Inventario de geositios para la geoconservación en los Geositios Balneario Don Ricardo, Piedras Blancas y Falla Villasboas, en el Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio.

Trabajo Final de Grado

Licenciatura en Geología

Facultad de Ciencias, UdelaR

Estudiante: Bach. Pedro Ignacio Martínez Sanguinetti

Tutor: Dr. César Goso Aguilar

2021

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN **5**

1.1 Justificación y antecedentes 7

2. OBJETIVOS **8**

2.1 Objetivo general 8

2.2 Objetivos específicos 8

3. MARCO TEÓRICO **9**

3.1 Conceptos básicos 10

3.1.1 Geodiversidad 11

3.1.2 Patrimonio Geológico 11

3.1.3 Geositio 12

3.1.4 Geoconservación 12

3.1.5 Geoparque 13

3.1.6 Geoturismo 13

3.1.7 Inventario 13

3.2 Inventario de geositios 14

4. MATERIALES Y MÉTODOS **21**

4.1 Materiales utilizados 21

4.2 Actividades realizadas 21

4.2.1 Trabajos de gabinete 21

4.2.2 Trabajos de campo 22

4.2.3 Trabajos de laboratorio 22

4.3 Geositios inventariados 22

4.3.1 Geositio balneario Don Ricardo 23

4.3.2 Geositio Falla Villasboas 24

4.3.3 Geositio Piedras Blancas 25

5. GENERALIDADES DE LOS GEOSITIOS A INVENTARIAR **27**

5.1 Geositio balneario Don Ricardo **27**
5.1.1 Ubicación Geográfica 27
5.1.2 Red Fluvial 28
5.1.3 Hidrogeología 28
5.1.4 Geomorfología 29
5.1.5 Edafología 29
5.2 Geositio Falla Villasboas **31**
5.2.1 Ubicación Geográfica 31
5.2.2 Red Fluvial 33
5.2.3 Hidrogeología 33
5.2.4 Geomorfología 33
5.2.5 Edafología 34
5.3 Geositio Piedras Blancas 36
5.3.1 Ubicación Geográfica 36
5.3.2 Red Fluvial 37
5.3.3 Hidrogeología 37
5.3.4 Geomorfología 38
5.3.5 Edafología 38
6. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL **41**

6.1 Basamento Cristalino 42
6.2 Formación San Gregorio 44
6.3 Formación Arapey 45
6.4 Cuenca Litoral 45
6.4.1 Formación Mercedes (Cretácico Superior) 46
6.4.2 Formación Queguay (Cretácico Superior – Paleoceno?) 46
6.4.3 Formación Libertad (Pleistoceno Medio) 47
6.4.4 Formación Dolores (Pleistoceno Medio-Superior) 48
7. RESULTADOS 49
7.1 Geología descriptiva 49
7.1.1 Geositio balneario Don Ricardo 49
7.1.1.1 Sienogranitos 49
7.1.1.2 Granodioritas 50
7.1.1.3 Sedimentos Formación Libertad 51
7.1.1.4 Sedimentos del Reciente y Actual 53
7.1.1.5 Cartografía geológica del geositio balneario Don Ricardo 54
7.1.2 Geositio Falla Villasboas 54
7.1.2.1 Granitoides indiferenciados 54
7.1.2.2 Granitos deformados 56
7.1.2.3 Reciente y Actual 57
7.1.2.4 Cartografía geológica del geositio Falla Villasboas 62
7.1.3 Geositio Piedras Blancas 62
7.1.3.1 Formación Mercedes (Cretácico Superior) 62
7.1.3.2 Formación Queguay 64
7.1.3.3 Formación Libertad 65
7.1.3.4 Cartografía geológica del geositio Piedras Blancas 66
7.2 Inventario de geositios 66
7.2.1 Geositio balneario Don Ricardo 66
7.2.2 Geositio Falla Villasboas 69
7.2.3 Geositio Piedras Blancas 72
8. CONCLUSIONES 76
BIBLIOGRAFÍA 78
ANEXOS 85

RESUMEN

En el año 2013 Uruguay ingresa a la Red Global de Geoparques (GGN, por sus siglas en inglés), con el nombramiento oficial de Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio. Posteriormente, en el año 2017 es revalidada su condición de Geoparque UNESCO. Este geoparque está ubicado en gran parte en el Departamento de Flores, ocupando también una pequeña superficie en los Departamentos de Soriano y Río Negro. El programa Geoparques de la UNESCO surge a partir de la idea de valorizar, proteger, promover el patrimonio geológico y fomentar el desarrollo local sostenible. Para ello, es necesario realizar actividades de geoeducación, geoconservación y geoturismo para el desarrollo sustentable de las comunidades locales. Según la UNESCO, un Geoparque es "un área geográfica única y unificada que cuenta con sitios y paisajes de relevancia geológica internacional, y que son manejados bajo un concepto holístico de protección y educación para el desarrollo sustentable". Un Geoparque UNESCO se caracteriza por sus atributos geológicos al poseer sitios tanto de interés científico de relevancia internacional o regional y local, así como también sitios de interés cultural o turístico. En este contexto, el de Grutas del Palacio posee quince geositios, algunos de los cuales tienen valor científico internacional como Grutas del Palacio y Dique de Gabro Chamangá; otros con valor patrimonial como Pictografías de Chamangá y varios educativos, turísticos y científicos como Cerros Ojosmín, Marincho, El Arenal, Piedras Blancas, Falla Villasboas, Balneario "Don Ricardo", entre otros. Este trabajo presenta un análisis de inventario de los geositios Piedras Blancas, Balneario "Don Ricardo" y Falla Villasboas, con la metodología del IGME (Instituto Geológico y Minero de España) de García-Cortés et al. (2014), que resulta útil para diseñar estrategias que se puedan implementar para la geoconservación del patrimonio geológico. Además, se realizaron trabajos de caracterización geológica en el entorno de esos tres geositios, donde se separaron unidades del basamento cristalino en los casos de los geositios Balneario "Don Ricardo" y Falla Villasboas, y caracterizar los carbonatos en el geositio Piedras Blancas.

Los resultados del inventario a cada uno de los geositios mencionados arrojan valores considerables de riesgo de degradación del lugar de interés geológico (LIG) por amenazas antrópicas (RDA). Por ello, se sugiere una acción de geoconservación a medio o largo plazo para los geositios Piedras Blancas (RDA= 1,218) y Balneario "Don Ricardo" (RDA= 1,226), y a largo plazo para el geositio Falla Villasboas (RDA= 0,089).

Palabras clave: Inventario de geositios, Geodiversidad, Geoconservación, Patrimonio Geológico, Geoparque UNESCO y Geoturismo.

1. INTRODUCCIÓN

En el Uruguay, con la iniciativa de la Facultad de Ciencias y el apoyo de la Intendencia Departamental de Flores, el Geoparque Grutas del Palacio consiguió ingresar el 9 de Setiembre de 2013 a la Red Global de Geoparques. Actualmente, son ocho geoparques UNESCO en Latinoamérica y el Caribe, y 161 en 44 países en todo el mundo.

El Geoparque Grutas del Palacio es un territorio que ocupa una superficie de unos 3.611km^2, localizándose casi en su totalidad en el centro y norte del Departamento de Flores, aunque también unas 200 ha se ubican en los Departamentos de Soriano y Río Negro.

En este Geoparque es posible observar litologías de diversa naturaleza y edad, las que están distribuidas en los quince geositios. Algunos de ellos tienen relevancia internacional y la mayoría de esos recursos geológicos son utilizados con fines educativos y turísticos, en el marco de un plan de desarrollo para la comunidad local basados en el geoturismo, gestionado por el gobierno departamental (Intendencia de Flores).

A partir de una sugerencia de la última misión evaluadora de UNESCO en el año 2017, acerca de la situación de cada geositio, es que se aplica una metodología para inventariar y evaluar geositios a partir de su valor científico, educativo y/o turístico y vulnerabilidad en el territorio. Este trabajo corresponde al trabajo final de la licenciatura en Geología de la Facultad de Ciencias, haciendo énfasis en la vulnerabilidad, utilizando como ejemplo tres geositios del Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio en el departamento de Flores. Particularmente se realizó inventario de: Balneario Don Ricardo, Falla Villasboas y Piedras Blancas (Figura N°1) y se utilizó la propuesta metodológica del Instituto geológico y minero de España (IGME) (desarrollada por García-Cortés et al., 2014). A varios de esos geositios ya se las ha aplicado la técnica de inventario, por ejemplo, Picchi (2018) y Caballero (2021).

Al mismo tiempo, para complementar la información geológica básica se realizó una cartografía geológica de detalle para incrementar el conocimiento científico de cada geositio.

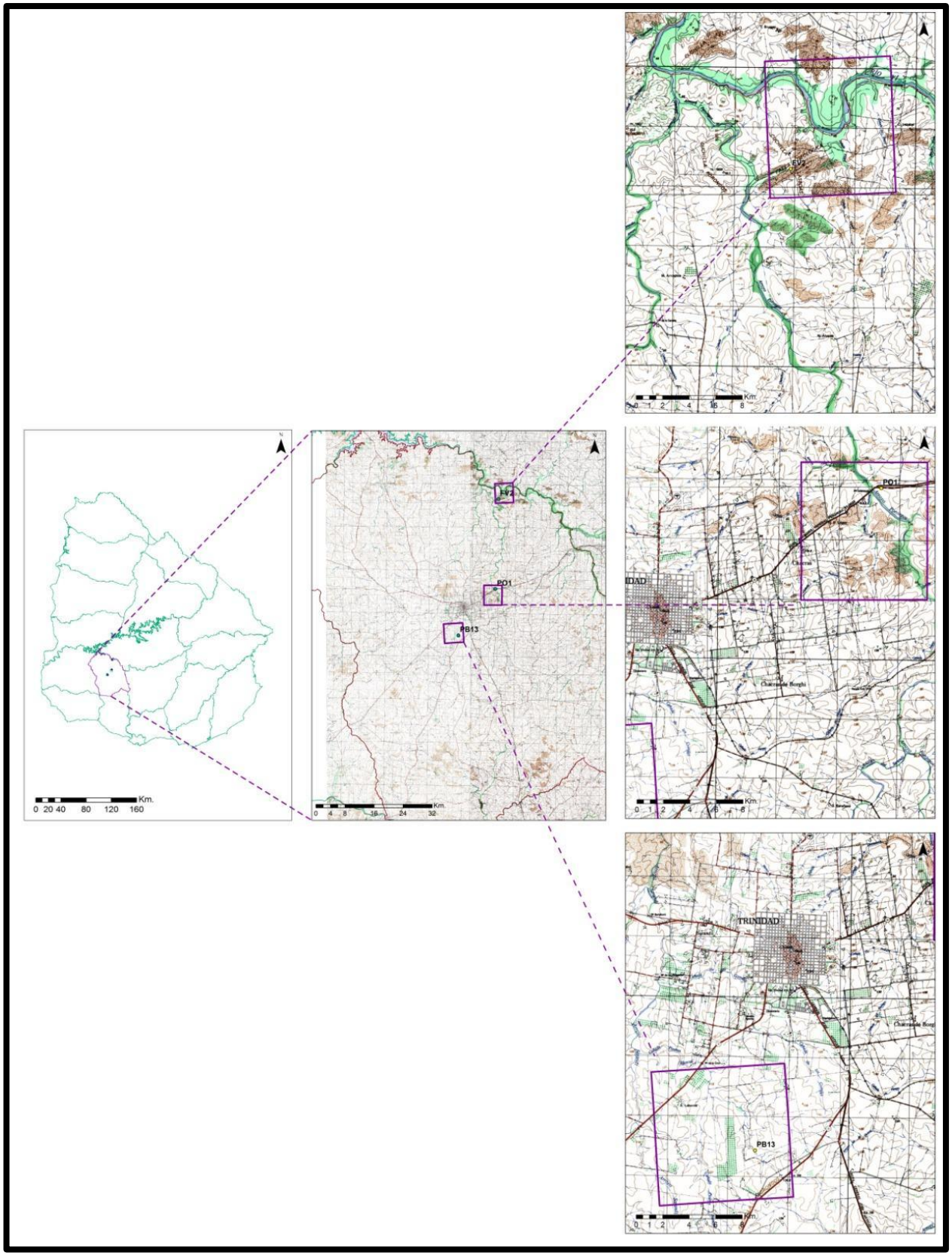


Figura N° 1. Base cartográfica utilizada para las 3 áreas de estudio.

1.1 JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES.

Según Carcavilla et al. (2008), durante la década de los noventa, en los países desarrollados se ha despertado un especial interés en conocer, valorar, proteger y mostrar el patrimonio geológico de sus territorios. En muchos países los sitios geológicos con valor patrimonial son atesorados por las comunidades locales debido a que en torno a ellos se conjugan experiencias, creencias y/o tradiciones, las que usualmente son transmitidas de generación en generación. Es por eso que tanto las rocas, los fósiles como los elementos del paisaje son considerados como la memoria y testigos de la evolución del planeta Tierra. En ellos se encuentra la clave para la comprensión de los cambios y los acontecimientos que han tenido lugar en nuestro planeta a lo largo de su historia, los cuales la han modelado durante millones de años. Tal es así, que en la UNESCO existe el Programa Internacional de Ciencias de la Tierra, donde los Geoparques tienen desde el 2015 un reconocimiento formal. En este sentido, es que los Geoparques Mundiales de la UNESCO promueven la conservación de esos registros de la historia geológica. Éstos, en ocasiones están en condiciones vulnerables, pudiendo estar en riesgo de erosión o destrucción por los agentes naturales o por la propia actividad antrópica. Los mismos son recursos no renovables (al menos a escala humana), por lo que es importante su protección para el estudio y entendimiento sobre la historia del planeta. Además, resulta interesante si a partir de ellos se puede generar un desarrollo local sostenible en el territorio (Picchi, 2018).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el inventario de los geositios: Balneario Don Ricardo, Piedras Blancas y Falla Villasboas, del Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

• Realizar una caracterización geológica del entorno de los tres geositios, efectuando un mapeo geológico a escala 1:20.000, y una caracterización petrográfica, estratigráfica y estructural del entorno de cada uno de ellos.

• Evaluar a través del inventario de García-Cortés et al. (2014) los tres geositios y proponer medidas de conservación en función de los resultados.

3. MARCO TEÓRICO

Las estrategias de protección para la conservación de los elementos de geodiversidad en un territorio requieren de un inventario de aquellos de los que se tienen indicios que integran el patrimonio geológico o de algún otro tipo de una región.

En este sentido, es que la selección de los puntos de interés geológico, se orienta por su representatividad dentro de un contexto geológico que puede ser seleccionado por un panel de expertos.

Por definición, un inventario de lugares de interés geológico, no es un listado cerrado, sino que está permanentemente sujeto a cambios debido a las nuevas incorporaciones que pudieran realizarse o bien adaptarlo a una región en particular para que el mismo cumpla con su objetivo, (Picchi, 2018).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, para el Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio, la elección de los geositios se produjo a partir de un conocimiento preliminar sin una cualificación sistemática y/o analítica. Esa elección obedeció a criterios que estuvieron basados en antecedentes bibliográficos y de discusión interna entre algunos geólogos, a solicitud de la Intendencia Departamental de Flores y a sugerencia de UNESCO.

Desde el ingreso del Geoparque Grutas del Palacio a la Red Global de Geoparques UNESCO en 2013, el primero en Uruguay y segundo en América del Sur y el Caribe, se instala una nueva línea de investigación en geología relacionada con el patrimonio geológico (Picchi, 2018).

Existen varias propuestas para la valoración de sitios de interés geopatrimonial, como, por ejemplo: Elízaga y Palacio (1996), Brilha (2005), Carcavilla et al. (2007), Medina (2015), García- Cortés et al. (2014) y García et al. (2017).

Particularmente, el método de García-Cortés et al. (2014), evalúa la importancia intrínseca de distintos atributos de los geositios. Además, evalúa parámetros como la accesibilidad e infraestructuras asociadas a cada geositio, como así también si tienen valor científico, turístico o educativo.

El Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio cuenta con 15 geositios, que son sitios geológicos de particular importancia, rareza o estética y 12 sitios de interés turístico que son de apoyo a la propuesta de actividades turísticas y de educación, los cuales están en el marco de un plan departamental y regional de desarrollo económico y social sostenible para comunidad local del Departamento de Flores.

3.1 CONCEPTOS BÁSICOS.

A modo de introducción en relación a esta temática, es necesario definir lo que se entiende por **Geodiversidad, Patrimonio Geológico, Geositio, Geoconservación, Geoparque** y **Geoturismo** (ver organigrama de Brilha 2005, figura N°2). Todos estos son términos de una nueva corriente que se desarrolla a partir de iniciativas de la UNESCO, para la conservación de lugares con un alto valor científico, estético y único de una región determinada, y su aprovechamiento por parte de las comunidades locales para el desarrollo sustentable de las mismas basadas principalmente en el geoturismo.

