



La geodiversidad al servicio del desarrollo regional

Francisc Xavier FERRARO CASTILLO¹, Ariel NAVARRO ALARCÓN¹, Oscar FIGUEROA², Patricio ZAMBRANO³, Artur ABREU SÁ⁴ y Manuel SCHILLING⁵

Abstract: *GEODIVERSITY AT THE SERVICE OF REGIONAL DEVELOPMENT.* The project Mining Geopark Litoral del Biobío is framed in the coastal edge of the Biobío Region in Chile, focused on explaining the geological history of the region through its. The scientific, educational and touristic value is still unknown to the community, which is why this project seeks to emphasize the enhancement of this geological heritage and its articulation with the community.

Resumen: El proyecto Geoparque Minero Litoral del Biobío queda enmarcado en el borde costero de la Región del Biobío en Chile, enfocado en explicar la historia geológica acontecida en él. El valor científico, educativo y turístico es aún desconocido para la comunidad, motivo por el cual dicho proyecto busca, el hacer énfasis en la puesta en valor de este patrimonio geológico y su articulación con la comunidad.

Key words: Chile. Biobío. Geosites. Society.

Palabras clave: Chile. Biobío. Geosítio. Sociedad.

Introducción

La geología excepcional, la geodiversidad y el patrimonio histórico cultural del territorio que posee el proyecto geoparque hacen de él un potencial candidato a presentar la candidatura para optar a formar parte de la red global de geoparques, que a través de la UNESCO oficializan el programa denominado “Geoparques Mundiales de la UNESCO”.

Esta potencialidad geológica, así como la riqueza del patrimonio cultural que albergan las comunas del geoparque, contrasta con la necesidad de una estrategia de desarrollo sostenible basada en el geoturismo, para mejorar calidad de vida de sus habitantes, especialmente en las comunas de la provincia de Arauco, que han

sido declaradas por la SUBDERE (Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo) ente que depende del ministerio del interior, como zonas de rezago (http://www.zonasrezagadas.subdere.gov.cl/pages/que_hacemos).

Desde el decaimiento de la industria del carbón, con el cierre de ENACAR en 1997, la región del Biobío lidera las tasas de desempleo a nivel nacional, con índices de cesantía del 7,5% en marzo 2017 (Economía y Negocios) pero que han llegado a ser superiores según registros históricos que llegaron a 8,2 en Biobío Chile, 2014. Se han llevado a cabo varias estrategias y actividades por parte de los diferentes organismos y ministerios públicos, para minimizar el impacto económico dependiente de la industria del carbón en las familias. Esta precariedad, ha

¹ Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC); Alonso de Ribera 2850, Campus San Andrés – Concepción (Chile).

² Universidad de Concepción (Chile).

³ Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Geología, Autopista Talcahuano, 7100, Concepción (Chile).

⁴ Universidad Tras os Monte e Alto Douro (Portugal).

⁵ Universidad Austral de Valdivia (Chile).

propiciado una oportunidad para la implementación de un proyecto de geoparque.

El creciente aumento de parques y espacios naturales, hace que cada vez más, sea necesaria la creación y difusión de nuevas etiquetas y certificaciones, que entreguen ventajas comparativas y hagan destacar a un territorio respecto a otros. La visión holística que entrega un proyecto de geoparque, proporciona la herramienta idónea para potenciar de nueva forma el desarrollo sustentable de una región, mediante la puesta en valor de la riqueza geológica, fortaleciendo el geoturismo y trabajándose desde un punto de vista pertenencia en el seno de la comunidad.

Marco geológico

El territorio del proyecto geoparque Miñero Litoral del Biobío, se emplaza en el centro geográfico de Chile, más concretamente en la región del Biobío entre las coordenadas 36°30' y 38°00' de latitud sur y los 73° y 74° de longitud oeste, posee un área con límites administrativos definidos principalmente que ocupa una superficie de 3937,2 km², que una vez realizada la evaluación de los geositios, serán reconsiderados.

El territorio que configura el geoparque posee una geología excepcional y una rica geodiversidad enmarcada en diferentes contextos geológicos preliminares propuestos por Mourgues *et al.* (2012) y que hacen referencia a la diversidad de contextos geológicos del país.

Un primer contexto geológico nacional presente en el geoparque, hace referencia al complejo metamórfico Paleozoico, el cual conforma un paleo-prisma de acreción del Carbonífero (dominio geológico 1), el cual en nuestro caso se subdividen en una serie occidental formada por micaesquistos, metabasitas, metacherts y serpentinita y una serie oriental formada por metagrauvas, filitas, hornfels y gneis, dentro de la cual se produce un metamorfismo de contacto por el batolito costero del sur, generando las zonas de biotita, andalucita y sillimanita (Hervé *et al.*, 2007). Este cinturón se

manifiesta en el geoparque en varios afloramientos a lo largo del borde costero como en el interior de la cordillera, mostrando tanto la particularidad mineralógica del cinturón metamórfico, como las estructuras deformacionales por pliegues que se producen a varios kilómetros de profundidad y que afloran en superficie en los materiales sedimentarios del prisma acrecional (Figura 1).

Otro contexto geológico nacional (Dominio Geológico 2) presente en el geoparque, hace referencia a los batolitos intrusivos del paleozoico superior (Carbonífero-Pérmico), que dan lugar al relieve y la geomorfología a la cordillera de la costa o Cordillera de Nahuelbuta, dentro de la cual se encuentra el Parque Nacional Nahuelbuta. Este intrusivo es básicamente tonalítico granodiorítico con enclaves máficos (Hervé, 1977). Es el responsable del cinturón metamórfico pareado que se ha definido anteriormente en las dos series metamórficas, la oriental y la occidental (Figura 1).

