados de la Formación Confluencia.

La Formación Confluencia es una unidad geológica de carácter continental, de origen fluvial, que se depositó sobre una cuenca subsidente y que recibió el material erosionado durante el levantamiento de la Cordillera de la Costa y de los Andes, durante las fases tectónicas Pehuenche y Quechua, desde finales del Mioceno hasta principios del Plioceno. En ese período de tiempo el paisaje se organizó entre ríos, playas y dunas. Posteriormente, se produce una trasgresión marina desde el Plioceno medio hasta el Pleistoceno temprano, con la consecuente superposición de la Formación Horcón (Onlap) sobre la Formación Confluencia. A principios del Pleistoceno disminuye la tasa de hundimiento de la cuenca, dejando un ambiente marino poco profundo. Después del Pleistoceno medio, desde hace aproximadamente 1,7 millones de años, los depósitos aluviales tempranos evidencian el levantamiento de la Cordillera de la Costa mediante la erosión de la Formación Horcón y Confluencia.

La Formación Confluencia representa un río trezado a meandriforme con dunas tipo barján en un ambiente de transición, desde lo marino a continental. Mientras que la Formación Horcón representa un ambiente marino somero de plataforma continental y sistema deltaico con interacción fluvio-aluvial.



Estratos de la Fm. Confluencia desplazados por una falla de tipo normal. Se observa en la parte superior una capa de gravas, la cual fue desplazada hacia abajo en el lado derecho de la imagen. Afloramiento ubicado en el cruce de la ruta a Nagales y la entrada sur a Puchuncaví.



Esquema de representación de la formación del relieve y la sedimentación de las unidades geológicas, desde el jurásico hasta la actualidad (Cuevas, 2017)



Conglomerados fluviales en el cruce de la entrada sur a Puchuncaví

ACANTILADOS DE PLAYA LARGA DE HORCÓN

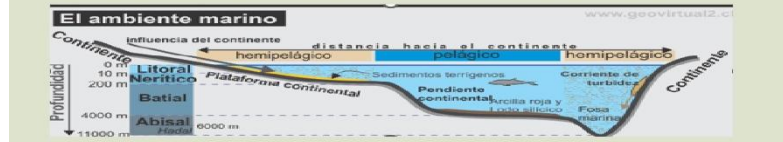


El geositio se encuentra en el borde costero al norte de la localidad de Horcón. Corresponde a un acantilado de aproximadamente 2 km de largo en los que se observan afloramientos de rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Horcón. La sucesión estratigráfica tiene un espesor de 45 a 100 m y sus capas se disponen subhorizontales, afectadas localmente por fallas de tipo normal. Los estratos de la base se apoyan en discordancia sobre el basamento ígneo, mientras que las capas superiores están cubiertas en discordancia por las paleodunas. La Formación Horcón está formada principalmente por areniscas y, en menor medida, arcillolitas, limolitas y conglomerados, estos últimos alcanzando en ocasiones diámetros mayores a 1 m. Las capas basales de la unidad (8 metros) se caracterizan por la ausencia de microfósiles y una coloración verdosa. Por otro lado, sobre los 8 metros, las capas superiores se caracterizan por estar compuestas de areniscas y conglomerados con abundantes restos fósiles.

La Formación Horcón se caracteriza por el imponente acantilado que forma en el área costera, pero también por los numerosos y diversos fósiles que contiene. Se han registrados un total de sesenta tipos de fósiles de vertebrados e invertebrados. Entre ellos es posible identificar corales, artrópodos, moluscos, peces cartilaginosos (rayas y tiburones), peces óseos, aves marinas (pingüino, cormorán) y mamíferos marinos (focas, delfines, cetáceos, perezosos y Esta diversidad faunística permite determinar la edad de la Formación Horcón al Mioceno-Plioceno.

La Formación Horcón representa un ambiente marino somero de plataforma continental, desarrollado en una zona nerítica, de aguas con alta energía y cercano al borde costero, entre la línea de la marea baja y el borde de la plataforma continental (200 metros).

El **ambiente marino** se divide en distintas zonas según la profundidad y la relación con los continentes. Cerca de la costa encontramos el **ambiente litoral**, donde rompen las olas y la vida está adaptada a cambios constantes de mareas y oleaje. Mar adentro está la **zona nerítica**, que se extiende sobre la **plataforma continental**: una franja relativamente poco profunda, rica en nutrientes y biodiversidad, que recibe sedimentos tanto de origen continental (ríos, erosión costera) como de origen marino (restos de organismos, partículas transportadas por corrientes). Al terminar la plataforma, el fondo marino desciende bruscamente formando el **talud continental**, que marca el límite entre los dominios continentales y oceánicos. A partir de allí comienza la **zona batial**, más profunda y oscura, con condiciones difíciles, pero aún habitada por peces y organismos adaptados. En las mayores profundidades encontramos la **zona abisal**, un ambiente frío, oscuro y con alta presión, donde habitan especies sorprendentes como peces bioluminiscentes. Finalmente, en ciertos lugares, el fondo marino alcanza depresiones extremas llamadas **fosas oceánicas**, asociadas a zonas de subducción, donde una placa tectónica se hunde bajo otra. Estos ambientes muestran cómo los continentes se prolongan bajo el mar a través de la plataforma y el talud, conectándose con los grandes dominios oceánicos que forman la mayor parte del planeta.