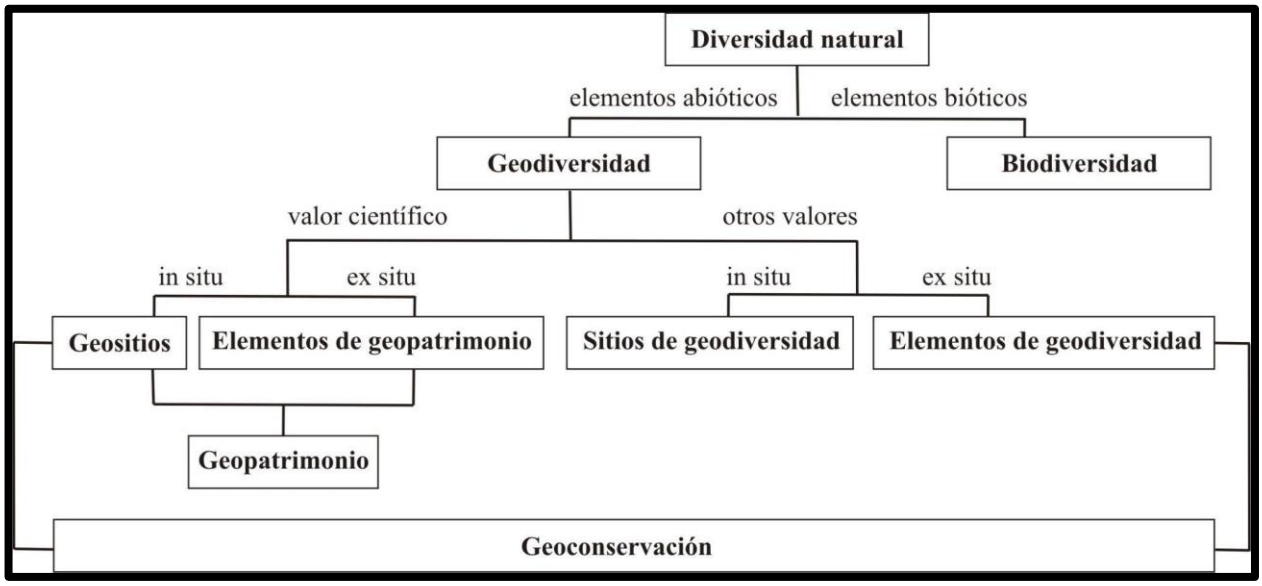


Figura N° 2. Organigrama de los conceptos básicos de Brilha (2005).

3.1.1 Geodiversidad

A este término se lo define como "el número y la variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y petrológicas) y de materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos), que constituyen el sustrato físico natural de una región, sobre las que se asienta la actividad orgánica, incluyendo la antrópica. Todos estos rasgos geológicos forman parte de las características geológicas de la zona analizada, constituyendo un grupo de mayor entidad que el formado por los elementos que componen su patrimonio geológico. Con la consideración conjunta de los rasgos geológicos citados se puede conocer la historia geológica de la región analizada" (Nieto, 2001).

Según otra definición la geodiversidad es "el rango natural (diversidad) de rasgos y elementos geológicos, geomorfológicos, y de suelos, sus relaciones, sistemas y procesos, incluye las evidencias de vida pasada, ecosistemas y ambientes en la historia de la Tierra así como el rango de procesos atmosféricos, hidrológicos y biológicos que actualmente están activos en las rocas, formas del terreno y suelos", (Australian Heritage Commission, 2003).

Por otra parte, Gray (2004) considera que la geodiversidad es "el rango natural de diversidad de rasgos geológicos (rocas, minerales y fósiles), geomorfológicos (formas del terreno y procesos) y suelos, incluyendo sus relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas".

Asimismo, la geodiversidad merece tener una posición absolutamente central en la relación entre geología, geopatrimonio, geoconservación, geoturismo y servicios de geosistemas (Gray & Gordon, 2020).

3.1.2 Patrimonio geológico

Se define al patrimonio geológico como "el conjunto de recursos naturales no renovables ya sean formaciones rocosas, estructuras geológicas, acumulaciones sedimentarias, formas de terreno, 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" (Cendrero, 1996).

Sharples (2002) lo definió como "aquellas partes de la geodiversidad del planeta que pueden ser identificadas específicamente como de importancia para la conservación".

Por otra parte, Carcavilla et al. (2007) lo define como "el conjunto de elementos geológicos que se destacan por su valor científico, cultural o educativo".

Según Brilha (2010), es el "conjunto de geositios de un determinado territorio (país,

estado, municipio, unidad de conservación), o sea, aquellos lugares que mejor representan la geodiversidad de una región dada". Considera los términos "patrimonio geológico" y "geopatrimonio" como sinónimos, si bien aconseja utilizar con fines divulgativos en la sociedad, y para alcanzar al público en general con escaso conocimiento geocientífico, el término "geopatrimonio".

Solo una pequeña parte de la geodiversidad tiene un valor relevante que justifica la implementación de estrategias geoconservacionistas, independientemente de si se considera geopatrimonio o sitios y elementos de geodiversidad, Brilha (2016).

3.1.3 Geositio

Un geositio, también definido en ocasiones como LIG, es un "área que forma parte del patrimonio geológico de una región natural por mostrar, de manera continua en el espacio, una o varias características consideradas de importancia en la historia geológica de la misma" (García Cortés y Carcavilla, 2013).

Según Brilha (2005), "Corresponde a un sitio donde se puede presentar uno o más elementos de geodiversidad, geográficamente bien delimitado y que presenta un valor singular desde un punto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico u otro".

3.1.4 Geoconservación

La geoconservación es el conjunto de acciones, técnicas y medidas encaminadas a asegurar la conservación (incluyendo la rehabilitación) del patrimonio geológico, basada en el análisis de sus valores intrínsecos, su vulnerabilidad y el riesgo de degradación. Presenta ciertos matices particulares respecto a la conservación de otros elementos naturales, ya que la mayoría de los elementos abióticos no son renovables (García et al., 2014).

La geoconservación es entendida como un conjunto de iniciativas que van desde el inventario y la caracterización del patrimonio geológico, a través de su conservación y manejo, con el fin de asegurar un uso adecuado de los geositios, ya sea de carácter científico, educativo, turístico u otro (Brilha, 2005).

Otros autores como Sharples (2002); Brilha (2002 y 2005); Gray (2004) y Sarmento (2005), coinciden en que "designa las estrategias, acciones y políticas para una eficaz conservación de la geodiversidad y la protección del patrimonio geológico", como lo puede ser la cartelería informativa, declaración de áreas protegidas, charlas educativas.

3.1.5 Geoparque

Éste término, según la UNESCO (2008), fue declarado como "Territorios con límites bien definidos y una superficie apropiada para permitir un verdadero desarrollo socio-económico. Debe abarcar un determinado número de sitios geológicos de importancia científica, rareza y belleza, que sean representativos de una región y de su historia geológica. El atractivo de estos sitios no debe ser sólo geológico, sino también ecológico, arqueológico, histórico, cultural o paisajístico. Así, los Geoparques deben estimular el desenvolvimiento socio-económico de una región, de una forma cultural y ambientalmente sustentable, mejorando las condiciones de vida y valorizando la cultura local".

En la actualidad, los Geoparques Mundiales de UNESCO son definidos como "áreas geográficas únicas, dónde los sitios y paisajes de importancia geológica internacional se gestionan con un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible. Tienen un enfoque "de abajo hacia arriba", combinando la conservación con el desarrollo sostenible y el involucramiento de las comunidades locales. (UNESCO, 2021).

3.1.6 Geoturismo

Turismo que sustenta y mejora la identidad de un territorio, considerando su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, patrimonio y bienestar de sus residentes. El turismo geológico se asume como uno de los diversos componentes del Geoturismo (Congreso Internacional de Geoturismo –"Geotourism in Action– Arouca 2011").

Por otra parte, UNESCO (2010) lo ha definido como una actividad que "Implica el recorrer un territorio en donde el turista entiende explícitamente que el paisaje que recorre y observa contiene formas singulares y que éste fue modelado por procesos dinámicos que han dejado huellas visibles."

3.1.7 Inventario

Tiene su origen en el latín *inventarium* y se refiere al asiento de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad hecho con orden y precisión. También es un papel o documento que consta en el inventario (RAE, 2017).

3.2 INVENTARIO DE GEOSITIOS

La propuesta metodológica de inventario que se describe es la denominada genéricamente como Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) de García-Cortés et al (2014), y es la que está prevista por la Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, para España.

El IGME actualizó y puso en aplicación este método que consiste primero en la consulta a un panel de expertos de cada dominio geológico a fin de elaborar un mapa digital del cual surgieron los sitios con mayor valor. Luego se valoraron cuantitativamente en base parámetros de valor intrínseco y ligados a su potencialidad, como las actividades turístico recreativas y didácticas. De esa forma, se obtuvieron sitios agrupados por valores turísticos–recreativos o científico–didácticos.

El desarrollo metodológico para el estudio del patrimonio geológico se basa en las líneas planteadas a principios de 1970 por los investigadores del IGME. Con posterioridad, trabajos como los de Cendrero (1996), Morales, (1996), Elízaga y Palacio (1996), Palacio (2000), Morales et al. (2002), Romero Sánchez (2004), Villalobos et al. (2004), García-Cortés y Fernández-Giannetti (2005), Carcavilla et al. (2007) y Bruschi (2007) han sido los que han marcado algunas variaciones en las pautas metodológicas, poniendo énfasis en los distintos parámetros y sus ponderaciones en la cuantificación final.

A continuación se presentan las planillas para la realización del IELIG. Debido a que el documento metodológico citado tiene rango de ley y consta de varios pasos (Cuadro N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6).

Cuadro N° 1. Tipos de interés geológico de García-Cortés *et al.* (2014).

Estratigráfico
Sedimentológico (incluye paleogeográfico y paleoclimático
Geomorfológico
Paleontológico
Tectónico
Petrológico-geoquímico
Geotécnico
Minero-metalogenético
Mineralógico-cristalográfico
Historia de la geología
Otros (edafológico, etc.)

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.

La concentración de estos lugares de interés geológico (LIGs) en un determinado territorio debería poder dar lugar a otra figura de diferentes características como la de parque natural, geoparque, parque geológico o cualquier otra figura legal reconocida para la salvaguardia del patrimonio geológico o la geodiversidad. (García-Cortés *et al.*, 2014).

Cuadro N° 2. Parámetros de valoración de LIGs en función de su potencialidad de uso.

CLASE DE VALOR	PARÁMETRO DE VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
INTRÍNSECO	Representatividad	Informa sobre la cualidad del lugar para ilustrar adecuadamente las características del dominio.
	Carácter de localidad tipo o de referencia	Informa sobre la cualidad del lugar como referencia estratigráfica, paleontológica, mineralógica, etc.
	Grado de conocimiento científico del lugar	Indica que la relevancia geológica e interés científico lo hacen objeto de publicaciones y estudios científicos.
	Estado de conservación	Informa de la existencia de deterioro físico del rasgo
	Condiciones de observación	Informa la mayor o menor facilidad que ofrece el entorno para observar el rasgo
	Rareza	Informa sobre la escasez de rasgos similares al descrito
	Diversidad geológica	Informa de la existencia de varios tipos de interés geológico en el mismo lugar
	Espectacularidad o belleza	Informa de la calidad visual del rasgo
INTRÍNSECO Y DE USO	contenido divulgativo / uso divulgativo	Indica si el rasgo se presta con mayor o menor facilidad a la divulgación o ya se utiliza para este fin.
	Contenido didáctico / uso didáctico	Indica si el rasgo se presta con mayor o menor facilidad a la divulgación o ya se utiliza para este fin
	Posibles actividades a realizar	Informa sobre si el lugar cumple las condiciones para la realización de actividades de ocio o recreativas, o si ya se utiliza para este fin. Ligado también a la potencialidad de uso
DE USO	Infraestructura logística	Informa sobre la existencia de alojamientos y restaurantes
	Entorno socio cómico	Informa sobre condiciones socioeconómicas de la comarca, que pueden favorecer la utilización del lugar como factor de desarrollo local
	Asociación con otros elementos del patrimonio natural, histórico o etnológico (tradiciones)	Informa si el lugar goza además de otros elementos de interés no geológico, lo cual puede atraer un mayor número de visitantes
DE USO Y PROTECCIÓN	Densidad de población	Ligado al número potencial de visitas pero, por el contrario, a la mayor posibilidad de actos de vandalismo
	Accesibilidad	Como el anterior, ligado a una mayor facilidad para el acceso de visitantes pero, en contra, a una mayor facilidad para los actos de vandalismo.
	Fragilidad	Indica la facilidad de degradarse del lugar, por sus características intrínsecas (litología, naturaleza, o dimensiones)
	Cercanía a zonas recreativas	Indica la presencia de zonas de recreativas o turísticas cerca del lugar. Ligado tanto al número potencial de visitas y, por el contrario, a una mayor posibilidad de actos de vandalismo

Fuente: Modificado de García-Cortés et al. (2014).

Cuadro N° 3. Coeficientes de ponderación para cada parámetro en función del valor científico, didáctico o turístico. Modificado de García-Cortés et al. (2014).

Parámetros \ Valor	Científico	Didáctico	Turístico o recreativo
	Peso	Peso	Peso
Representatividad	30	5	0
Carácter localidad tipo	10	5	0
Grado de conocimiento científico del lugar	15	0	0
Estado de conservación	10	5	0
Condiciones de observación	10	5	5
Rareza	15	5	0
Diversidad geológica	10	10	0
Contenido didáctico / uso didáctico	0	20	0
Infraestructura logística	0	15	5
Densidad de población	0	5	5
Accesibilidad	0	15	10
Tamaño del LIG (relacionado con la no fragilidad)	0	0	15
Asociación con elementos eco-culturales	0	5	5
Espectacularidad o belleza	0	5	20
Contenido divulgativo / uso divulgativo	0	0	15
Potencialidad para realizar actividades	0	0	5
Cercanía a zonas recreativas	0	0	5
Entorno socioeconómico	0	0	10
Total pesos	**100**	**100**	**100**

Cuadro N° 4. Valores y escala de puntuación para cada valor a ser evaluado. Modificado de García-Cortés et al. (2014).

Representatividad	**Puntos**
Poco útil como modelo para representar, aunque sea parcialmente, un rasgo o proces	0
Útil como modelo para representar parcialmente un rasgo o proceso	1
Útil como modelo para representar, en su globalidad, un rasgo o proceso	2
Mejor ejemplo conocido, a nivel del dominio geológico considerado, para representar, en su globalidad, un rasgo o proceso	4
Carácter de localidad tipo	**Puntos**
No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas	0
Localidad de referencia regional	1
Localidad de referencia (metalogénica, petrológica, mineralógica, tectónica, estratigráfica etc.) utilizada internacionalmente, o localidad tipo de fósiles o biozonas de amplio uso científico	2
Estratotipo aceptado por la IUGS o localidad tipo de la IMA	4
Grado de conocimiento científico del lugar	**Puntos**
No existen trabajos publicados ni tesis doctorales sobre el lugar	0
Existen trabajos publicados y/o tesis doctorales sobre el lugar	1
Investigado por equipos científicos y objeto de tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas nacionales	2
Investigado por equipos científicos y objeto tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas internacionales	4
Estado de conservación	Puntos
Fuertemente degradado: el lugar está prácticamente destruido	0
Degradado: el lugar presenta deterioros importantes	0
Alterado: con deterioros que impiden apreciar algunas características de interés	1
Favorable con alteraciones: algunos deterioros que no afectan de manera determinante al valor o interés del LIG	2
Favorable: el LIG en cuestión se encuentra bien conservado, prácticamente íntegro	4
Condiciones de observación	Puntos
Con elementos que enmascaran fuertemente las características de interés	0
Con elementos que enmascaran el LIG y que impiden apreciar algunas características de interés	1
Con algún elemento que no impide observar el LIG en su integridad, aunque sea con dificultad	2
Perfectamente observable en su integridad con facilidad	4
Rareza	Puntos
Existen bastantes lugares similares en la región	0
Uno de los escasos ejemplos conocidos a nivel regional	1
Único ejemplo conocido a nivel regional	2
Único ejemplo conocido a nivel nacional (o internacional)	4
Diversidad	Puntos
El LIG sólo presenta el tipo de interés principal	0
El LIG presenta otro tipo de interés, además del principal, no relevante	1
Presenta 2 tipos de interés, además del principal, o uno sólo pero relevante	2
Presenta 3 o más tipos de interés, además del principal, o sólo dos más pero ambos relevantes	4

Cuadro N° 5. Valores y escala de puntuación para cada contenido a evaluar. Modificado de García-Cortés et al. (2014).

Contenido didáctico / uso didáctico detectado	Puntos
No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas	0
Ilustra contenidos curriculares universitarios	1
Ilustra contenidos curriculares de cualquier nivel del sistema educativo o está siendo utilizado en actividades didácticas universitarias.	2
Está siendo utilizado habitualmente en actividades didácticas de cualquier nivel del sistema educativo	4
Infraestructura logística	Puntos
No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas	0
Alojamiento y restaurante para grupos de hasta 20 personas a menos de 25 km	1
Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 25 km	2
Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 5 km	4
Densidad de población (demanda potencial inmediata)	Puntos
Menos de 200.000 habitantes en un radio de 50 km	1
Entre 200.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km	2
Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km	4
Accesibilidad	Puntos
No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas (carretera asfaltada sin posibilidad de aparcar, senda o camino, pista TT, barco, etc.)	0
Acceso directo por pista sin asfaltar pero transitable por turismos	1
Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para turismos o port tren turístico	2
Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para autocar	4
Tamaño del LIG	Puntos
Rasgos métricos (vulnerables por las visitas, como espeleotemas, etc.)	0
Rasgos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas)	1
Rasgos hectométricos (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas)	2
Rasgos kilométricos (difícilmente deteriorables por actividades humanas)	4
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural	Puntos
No existen elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km	0
Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km	1
Presencia de varios elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km	2
Presencia de varios elementos tanto del patrimonio natural como del cultural en un radio de 5 km	4
Espectacularidad o belleza	Puntos
No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas	0
1) Amplitud de relieve alta o bien 2) cursos fluviales caudalosos/grandes láminas de agua (o hielo) o bien 3) variedad cromática notable. También fósiles y/o minerales vistosos	1
Coincidencia de dos de las tres primeras características. También fósiles o minerales espectaculares	2
Coincidencia de las tres primeras características	4
Contenido divulgativo / uso divulgativo detectado	Puntos
No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas	0
Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cierto nivel cultural	1
Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cualquier nivel cultural sobre la importancia o utilidad de la Geología	2
Está siendo utilizado habitualmente para actividades divulgativas	4
Potencialidad para realizar actividades de turísticas y recreativas	Puntos
Sin posibilidades turísticas ni de realizar actividades recreativas	0
Posibilidades turísticas o bien posibilidad de realizar actividades recreativas	1
Posibilidades turísticas y posibilidad de realizar actividades recreativas	2
Existen actividades organizadas	4

Cuadro N° 6. Valores y escala de puntuación para cada valor a ser evaluado. Modificado de García-Cortés et al. (2014).