El tercer dominio geológico hace referencia a los depósitos sedimentarios del Cretácico superior, representados en la Formación Quiriquina, definida en la localidad tipo de la isla Quiriquina. La relevancia de dicha formación, es que posee varias especies de invertebrados marinos como amonites, gasterópodos y bivalvos, así como también ejemplares de reptiles marinos como restos de una nueva especie de plesiosaurio, el "*Aristonectes quiriquinensis*" que se ha datado en una época del Mesozoico entre los 251 y 65 Ma. según Otero *et al.* (2014) que ha dado lugar a la catalogación de una nueva subespecie a nivel internacional. A la Formación Quiriquina, le sobreyacen secuencias paralíticas constituidas por alternancias de areniscas, conglomerados, limolitas y mantos de carbón. Esta sección ha sido denominada formalmente como Grupo Lebu. Tanto la Formación Curanilahue como la Formación Trihueco, presentan mantos de carbón de edad Paleoceno a Eoceno inferior.

La tectónica compresiva en el Mioceno Superior produce el alzamiento de la cuenca y la omisión de un registro estratigráfico durante gran parte del oligoceno. Después del periodo subsiden-

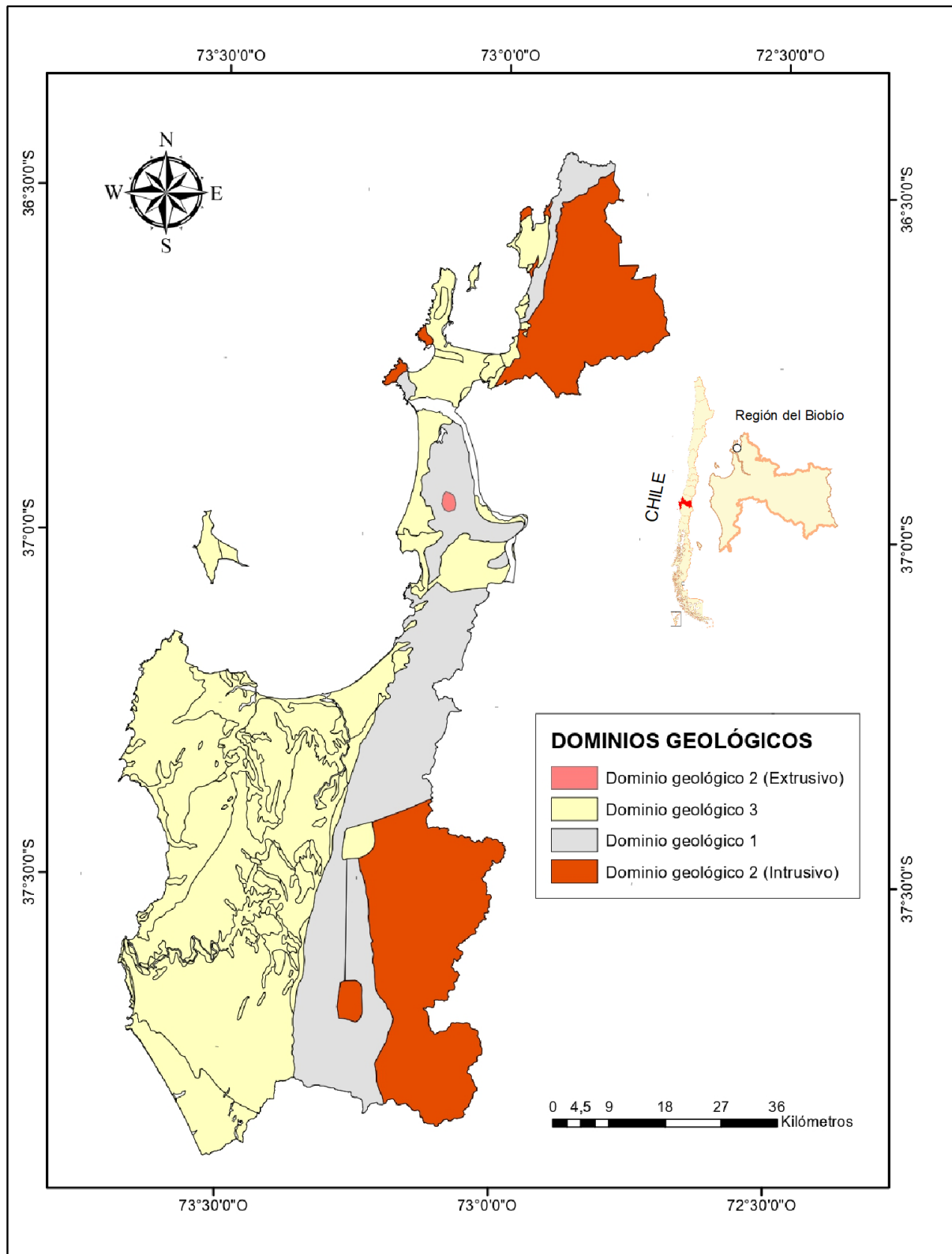


Figura 1. Mapa Geológico y dominios geológicos del geoparque minero litoral del Biobío. / **Figure 1.** Geological map and geological domains of the litoral del Biobío mining geopark.

te del Plioceno, en el que se depositaron areniscas correspondientes a la Formación Tubul, la mayor parte de la Península de Arauco fue alzada durante

el Cuaternario (Melnick *et al.*, 2003) (Figura 2).

La tectónica extensional que afecta a la Cuenca de Arauco, se expresa en una serie de fallas normales