ARCO DE ROCAS DE LAS VENTANAS

El arco de rocas se ubica en el extremo norte de la Bahía de Quintero. De acuerdo con los relatos históricos, la localidad de Las Ventanas recibe su nombre ya que antiguamente eran dos los arcos de roca que existieron en este lugar, pero un fuerte sismo provocó el derrumbe de uno de ellos. Hoy en día sólo se mantiene en pie el arco ubicado hacia al lado del mar, mientras que en el lado del acantilado se encuentra una abertura rocosa que no preserva la parte superior del arco como vestigio del antiguo arco.



En primera plana se observa una plataforma de abrasión ubicada en el intermareal y al fondo el arco de roca.

Al arco se accede por la avenida costanera hacia el sur, en el camino se observa como las arenas de la playa cubren las rocas intrusivas de composición granodiorítica. Siguiendo el camino, en bajamar afloran plataformas de abrasión marina actuales generadas por la acción erosiva de las olas sobre las rocas. Asimismo, la zona presenta un pronunciado acantilado de 40 m de altura esculpido en la granodiorita, sobre la cual se disponen en discordancia sedimentos marinos atribuidos a la Formación Horcón, que, a su vez, están cubiertos también en discordancia por arenas de origen eólico atribuidas a paleodunas. El contacto entre estas tres unidades se aprecia en una cantera de maicillo ubicada a unos 100 metros antes de llegar al arco. Frente a la cantera encontramos dos pequeñas playas de arena blanca. El sedimento de esta playa está constituido por arena de grano medio principalmente de cuarzo y feldespato con un porcentaje menor de bioclastos de conchas.

El geositio corresponde a un arco de roca formado producto de la interacción entre la erosión eólica y marina con fallas locales. Las fallas crean líneas de debilidad en las rocas a lo largo de la costa, que favorecen la erosión a través de la penetración del agua y el viento,

lo que genera el desgaste y remoción de los fragmentos de roca. Junto con lo anterior, los procesos tectónicos como el alzamiento de la costa permitieron que la parte superior del arco se preserve al no quedar expuesta a la acción erosiva de las olas, desgastando solo la parte inferior, lo que origina su característica forma de arco. Sobre la base del arco se extiende una plataforma de abrasión marina visible desde el intermareal hasta los pies del acantilado. Por último, en el geositio también existen geoformas conocidas como tafoni, que es una cavidad o hueco erosivo, de forma redondeada, que se desarrolla en rocas expuestas a la intemperie por la acción conjunta del viento, el agua y la sal.

Las rocas presentes en el geositio corresponden a tonalitas y granodioritas pertenecientes a la Unidad Cavilolién, con edades de entre 156 a 170 millones de años. Presentan textura fanerítica de grano medio a grueso. Los minerales principales que conforman la roca son la plagioclasa, el cuarzo, el feldespato potásico, la biotita y la hornblenda, mientras que los minerales accesorios son clinopiroxenos, esfeno, apatito y circon. A diferencia de otras rocas plutónicas de Puchuncaví, el Arco de Roca de Las Ventanas aloja un gran volumen de inclusiones máficas, es decir, fragmentos de rocas de composición máficas con alto contenido de minerales oscuros. Las inclusiones, de formas elipsoidales y alargadas, aparecen con diversos tamaños, hasta 1,7 m de largo y generalmente alineadas lo que sugiere que se trata de filones sinplutónicos. También generan estructuras tipo Schieler representadas por bandas irregulares compuestas por minerales oscuros dentro de una matriz más clara. Composicionalmente varían desde cuarzodioritas a dioritas. Las inclusiones corresponden a porciones de un magma de composición máfico inyectado en un magma de composición intermedia.



Mezcla magmática donde se diferencian tres tipos de magma: Granodiorita (color clara), tonalita (color gris) y diorita (formas redondeadas color oscura).

TOBA JURÁSICA SUBIDA A LA CANELA



Cantera de roca volcánica ubicada en la subida a La Canela

Una toba es una roca volcánica formada a partir de la acumulación de ceniza y fragmentos de rocas en la superficie, que provienen de una erupción volcánica.