Proximidad a zonas recreativas (demanda potencial inmediata)	Puntos
Lugar situado a más de 5 km de áreas recreativas (campings, playas, etc.)	0
Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas	1
Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa	2
Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa	4
Entorno socioeconómico	Puntos
Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación superiores a la media regional	0
Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación similares a la media regional pero inferiores a la media nacional	1
Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación inferiores a la media regional	2
Lugar situado en comarca con declive socioeconómico	4

Con la información de base que se recopila y los trabajos de campo que se analizan, el equipo designado debe proceder a valorar los lugares de interés geológico. En este punto los expertos seleccionados que hayan respondido las interrogantes planteadas, expresarán el valor de los sitios propuestos.

Cada sitio preseleccionado será puntuado de acuerdo con los parámetros definidos. De esta forma, se les asignará un peso con determinada ponderación. Para analizar su puntaje en cada uno de los valores que evalúa esta metodología; referido a los usos posibles (didácticos, científicos, turísticos, recreativos, vulnerabilidad y degradación antrópica). Luego de valorado el geositio se podrá definir que categoría ocupa comparándolo de esta manera con la escala establecida.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 MATERIALES UTILIZADOS

Los materiales utilizados en este trabajo son los listados a continuación:

- Hojas topográficas L-22 “Porongos”; L-20 “Feliciano” y M-22 “Trinidad”, del Instituto Geográfico Militar (IGM), a escala 1:50.000: para los geositios “Balneario Don Ricardo”, “Falla Villasboas” y “Piedras Blancas” respectivamente.
- Fotografías aéreas a escala 1:20.000 del IGM números: 49-108; 49-109; 49-185; 49-186; 49-119; 49-120; 49-121; 49-175; 49-174; 49-173; 50-192; 50-113; 50-111; 50-110 y 50-093.
- Imágenes satelitales extraídas de Google EARTH^{R}.
- Brújula geológica Brunton, lupa con aumento 10 X, piqueta, HCl 10%, libreta de campo, estereoscopio 2 X y GPS Garmin E-trex 10.

Para las tareas de corte y laminación de las muestras de rocas, se utilizó equipamiento del Laboratorio de Laminación y Molienda del Instituto de Ciencias Geológicas (Facultad de Ciencias, UdelaR) aplicando la metodología de rutina para preparar las láminas delgadas.

Para el análisis petrográfico de las muestras colectadas, se utilizó un microscopio petrográfico marca Zeiss del Insituto de Ciencias Geológicas con cámara fotográfica.

4.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

Para conseguir los objetivos propuestos, se siguieron una serie actividades que se dieron en una serie de etapas que se detallan a continuación:

1) Trabajos de gabinete
2) Trabajos de campo
3) Trabajos de Laboratorio

4.2.1 Trabajos de gabinete

- Recopilación de antecedentes bibliográficos, cartográficos y geológicos del área.

- Fotolectura y fotointerpretación de las fotos aéreas del entorno de los geositios y cartografía geológica a escala 1:20.000.
- Análisis de los datos recopilados para la confección de la cartografía.
- Digitalización del mapa geológico mediante el uso de software GIS y redacción de la memoria correspondiente.
- Realización del inventario de geositios aplicando la metodología de García-Cortés (2014).
- Realización de este informe.

4.2.2 Trabajos de campo

Se realizaron tres salidas de campo a los geositios en estudio, en una primera etapa se procedió a identificar y delimitar las litologías aflorantes, tomándose como área de estudio el entorno inmediato al geositio. Asimismo, se colectaron muestras para realizar láminas delgadas de las litologías más representativas.

4.2.3 Trabajos de laboratorio

- Confección de láminas delgadas del entorno de los tres geositios relevados.
- Descripción en microscopio óptico petrográfico de las láminas confeccionadas.
- Registro fotográfico de las láminas delgadas.

4.3 GEOSITIOS INVENTARIADOS

En la figura N°2 se presenta el mapa del geoparque con sus geositios, destacándose en color amarillo los de este trabajo. También se ilustran las dos áreas pertenecientes al Sistema Nacional Áreas Protegidas (SNAP) para el Departamento de Flores e integrantes del Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio.

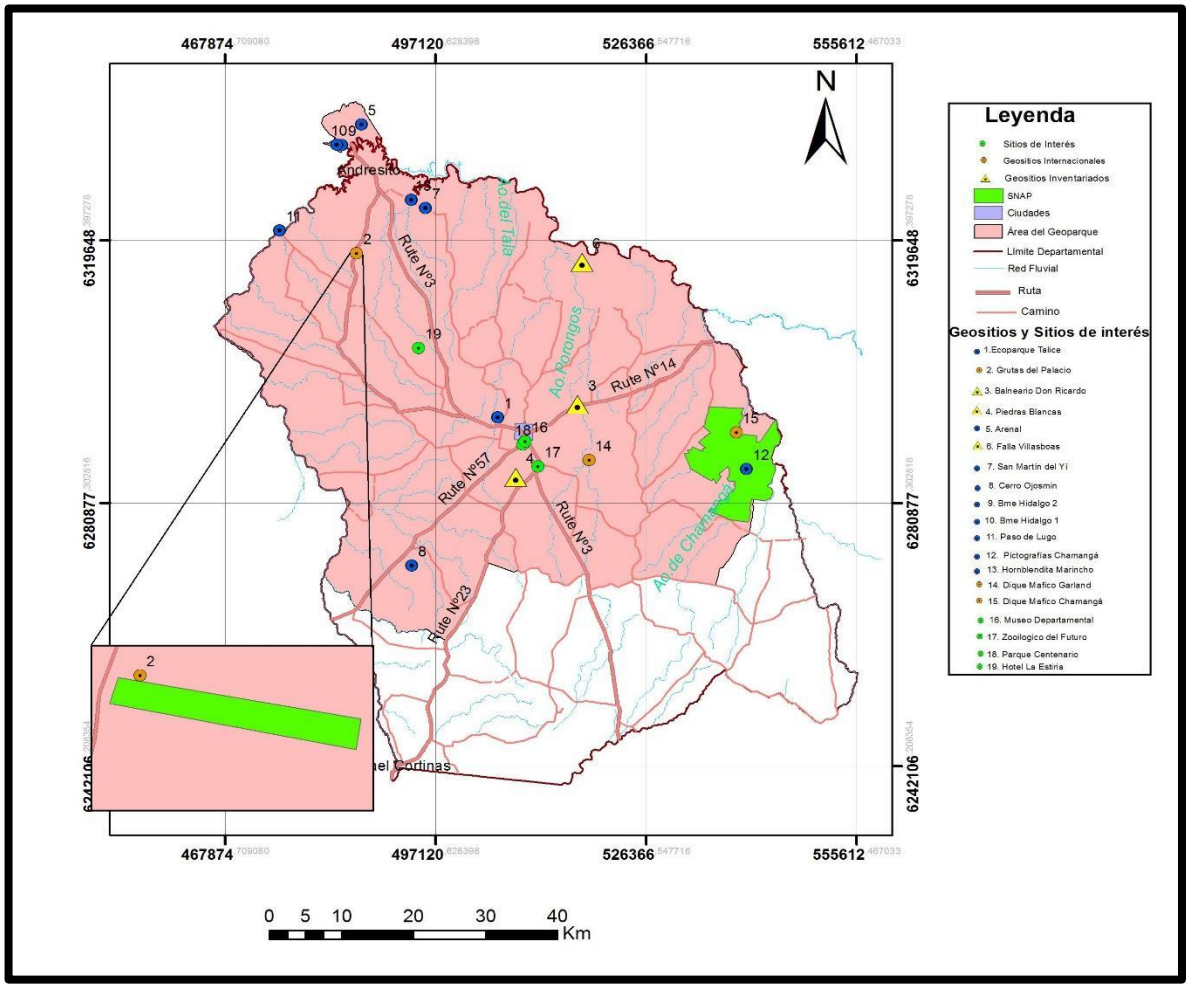


Figura N° 3. Mapa de ubicación del GMU Grutas del Palacio con los distintos geositios y áreas SNAP.

4.3.1 Geositio Balneario Don Ricardo

El Geositio Balneario Don Ricardo se localiza en el A° Porongos en su cruce de la Ruta N° 14, a siete kilómetros al Este de la ciudad de Trinidad. El punto tiene importante interés turístico, ya que es visitado por cientos de personas al año y es un excelente lugar para disfrutar de la naturaleza, ya que posee infraestructura para la recreación a cargo de la Intendencia de Flores. Allí, se pueden desarrollar tanto deportes náuticos y natación, como actividades de camping.

Junto a la zona de camping se encuentra una cantera abandonada en la cual se explotó material alterado de origen granítico de edad Paleoproterozoica (ca. 1800 Ma) y su principal uso fue material granular para la construcción de la Ruta Nacional Nº 14, en el trayecto de Trinidad a Durazno (ver figura N° 4).

Figura N° 4. Vista panorámica del lago y escombreras en la cantera del Geositio Balneario Don Ricardo.

4.3.2. Geositio Falla Villasboas

Tal como publican Goso y Martínez (2020) en la página web del Geoparque Grutas del Palacio, este geositio se localiza al NE del Departamento de Flores y hace parte de un sistema de alineaciones de estructuras geológicas, en las proximidades de la desembocadura del A° Porongos en el Río Yí, cercanos al límite con el departamento de Durazno (ver figura N° 8). Se trata de un corredor de falla en rocas de naturaleza granítica de más de un kilómetro de extensión y 120 m. de ancho, mostrando dos escarpes elevados algunos metros, que la limitan a los lados con un hundimiento central.

Según concluyen Núñez Demarco et al. (2013) no se trataría de un cauce de un río seco, aunque en períodos de mayor precipitación pueda quedar cubierto de agua. Estudios geomorfológicos y magnéticos de estos autores arrojan que, las geoformas observadas están dadas por acciones climáticas, una deformación tectónica frágil y acciones antrópicas durante el Cuaternario tardío habrían dado lugar a la forma actual del paisaje. Por otra parte, el estudio magnetométrico les dio como resultado una baja en los valores, por lo que interpretan que no se trata de diques máficos intrusivos, sino más bien de fajas de milonitas.

Figura N° 5. Vista satelital del Geositio Falla Villasboas.
Fuente: Google Earth.

4.3.3 Geositio Piedras Blancas

El Geositio Piedras Blancas se ubica a unos 5 km. al S de la ciudad de Trinidad y tiene acceso tanto por la Ruta Nacional Nº57 como por Ruta Nacional Nº23.
Según Goso y Martínez (2020), se trata de una cantera abandonada de roca caliza con un alto grado de silicificación, utilizada hace décadas atrás para la elaboración de cal viva, para lo cual se utilizaba un horno que se encuentra abandonado a pocos metros de la cantera, y que testimonia un emprendimiento minero e industrial de pequeño porte, que hace parte del patrimonio de esa región. A estas rocas se las asigna a la Formación Queguay, con una edad que data del Cretácico Superior- Terciario Temprano. El geositio lleva el mismo nombre del arroyo que fluye en sus proximidades, el arroyo Piedras Blancas.

Cabe destacar que si bien se encuentra cercano a la ciudad de Trinidad y tiene acceso por 2 rutas departamentales, llegar hasta la cantera resulta un tanto dificultoso ya que se debe hacer mediante trillos o caminería interna del establecimiento agropecuario. De todas maneras resulta interesante para visitas guiadas, pero sobre todo tiene interés científico e histórico.

Figura N° 6. Vista panorámica de la cantera Piedras Blancas.

5. GENERALIDADES DE LOS GEOSITIOS INVENTARIADOS

En este capítulo se hará énfasis en las características generales de cada geositio y su entorno, tales como ubicación geográfica, red fluvial, hidrogeología, geomorfología y edafología.

A rasgos generales tenemos situado al Geositio Piedras Blancas al sur de Trinidad, mientras que Don Ricardo y Villasboas se encuentran al noreste de la misma.

En Piedras Blancas predominan principalmente litologías de origen sedimentario en el área de mapeo, reconociéndose en los límites del área litologías de origen ígneo característicos del Terreno Piedra Alta (TPA).

En cuanto a Don Ricardo y Villasboas su litología ígnea es muy similar, aunque la geodiversidad en Villasboas se puede apreciar que es más abundante ya que allí encontramos términos ígneos, ígneo-metamórficos, sedimentarios y el sistema de falla que da relevancia al geositio, de todas maneras la geología estructural en Don Ricardo también puede reconocerse aunque no a la escala de Villasboas.

5.1 GEOSITIO BALNEARIO DON RICARDO

5.1.1 Ubicación Geográfica

El Geositio Balneario Don Ricardo se encuentra ubicado en un predio municipal a unos 7 km al NE de la Ciudad de Trinidad sobre la Ruta Nacional Nº14. El área de estudio y zona de mapeo está enmarcada en el área de la foto aérea 49-185 a escala 1:20.000, correspondiente a la hoja topográfica L-22 “Porongos” a escala 1:50.000.

Respecto a la cantera abandonada de material granular (balasto) la misma se encuentra dentro del predio del balneario Don Ricardo a pocos metros de la Ruta Nacional, con coordenadas geográficas: Lat: 33°28'49.10"S; Long: 56°49'5.90"W (ver figura N° 7).

Si bien se trata de un sitio de uso turístico y esparcimiento, cabe consignar que la importancia del geositio está dado por la presencia de una cantera de material granular abandonada, de la cual fueron extraídos los recursos minerales (balasto) para la construcción de la ruta N° 14. Además de su relevancia histórica, el geositio despierta gran interés educativo, donde se pueden apreciar los procesos de meteorización de las rocas.

Por otra parte, en el entorno, el principal uso del suelo es de tipo agropecuario, habiendo emprendimientos ganaderos y forestales, así como también un emprendimiento minero (cantera de INCOCI).

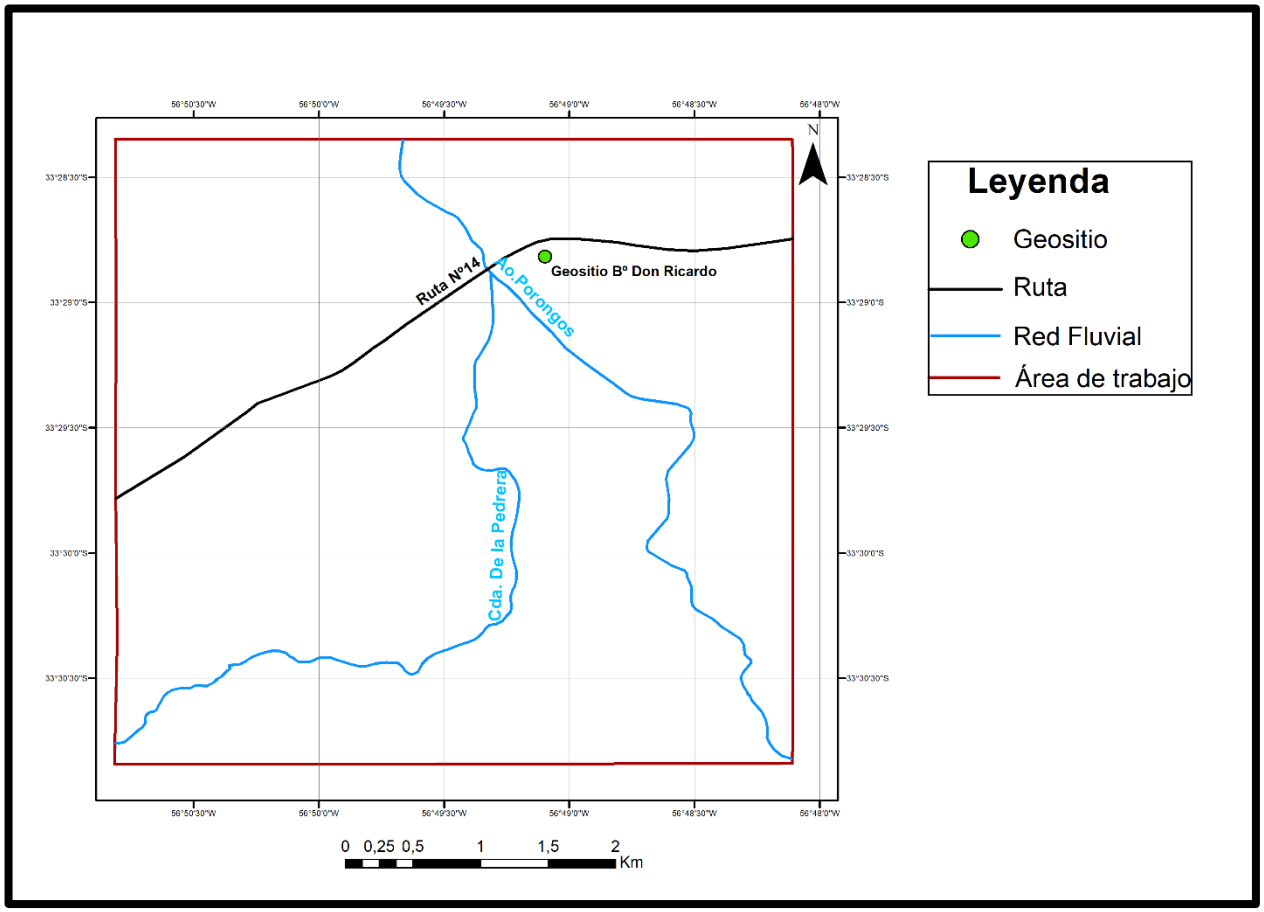


Figura N° 7. Ubicación geográfica del Geositio Balneario Don Ricardo.