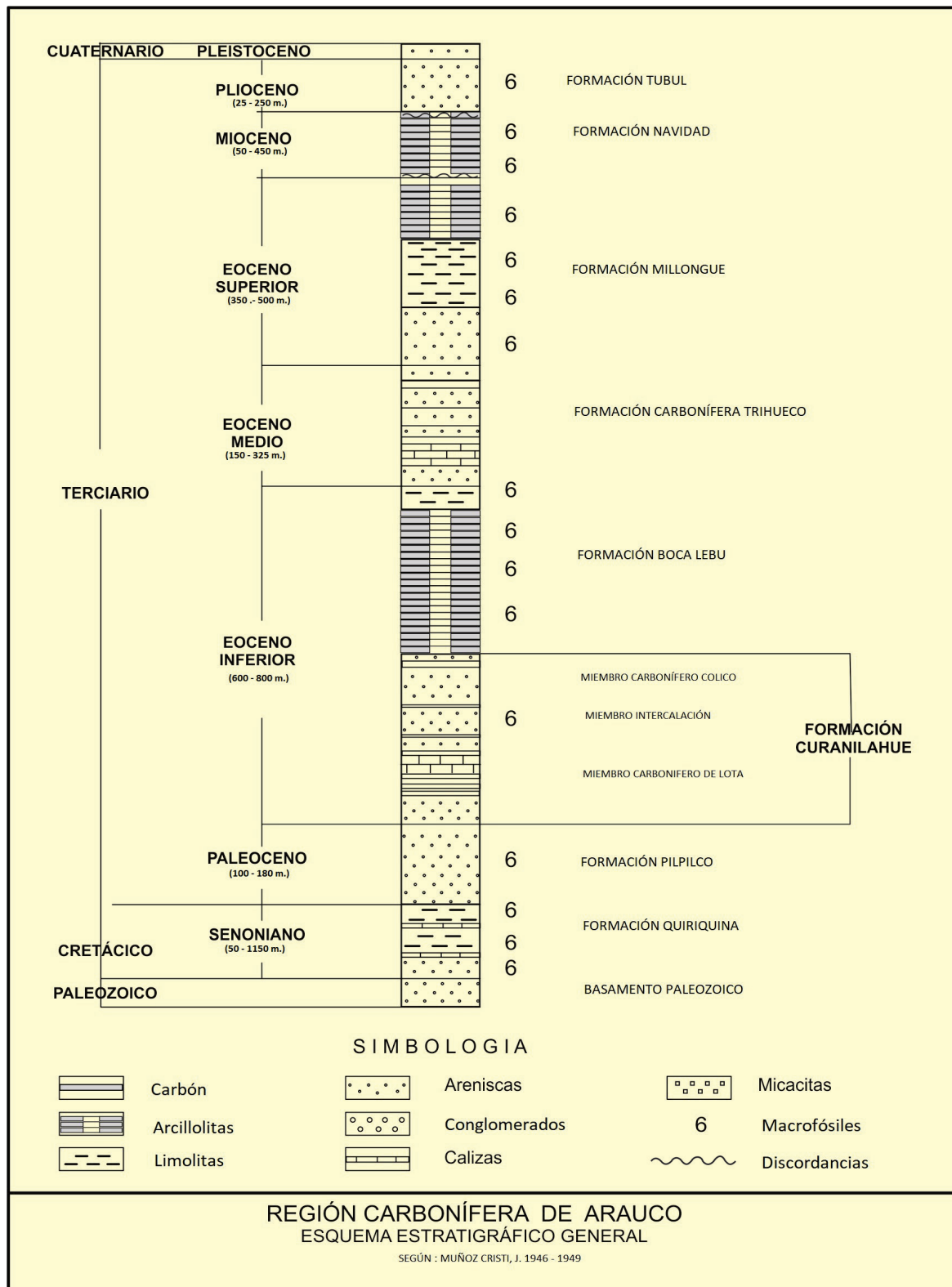


Figura 2. Estratigrafía de la plataforma Terciaria de Arauco (según Muñoz Cristi, 1945-1949). / **Figure 2.** Stratigraphy of the Tertiary platform of Arauco (according to Muñoz Cristi, 1945-1949).

de dirección NS, NE, NW que producen horst, grabens y hemigrabens, con bloques rotados en dominó y anticlinales de rollover que originan el manteo regional

WNW (Arcos y Elgueta, 1993). En general, el fallamiento tiene dirección NE-SW con manteo hacia el este (ver figura 3) e incluso afecta al basamento metamórfico.

Metodologías

La metodología propuesta para el reconocimiento del patrimonio geológico, se ha abordado primeramente con reuniones entre diferentes profesionales de geología de la región, para identificar los potenciales geositos del área del geoparque. Esto ha permitido, en primera instancia, inventariar cuarenta y siete potenciales geositos en las ocho primeras comunas reconocidas, quedando una segunda campaña de terreno que albergará las últimas tres comunas más al norte del geoparque.

Para comparar los geositos entre sí que existen en un territorio, se ha hecho necesario establecer una metodología concreta, en función de los objetivos perseguidos, que en este caso es el de identificar, valorar y catalogar los geositos más importantes a nivel científico, pedagógico/turístico y con riesgo de degradación que hay en el territorio. Existen innumerables metodologías que valoran el potencial geológico de un territorio, basadas en la valoración de diferentes parámetros y con la utilización de diferentes criterios, ejemplos de algunas clasificaciones o metodologías más reconocidas, son las propuestas por autores como Cendrero (1996), Brilha (2005), Carcavilla *et al.* (2007) y Brushi *et al.* (2008) entre otros autores.

En este estudio se utilizó la metodología propuesta por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), desarrollada para el inven-

tario nacional español (Carcavilla *et al.*, 2007), comparada y complementada con la metodología propuesta por Brilha (2005).

Debido al escaso tiempo para llevar a cabo la valorización de los geositos, se ha hecho necesaria la participación de 36 alumnos de los últimos años la carrera de geología de diferentes universidades regionales, distribuidos en grupos de tres alumnos y enviados a las distintas comunas del territorio del geoparque, con un número de geositos a reconocer de entre cuatro a seis geositos por grupo, con total de 47 geositos. Este trabajo ha permitido sensibilizar a los futuros geólogos sobre el valor patrimonial de la geología de su territorio, convalidar las horas de trabajo como prácticas en empresa y adquirir unos créditos dentro de cada una de sus casas de estudio. Los alumnos han sido supervisados y evaluados por su profesor guía que a la vez pertenecía al comité científico del geoparque.