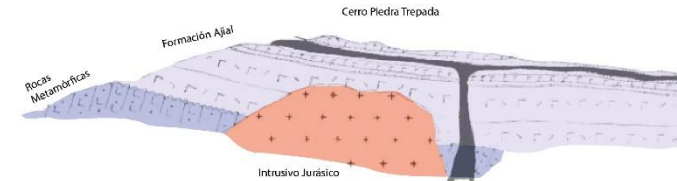
Desde la localidad de Puchuncaví se accede a este geositio subiendo por la ruta F-140 rumbo al Portezuelo Alto de las Bellotas, donde se reconoce al costado del camino una antigua cantera utilizada para la extracción de áridos. En este lugar afloran tobas de la Formación Ajal siendo instruidas por al menos dos diques leucocráticos que los cortan con una inclinación de unos 70° al NE. El dique tiene un color amarillo pardo y se encuentra muy alterado. La roca piroclástica presenta deformación frágil por lo que se encuentra muy fracturada debido a los esfuerzos que exceden su resistencia, probablemente atribuidos a fallas. La toba contiene fragmentos líticos andesíticos de formas angulosas y color gris oscuro, inmersos en una matriz fina más clara.

Periodo	Época	Etapa	Edad (Ma)
Jurásico	Superior	Tiuriano	140 - 145
		Kimmeridgiense	150 - 148
		Oxfordiense	162 - 155
	Medio	Calloviano	165 - 162
		Balthasiano	168 - 165
		Belociano	170 - 168
	Inferior	Aaleniano	175 - 170
		Toarciano	184 - 175
		Pliensbachiense	193 - 184
		Hauteriviense	200 - 193
		Hauteriviense	201 - 198

Tiempo geológico y duración en millones de años de los pisos donde se desarrolló la Formación Ajal (en rojo).



Aspecto de la toba de la Formación Ajal con fragmentos líticos andesíticos destacados en color negro.



Perfil geológico de la Formación Ajal en el cerro Piedra Trepada

YACIMIENTO JURÁSICO SAN ANTONIO DE PUCHUNCAVÍ

El geositio está ubicado en la localidad de San Antonio y se llega por la ruta F-140, se toma la bifurcación por la ruta F-146, hasta llegar al piedemonte. Además del geositio, en este sector existe una imagen del patrono de la localidad. Aquí se realiza la fiesta religiosa de San Antonio de Puchuncaví, la cual se celebra durante el mes de julio con la presencia de cofradías y agrupaciones de Bailes Chinos, este último considerado Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad por la UNESCO desde 2014.

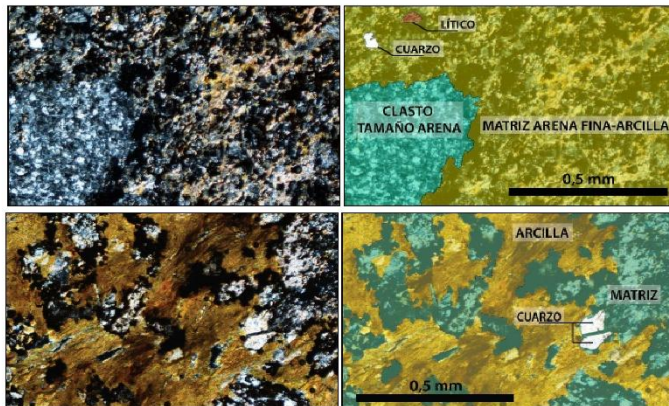
El geositio fue descubierto producto de la extracción de rocas para usar como áridos entre los años 1994-1997, fue así como los restos fósiles quedaron expuestos. En la cantera afloran 12 metros de una sucesión sedimentaria compuesta por capas fosilíferas de areniscas y conglomerados, y, en menor medida, limolitas y lutitas. Las capas que conforman el geositio han sido interpretadas como una serie marino-transicional, en la cual se definieron 4 facies sedimentarias, todas concordantes entre sí. La facie 1 corresponde a turbiditas de arenisca gruesa con invertebrados marinos. La facie 2 areniscas gruesas a medias y conglomerados finos con laminación paralela y cruzada planar. La facie 3 areniscas masivas con invertebrados marinos y corales coloniales y la facie 4 onglomerados clasto y matriz soportados.



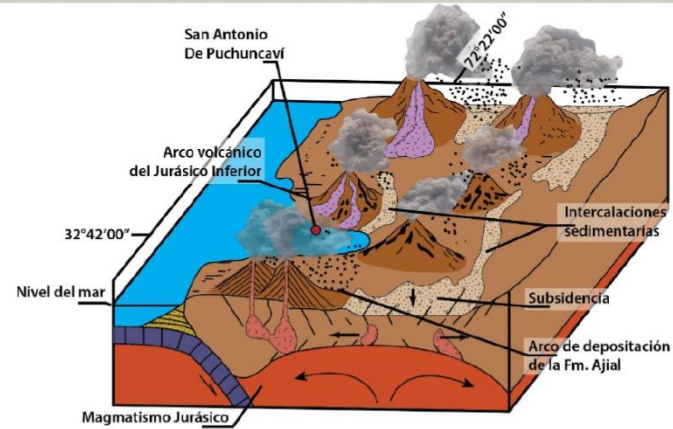
Secuencia sedimentaria con restos fósiles donde se destacan las 4 facies sedimentarias (López, 2016).



Restos fósiles de invertebrado y corales coloniales



Microfotografía de la arenisca de la facie S1. Arriba se observa un grano de origen volcánico en una matriz de arena arcillosa con clastos líticos y cuarzo. Abajo la presencia de arcilla es mayor (López, 2016).