5.1.2 Red Fluvial

La red de drenaje en el área del Geositio Balneario Don Ricardo se encuentra representada por el A° Porongos y las cañadas de la Pedrera y de la Pierna de Palo, que drenan sus aguas hacia el N haciendo parte de la cuenca del Río Yí, donde desemboca el arroyo (ver figura N° 7).

La cuenca hidrográfica del A°Porongos está integrada por una red de cañadas y arroyos de menor caudal de tipo dendrítica, con un control estructural del sistema de fallas que presentan las rocas más frescas de esta misma edad.

5.1.3 Hidrogeología

Del punto de vista hidrogeológico la principal unidad acuífera está representada por las rocas del basamento de naturaleza granítica de edad paleoproterozoica. Si bien en la región aparece la Formación Mercedes, su escaso espesor y grado de silicificación, hace que no sea explotada desde el punto de vista hidrogeológico.

Las rocas del Basamento se enmarcan dentro de lo que Montaño et al, (2005) definen

como la Provincia Meridional, que según los autores se caracteriza por ser acuíferos fisurados, en donde los pozos presentan una profundidad media de 20 a 50 m, con un caudal que se ubica entre 1 y 5 m3 /h. Mientras que, en la sub Provincia Cretácica (Formación Mercedes) los pozos tienen una profundidad de 40 a 100 m en promedio y un caudal entre 5 y 23 m3/h.

5.1.4 Geomorfología

Según lo observado en campo y por fotointerpretación, la zona de estudio se caracteriza por tener formas de relieve en el que predominan las laderas suaves (alturas que van desde los 110 a 80 m sobre el NMM), con afloramientos y asomos rocosos con forma de bochas. Estos afloramientos son relictos de distintas etapas de meteorización o intemperismo ocurridas probablemente desde fines del Pleistoceno y Holoceno, luego la erosión de parte del manto de alteración, y formación en condiciones climáticas templadas los suelos que dan praderas naturales. Por esto, se considera que el paisaje es parte de la evolución y resultado de relictos paisajísticos de alternancia de zonas morfoclimáticas semiáridas y templadas, dando lugar a un paisaje relictual de *inselbergs* tapizados por la cobertura vegetal actual. Por esto en la actualidad, el regolito se encuentra cubierto de material edáfico generado en los últimos miles de años donde destacan las bochas graníticas.

El A° Porongos muestra un canal de baja sinuosidad, estando controlado su diseño por la litología granítica.

5.1.5 Edafología

En relación a los grupos de suelo según su índice CONEAT, se pudo constatar en la base de datos de RENARE que son: 5.02b; 5.4; 10.3 y 10.12. (Ver figura N° 8).

El grupo de suelos **5.02b** son Brunosoles Subéutricos Háplicos moderadamente profundos y superficiales (Praderas Pardas moderadamente profundas y Regosoles), a los que se asocian Inceptisoles (Litosoles) a veces muy superficiales. La fertilidad es media, a veces baja. El uso es pastoril y el índice de Productividad 88.

El grupo edáfico **5.4** es frecuente, aunque en pequeña superficie. Son moderadamente profundos y superficiales, de fertilidad media, a veces baja, moderadamente bien a bien drenados. Encontramos también suelos de color negro o pardo muy oscuro textura franca a franco arcillosa,

fertilidad alta y moderadamente bien drenados. El uso es pastoril con algunas áreas bajo cultivo. Índice de Productividad 114.

El grupo de suelos **10.3** se trata de suelos Brunosoles Éutricos Lúvicos (Praderas Pardas muy oscuras medias a máximas), de fertilidad alta y moderadamente bien drenados. Asociados existen Brunosoles Éutricos Típicos (Praderas Negras Vertisólicas) y Vertisoles Rúpticos Lúvicos (Grumosoles). El uso predominante es el pastoril. Índice de Productividad 140.

El grupo edáfico **10.12** se trata de suelos predominantemente Vertisoles Rúpticos Lúvicos (Grumosoles) y Brunosoles Éutricos Típicos Lúvicos (Praderas Negras Vertisólicas), de fertilidad alta y moderadamente bien drenados. El uso predominante es el pastoril, con vegetación de pradera inverno-estival de buena calidad y en general alta densidad de espartillo. Índice de Productividad 193.

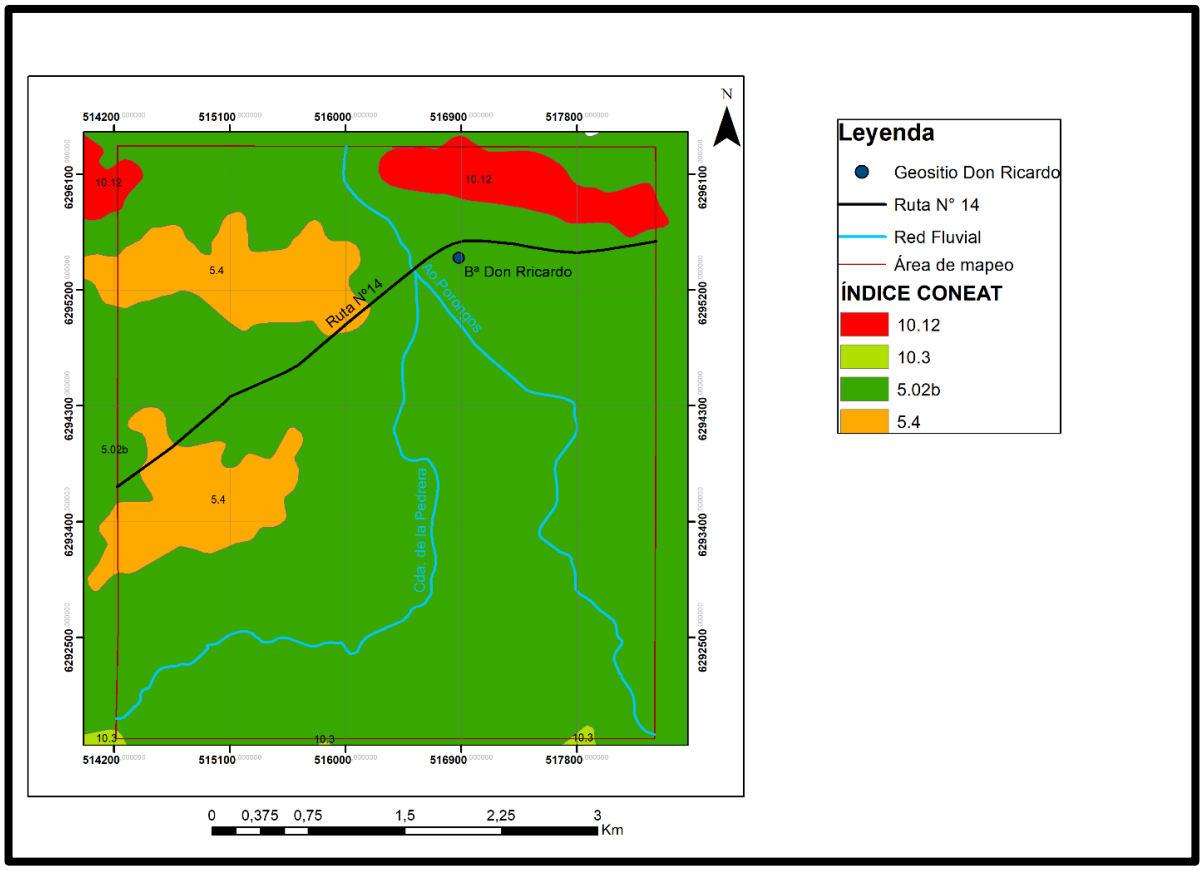


Figura N° 8. Mapa de índice CONEAT del Geositio Balneario Don Ricardo.

Fuente: Modificado de CONEAT / Visualizador RENARE.

5.2 GEOSITIO FALLA VILLASBOAS.

5.2.1 Ubicación Geográfica

El Geositio se encuentra localizado a unos 40m hacia el Noreste de la ciudad de Trinidad las proximidades de la desembocadura del Arroyo Porongos en el Río Yí, cercanos al límite con Durazno (ver figura N° 9), en campo de la Estancia Santa Gobertina.

La vía de acceso al lugar es por la Ruta Nacional Nº14 tomando dirección hacia el N en la entrada a la localidad de J.J Castro, y siguiendo camino vecinal y privado en el establecimiento agropecuario.

El área de estudio y zona de mapeo está enmarcada en el área de la foto aérea 49-121 a escala 1:20.000; también se puede localizar en la hoja topográfica L-20 “Feliciano” a escala 1:50.000.

Las coordenadas geográficas del Geositio son: Lat: 33°17'31.73"S; Long: 56°48'39.61"W.

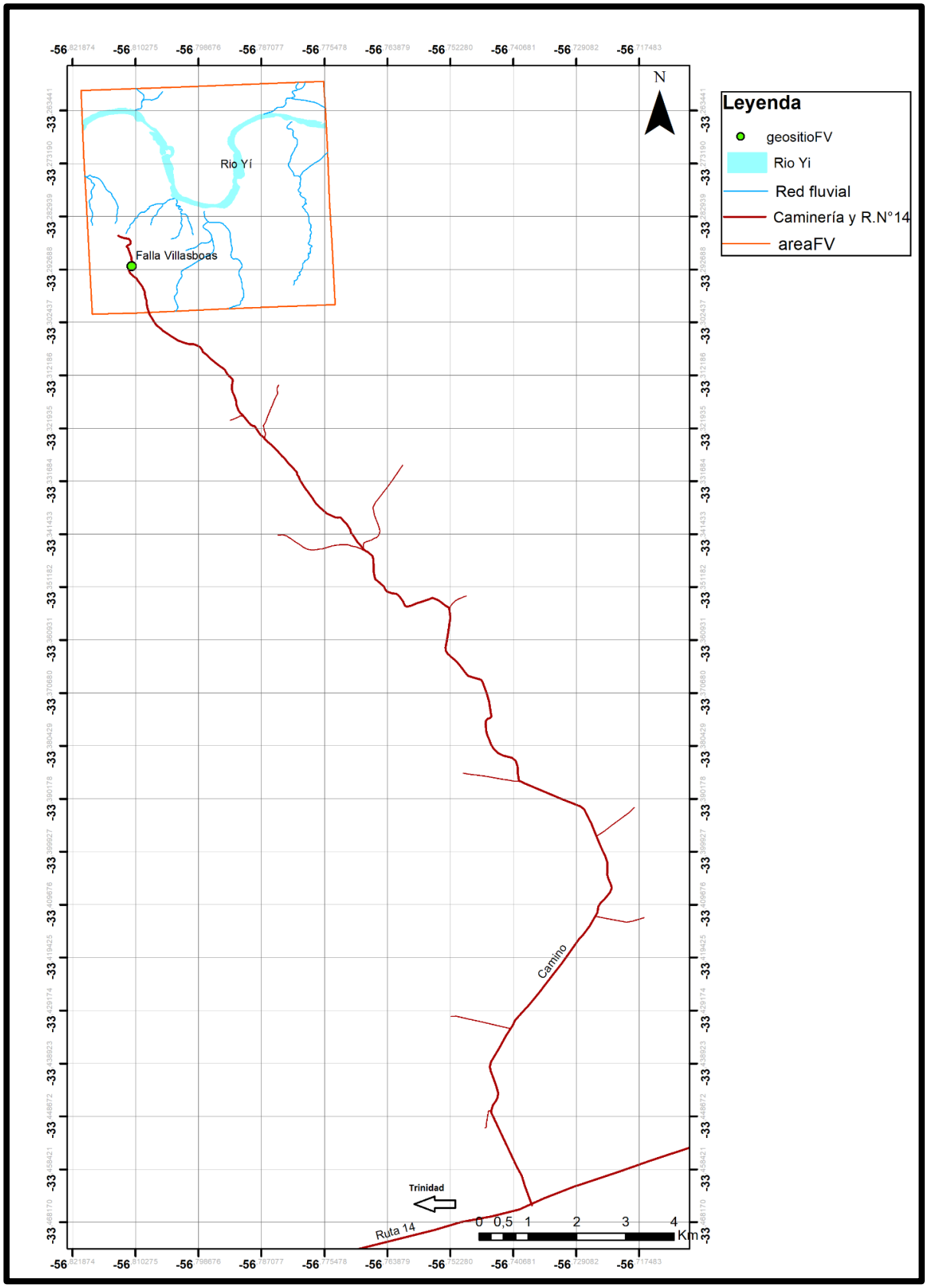


Figura N° 9. Ubicación geográfica del Geositio Falla Villasboas.

5.2.2 Red Fluvial

La red de drenaje en el área del Geositio Falla Villasboas está representada por el el Río Yí al N y el A° Porongos al W.

La red está integrada por un conjunto de cañadas y arroyos que drenan hacia el mencionado río. La red es del tipo dendrítica, controlada por rocas plutónicas paleoproterozoicas alteradas con un fuerte control estructural del sistema de fallas que caracterizan a la zona; siendo la Falla Villasboas la de mayor tamaño y preponderancia en el control de la red de drenaje (ver figura N° 9).

5.2.3 Hidrogeología

La zona de estudio del entorno al Geositio Falla Villasboas está caracterizada hidrogeológicamente por las unidades geológicas del basamento que conforman las unidades acuíferas. En este caso, el basamento cristalino define la provincia Meridional. Esta Provincia Hidrogeológica se caracteriza por ser acuíferos fisurados, en donde los pozos presentan una profundidad media de 20 a 50 m, con un caudal que se ubica entre 1 y 5 m3 /h según Montaño et al., (2005).

5.2.4 Geomorfología

En el entorno al geositio se puede observar formas de relieve con laderas suaves y en algunos casos un par de escarpas en los flancos del corredor de falla. Se destacan grandes afloramientos de rocas graníticas que, en algunos casos se encuentran en forma de bochas pero en muchos otros, estos relictos presentan una orientación preferencial dado el gran control estructural que genera el sistema de fallas presentes en la zona.

Por otra parte, respecto al canal del Río Yí, se trata de un sector de canal con trayectoria meandriforme o sinuosa. Se exponen depósitos del Reciente y Actual como acumulaciones en las barras en punta, destacándose también que en muchos sectores el comportamiento es del tipo braided, observándose barras de canal sobre el arroyo; en las mismas, pudo observarse que en su mayoría son depósitos sedimentarios, aunque en algunas ocasiones se constató presencia de rocas metamórficas y sedimentos.

5.2.5 Edafología

En relación a los grupos de suelo según su índice CONEAT, se pudo constatar en la base de datos de RENARE que son: 03.3; 07.1; 09.2; 10.12; 3.2; 5.01b; 5.01c; 5.02a; 5.02b; 9.1 y D10.1 (Ver figura N° 10).

El grupo de suelos **03.3** corresponde a los suelos Planosoles Éutricos Melánicos y Gleysoles, Típicos Lúvicos, Melánicos, de fertilidad muy alta y drenaje pobre. Índice de Productividad 96.

El grupo edáfico **07.1** comprende áreas continentales recubiertas con espesores variables de arenas, fijadas por vegetación psamófila. Corresponden a este grupo los médanos arenosos localizados en las proximidades de los ríos Negro y Yí. Estas arenas y los Arenosoles Ócricos (Dunas Arenosas) asociados son de muy baja fertilidad y excesivamente drenados. Índice de Productividad 4.

El grupo de suelos **09.2** es un grupo de poca extensión territorial. Los suelos dominantes corresponden a Brunosoles Éutricos y Subéutricos, pseudolíticos (Regosoles), siendo su uso principal el pastoril. Índice de Productividad 26.

El grupo edáfico **10.12** es un grupo que se expresa como interfluvios discontinuos de tamaños variables, convexos, asociados normalmente a los interfluvios con aplanamientos cuspidales con ojos de agua y esporádicamente pequeños afloramientos rocosos. Los suelos predominantes corresponden a Vertisoles Rúpticos Lúvicos (Grumosoles) y Brunosoles Éutricos Típicos Lúvicos (Praderas Negras Vertisólicas). El uso predominante es el pastoril, con vegetación de pradera inverno-estival de buena calidad y en general alta densidad de espartillo. Índice de Productividad 193.

El grupo de suelos **3.2** comprende las llanuras bajas inundables, con mesorrelieve fuerte que bordean las principales vías de drenaje. Los suelos son de origen aluvial, y se clasifican como Fluvisoles Heterotexturales Melánicos, con asociaciones de Gleysoles Lúvicos Melánicos/Ócricos.

El material geológico está constituido por sedimentos modernos de texturas variables,

predominantemente arenosas. Índice de Productividad 39.

El grupo edáfico **5.01b** son suelos Brunosoles Subéutricos Háplicos, de fertilidad media a baja y drenaje interno variable (Regosoles). Índice de Productividad 61.

El grupo de suelos **5.01c** corresponde a suelos Brunosoles Subéutricos Háplicos e Inceptisoles Ócricos, superficiales y muy superficiales de fertilidad media a baja (Litosoles). El uso es pastoril limitado. Índice de Productividad 53.