Una primera etapa, consistió en la recopilación bibliográfica y selección de los contextos geológicos a reconocer. En la segunda etapa, se realizó la campaña de terreno, la cual se llevó a cabo en los meses de enero y febrero 2017, que consistió en reconocer y valorar los geositos, mediante la cuantificación de tres valores fundamentales, el valor intrínseco (V_i), valor de potencial de uso (V_u) y valor de riesgo de degradación o necesidad de protección (V_p) (tabla 1). Cada uno de estos valores,

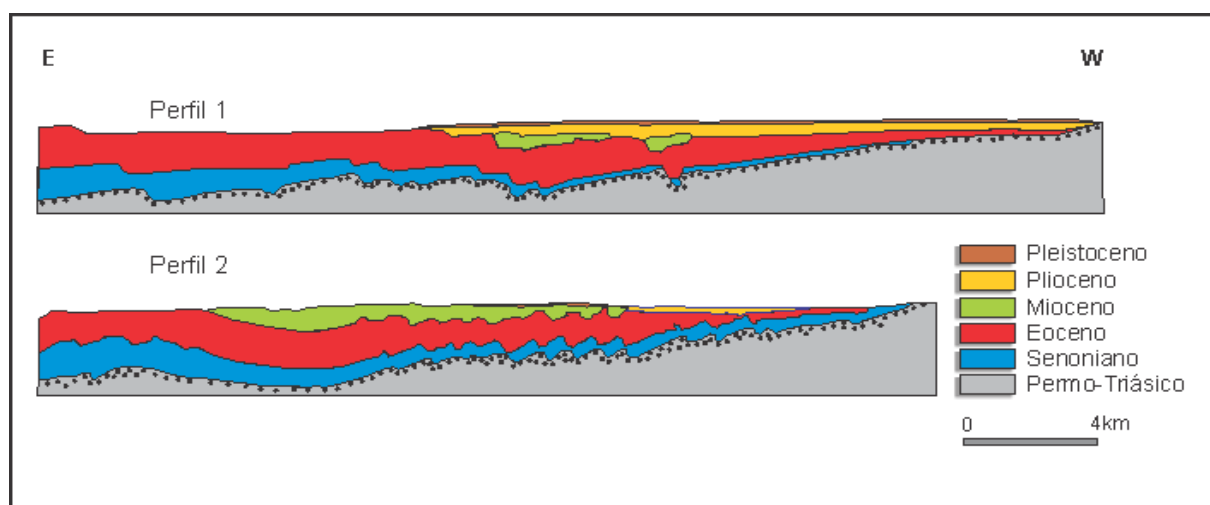


Figura 3. Perfiles geológicos transversales en la Península de Arauco. Se observa la configuración de bloques rotados controlados por fallamiento que afecta las secuencias terciarias y la parte somera del basamento (Wenzel, 1982). / **Figure 3.** Transverse geological profiles in the Arauco Peninsula. It is observed the configuration of rotated blocks controlled by faulting that affects the tertiary sequences and the shallow part of the basement (Wenzel, 1982).

A. Criterios Intrínsecos del Potencial Geositio		
Parámetros	Puntaje	Opciones
A1 Grado de conocimiento científico	5	Citado en más de una tesis académica, capítulo de libro o artículos de revistas científicas
	4	Citado en tesis u otro tipo de publicación técnico científica
	3	Citado en artículo de revista nacional e informes o plan de manejo
	2	Citado en relatos técnicos o planes de manejo
	1	No existe alguna referencia sobre el lugar seleccionado
A2 Abundancia a nivel regional	5	Solo existe un ejemplo
	4	Existen 2 o 3 mejores ejemplos
	3	Existen entre 4 a 10 ejemplos
	2	Existen entre 11 a 20 ejemplos
	1	Existen más de 20 ejemplos
A3 Lugar tipo Representatividad	5	Reconocido como lugar tipo
	3	Lugar tipo secundario
	1	No es reconocido como lugar tipo
A4 Extensión	5	Superior a 1.000.000 m ²
	4	100.000-1.000.000 m ²
	3	10.000-100.000 m ²
	2	1.000-10.000 m ²
	1	Menor a 1.000 m ²
A5 Diversidad de elementos geológicos	5	Se observan 4 o más elementos geológicos
	4	Se observan 3 elementos geológicos
	3	Se observan 2 elementos geológicos
	2	Solo se observa 1 elemento geológico
	1	No se aprecia ningún elemento geológico
A6 Capacidad Didáctica	5	Muy útil e ilustrativo. Es posible usarlo para fines didácticos para cualquier tipo de público
	4	Buena utilidad pedagógica para persona con conocimientos básicos
	3	Puede ser utilizados para fines didácticos
	2	Baja utilidad pedagógica
	1	Sin interés pedagógico
A7 Asociación con elementos de índole cultural	5	Existe en el lugar o en las inmediaciones evidencias de interés arqueológico o de otro tipo
	4	Existe evidencia arqueológica o de otro tipo
	3	Existen vestigios arqueológicos
	2	Existen elementos de interés no arqueológico
	1	No existen elementos de interés cultural
A8 Asociación con elementos del medio natural	5	Fauna y flora de importancia por su abundancia, o presencia de especies de especial interés.
	3	Presencia de flora y fauna de interés moderado
	1	Ausencia de elementos naturales de interés
A9 Estado de conservación	5	No hay daño visible, bien conservada
	4	Deterioro leve pero aun mantiene las características geológicas esenciales
	3	Dañado pero preserva las características geológicas esenciales
	2	Dañado como resultado de procesos naturales
A10 Vulnerabilidad natural o Fragilidad	5	Muy deteriorada como resultado de actividades humanas
	3	La evolución natural del lugar no afecta al potencial geositio
	1	La evolución natural puede afectar, más sin perder lo importante
A11 Estético o Paisajístico	5	La evolución de los procesos naturales causa daños graves
	3	Considerar la singularidad visual de elementos geológicos, calidad panorámica, diversidad de elementos, litología y tonalidades, presencia de vegetación y agua, ausencia de deterioro antrópico, altura y proximidad en relación a los objetos observados.
	1	

Tabla 1. Parámetros evaluados para cuantificar los valores de los geositios. 1A- Valor Intrínseco. 1B – Potencial de Uso. 1C – Valor de conservación. / **Table 1.** Parameters evaluated to quantify the values of the geosites. 1A- Intrinsic Value. 1B - Potential for Use. 1C - Conservation value.

posee diferentes parámetros que son evaluados en una escala del 1 al 5, según la definición de criterios metodológicos establecidos por los autores, donde 1 es la peor nota y 5 la mejor. Para el valor intrínseco, se han evaluado 11 parámetros, para el valor de uso se evalúan 10 parámetros, y para el valor de protección se evalúan 5 parámetros.