Modelo paleogeográfico que muestra el volcanismo que origina la acumulación de las capas volcánicas y sedimentarias de la Formación Ajaí (López, 2016).

YACIMIENTO DE ORO ESTERO MALA CARA

En la quebrada del Estero Malacara se encuentran antiguas minas, instalaciones y maquinarias empleadas para la extracción y procesamiento del oro, que dan cuenta de la actividad minera del lugar durante los siglos pasados.

El geositio está conformado por una antigua instalación minera abandonada que preserva algunas partes de maquinarias, diversas estructuras de hormigón (fundaciones, piscinas, pilares, etc), plataformas y muros de contención construidos con rocas. Dado el conjunto de elementos que conforman la instalación minera, se puede deducir que fueron utilizadas para el procesamiento del oro que fue extraído desde una mina subterránea, ubicada en la ladera opuesta a no más de 20 metros. En ella se reconocen las plataformas construidas para albergar las oficinas y campamentos del recinto, también se reconocen las bases de hormigón que habrían sostenido la planta de procesamiento, con los chancadores y molineta utilizados para reducir el tamaño de las rocas, así como también las piscinas utilizadas para la concentración y lixiviación del oro.

La mina subterránea tiene al menos tres entradas, con la principal a nivel del estero, mientras que el resto se encuentran ladera arriba. La veta tiene un rumbo N75°W y manto 40°S, lo que es visible de manera superficial a partir de las excavaciones en el cerro. Tiene potencia variable entre 10 a 60 cm y se presenta en cuarzo muy compacto con óxido de hierro y pitita. Corresponde a un cuerpo aurífero encajado en una roca intrusiva, emplazado a 100 m del contacto entre el intrusivo y las rocas volcánicas de la Formación Ajaí.

La roca que contiene las vetas de cuarzo pertenece al plutón Mauco, el que tiene forma ligeramente ovoide y su eje mayor está orientado norte-sur. Hacia el este intruye a las rocas volcánicas de la Formación Ajaí y a las rocas metamórficas, mientras que hacia el oeste está cubierto por depósitos sedimentarios cenozoicos. La roca es una leucotonalita con textura granofílica de grano medio a fino. Los minerales que conforman la roca son la plagioclasa, cuarzo, feldespato y anfíbol, además de minerales accesorios como esfeno, apatita y circón.

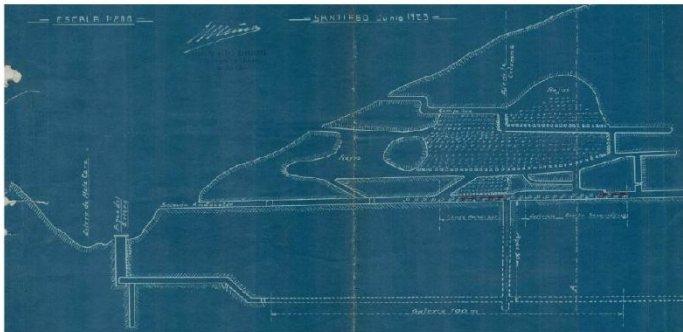
El geositio se encuentra en terreno privados al interior del Fundo Los Álamos de Chilicaquén, por lo que se debe gestionar su ingreso con la administración.



Instalación minera abandonada en Estero Mala Cara



De izquierda a derecha. Interior mina. Veta de cuarzo. Galería cerrada con maderas y rocas. Salida de la mina.



Perfil que muestra los diferentes túneles y rajas interiores del Mineral de Mala Cara. Elaborado por Ernesto Muñoz Maluschka en 1923

Historia de la Minería en Quebrada Mala Cara

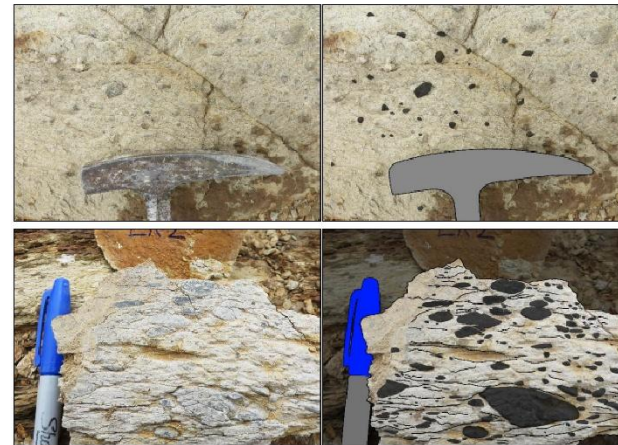
La Quebrada de Malacara tiene restos arqueológicos y prehispánicos, desde donde se extraían oro los nativos de Quillota desde antes de 1561, según cuenta el historiador del siglo XIX Benjamín Vicuña Mackenna. Con la llegada de Pedro de Valdivia al valle de Quillota, la quebrada fue explotada durante toda la colonia por españoles, para luego pasar a manos de empresas e inversionistas chilenos y migrantes europeos, hasta el abandono en la actualidad de los yacimientos. En agosto de 1834, pasó por esta quebrada el naturalista Charles Darwin durante su viaje hacia el cerro La Campana (1890 metros), actual Parque Nacional La Campana.