El grupo edáfico **5.02a** corresponde a las lomas y colinas existentes en las proximidades del Río Yí. Los suelos son Inceptisoles Ócricos y Brunosoles Dístricos y Subéutricos Típicos y Lúvicos, de profundidad variable, aunque con predominio de superficiales, fertilidad baja, a veces media (Litosoles, Regosoles y Praderas Pardas). El uso es pastoril. Índice de Productividad 74.

El grupo de suelos **5.02b** es el grupo más importante, ya que ocupa más del 80 % de las tierras de esta zona. Los suelos son Brunosoles Subéutricos Háplicos moderadamente profundos y superficiales (Praderas Pardas moderadamente profundas y Regosoles), a los que se asocian Inceptisoles (Litosoles) a veces muy superficiales. La fertilidad es media, a veces baja. El uso es pastoril. Índice de Productividad 88.

El grupo edáfico **9.1** corresponde a Brunosoles Éutricos y Subéutricos, Típicos o Lúvicos moderadamente profundos y pseudolíticos, de fertilidad alta a media moderadamente bien drenados (Praderas Pardas y Negras superficiales y Litosoles). Asociados, existen Litosoles Éutricos y Subéutricos Melánicos. El uso es pastoril y la vegetación es en general de pradera estival con baja densidad de malezas. En presencia de texturas finas se nota mayor abundancia de pasturas invernales. Índice de Productividad 61.

El grupo de suelos **D10.1** son suelos Brunosoles Éutricos, profundos, de fertilidad alta y bien drenados y Vertisoles Rúpticos Lúvicos (Grumosoles), profundos de color negro y también de fertilidad alta y bien drenados. Su uso dominante es agrícola pastoril y la vegetación dominante es de pasturas de ciclo inverno-estival, en general con especies finas. Índice de Productividad 144.

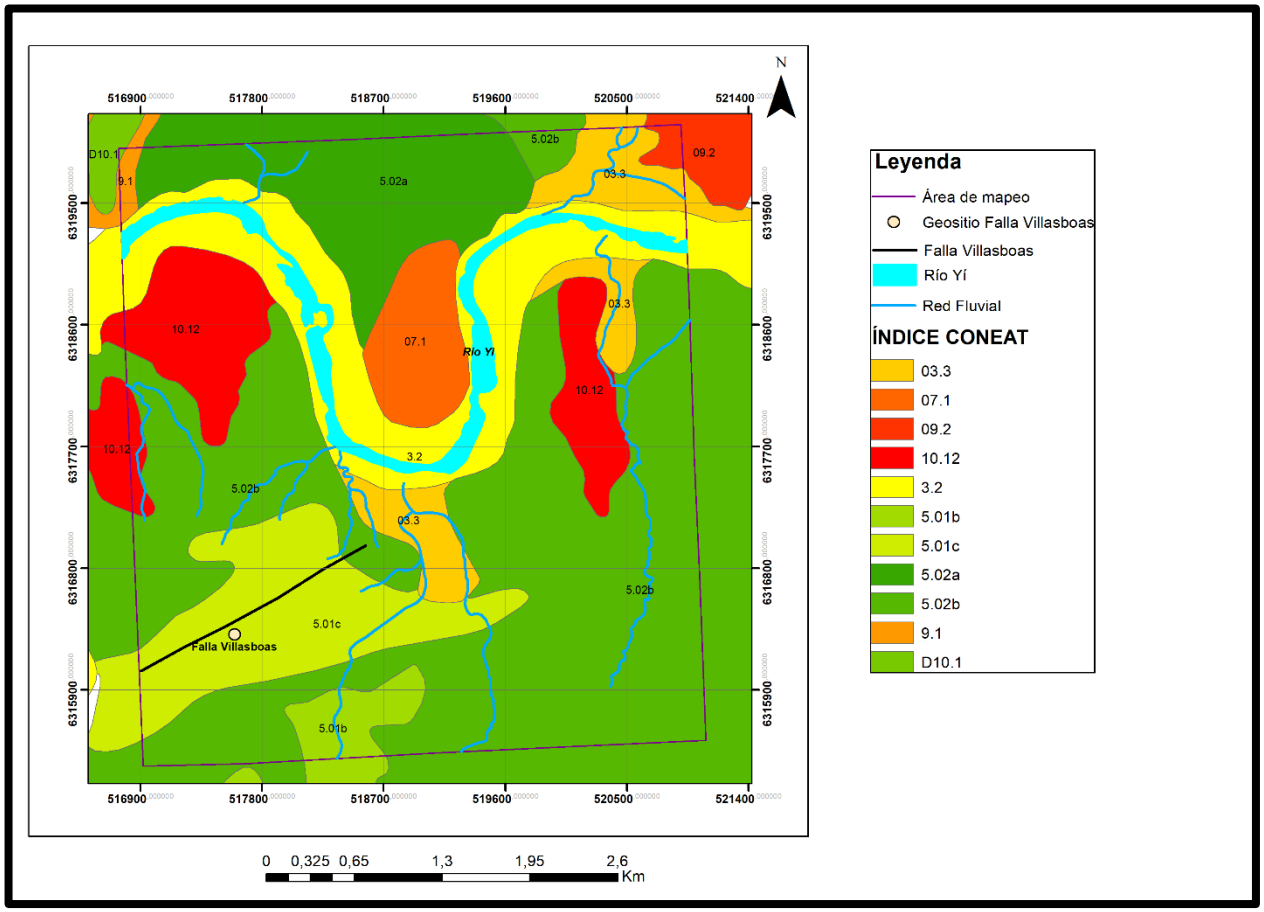


Figura N° 10. Mapa de índice CONEAT del Geositio Falla Villasboas.

Fuente: Modificado de CONEAT / Visualizador RENARE.

5.3 GEOSITIO PIEDRAS BLANCAS

5.3.1 Ubicación Geográfica

El Geositio Piedras Blancas se ubica en un establecimiento agropecuario situado a unos 5 km al SW de la Ciudad de Trinidad y tiene acceso tanto por la Ruta Nacional Nº57 como por Ruta Nacional Nº23. Esas son rutas departamentales.

El área de estudio está enmarcada en el área de la foto aérea 50-111 a escala 1:20.000; y en la hoja topográfica M-22 “Trinidad” a escala 1:50.000.

Las coordenadas geográficas del geositio son: Lat: 33°34'39.20"S; Long: 56°54'38.80"W.

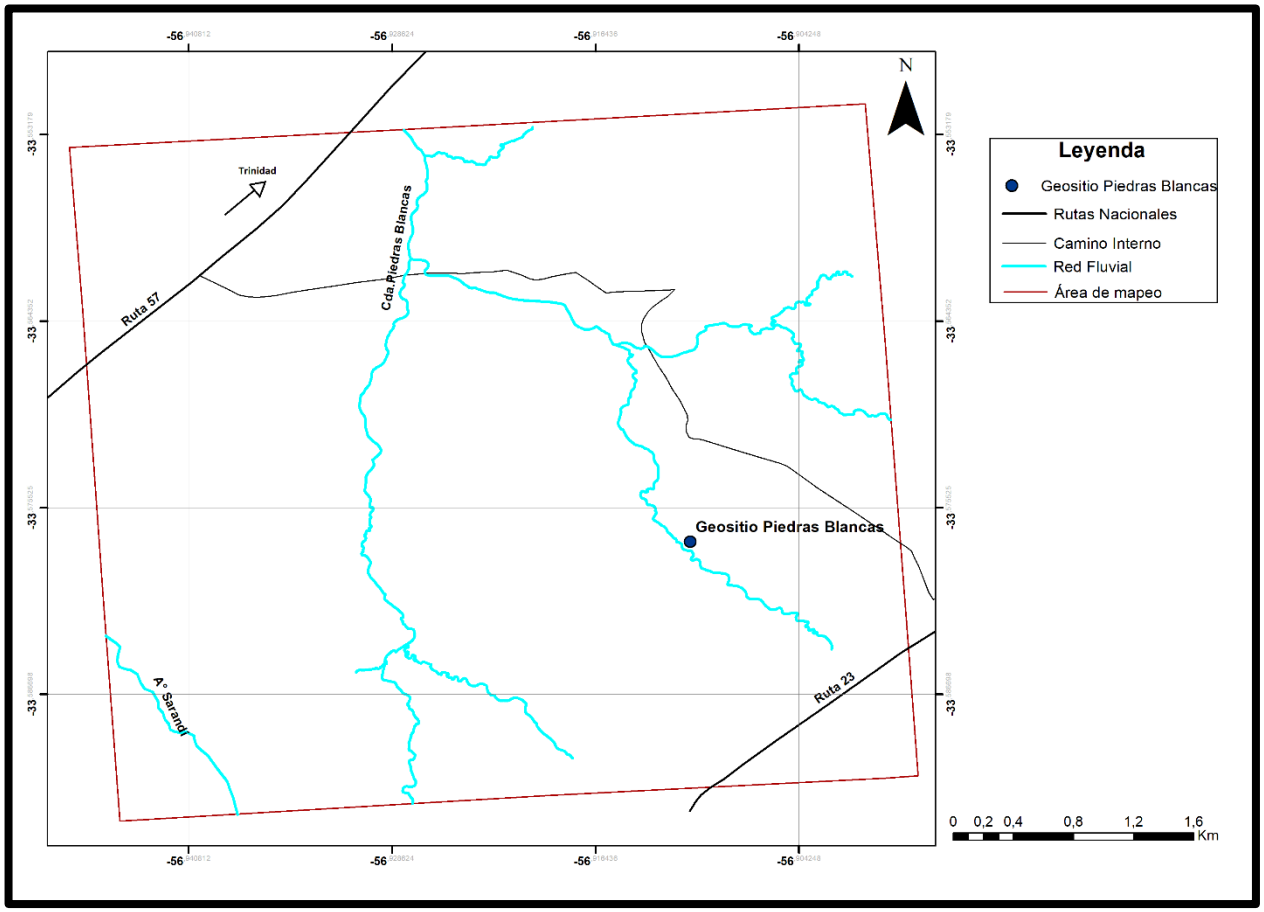


Figura N° 11. Ubicación geográfica del Geositio Piedras Blancas.

5.3.2 Red Fluvial

La red de drenaje en el área del geositio Piedras Blancas se encuentra dominada por la cañada homónima Piedras Blancas. El sistema cañada Piedras Blancas está integrado por una red de cañadas de menor caudal que desembocan allí, esta red es del tipo dendrítica, dadas las rocas sedimentarias tanto carbonáticas como detríticas que se encuentran en la zona; la dirección de escurrimiento es de sur a norte y es de destacar que los cursos fluviales se dan principalmente sobre las rocas carbonáticas definidas por Goso y Perea, 2004 como Formación Queguay (Ver figura N° 11).

5.3.2 Hidrogeología

La zona de estudio del geositio Piedras Blancas está caracterizada desde el punto de vista hidrogeológico según las unidades geológicas que conforman el acuífero. En este caso, el basamento cristalino define la provincia Meridional. Esta Provincia Hidrogeológica se caracteriza por ser acuíferos fisurados, en donde los pozos presentan una profundidad media de 20 a 50 m, con un caudal que se ubica entre 1 y 5 m^3/h según Montaño et al., (2005).

Por otra parte, la Formación Mercedes se define como acuífero perteneciente a la provincia paranaense, sub provincia cretácica. En dicha Sub provincia Cretácica los pozos tienen una profundidad de 40 a 100 m en promedio y un caudal entre 5 y 23 m^3/h. (Montaño et al., 2005).

5.3.3 Geomorfología

En la zona se observa un relieve suavemente ondulado (con alturas que van desde los 140 y 120 m sobre el NMM).

La zona está integrada principalmente y sobre todo en el área de mapeo por rocas sedimentarias, donde en los altos se observan carcavamientos de rocas sedimentarias detríticas de la Formación Mercedes, mientras que en los bajos fluyen los canales fluviales sobre las rocas carbonáticas muy silicificadas (Formación Queguay) y rocas del Basamento Cristalino.

5.3.4 Edafología

En relación a los grupos de suelo según su índice CONEAT, se pudo constatar en la base de datos de RENARE que son: 03.52; 03.6; 10.16; 9.1 y 9.5. (Ver Figura N° 12).

El grupo edáfico **03.52** se trata de suelos dominantemente de Brunosoles Éutricos Lúvicos (Praderas Pardas máximas), de fertilidad alta y drenaje imperfecto y Solonetz Ócricos, de fertilidad muy baja y drenaje imperfecto. Completan la asociación, suelos afectados por alcalinidad, como Brunosoles Éutricos Lúvicos (Praderas Pardas alcalinas). En ambos casos el uso es pastoril. Índice de Productividad 53.

El grupo de suelos **03.6** es de poca extensión y está radicado en las pequeñas planicies y tienen aureolas de Solonetz Ócricos que enmarcan las vías de escurrimiento que presentan los Gleysoles Háplicos salinos (Gley húmicos), con vegetación de juncos. El uso es pastoril muy limitado. Índice de Productividad 18.

El grupo edáfico **10.16** corresponde a un gran interfluvio que se expresa en los alrededores de Trinidad. Los suelos predominantes son Vertisoles Rúpticos Lúvicos (Grumosoles) y Brunosoles Éutricos Típicos (Praderas Negras y Praderas Pardas medias), de fertilidad alta y drenaje moderadamente bueno a algo pobre. En laderas bajas se asocian Brunosoles Subéutricos Lúvicos (Praderas Pardas máximas), de fertilidad media y drenaje moderadamente bueno a

imperfecto. Predominan las tierras de cultivos inverno-estivales y rastrojos sobre las áreas de campo natural, el cual presenta especies de buena calidad pero con espartillares, en general de alta densidad. Índice de Productividad 206.

El grupo de suelos **9.1** corresponde a Brunosoles Éutricos y Subéutricos, Típicos o Lúvicos moderadamente profundos, de fertilidad alta a media moderadamente bien drenados. Asociados, existen Litosoles Éutricos y Subéutricos Melánicos.

El uso es pastoril y la vegetación es en general de pradera estival con baja densidad de malezas. En presencia de texturas finas se nota mayor abundancia de pasturas invernales. Índice de Productividad 61.

El grupo edáfico **9.5** corresponde a Brunosoles Subéutricos Lúvicos, a veces Típicos de fertilidad media y drenaje moderadamente bueno a imperfecto (Praderas Pardas arenosas). Como suelos asociados pueden presentar Vertisoles Rúpticos Lúvicos (Grumosoles) y Planosoles Dístricos Ócricos, a veces Melánicos y Argisoles Dístricos Ócricos Abrúpticos, a veces Típicos (Planosoles arenosos, Praderas Planosólicas y Praderas Pardas máximas arenosas). El uso es pastoril agrícola con predominio de especies estivales. Índice de Productividad 114.

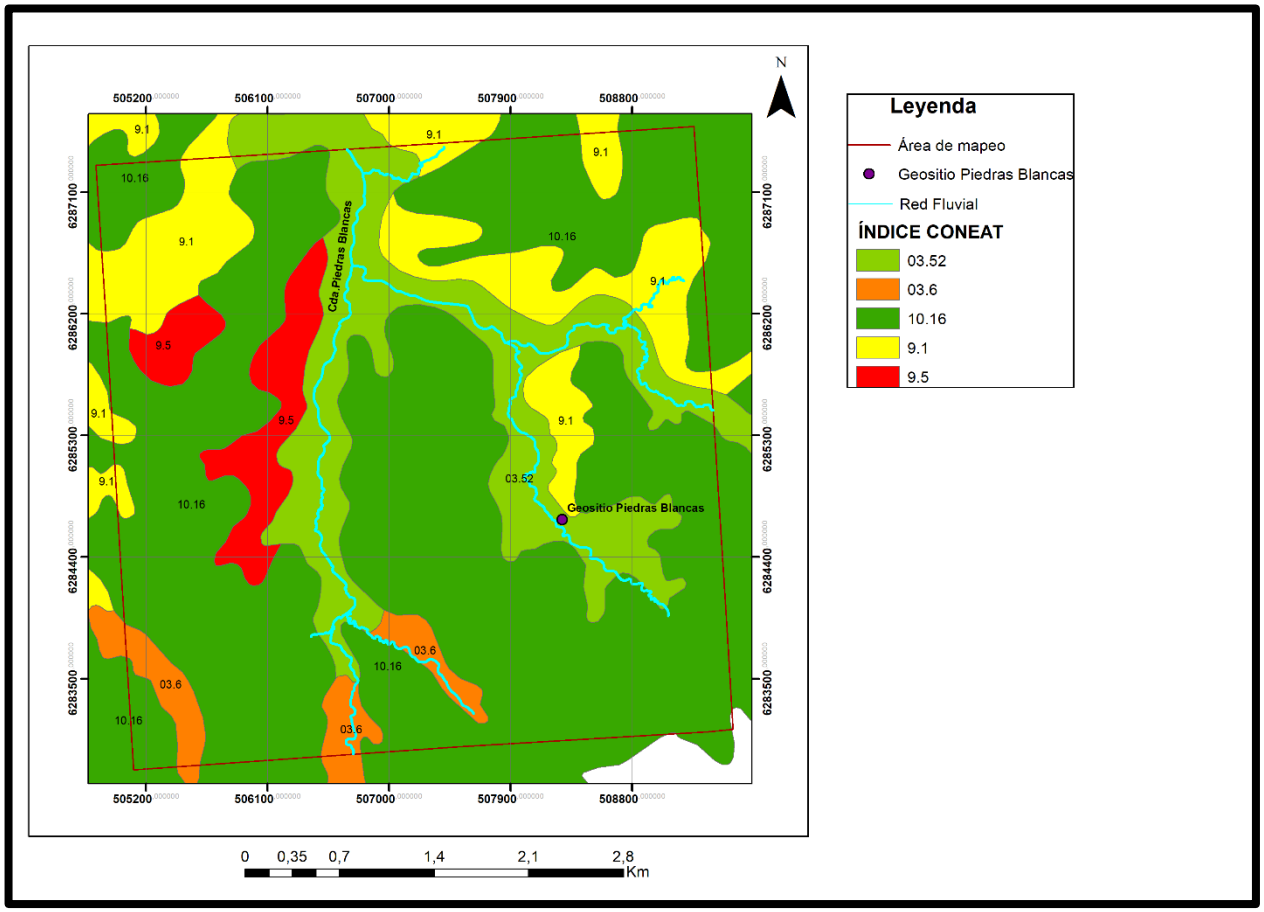


Figura N° 12. Mapa de índice CONEAT del Geositio Piedras Blancas.