Una vez cuantificados los diferentes valores y parámetros, es necesario ponderar los parámetros de forma global y condicionada (Brilha, 2005) o de forma individual (García-Cortés *et al.*, 2009). Mediante estas tablas hemos podido clasificar cuantitativamente el ranquin de los geositos, según valores o a nivel global e identificar los potenciales geositos de interés nacional y/o internacional. Brilha (2005) propone que un geosito puede ser catalogado como un geosito nacional o internacional, si cumple con los requisitos expuestos en la tabla 2.

De esta forma, los geositos que cumplan con esta condición, serán ponderados según la fórmula A y los que no cumplan serán ponderados por la fórmula B, para arrojar un valor global Q del geosito (tabla 3).

De igual forma se busca el valor global del geosito (Q), según la propuesta del IGME 2014, donde se utilizan unas ponderaciones, no para la suma de los valores A, B y C, sino una ponderación más específica para cada uno de los parámetros evaluados, de esta forma se proponen las siguientes ponderaciones, según cada parámetro y valor. Las ponderaciones en este caso, se han modificado según las necesidades de nuestro proyecto (tabla 4).

El valor de Q de cada geosito, se obtiene de la suma de $V_i + V_u + V_p$, donde cada uno de estos parámetros obedece a la formulación expuesta en la tabla 5.

Resultados

Un primer resultado que no está ligado a cuantificación del valor patrimonial de la geología, pero si al éxito del desarrollo del proyecto, cabe atribuirlo a la adjudicación de fondos públicos para el desarrollo del proyecto geoparque Minero Litoral del Biobío. Esto ha permitido llevar a cabo la campaña de reconocimiento del patrimonio geológico del territorio, la evaluación y la catalogación, así como el reconocimiento que supone la implementación de un geoparque, como una estrategia válida para el desarrollo sustentable de un territorio.

Los resultados obtenidos de esta campaña (marzo 2017), es que se han catalogado cuarenta y siete geositos en ocho comunas, de los cuales, trece han sido considerados con un valor Nacional o Internacional (tabla 6 A y B).

Este patrimonio geológico y natural, es el que está al servicio de la comunidad, como herramienta de puesta en valor de su patrimonio, que mediante la estrategia proporcionada por el geoparque, intentará cumplir con los objetivos fundamentales a mediano y largo plazo, que corresponde a ser reconocidos como un geoparque mundial por la UNESCO y la Red Global de Geoparques (GGN) y en segunda instancia, en impactar de forma positiva en la zona de rezago, para conseguir un potencial desarrollo sustentable para las comunidades y la gente que habita en ellas.

Otro resultado directo del comienzo del desarrollo del proyecto, es que ha servido para que alguna de las comunas haya podido conformar su mesa de trabajo patrimonial (Figuras 4 y 5), no solo para conversar de la estrategia de desarrollo del geoparque sino

LIG de relevancia Internacional						
Según Brilha (2005)	Valor Intrínseco				Valor de Uso	
	A1 ≥ 4	A2 ≥ 3	A3 ≥ 3	A9 ≥ 3	B1 ≥ 3	B2 ≥ 3

Tabla 2. Valores condicionantes de los criterios sobre el valor intrínseco y de uso, para ser reconocido como Geosito nacional y/o internacional. / **Table 2.** Conditional values of the criteria on the intrinsic value and use, to be recognized as a national and / or international Geosite.

Cálculo del Valor del LIG (Q)		
Según Reynard (2004) Según Brilha (2005)	LIG (Nacionales e Internacionales) fórmula A	LIG (Regionales o Locales) - fórmula B
		$Q = \frac{2A + B + 1,5C}{3}$

Tabla 3. Fórmulas de ponderación de los parámetros intrínsecos, de uso y protección (Brilha, 2005). / **Table 3.** Weighting formulas for intrinsic parameters, use and protection (Brilha, 2005).