ROCAS METAMÓRFICAS EL RINCÓN

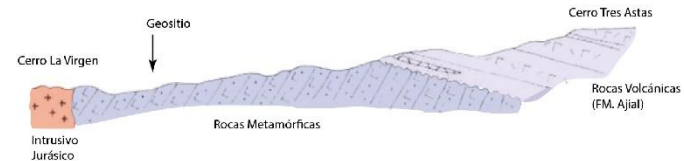
El afloramiento que da lugar a este geositio se ubica en la localidad de El Rincón, a 1 km hacia el este del cementerio de Puchuncaví, al costado de la ruta F-160 que va hacia El Rincón.

Se trata de un afloramiento de rocas metamórficas conformadas por filitas y micacitas de color amarillento, bien estratificadas y con intercalaciones rítmicas de clastos deformados a lo largo de 50 metros. A primera vista se describe como un paraconglomerado de clastos de hasta 6 cm en una matriz de arena y limo, con foliación y deformación de los clastos en dirección NNE-SSW. Sin embargo, al microscopio, la roca madre o protolito que dio lugar a esta roca metamórfica se determinó como una brecha volcánica porfídica.

En general, las rocas metamórficas que afloran en la comuna de Puchuncaví se ubican a los pies de la Cordillera de la Costa, con estratos con buzamientos casi verticales hacia el oeste y planos de foliación paralelos a la estratificación. Corresponden a filitas y esquistos principalmente, que son el producto de un metamorfismo dinámico y de contacto que afectó a rocas volcánoclasticas. Las rocas metamórficas infrayacen discordantemente a las rocas volcánicas del Jurásico Medio (Formación Ajjal), las cuales no presentan evidencias de metamorfismo. En la zona de contacto entre las rocas metamórficas y rocas volcánicas, se emplazan yacimientos cupríferos vetiformes y/o estratiformes con menas de cobre y cobre-plata-oro. Los minerales de mena son malaquita, tenorita, bornita, calcopirita y arsenopirita.



Rocas metamórficas de El Rincón. La imagen de arriba está tomada perpendicular a los planos de foliación. Abajo paralela a los planos de foliación. En color negro se resaltan los clastos, los cuales están deformados y alineados con la foliación de la roca.



Perfil geológico que muestra la ubicación del geositio Rocas metamórficas El Rincón.

Basamento rocoso: El basamento rocoso es el conjunto de rocas antiguas y consolidadas que forman la base de un territorio. Sobre él se apoyan y desarrollan los sedimentos y formaciones más jóvenes de la corteza terrestre.

Caliza: La caliza es una roca sedimentaria compuesta principalmente de carbonato de calcio, formada por acumulación de restos marinos y precipitación química.

Cristales: Sólidos minerales con una estructura interna ordenada y caras externas que reflejan esa organización.

Concentración de oro: Operación en la cual se eleva la concentración (en porcentaje) de una mena o mineral determinado.

Cuenca: Depresión natural de la superficie terrestre donde se acumulan sedimentos a lo largo del tiempo.

Cuenca subsidente: Depresión que se hunde progresivamente por procesos tectónicos o de carga, permitiendo una continua acumulación de sedimentos.

Depósitos aluviales: acumulaciones de sedimentos transportados y depositados por corrientes de agua en movimiento.

Depósitos eólicos: Acumulaciones de sedimentos transportados y depositados por la acción del viento, como dunas y mantos de arena.

Depósitos fluviales: Son sedimentos transportados y acumulados por la acción de ríos en sus cauces, llanuras de inundación o deltas.

Elementos: Son sustancias puras constituidas por átomos del mismo tipo que forman la base de los minerales y de toda la materia.

Estrato: Capa de roca sedimentaria con características propias que la distinguen de las capas superiores e inferiores.

Fósil: Resto o huella de un organismo del pasado conservado en las rocas.

Hiato: Interrupción en el registro sedimentario que refleja un período de no deposición o erosión.

Lixiviación: Técnica hidrometalúrgica que consiste en extraer metales de un mineral haciendo reaccionar una solución con él.

Magma: Mezcla fundida de minerales, gases y líquidos que se origina en el interior de la Tierra.

Megafauna extinta: Conjunto de grandes animales del pasado que desaparecieron y cuyos restos se preservan en el registro fósil.

Molienda: Equipo utilizado para reducir el tamaño de las rocas mineralizadas.

Pirita: Mineral metálico de sulfuro de hierro, de brillo dorado característico y conocido como "el oro de los tontos".

Protolito: Es la roca original que, al transformarse por metamorfismo, da origen a una nueva roca metamórfica.

Relieve: Conjunto de formas y variaciones de la superficie terrestre originadas por procesos internos y externos de la Tierra.

Sedimento: Material sólido originado por la meteorización y erosión de rocas, transportado y depositado por agentes naturales.