Fuente: Modificado de CONEAT / Visualizador RENARE.

6. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El área de trabajo se encuentra dentro de lo que se conoce como Terreno Piedra Alta (TPA) (Bossi et al. 1993).

El TPA está incluido dentro del Cratón del Río de la Plata (CRP). El CRP fue definido en su momento por Almeida et al. (1973) para caracterizar rocas antiguas del sur de la plataforma sudamericana. Posteriormente, se han realizado muchos estudios sobre el CRP, donde en particular, en Uruguay, con los aportes de Bossi y Campal (1992) y Bossi et al. (1993) se han podido separar 2 Terrenos pertenecientes al CRP: el TPA y el Terreno Nico Pérez (TNP), ambos Terrenos son separados por la Zona de Cizalla Sarandí del Yí (ZCSY). Estudios más recientes como los trabajos de Oyhantçabal et al. (2011) y Oriolo et al. (2016a) sugieren que solo el TPA pertenece al CRP, excluyendo al TNP. Esto se sustenta en base a criterios geológicos, geofísicos y geocronológicos presentados en sus respectivos trabajos, tal como han reconocido que el TNP fue afectado por eventos durante el Neoproterozoico, en particular durante la orogenia Brasiliana, de la cual no se encuentran registros hasta el momento en el TPA, lo que señalaría que este último Terreno tenía una litósfera engrosada y fuerte en el Neoproterozoico. Concluyendo de esta forma que el CRP estaría representado en nuestro país solamente por el TPA.

En este trabajo nos enfocarenos particularmente en el TPA, dado que las 3 zonas de estudio se encuentran dentro de él. Se trata de una Unidad Tectonoestratigráfica, de acuerdo con la definición de Coney et al. (1980) y Coney (1989), limitada al sur por la faja de milonitas Colonia-Arroyo Pavón de 1700 Ma. (Bossi et al. 2005; Ribot et al. 2013) y al Este por el Lineamiento Sarandí del Yí- Piriápolis (Preciozzi et al. 1979) cuya edad es de 596 Ma (Oriolo et al. 2016b). Hacia el Norte y el Oeste el TPA se desarrolla por debajo de sedimentos y lavas del Fanerozoico.

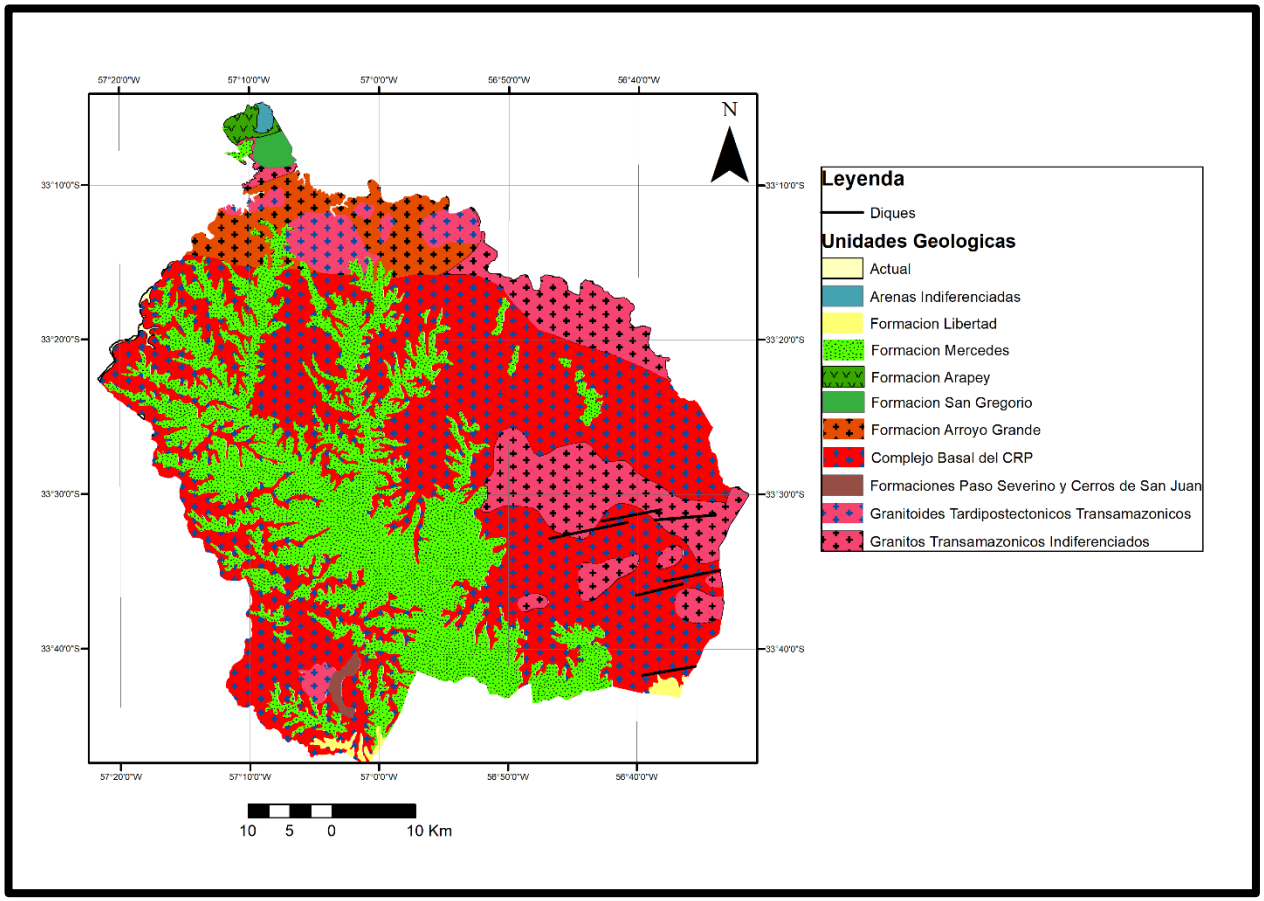


Figura N° 13. Mapa geológico del Geoparque.
Fuente: modificado de DINAMIGE.

6.1 BASAMENTO CRISTALINO

El Terreno Piedra Alta es la unidad que tiene mayor expresión superficial en el territorio del geoparque y en las tres áreas de estudio. El mismo está compuesto fundamentalmente por granitos y granodioritas, con presencia de fajas de migmatitas y metamorfitos de grado medio a alto.

Aunque la estratigrafía interna del TPA no está definitivamente resuelta (Bossi y Piñeyro, 2014), las principales unidades aflorantes están bien identificadas y representadas por: 2 cinturones metamórficos: el cinturón Arroyo Grande (posteriormente renombrado cinturón Andresito por Bossi y Ferrando, 2001 y Bossi y Gaucher, 2014 para distinguirlo de la Formación Arroyo Grande, que integra este cinturón) y el cinturón San José (ambos definidos por Bossi et al. 1993) de grado bajo a medio, separados por una extensa zona de granitoides infracorticales, definidos como Faja Florida por Bossi y Navarro (1991).

Respecto a las edades de las unidades que conforman al TPA, Peel & Preciozzi (2006) presentan un trabajo de estudios isotópicos con modelo Sm-Nd, donde establecen una evolución

geológica ocurrida entre los 2.4 los 2.3 Ga, para la acreción principal de sus protolitos y 2,1 y 2.0 Ga, para el magmatismo, metamorfismo y deformación; además reconocen un emplazamiento de un conjunto de diques máficos alrededor de 1.8 a 1.75 Ga. De esta forma, estos autores sugieren que el TPA representa una unidad geotectónica paleoproterozoica juvenil estable desde 1.7 Ga no afectada internamente por eventos neoproterozoicos.

En cuanto a la Faja Florida, la misma comprende más de la mitad del TPA aflorante y conforma el subsuelo del Norte del departamento de Colonia, el Este del departamento de Soriano, los departamentos de Flores y Florida en casi su totalidad y el Oeste del departamento de Lavalleja.

Bossi et al. (1993) definen esta faja como un "complejo granito-gnéissico con anatexitas granitoides foliadas con megacristales de microclina, generados por fusión parcial en núcleos ovoides. La distribución de estas granodioritas o granitos calco-alcalinos dan una estructura homogénea con la aparición de núcleos de escasa extensión."

De acuerdo a estos autores, las principales litologías reconocidas en la faja son:

1. Granitoides de composición granítica o granodiorítica (Granito Cerro Colorado y Granito de Florida), con estructura homogénea y escasos km² de extensión.
2. Anatexitas en estructuras complejas, con restitas biotíticas, hornblendíticas e incluso piroxénicas; recortes filonianos a oligoclasa + Feldespato potásico + cuarzo (Carmelo y Florida).

Esta unidad, además, se encuentra recortada por "rocas filonianas básicas sin-magmáticas, plegadas y desplazadas con contacto de mutua intrusión, compuestas por microdioritas anfibólicas o microgabros cuarzosos", denominados como "Haz de diques del Río de la Plata" por Gaucher & Bossi 2014, quienes sugieren que estos diques pueden interpretarse como posibles causantes o contribuyentes de la fusión parcial de metasedimentos, o fenómenos de anatexis durante su ascenso. Anteriormente estos diques fueron denominados como "Haz de microgabros filonianos" por Bossi et al., 1993, o como "Haz de Diques del TPA" por Bossi et al. 1998; aunque son más conocidos como enjambre de diques de Florida (sensu Sánchez Bettucci et al. 2010).

6.2 FORMACIÓN SAN GREGORIO

Esta unidad fue reconocida en una primera instancia por White (1908), pero fue Guillemain (1911) quien dio nombre a la unidad, refiriéndola como "Conglomerados de Orleans". Años más tarde, Caorsi & Goñi (1958) se refieren a ella como "Conglomerado de San Gregorio", dado que los afloramientos los ubicaron a las márgenes del Rio Negro, sobre la Ciudad de San Gregorio de Polanco, Departamento de Tacuarembó.

Tiempo después, Bossi (1966) y Bossi *et al.* (1975) proponen agrupar esta unidad llamándola Formación San Gregorio-Tres Islas, dada la dificultad que tuvieron para poder separar estas dos unidades; aunque tiempo después Preciozzi et al. (1985) pudieron realizar una cartografía geológica separando a la Formación San Gregorio de la Formación Tres Islas.

La Formación San Gregorio, según de Santa Ana (2004) se trata de un conjunto de rocas sedimentarias de gran variabilidad faciológica dada por diamictitas, tillitas, areniscas, pelitas y ritmitas, a las cuales se le atribuye un ambiente depositacional glaciogénico, cuyas ocurrencias se ven representadas en el sur de la Cuenca Norte. Cabe destacar que se les asigna una edad (en discusión) carbonífero superior-pérmico inferior (De Santa Ana et al 2006).

Esta unidad posee también gran cantidad de micro y macro fósiles de variable afinidad biológica (Martínez Macchiavello, 1963), tales como: diferentes tipos de esporas y polen, restos de peces (Beltan 1977, 1981, 1988) y cefalópodos (Closs 1967a, 1967b, 1969) en concreciones fosfáticas y carbonáticas (base de la Unidad), preservación tridimensional de palinomorfos en la matriz de las concreciones, acritarcas y algas (ambiente acuático), como también poríferos (Kling & Reif 1969), radiolarios (Braun et al. 2003), braquiópodos, icnofósiles (Balistieri et al. 2001, Sprechmann et al.2001) y maderas de gimnoespermas.

Los radiolarios, peces y cefalópodos en concreciones marcan una edad Carbonífero superior (Beltan 1977, 1981; Closs 1967a, 1967b, 1969; Braun et al. 2003), mientras que el contenido palinológico de la matriz de las concreciones (Marques-Toigo 1970, 1973a, 1974; Ybert & Marques Toigo 1970; Daners & de Santa Ana 2003) y litologías de la base marcan una edad Pérmico inferior (Daners & de Santa Ana 2003, Daners et al. 2004), dando lugar a la discusión respecto a la edad.

6.3 FORMACIÓN ARAPEY

Esta unidad fue reconocida por primera vez por Walther (1911), quien denominó a estos derrames basálticos como rocas eruptivas de Serra Geral; Años más tarde, Caorsi y Goñi (1958) las denominan lavas de Arapey y luego Bossi (1966) las eleva al rango de Formación, donde incluye no solo a estas rocas efusivas, sino que también a algunos filones de alimentación. Posteriormente Bossi y Heide (1970) realizaron una descripción de las coladas basálticas, donde reconocieron además delgados niveles de areniscas eólicas interestratificadas.

Tiempo más tarde, Bossi y Schipilov (1998) proponen la división en bloques de esta unidad, manifestando el reconocimiento de 6 zonas de comportamiento distinto, donde afirman que cada una de ellas presenta coladas individuales con textura, mineralogía y geoquímica particular y que estas diferencias se hacen notar en cuanto a los recursos minerales presentes en cada una de estas zonas, como también los procesos de edafización.

Por último, De Santa Ana et al. (2004) Sugieren que se trata de basaltos de naturaleza tholeítica que se disponen en coladas y afirman que "las sucesivas coladas que recortan los pozos profundos de la Cuenca Norte se han logrado separar a partir del estudio de los registros de radiactividad natural (gamma ray), litodensidad, resistividad y velocidad de penetración de los perfiles así como el análisis de los testigos corona y descripciones de pozo".

6.4 CUENCA DEL LITORAL (CRETÁCICO SEDIMENTARIO DE LA CUENCA NORTE)

La Cuenca Litoral (Sensu. Goso y Perea, 2004), se ubica en el Oeste de Uruguay, y recibe este nombre por situarse en la región litoral del Río Uruguay. Ella se extiende por unos 25000 km^2, aproximadamente. Se caracteriza por una sedimentación continental de tipo aluvial y fluvial e incluye en el área de estudio a las siguientes unidades sedimentarias de edad Cretácico Superior-Terciario: Formación Mercedes y Formación Queguay, pertenecientes al Grupo Paysandú (Bossi y Navarro, 1991).

Otros autores se refieren a estas unidades como Cuenca Norte y difieren en la definición de la Formación Mercedes. La controversia mayor se radica en que Goso y Perea (2004) incluyen dentro de la Formación antes mencionada a los sedimentos que Bossi (1966) definió como Formación Asencio (Miembro del Palacio de la Formación Mercedes para Goso y Perea, 2004) y que posteriormente autores como Bellosi et al. (2004), Morrás et al. (2010), Genise et al. (2011) y Turner et al. (2017) vuelven a elevar al rango de Formación a Asencio.

6.4.1 Formación Mercedes (Cretácico Superior)

Esta unidad fue referida en primera instancia por Lambert (1939, 1940), poco después, Serra (1943, 1945) posicionó estratigráficamente a estos depósitos en el Cretácico Superior, definiendo a las "Areniscas de Mercedes" como "depósitos arenosos, más o menos conglomerádicos, de color blancuzco con intercalación de material calcáreo, frecuentemente cristalizados". Posteriormente Bossi (1966) define como Formación Mercedes a la sucesión granodecreciente que de base a techo identificó: Areniscas Conglomerádicas[(1)], areniscas gruesas y areniscas finas, con cementos arcillosos y calcáreos, colores blanquecinos, rosa pálido y en algunas ocasiones rojizos. También reconoce lentes de carbonatos interestratificados con las areniscas. En ese trabajo destaca la fuerte silicificación.

Más adelante, Goso (1999), afirma que esta unidad está integrada por litologías clásticas, principalmente areniscas y conglomerados, aunque reconoce que es bastante frecuente la presencia de litologías calcáreas, ferrificadas y silicificadas, y que subordinadamente a estas litofacies se exponen litologías pelíticas. Dicho autor en ese mismo trabajo también propuso agrupar estas litologías en dos Miembros: Yapeyú y del Chileno. Cabe destacar que esta unidad se la ha reconocido en los alrededores del Geositio Piedras Blancas.

[(1)]El término "arenisca conglomerádica" refiere a una roca sedimentaria donde el mayor porcentaje de clastos es de tamaño arena y pueden observarse clastos de tamaño grava. En el entendimiento de los procesos de formación de las rocas sedimentarias significa que el agente de transporte tuvo la energía suficiente para trasladar clastos mayores a 2mm, por lo que se trata de un "conglomerado de matriz arenosa".

6.4.2 Formación Asencio.

Esta unidad fue definida por Bossi (1966) quien además la separó en 2 Miembros: el Miembro Yapeyú (Inferior) y el Miembro del Palacio (Superior). Definió como Miembro Yapeyú como areniscas finas de color blanquecino y rosa pálido y cemento arcilloso. Destaca también que no presentan una estratificación definida. Al Miembro del Palacio lo definió como areniscas finas con un grado de ferrificación que llega a formar corazas ferrificadas (Tal como es la sección tipo, el Geositio Grutas del Palacio).