CLASE DE VALOR	PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	Ponderación Científica	Ponderación Recreativa	Ponderación Turística
VALOR INTRINSECO (Vi)	A1.Grado de conocimiento científico del lugar	Indica que la relevancia geológica e interés científico lo hacen objeto de publicaciones y estudios científicos.Número y tipo de publicaciones disponibles sobre el potencial geositio, que refleja de alguna manera el grado de importancia que le ha atribuido la comunidad científica.	25	5	0
	A2.Rareza o Abundancia Regional	Informa sobre la escasez de rasgos similares al descrito. Número de ocurrencias semejantes en la región de estudio.	15	5	0
	A3.Carácter de localidad tipo o Representatividad	informa sobre la calidad del lugar para ilustrar adecuadamente las características del contexto Geológico. Estratigráfica, paleontológica, mineralógica, etc. Posibilidad del potencial geositio para ser considerado representativo de un proceso geológico dado	10	0	0
	A4.Extensión	Extensión superficial del potencial geositio en m2. Este criterio considera que un geositio es más importante mientras mayor sea su extensión. Pueden existir excepciones.	5	0	0
	A5.Diversidad geológica	Informa de la existencia de varios tipos de interés geológico en el mismo lugar. Número de elementos de interés geológico que se presentan en el potencial geositio (Petroológico, Volcanológico, Hidrogeológico, Geoquímico, etc.).	10	0	0
	A6.Contenido Didáctico/Divulgativo	Indica si el rasgo se presta con mayor o menor facilidad a la divulgación o ya se utiliza para este fin. Ilustra contenidos curriculares universitarios. Ilustra contenidos curriculares de cualquier nivel del sistema educativo o está siendo utilizado en actividades didácticas universitarias. Está siendo utilizado habitualmente en actividades didácticas de cualquier nivel del sistema educativo. Indica si el rasgo se presta con mayor o menor facilidad a la divulgación o ya se utiliza para este fin.	5	5	0
	A7.Asociación con otros elementos históricos o etnológicos (tradiciones).	Informa si el lugar goza además de otros elementos de interés no geológico, lo cual puede atraer un mayor número de visitantes. Presencia de ocurrencias consideradas patrimonio cultural (Hallazgos arqueológicos, históricos, artísticos, etc.).	5	5	0
	A8.Asociación con otros elementos del patrimonio natural.	Informa si el lugar goza además de otros elementos de interés no geológico, lo cual puede atraer un mayor número de visitantes. Presencia de ocurrencias consideradas patrimonio cultural (Hallazgos arqueológicos, históricos, artísticos, etc.). Ocurrencias de ejemplos particulares de flora y/o fauna.	5	5	0
	A9.Estado de conservación	Informa de la existencia de deterioro físico del rasgo. Condiciones de conservación del potencial geositio en el momento de ser caracterizado. Indica la mayor o menor facilidad que ofrece el entorno para observar el rasgo.	5	5	0
	A10.Vulnerabilidad Natural o Fragilidad	Susceptibilidad del potencial geositio a la evolución de los procesos naturales. Indica la facilidad de degradarse del lugar, por sus características intrínsecas (litología, naturaleza o dimensiones).	5	0	0
	A11.Espectacularidad o belleza	Informa de la calidad visual del rasgo. Amplitud de relieve alta o bien cursos fluviales caudalosos/grandes láminas de agua (o hielo) o bien variedad cromática notable. Considerar la singularidad visual de elementos geomorfológicos, calidad panorámica, diversidad de elementos, litología y tonalidades, presencia de vegetación y agua, ausencia de deterioro antrópico, altura y proximidad en relación a los objetos observados.	10	5	0
CLASE DE VALOR	PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	0	0	0
VALOR DE USO (Vu)	B1.Posibilidad de realizar actividades	Informa sobre si el lugar cumple las condiciones para la realización de actividades de ocio o recreativas, o si también a la potencialidad de uso ya se utiliza para este fin. Ligado también a la potencialidad de uso. Posibilidades turísticas. Posibilidad actividades recreativas. Existen actividades organizadas.	0	15	5
	B2.Condiciones de Observación	Se privilegian los LIG con mejores condiciones de observación. Con elementos que enmascaran el LIG y que impiden apreciar algunas características de interés. Con algún elemento que no impide observar el LIG en su integridad, aunque sea con dificultad. Perfectamente observable en su integridad con facilidad.	0	15	5
	B3.Accesibilidad	Prioriza los LIG con mejor disponibilidad de acceso. Este criterio está ligado a una mayor facilidad para el acceso de visitantes pero, en contra, a una mayor facilidad para los actos de vandalismo.	0	10	5
	B4.Grado de dificultad del acceso	Se refiere a los geositios que requieren de alguna exigencia física en la caminata para poder acceder al LIG.	0	5	5
	B5.Cercanía o Proximidad a zonas recreativas o de población	Indica la presencia de zonas de recreo o turísticas cerca del lugar. Ligado tanto al número potencial de visitas y, por contra, a una mayor posibilidad de actos de vandalismo. Lugar situado a menos de 5 km de áreas recreativas (campings, playas, etc.). Lugar situado a menos de 2 km de un área recreativa. Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa	0	5	5
	B6.Densidad de población	Ligado al número potencial de visitas pero, por contra, a la mayor posibilidad de actos de vandalismo. Densidad de población (demanda potencial inmediata). Menos de 200.000 habitantes en un radio de 50 km. Entre 200.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km. Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km.	0	5	5
	B7.Entorno socioeconómico	Informa sobre las condiciones socioeconómicas de la comarca, que pueden favorecer la utilización del lugar como factor de desarrollo local.	0	5	0
	B8.Uso Actual	Se privilegian aquellos geositios con algún tipo de protección legal.	0	5	0
	B9.Riego de Tsunami	Informa de la probabilidad o riegos de afectación del Geositio en caso de Tsunami.	0	0	5
	B10.Posibilidad de recolectar muestras	Prioriza el LIG que presenta capacidad de colección de muestras, sin comprometer el recurso o integridad del patrimonio geológico identificado. Yacimiento paleontológico o mineralógico con escaso valor. Yacimiento paleontológico o mineralógico de gran valor, con numerosos ejemplares y fácil expolio. Yacimiento paleontológico o mineralógico, con escasos ejemplares y fácil expolio.	0	0	10
CLASE DE VALOR	PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN	0	0	0
VALOR DE PROTECCION (Vp)	C1. Amenazas actuales o Potenciales	Este indicador pretende validar el daño del geositio asociado al desarrollo de expansión poblacional, urbanística, industrial, etc.	0	0	10
	C2.Situación Legal Actual	Se privilegian los LIG que no poseen ningún tipo de protección legislativa. Lugar situado en parques nacionales o naturales, reservas naturales u otra figura con plan de ordenación y guardería; Lugar con figura de protección no sujeta a plan de ordenación y sin guardería; también bienes de interés cultural en razón a su contenido paleontológico/arqueológico; Lugar situado en suelo rural preservado de su transformación mediante la urbanización, por la ordenación territorial y urbanística; Lugar carente de figura alguna de protección.	0	0	10
	C3.Interés por la Extracción	Sustancia sin interés o de escaso interés y sin explotaciones en la zona. Sustancia de escaso o moderado interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona. Sustancia de gran interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona. Sustancia de gran interés y de la que no hay explotaciones alternativas en la zona1.	0	0	10
	C4.Regimen de Propiedad	Informa sobre el dueño de la propiedad del terreno. Se priorizan los LIG en suelo público.	0	0	10
	C5.Fragilidad	Este criterio privilegia a los LIG, que presentan mayor capacidad de resistencia a la intervención humana o antrópica.	0	0	15
			100	100	100

Tabla 4. Tabla de ponderación de los criterios individuales de cada parámetro. / Table 4. Weighting table of the individual criteria of each parameter.

$Vi=1/50x[25x(A1)+15x(A2)+10x(A3+A5+A11)+5x(A4+A6+A7+A8+A9+A10)]$
$Vu=1/50x[15x(B1+B2)+10x(B3)+5x(A1+A2+A6+A7+A8+A9+A11+B4+B6+B7+B8)]$
$Vp=1/50x[15x(C5)+10x(B10+C1+C2+C3+C4)+5x(B1+B2+B3+B4+B5+B6+B9)]$

Vi= Valor Intrínseco

Vu=Valor de uso

Vp=Valor de protección

Tabla 5. Formula propuesta para cuantificar el valor de los parámetros intrínseco, potencial de uso y valor de protección de cada geositio (IGME, 2014) modificada. / **Table 5.** Proposed formulas to quantify the value of the intrinsic parameters, use potential and protection value of each management (IGME, 2014) modified.