Terremoto: Liberación repentina de energía acumulada en la corteza terrestre que genera vibraciones o sacudidas del suelo.

Textura: conjunto de características que describen el tamaño, forma y disposición de los minerales o partículas en una roca.

Textura granofírica: se refiere a una textura particular en rocas ígneas donde el cuarzo y el feldespato alcalino crecen conjuntamente.

Tiempo geológico: Es la escala que ordena la historia de la Tierra a lo largo de miles a millones de años.

Veta: Formación mineral que rellena fisuras o fracturas en las rocas, generalmente con minerales cristalizados.

Yacimiento paleontológico: Lugar donde se concentran y preservan restos fósiles que permiten reconstruir la vida del pasado.

Cuevas, R. 2017. Análisis de los depósitos sedimentarios Terciarios-Cuaternarios en el área de Quintero-Placilla (-33S) y sus implicancias paleogeográficas. Memoria para optar al título de geólogo. Departamento de Geología, Universidad de Chile, 2017.

Espínola, M. A. C., García, J. L., Quilaman, E. A., & Pfeiffer, M. 2023. Secuencia estratigráfica de las paleodunas y paleosuelos de Ventanas II en la costa de Chile Central (32°) y su implicancia paleoclimática. Revista de Geografía Norte Grande.

Flores-Aqueveque, V., Ortega, C., Fernández, R., Carabias, D., Simonetti, R., Cartajena, I., Díaz, L. & González, C. 2021. A multi-proxy reconstruction of depositional environment of a Late Pleistocene submerged site from the Central Coast of Chile (32°): Implications for drowned sites. Quaternary International, 601, 15-27.

Moreno, T., & Gibbons, W. (Eds.). 2007. The geology of Chile. Geological society of London.

López, N. 2016. Patrimonio geológico de la comuna de Puchuncaví, para la creación del Geoparque Puchuncaví, V región de Valparaíso. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geología. Tesis. 97 pág.

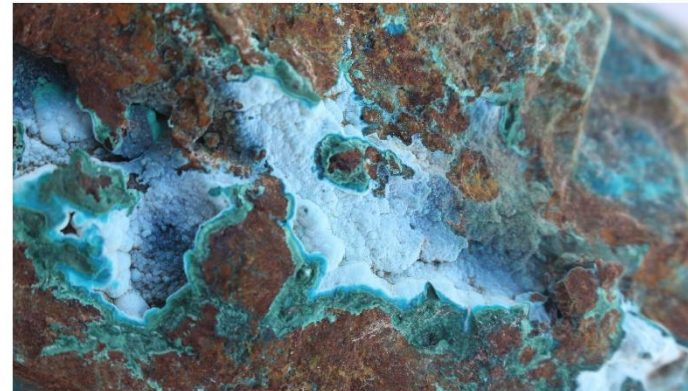
Piracés, L. 1976. Estratigrafía de la Cordillera de la Costa entre la cuesta El Melón y Limache, Provincia de Valparaíso, Chile.

Rivano, S., Sepúlveda, P., Boric, R., & Espiñeira, D. 1993. Hojas Quillota y Portillo, Región de Valparaíso. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, N°73.

Rivano, S. 1996. Geología de las Hojas Quillota y Portillo. Servicio Nacional de Geología y Minería (Informe Inédito). Santiago.

Thomas, B. 1958. Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de La Ligua y la Cuesta de Barriga.

Zora, J. 2017. Análisis de factibilidad del Geoparque Puchuncaví. Una propuesta para el desarrollo local sustentable de la comuna de Puchuncaví, Región de Valparaíso. Universidad de Valparaíso. Facultad de Arquitectura. Tesis de Magíster. 280 pág.





GUÍA GEOLÓGICA



Geositios de Puchuncaví



8. CONCLUSIÓN

El presente trabajo permitió desarrollar una metodología aplicada para la elaboración de una guía geológica con fines turísticos y divulgativos en la comuna de Puchuncaví. Este proceso implicó principalmente una minuciosa revisión bibliográfica, complementada con el levantamiento de información en terreno, así como también con la revisión y aplicación de criterios de valoración y selección que hicieron posible obtener un inventario de 30 geositios representativos del patrimonio geológico local. Desde un punto de vista geológico, dichos geositios conforman una diversidad de ambientes, litologías, estructuras y edades, que permiten explicar la evolución geológica de la comuna, representados por rocas metamórficas de edad pre-Jurásica hasta los sedimentos actuales. La guía geológica resultante constituye, por lo tanto, una herramienta concreta para acercar la ciencia a la comunidad y al visitante, ofreciendo una síntesis accesible y didáctica de la riqueza geológica del territorio.