6.4.3 Formación Queguay (Cretácico Superior – Paleoceno?)

Esta unidad fue definida por Goso (1965) donde dice que aflora principalmente en el litoral de Uruguay (la cual fue reconocida también en la zona de estudio del Geositio Piedras Blancas). Posteriormente se han descrito dentro de la misma, depósitos carbonáticos con un

espesor máximo que ronda los 20 m según Veroslavsky y de Santa Ana (2004), cuyo origen fue asociado a procesos de calcretización de rocas sedimentarias de la Fm. Mercedes (Veroslavsky y Martínez, 1996; Veroslavsky *et al*., 1997, Tófalo y Pazos, 2009, Tófalo y Morrás, 2009), aunque también se ha propuesto que la Formación Queguay pudo haber sido depositada en ambientes de tipo lacustre (Goso 1965). Luego, Goso (1999) propone agruparlas dentro de una unidad informal de carácter quimioestratigráfico denominada Unidad Quimioestratigráfica Queguay, pero dada importancia económica del conjunto de estos materiales calcáreos como fuente de materia prima para diferentes usos, por los volúmenes de reservas conocidos y potenciales; y por su extensa distribución superficial que la hace mapeable a escalas de detalle, semidetalle y regional, es que Goso y Perea (2004) la definen en la jerarquía de Formación Queguay, tal como fuera propuesto originalmente por Goso (1965).

Aportes de Tófalo et al. (2001) reconocen tres litologías predominantes: paleosuelos, calcretes brechosos y calcretes masivos. Posteriormente Alonso-Zarza et al. (2011) sugieren que no se trataría de un ambiente de aguas profundas, dada la existencia de facies lacustres (Principalmente wakestones) con contenido de Charáceas, ostrácodos y gasterópodos, se trataría más bien de lagos de aguas someras muy oxigenados con períodos de desecación cortos. Los autores describen también una facies palustre donde describen limolitas de desecación, calizas granulares, calizas nodulares. Por ultimo sugieren también para esta unidad una facies de calcretas del tipo laminar y masiva, asociándolas a procesos de evapotranspiración de aguas subterráneas.

6.4.4 Formación Libertad (Pleistoceno Medio)

Esta unidad del Cuaternario fue definida por Goso (1965). La Formación Libertad genera superficies onduladas y se caracteriza por contener lodolitas, loess y fangos, de coloración parda rojiza, incorporando carbonato de calcio multiforme. Algunos sondeos indican que no supera los 30 m de potencia. Tradicionalmente se la ha denominado "Pampeano", y se le ha atribuido una gran riqueza paleontológica, lo que en la práctica no ha sido verificado, Ubilla y Perea (1999). Estos autores ofrecen un listado tentativo de mamíferos que podrían corresponder a la Formación Libertad, Raigón o inclusive a la Formación Dolores, lo que no ofrece un sustento adecuado para realizar inferencias de corte cronológico, no obstante, lo cual se la ha vinculado al Piso Ensenadense (actualmente Plioceno tardío – Pleistoceno medio temprano, según Cione y Tonni (1999).

Cabe destacar la existencia de diferencias en la interpretación del clima que imperaba

al momento de la depositación de esta unidad, ya que se sugiere un clima semiárido con lapsos de tiempo más húmedos y condiciones diluviales, que se asocia a episodios glaciales. También se sugiere que estaría asociada a clima seco y frío mientras que por otra parte a un clima cálido y húmedo según Panario y Gutiérrez (1999). Hasta el momento, no se han realizado estudios paleontológicos que puedan dar mejores resultados en la interpretación del ambiente de depositación.

6.4.5 Formación Dolores (Pleistoceno Medio-Superior)

Esta unidad fue definida por Goso (1970). Posteriormente Ubilla y Martínez (2004) sugieren que se trata de depósitos arcillo-limosos y limo- arcillosos, con arena y gravilla (fangolitas y diamictitos), de coloración pardo y gris verdosa con una potencia de hasta 10 m. Los autores dicen además que presenta una similitud litológica con la Formación Libertad pero la diferencian de ésta ya que genera formas de relieve planas, y aunque reconocen que no es un criterio válido para separar formaciones, las han diferenciado a partir de ese último criterio. Por otra parte, sugieren que existen algunas diferencias litológicas, tales como las tonalidades y su carácter fangolítico así como también sus relaciones estratigráficas, que la hace similar y poco distinguible de la Formación Libertad.

Según Ubilla y Martínez (2004) se le ha asignado firmemente una edad Pleistoceno Tardío y se la asocia ambientes de depositación fríos, vinculado al último episodio glacial, dado que se han podido reconocer tortugas, mamíferos característicos del Pleistoceno tardío y moluscos de agua dulce (Ubilla y Perea, 1999) y referencias (Ubilla, 1999; Perea et al., 2001) y algunos de ellos son indicadores de condiciones semi-áridas y frías.

Por último, los autores mencionan que dataciones radiocarbónicas acotadas al intervalo 11650-10500 a.AP han sido atribuidas a esta unidad.

7. RESULTADOS

En este capítulo se presentarán los aspectos geológicos e inventarios de cada uno de los tres geositios estudiados.

7.1 GEOLOGÍA DESCRIPTIVA.

7.1.1 Geositio Balneario Don Ricardo

En base a la fotointerpretación y a los datos relevados de campo se identificaron las siguientes unidades del Proterozoico y Cuaternario:

1) Sienogranitos.
2) Granodioritas.
3) Sedimentos Formación Libertad.
4) Sedimentos del Reciente y Actual.

7.1.1.1 Sienogranitos.

En toda del área de estudio, se observaron afloramientos de rocas de naturaleza granítica, que fueron descritos tanto en muestra de mano (Figura N° 13 B) como en lámina delgada (Figura N° 13 C y D). De esta forma se pudo constatar que se trata de rocas con textura equigranular, reconociendo minerales de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa y biotitas.

El cuarzo tiene una abundancia de 55 % en la lámina, sus cristales son xenomorfos, en algunos casos se observa recristalizado; presenta extinción ondulante y el tamaño ronda los 5,6 mm.

Por otra parte, los feldespatos tienen una abundancia de un 40 %, siendo las microclinas las más significativas respecto a las plagioclasas. De todas maneras, los cristales de ambas son subautomorfos, con maclado cuadriculado para las microclinas y maclado polisintético para las plagioclasas. Muchos de estos feldespatos se encuentran con cierto grado de alteración.

Las biotitas representan el 5 % restante, son subautomorfas, extinción cada 90º en nicoles cruzados y color pardo-anaranjado en luz natural. Se puede concluir según la descripción y el diagrama QAPF que se trata de un sienogranito.

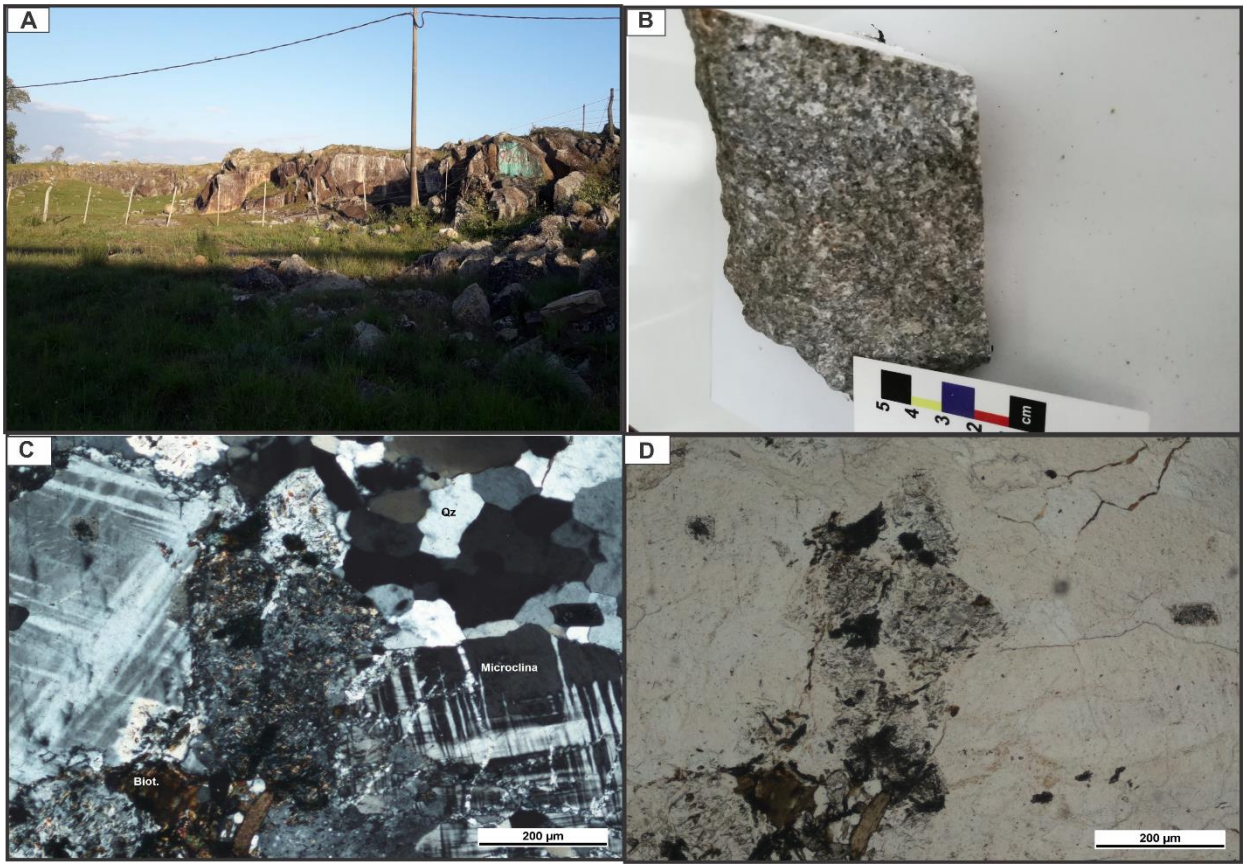


Figura N° 14. A) Vista panorámica de afloramiento de sienogranito; B) Vista en detalle de muestra de mano de sienogranito; C) Fotomicrografía de sienogranito con nicoles cruzados; D) Fotomicrografía de sienogranito en luz natural. Geositio Balneario Don Ricardo.

7.1.1.2 Granodioritas

En los sectores Este y Oeste (Cantera de la empresa INCOCI) del área de estudio aproximadamente ocupando un 25 % del área, se observaron afloramientos aislados de rocas graníticas, que fueron descriptas tanto en muestra de mano (Figura N° 15 B) como en lámina delgada (Figura N° 15 C y D). Se observa tanto textura equigranular, fanerítica (zona Oeste), como inequigranular, fanerítica (zona Este). Los minerales reconocidos son de cuarzo, feldespatos, biotita y clorita; siendo el cuarzo y la biotita los minerales más abundantes.El cuarzo representa un 50 %. Los cristales son xenomorfos a sub automorfos, presentan extinción ondulante y tamaños de hasta 2.4 mm.

Las biotitas representan el 35 %, se las reconoce por su color pardo-anaranjado en luz natural y su extinción cada 90º en nicoles cruzados. Las mismas son xenomorfas a subautomorfas y con tamaños de hasta 2.8 mm. En algunas ocasiones se observan zonaciones con coloraciones verdosas, dando lugar a interpretación de una cloritización.

Los feldespatos abarcan un 15 % y se pudo observar plagioclasas, reconociendolas por su

maclado polisintético en nicoles cruzados, presentan cristales xenomorfos a subautomorfos y tamaños de hasta 1.4 mm.

Se puede concluir según la descripción y el diagrama QAPF que se trata de una granodiorita.

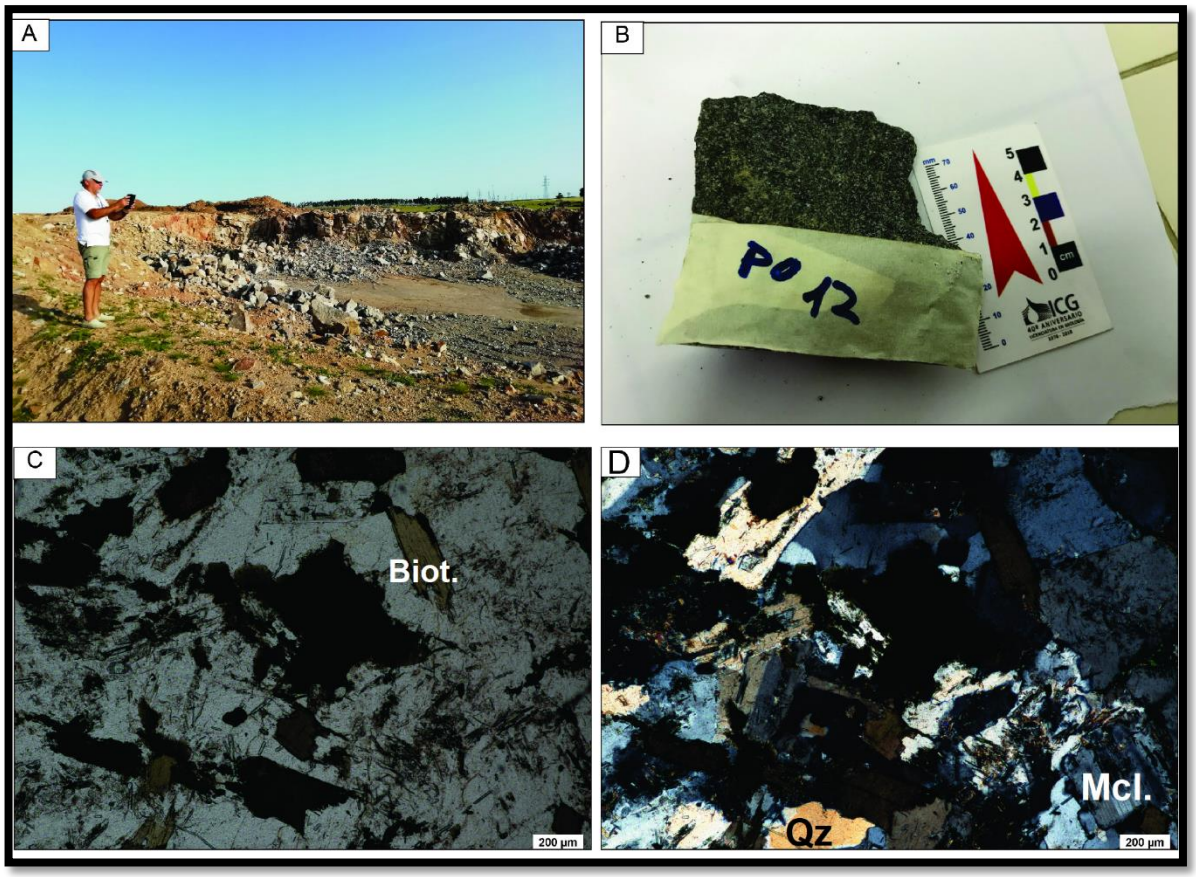


Figura N° 15. A) Vista panorámica de cantera de granodiorita; B) Vista en detalle de muestra de mano de granodiorita; C) Fotomicrografía de granodiorita en luz natural (Biot: Biotita); D) Fotomicrografía de granodiorita con nicoles cruzados (Qz: Cuarzo; Mcl: Microclina). Geositio Balneario Don Ricardo.

7.1.1.3 Sedimentos Formación Libertad

En el Norte del área de estudio se pudo en primera instancia fotointerpretar superficies onduladas que en campo fueron reconocidas pertenecientes a sedimentos finos tales como arcillas, loess y fangos, de coloración grises amarronadas y pardas algo rojizas.

En las inmediaciones de la cantera abandonada en el balneario Don Ricardo se observa un perfil donde el sienogranito está cubierto por sedimentos finos parduscos de espesor métrico (lodos) de la Formación Libertad (Goso 1965). Se observó una sección de unos dos metros de espesor de arcillas y limos masivos no consolidados parduscos, con carbonatos nodulares centimétricos intercalados. En la base, contacto discordante con la litología granítica, capas de pocos centímetros de diamictita con cuarzo y feldespato angular de granos gruesos.

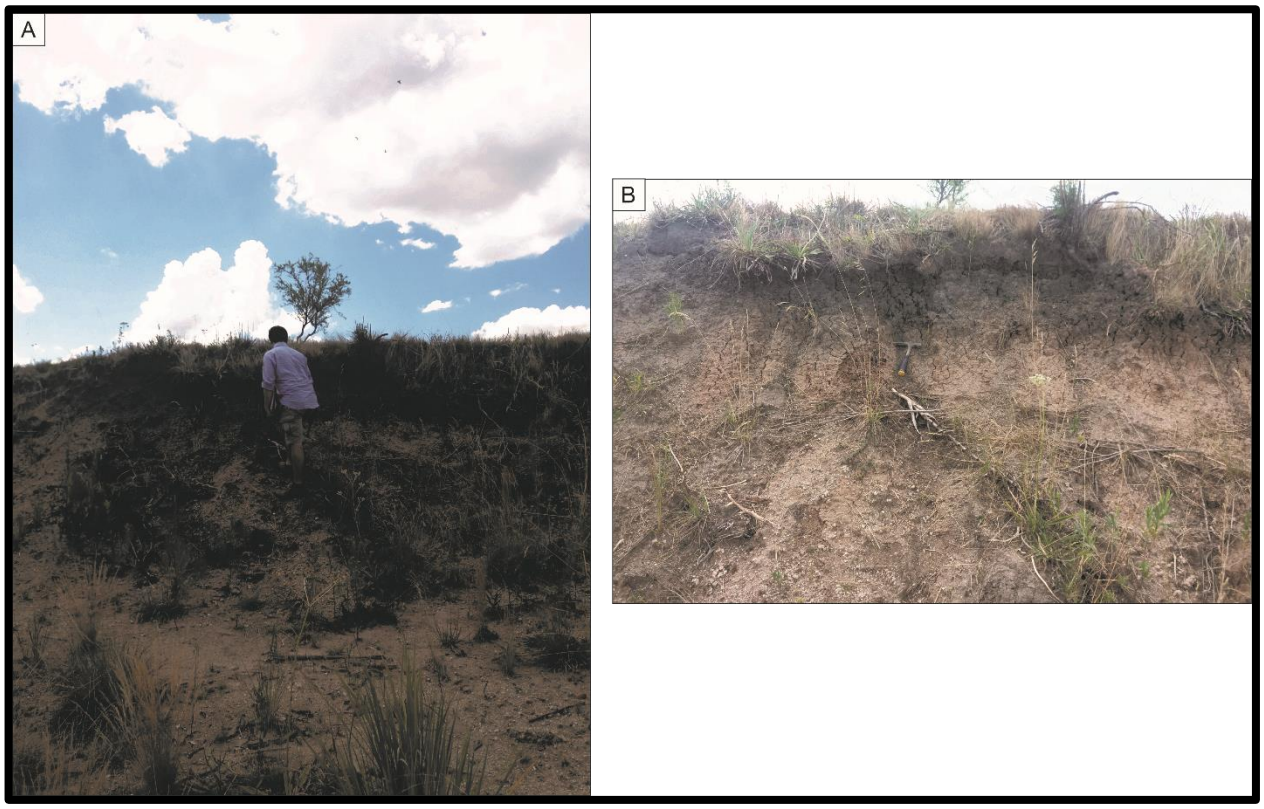


Figura N° 16. A) Vista del perfil de la Fm Libertad; B) Vista en mayor detalle del perfil de la Fm Libertad.