Nº	Nombre del geositio	VALOR INTRÍNSECO (A)											POTENCIAL DE USO (B)										VULNERABILIDAD (C)							
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	TOTAL	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	TOTAL	C1	C2	C3	C4	C5	TOTAL
1	Parque Pedro del río Zañartu	5	5	5	5	5	5	1	5	4	5	3	48	5	3	4	4	4	4	5	3	2	4	38	5	1	5	3	3	17
8	Playa Colcura N	5	5	5	1	5	5	2	1	5	3	3	40	5	5	5	5	5	3	1	5	1	4	39	3	5	5	5	3	21
10	Playa Chivilingo S	5	4	3	2	4	4	1	3	4	3	3	36	5	3	1	4	4	3	1	5	1	4	31	5	5	5	5	4	24
20	Dunas de Yani	5	3	3	3	4	5	1	3	4	3	5	39	5	3	4	4	1	3	1	2	1	4	28	3	5	5	5	4	22
23	Caleta Quiapo	5	4	3	4	5	4	1	3	3	5	5	42	5	4	1	4	2	3	1	2	1	4	27	5	5	5	5	5	25
25	Playa de Lebu N	5	4	5	3	3	4	2	1	4	3	5	39	5	4	3	4	4	3	3	2	1	4	33	3	5	5	4	5	22
26	Cavernas de Benavides	5	5	5	3	3	4	2	1	4	3	3	38	5	5	5	5	4	3	3	3	1	4	38	5	5	5	5	5	25
28	Isla Sta. María SE	4	3	5	2	3	4	5	3	4	3	3	39	5	3	4	4	1	1	1	2	1	3	25	5	5	5	5	3	23
29	Punta Murhuilla	5	4	3	4	5	5	3	4	5	4	4	47	5	3	4	4	2	3	1	4	1	3	30	5	5	5	5	5	25
30	Dunas de Pangue	5	4	5	5	4	5	1	3	4	4	5	45	5	3	4	4	2	3	1	3	3	3	31	5	5	5	2	5	22
31	Piedras Lisas	4	3	3	1	5	4	1	3	4	5	5	38	5	4	4	5	4	3	1	4	5	5	40	5	5	5	1	4	20
33	Isla Sta. María NW	4	5	5	1	4	5	1	3	4	5	1	38	5	3	4	4	1	1	1	3	1	3	26	5	5	5	5	5	25
36	Piedra del Águila	5	5	5	3	4	5	4	5	5	5	5	51	5	5	4	4	1	3	1	4	1	5	33	5	1	5	5	5	21

Tabla 6A. Cuantificación de los diferentes criterios, según la valoración de los parámetros de valores, aplicados en las tablas 1A, 1B y 1C. / **Table 6A.** Quantification of the different criteria, according to the valuation of the value parameters, applied in tables 1A, 1B and 1C.

Nº	Nombre del geositio	IGME 2014				BRHILA 2005				
		Valor Científico	Valor de Uso	Valor Protección	valor de Q	cumple requisitos	A	B	C	Valor de Q
1	Parque Pedro del río Zañartu	9,1	8	7	24,1	1	48	38	17	53,17
8	Playa Colcura N	8,3	8,5	8,2	25	1	40	39	21	50,17
10	Playa Chivilingo S	7,4	6,8	7,8	22	1	36	31	24	46,33
20	Dunas de Yani	7,7	6,9	7,7	22,3	1	39	28	22	46,33
23	Caleta Quiapo	8,3	6,3	8,2	22,8	1	42	27	25	49,50
25	Playa de Lebu N	8	7,6	8,3	23,9	1	39	33	22	48,00
26	Cavernas de Benavides	7,9	8,2	9,1	25,2	1	38	38	25	50,50
28	Isla Sta. María SE	7,2	6,7	7,4	21,3	1	39	25	23	45,83
29	Punta Murhuilla	8,7	7,6	8,3	24,6	1	47	30	25	53,83
30	Dunas de Pangue	6,1	7,7	8,3	22,1	1	45	31	22	51,33
31	Piedras Lisas	7,3	7,6	8,4	23,3	1	38	40	20	48,67
33	Isla Sta. María NW	7,4	6,5	8	21,9	1	38	26	25	46,50
36	Piedra del Águila	9,5	8,5	8	26	1	51	33	21	55,50

Tabla 6B. Resultados cuantitativos de los principales geositios, según metodologías de Brilha (2005) e IGME (2014). / **Table 6B.** Quantitative results of the main geosites, according to the methodologies of Brilha (2005) and IGME (2014).



Figuras 4 y 5. Actividad de capacitación de geología básica, realizada por la mesa de patrimonio, cultura y turismo de Lota en marzo 2017 (Fuente: Facebook “Mesa Ciudadana de Lota”). / **Figure 4 and 5.** Training activity of basic geology, carried out by the table of heritage, culture and tourism of Lota in March 2017 (Source: Facebook “Mesa Ciudadana de Lota”).

para otros temas también relacionados con los planes de desarrollo comunales.

La conciencia de la gente sobre que todo lo que les rodea está vinculado a la geología, los más de 100 años de antigüedad de la minería del carbón de la cuenca de Arauco, están vinculados a una roca sedimentaria que tiene una edad de 36 Ma, es y ha sido uno de los mayores logros percatados hasta ahora, el hecho que por iniciativa de la comunidad, han comenzado a capacitarse sobre los conocimientos de la geología básica y sobre las ciencias de la tierra y el patrimonio geológico que rodea a su territorio.

Conclusiones

La conclusión fundamental de estos primeros meses de trabajo material en el proyecto geoparque Miñero litoral del Biobío, es que la puesta en valor de la geología mediante la implementación de un geoparque es una herramienta potencialmente reconocida como herramienta de desarrollo sustentable para un territorio.