En términos de proyección, este trabajo constituye un punto de partida para futuras iniciativas que integren los geositios en redes de turismo, conservación y educación, tanto en Puchuncaví como en otras comunas o regiones de Chile. La elaboración de la guía piloto con nueve geositios, presentada como parte de esta investigación, demuestra la viabilidad técnica de la propuesta, abriendo el camino hacia la consolidación de un producto final que abarque los 30 geositios seleccionados. Para ello es importante continuar con el proyecto y presentarlo a los organismos regionales vinculados al turismo y educación, con el fin de obtener financiamiento para su puesta en marcha. Asimismo, sienta las bases para el desarrollo de rutas interpretativas, señalética patrimonial, trabajos de conservación y protección, además de material audiovisual y actividades educativas, las cuales, por ejemplo, podrían ser implementadas por la Municipalidad de Puchuncaví o entidades regionales como el GORE o las distintas SEREMI. En este sentido, la guía no se limita a ser solo un producto informativo de carácter científico, sino que se proyecta como un instrumento de gestión y planificación, capaz de integrarse en estrategias de turismo sustentable y en programas educativos de distinto nivel en la comuna de Puchuncaví.

La propuesta también busca responder a una necesidad urgente de la comuna, la diversificación de las alternativas de desarrollo frente a un pasado marcado por conflictos socioambientales y procesos de industrialización que han tensionado la relación entre

comunidad y territorio. Reconocer y divulgar el valor del geopatrimonio permite abrir nuevas oportunidades para el turismo de intereses especiales y para la educación patrimonial, contribuyendo al fortalecimiento de una identidad local que integre, junto al patrimonio cultural, el patrimonio natural y, en particular, el geológico. Así, la guía se plantea como una vía para resignificar los paisajes cotidianos, transformándolos en espacios de aprendizaje, recreación y orgullo comunitario.

En conclusión, la metodología aplicada, la selección de geositios y la elaboración de la guía geológica para Puchuncaví no solo responden a un ejercicio académico, sino que también constituyen un aporte concreto al fortalecimiento del carácter identitario del patrimonio geológico de la comuna. Este trabajo se inscribe en una visión de desarrollo local sustentable, donde la geología deja de ser una ciencia lejana para transformarse en un lenguaje compartido entre la comunidad, los visitantes y el territorio. De este modo, se espera que la guía se convierta en una herramienta eficaz, capaz de inspirar nuevas iniciativas y de contribuir a que Puchuncaví avance hacia un futuro en el que su patrimonio geológico sea reconocido, protegido y valorado como parte esencial de su herencia y de su proyección colectiva.

9. BIBLIOGRAFÍA

Andrade, V., Schilling, M. y Mourgues, A. (2009). Cuatrositios de Interés Paleontológico en la comuna de Puchuncaví: experiencia en educación escolar. XII Congreso Geológico Chileno 2009. Santiago. Chile.

Baquedano, C., Ganuzas, M. M., & Martínez, E. D. (2015). Metodología para la elaboración de material divulgativo en relación con el patrimonio geológico: el caso de la reserva de la biosfera de Urdaibai. In *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos* (pp. 323-328). Instituto Geológico y Minero de España.

Benado, J.; Andrade, F.; Saldivia, H.; González, F.; Elgueta, A. (2025). Geositios de la región de Aysén. Proyecto Bien Público CORFO “Diseño del proyecto de geoparque Chelenko”. 88 p.

Brilha, J. B. (2005). Património geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Palimage.

Carcavilla, L., del Puy Berrio, M., Belmonte, Á., Durán, J.J., y López-Martínez, J. (2010). La divulgación de la Geología al gran público: principios y técnicas para el diseño de material escrito. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica, 104, 93-110.

Carcavilla, L., Samsó, J. M., Martínez, A., Castaño, S., & Rodríguez, L. R. (2020). Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido: guía geológica.

Carrillo Briceño, J. D. (2011). Significado paleoambiental y paleoecológico de la fauna marina del Plioceno de la Formación Horcón, Región de Valparaíso, Chile central. Tesis magíster en oceanografía, Universidad de Valparaíso. 154 pág.

CEUPE, (2025). ¿Qué es una Guía turística? Estructura, características e importancia. Turismo. [<https://www.ceupe.com/blog/guia-turistica.html>]. Recuperado el 05.06.2025.

Cuadra, P. (2022). Especies Minerales Chilenas: Un aporte al conocimiento del geopatrimonio de Chile. Serie profesional de publicaciones Sociedad Geológica de Chile. Chile.

Hose, T.A. (2000) – European “Geotourism” – geological interpretation and geoconservation promotion for tourists. In: Geological Heritage: its conservation and management. D. Baretino, W. A. P. Wimbledon, E. Gallego (eds.), Madrid, Spain, 127-146.

Hoffmann J., A. (1979). Flora silvestre de Chile. Zona central. Una guía para la identificación de las especies vegetales más frecuentes. Santiago, Chile: Fundación Claudio Gay.

Hoffmann J., A. (1992). Vegetación y flora de la alta cordillera de Santiago. Santiago, Chile: Compañía Minera Disputada de Las Condes.

Hoffmann J., A. (1997). Flora silvestre de Chile. Zona araucana; una guía ilustrada para la identificación de las especies de plantas leñosas del sur de Chile (entre el río Maule y el seno de Relocaví. 4a. edición. Santiago, Chile: Fundación Claudio Gay.