La comunidad ya reconoce que el turismo es su vía de desarrollo, la geología y el patrimonio geológico la riqueza que albergan y el geoparque la estrategia y el camino a seguir, sobre la cual deben trabajar imprimiendo su sello de identidad.

Agradecimientos

El primer autor agradece a mis profesores guía de tesis, tanto a Arthur Abreu, como a Manuel Schilling y Josep Oriol Ohms, el tiempo dedicado y los conocimientos aportados para la publicación de esta redacción.

El primer autor agradece de igual forma a Mario Segura y Evelin Venegas su trabajo incondicional e incansable en todas las actividades que se están desarrollando en el seno del geoparque, sin ellos no habría sido posible obtener los fondos para iniciar este proyecto.

El primer autor agradece también, el trabajo desarrollado por los estudiantes de 4° y 5° año de Geología de la Universidad de Concepción y de la Universidad Andrés Bello, así como a los estudiantes de Ingeniería Civil Geológica de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, por su tremendo aporte en las prácticas de terreno realizados para la recolección de esta información.

Referencias

- Arcos, R., Elgueta, S. 1993. Geología y modelo de sedimentación de la secuencia cretácico terciaria de la cuenca de Arauco. *Informe inédito* ENAP.
- Brilha, J. B. 2005. *Património geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica*. Braga, Portugal: Palimage Editores, 190 pp.
- Bruschi VM., Bonachea J., Remondo J, Rivas V, Gómez Arozamena J, Salas L, Fernández G., Soto J, Cendrero A., Méndez G., Naredo JM., Hurtado M., Forte LM., Da Silva M., Etcheverry R., Cavalloto JL., Dantas-Ferreira M., Pejon OJ., Zuquette LV. (2008) *¿Existe un cambio geomorfológico acoplado a la actividad económica?* En: Cendrero A, Gómez Arozamena J, Fernández Navarro PL., Quindós LS., Ródenas C., Saiz Fernández C. (eds) *Contribuciones científicas en memoria del Profesor Jesús Soto Torres*. PubliCan, Santander, pp 31–54.
- A. Cendrero, J. Gómez, PL Fernández, L. Quindós, C. Ródenas, C. Saiz (Eds.), *Contribuciones científicas en la memoria del Profesor Jesús Soto, Ediciones de la Universidad de Cantabria*, Santander (2008), pp. 31–54.
- Carcavilla, L., López, J., Durán, J.J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación y relación con los espacios naturales protegidos*, Cuadernos del Museo Geominero, 7. IGME: Madrid; 360 pp.
- Cendrero, A. 1996. *El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización*. En: *El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente – MOPTA. Madrid, p. 17–38.
- Deckart, K., Hervé, F., Fanning, C.M., Calderón, M., Ramírez, V., 2012. Age and Isotope geochemistry of zircon from the Late Paleozoic Coastal Batholith, central-southern Chile. *13° Congreso Geológico Chileno*, Actas 1, 342–344.
- Deckart, K., Hervé, F., Fanning, C., Ramírez, V., Calderón, M., Godoy, E. 2014. U-Pb Geochronology and Hf-O Isotopes of zircons from the Pennsylvanian Coastal Batholith, South-Central Chile. *Andean Geology* 41 (1): 49-82.
- García-Cortés A., Carcavilla Urquí L. (2009) Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG), version 12. *Instituto Geológico y Minero de España*, Madrid.
- Gonggrijp, G.P. 2000. Planificación y gestión para la conservación. En Baretino, D. Wimbledon, W.A.P. y Gallego, E. (Eds.). *Patrimonio Geológico: conservación y gestión*, pp. 31-49. *Instituto Tecnológico Geominero de España*. Madrid.
- Hervé, F. 1977. Petrología del basamento cristalino de las montañas Nahuelbuta, centro-sur de Chile. *Ishi-*

- kawa T., Aguirre L. (Eds.), *Estudios comparativos sobre la geología del cinturón orogénico de Circum Pacific en Japón y Chile*, Tokio (1977), pp. 1 – 51.
- Hervé, F., Faundez, V., Calderón, M., Massonne, HJ., y Willner, AP. (2007). Sótanos metamórficos y plutónicos. En *La geología de Chile* (pp. 5-19).
- Melnick, D., Echtler, H., Pineda, V., Bohm, M., Manzanares, A., & Victor, T. (2003). Active faulting and northward growing of the Arauco Peninsula, South-central Chile (37-30pS). In *Proceedings 10th Congreso Geológico Chileno*.
- Mourgues, F. A., Schilling, M., Castro, C. (2012). Propuesta de definición de los contextos geológicos chilenos para la caracterización del patrimonio geológico nacional. *XIII Congreso Geológico Chileno*, Antofagasta, pp. 890-892.
- Muñoz Cristi, J. 1946. Estado actual del conocimiento sobre la geología de la Provincia de Arauco. *Anales, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas*, vol. 3, 30-63.
- Muñoz Cristi, J. 1956. En Yenks, W.F. (Ed.), *Handbook of South American Geology*, Geol. Soc. Amer. Mem. Vol. 65, 187-214.
- Otero, RA., Soto-Acuña, S., O'Keefe, FR., O'Gormann, JP., Stiennesbeck, W., Suárez, ME., Rubilar-Rogers, D., Salazar, C. y Quinzio-Sinn, LA. 2014. *Aristonectes Quiriquinensis*, sp. Noviembre, un nuevo elasmosaurido altamente derivado del Maastrichtiano superior del centro de Chile. *Diario de paleontología de vertebrados* 34, 100 –25
- Reynard, E. 2004. Geosite. In: *Encyclopedia of geomorphology*. Goudie, A., Routledge, London, 440 p.
- Voth, A. 2007. Cambios climáticos en las políticas de espacios naturales protegidos y desarrollo sostenible, en *Actas XX Congreso de Geógrafos Españoles*, comunicaciones. Sevilla.
- Wenzel O. 1982. Estratigrafía de las series carboníferas de Arauco. *Tercer Congreso Geológico Chileno*. Concepción, Tòmo tercero F, 256 – 279.

Recibido: 20 de Abril del 2018

Aceptado: 31 de Octubre del 2018