Instituto Nacional de Estadística. (2024). Estadísticas CENSO 2024. Población censada por sexo y edad en grupos quinquenales. Chile

López, N. (2016). Patrimonio geológico de la comuna de Puchuncaví, para la creación del Geoparque Puchuncaví, V región de Valparaíso. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geología. Tesis. 97 pág.

Martínez, D., (2024). Guía de bolsillo aves marinas y playeras de Chile. Editorial Museo Ediciones spa. 6 caras por lado.

Ministerio del Medio Ambiente (2007). Estrategia Regional de Biodiversidad. Sitio prioritario: Acantilados Quebrada Quirilluca. Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad de la Región de Valparaíso. Recuperado de <https://simbio.mma.gob.cl/>.

Montti, M. J. (2013). Geositios en la comuna de Puchuncaví: Diseño de un circuito geopatrimonial como base para el desarrollo de turismo de intereses especiales (TIE), desarrollo local y educación ambiental. Tesis Administrador en Ecoturismo. Facultad de Ecología y Recursos Naturales. Escuela de Ecoturismo. Universidad Andrés Bello. Viña del Mar. Chile.

Pereira, S. (2014). Análisis territorial de la actividad turística, comuna de Puchuncaví, en torno a la valorización de su geopatrimonio y a la declaración de un Geoparque. Pontificia

Universidad Católica de Chile. Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política. Instituto de Geografía. Departamento de Geografía Física. Tesis. 161 pág.

Pérez Muñoz, A. B., Villalobos Megía, M., & Gil Toja, A. (2020). Guía Geoturística del Parque Natural Sierra Norte de Sevilla-Geoparque Mundial de la UNESCO. *Sevilla, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía*, 191.

Municipalidad de Puchuncaví. (2020). Plan de Desarrollo Turístico, Comuna de Puchuncaví 2020-2025, Región de Valparaíso. Escuela de Gestión en Turismo y Cultura. Universidad de Valparaíso. Chile.

Ramírez Inostroza, C. F. (2021). Propuesta de producto geoes educativo digital aplicado al patrimonio geológico de la comuna de Puchuncaví, Región de Valparaíso.

Rivano, S., Sepúlveda, P., Boric, R., & Espiñeira, D. (1996). Hojas Quillota y Portillo, Región de Valparaíso. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, N°73.

Robador, A., Carcavilla, L., Rodríguez Fernández, L. R., Samsó, J. M., Martínez Rius, A., Belmonte, A., & Ruiz, A. (2015). La guía geológica del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido: una herramienta didáctica y divulgativa para el Geoparque de Sobrarbe. *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos*, 531-536.

Saint-Laurence, C., Vásquez, D., (2024). Rocas y minerales de Chile y el mundo. Editorial Valparaíso Trekking. 12 páginas.

Schilling, M.; Toro, K.; Contreras, P.; Levy, C.; Partarrieu, D.; Amigo, Á.; Hernández, J. (2013). Geoparque Kütralkura: Guía Geoturística. Servicio Nacional de Geología y Minería, 194 p., 3 mapas escala 1:300.000, 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.

Sernageomin. (2023). Geositios de Chile: una mirada a sus maravillas geológicas. Servicio Nacional de Geología y Minería: 144 p. Santiago.

Thomas, B. (1958). Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de La Ligua y la Cuesta de Barriga. Instituto de investigaciones Geológicas. Boletín N°2. Santiago de Chile.

UNESCO. (2015). Estatutos del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques. 38ª Conferencia General de la UNESCO (38C/14). 17 pág.

UNESCO. (2019). Acta del Consejo Ejecutivo de la UNESCO. Sesión N°217. Designación del Geoparque Kutralkura como UNESCO Global Geopark, el 17 de abril de 2019.

Vásquez, D., (2024). Flores Silvestres de Chile Central. Guía de bolsillo. Editorial Valparaíso Trekking. 12 páginas.

Vegas, J., Lozano, G., García-Cortés, A., Carcavilla, L. y Díaz-Martínez, E. (2011). Adaptación de la metodología del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico a los inventarios locales de patrimonio geológico: municipio de Enguídanos (Cuenca). Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España). Universidad de León. 271-276.

Vilajuana, B. (2014). Evaluación de puntos de interés geológico de la comuna de Puchuncaví y Propuesta de lineamientos para su puesta en valor turístico. Universidad Andrés Bello. Facultad de Ecología y Recursos Naturales. Escuela de Ecoturismo. Tesis. 138 pág.

Zora, J. y Andrade, V. (2015). Avances de un catastro de lugares de interés geológico y biológico del Geoparque aspirante de Puchuncaví, Región de Valparaíso, Chile Central. XIV Congreso geológico chileno. La Serena. Chile.

Zora, J. (2015). Análisis de factibilidad del Geoparque Puchuncaví. Una propuesta para el desarrollo local sustentable de la comuna de Puchuncaví, Región de Valparaíso. Universidad de Valparaíso. Facultad de Arquitectura. Tesis de Magíster. 280 pág.