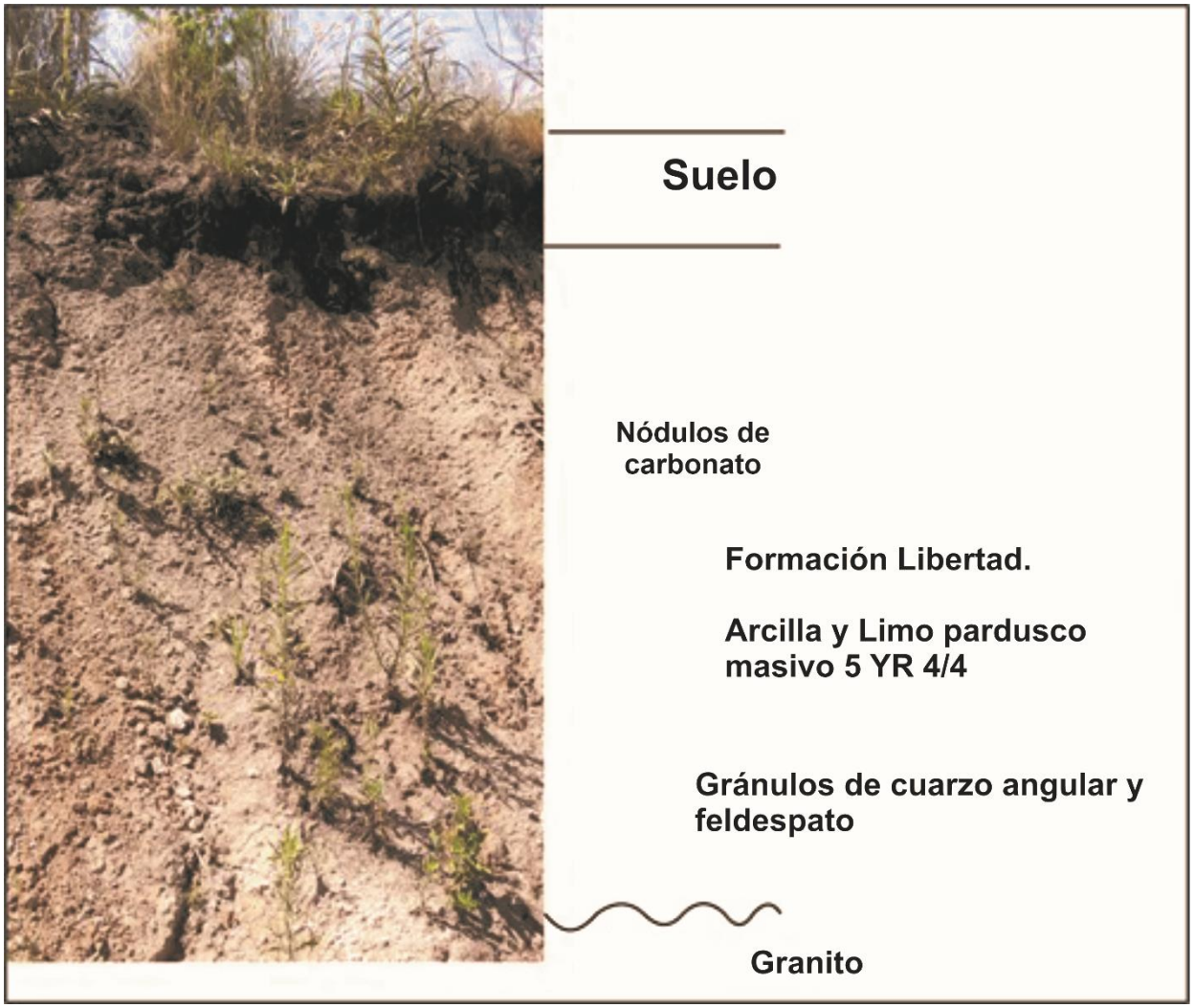


Figura N° 17. Perfil de la Fm. Libertad en cantera del Geositio Balneario Don Ricardo.

7.1.1.4 Sedimentos del Reciente y Actual

Bajo esta denominación se incluyen sedimentos que se encuentran asociados meramente a la red de drenaje y ocupando las zonas de menor altura. Dentro del Reciente y Actual se definen a los depósitos aluviales constituidos principalmente por sedimentos de tamaño grava, arena, donde también se pudo constatar en algunos casos la presencia de limo y arcilla. Principalmente se los encuentra integrando las barras en punta y barras de canal, mencionadas en la sección de geomorfología del Geositio Balneario Don Ricardo, de todas maneras se pudo observar también en las cercanías de la cantera abandonada objeto de estudio para el inventario de este Geositio.

Estos sedimentos son producto del ciclo exógeno de las rocas, es decir, de la meteorización, erosión, transporte y sedimentación. El agente de transporte es fluvial, y erosiona y transporta desde aguas arriba a estos sedimentos que se depositan en las ya mencionadas barras en punta y en el canal. Estos sedimentos son probablemente de edad Holoceno y subactuales.

7.1.1.5 Cartografía geológica del geositio Balneario Don Ricardo.

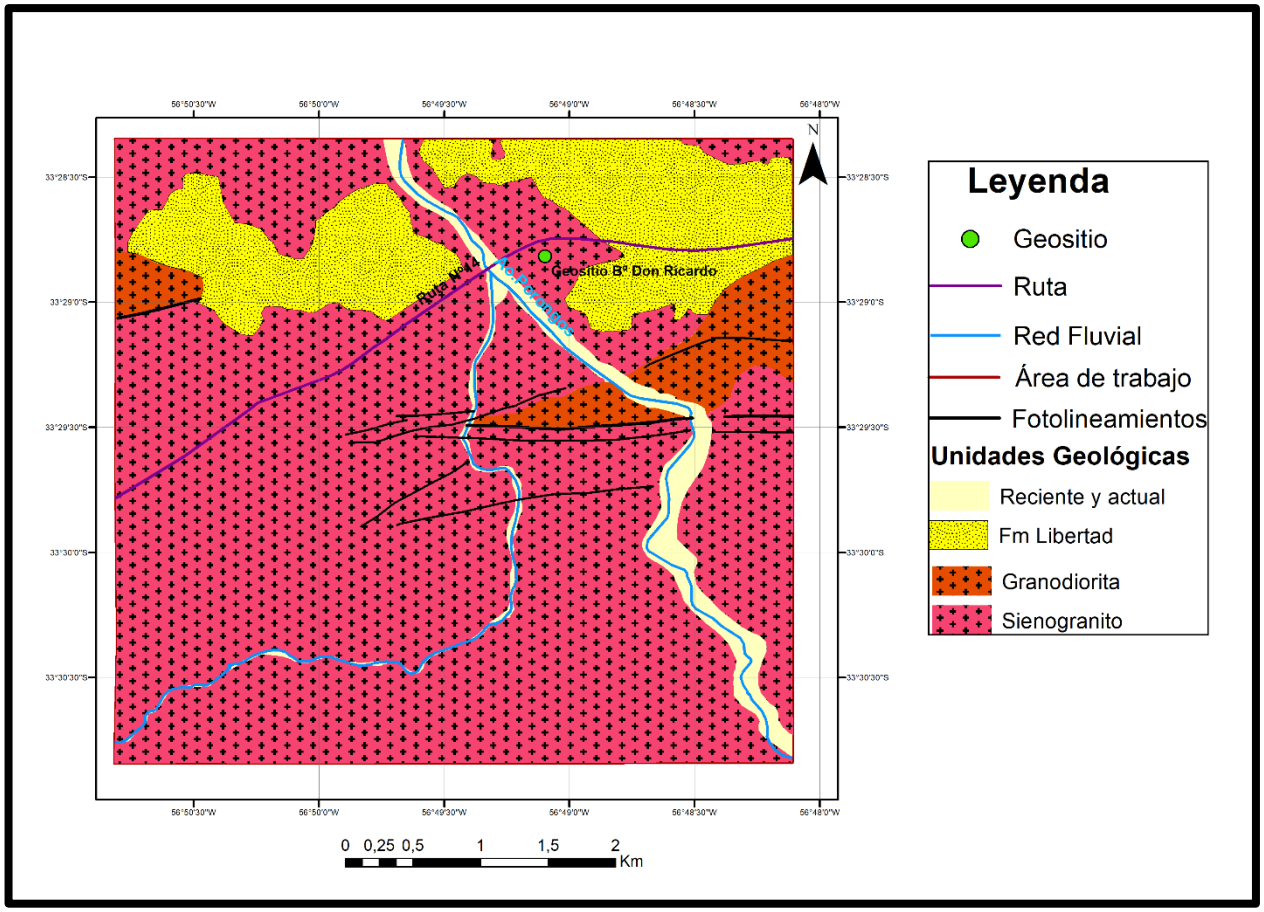


Figura N° 18. Mapa geológico del geositio Balneario Don Ricardo a escala 1:20.000.

7.1.2 Geositio Falla Villasboas

En base a la fotointerpretación y a los datos relevados de campo se pudieron definir tres unidades litológicas de mapeo:

1) Granitoides indiferenciados.
2) Granitos deformados.
3) Reciente y Actual.

7.1.2.1 Granitoides indiferenciados

Al sur de la zona de estudio, en el área donde se encuentra el sistema de fallas, se pudo constatar la presencia de rocas de origen granítico, las cuales fueron observadas tanto en muestra de mano (Figura N° 16 B) como en láminas delgadas (Figura N° 16 C y D).

En este sector se exponen rocas de textura equigranular y en algunos casos también

inequigranular, con una fuerte presencia de cuarzo (mayor al 60 %), que en todos los casos varía entre xenomorfos a sub-automorfos con tamaño promedio de 7,8 mm.

Respecto a los feldespatos, en todas las muestras se pudo reconocer tanto plagioclasas como feldespatos alcalinos (microclinas), aunque existen variaciones respecto a las diferentes muestras, ya que en algunos casos estos tectosilicatos representan el 5 % y en otros el 30 %.

Por otra parte, se destaca en las microclinas que en algunos casos presentan inclusiones de micas que bien podrían ser sericitas y/o illitas que se generan por la alteración del mineral (tanto deutérica como hidrotermal). En todos los casos estos feldespatos presentan cristales subautomorfos y tamaños de hasta 3,2 mm.

En cuanto al grupo de las micas primarias, en todos los casos se reconocieron biotitas. Sus cristales son subautomorfos y representan entre el 10 % y 15 % con tamaños comprendidos entre 5,2 mm y 6,6 mm; destacando que son la clase mineral que se observó con mayor alteración.

Según las descripciones realizadas y el diagrama QAPF podemos concluir que se trata de granitoides.

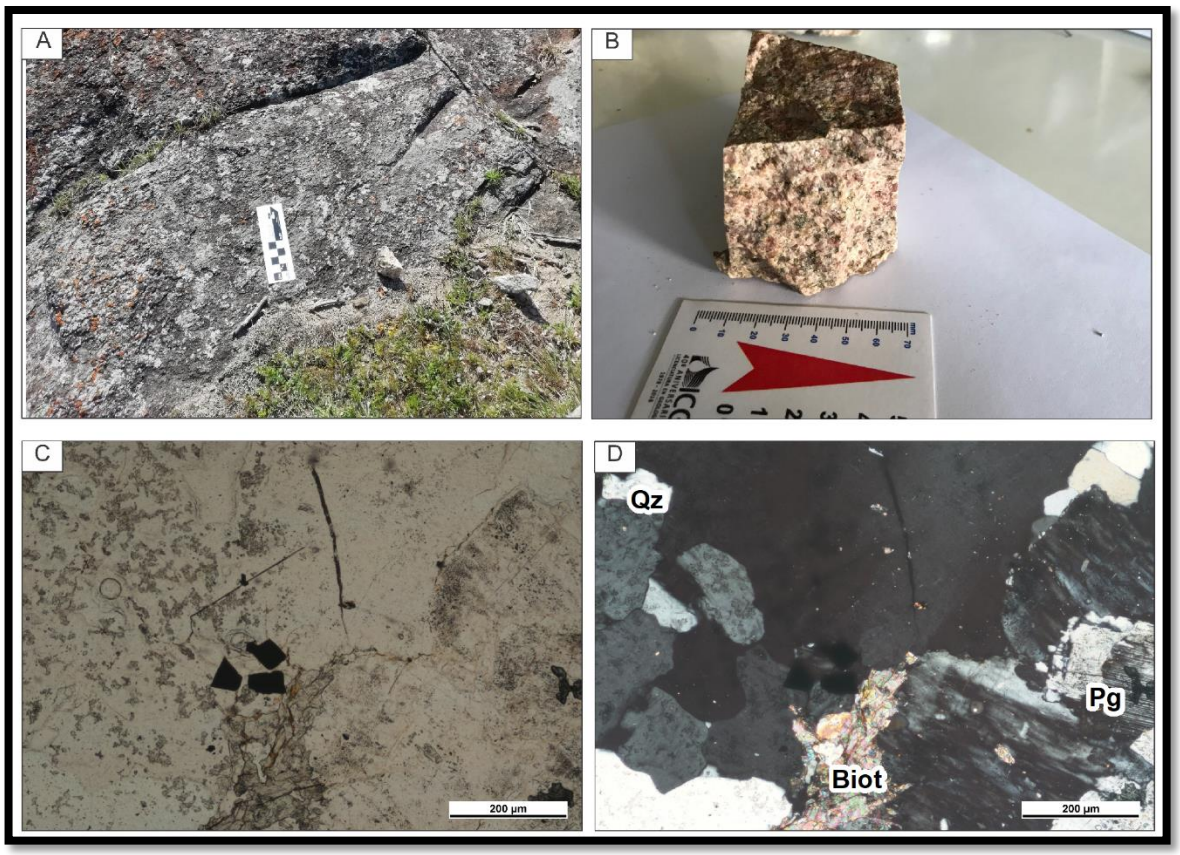


Figura N° 19: A) Vista panorámica de afloramiento de granitoide rico en cuarzo; B) Vista en detalle de muestra de mano de granitoide rico en cuarzo; C) Fotomicrografía de granitoide rico en cuarzo con nicoles cruzados (Qz: Cuarzo; Biot: Biotita; Pg: Plagioclasa); D) Fotomicrografía de granitoide rico en cuarzo en luz natural. Geositio Falla Villasboas.

7.1.2.2 Granitos deformados

Al NW de la zona de estudio se pudo constatar la presencia de rocas que *a priori* serían graníticas pero con una foliación claramente marcada a nivel de afloramientos (Figura N° 17 A). Esto se corroboró en muestra de mano (Figura N° 17 B) y en la lámina delgada (Figura N° 17 C y D), también pudo observarse una textura con minerales con orientación preferente, tales como la biotita, aunque al mismo tiempo también se observaron texturas granoblásticas en cuarzo, cristales de feldespato alcalino notoriamente de mayor tamaño, que en este caso podríamos considerarlos porfiroblastos.

El cuarzo es el principal mineral en abundancia, representando un 65 % y es además también de menor tamaño que los feldespatos. El cuarzo presenta cristales de hasta 1,6 mm, extinción ondulante, cristales sub automorfos a xenomorfos con uniones triples y ángulos de 120º en dichas uniones (textura granoblástica).

Los feldespatos representan un 20 % de la lámina son siempre los de mayor tamaño (porfidoblastos), de hasta 6mm, muchos de estos porfidoblastos presentan inclusiones de micas que pueden ser illitas o sericitas. Estos cristales son subautomorfos y tanto a las plagioclasas como a las microclinas se las reconoce por su maclado polisintético y enrejillado respectivamente.

Respecto a las biotitas, pudo observarse a las mismas con su color pardo-anaranjado en luz natural, extinción cada 90º en nicoles cruzados y una orientación preferente de las mismas tal como se mencionó anteriormente. Cabe destacar que se encuentra en muchos casos alterada, pero en los que no, se observan cristales subautomorfos. Las biotitas representan un 14%, mientras que el restante 1 % minerales opacos accesorios.

Podemos concluir que se trata de un granito muy deformado y textura porfidogranoblástica, aunque la biotita puede llegar a presentar algo de esquistosidad.

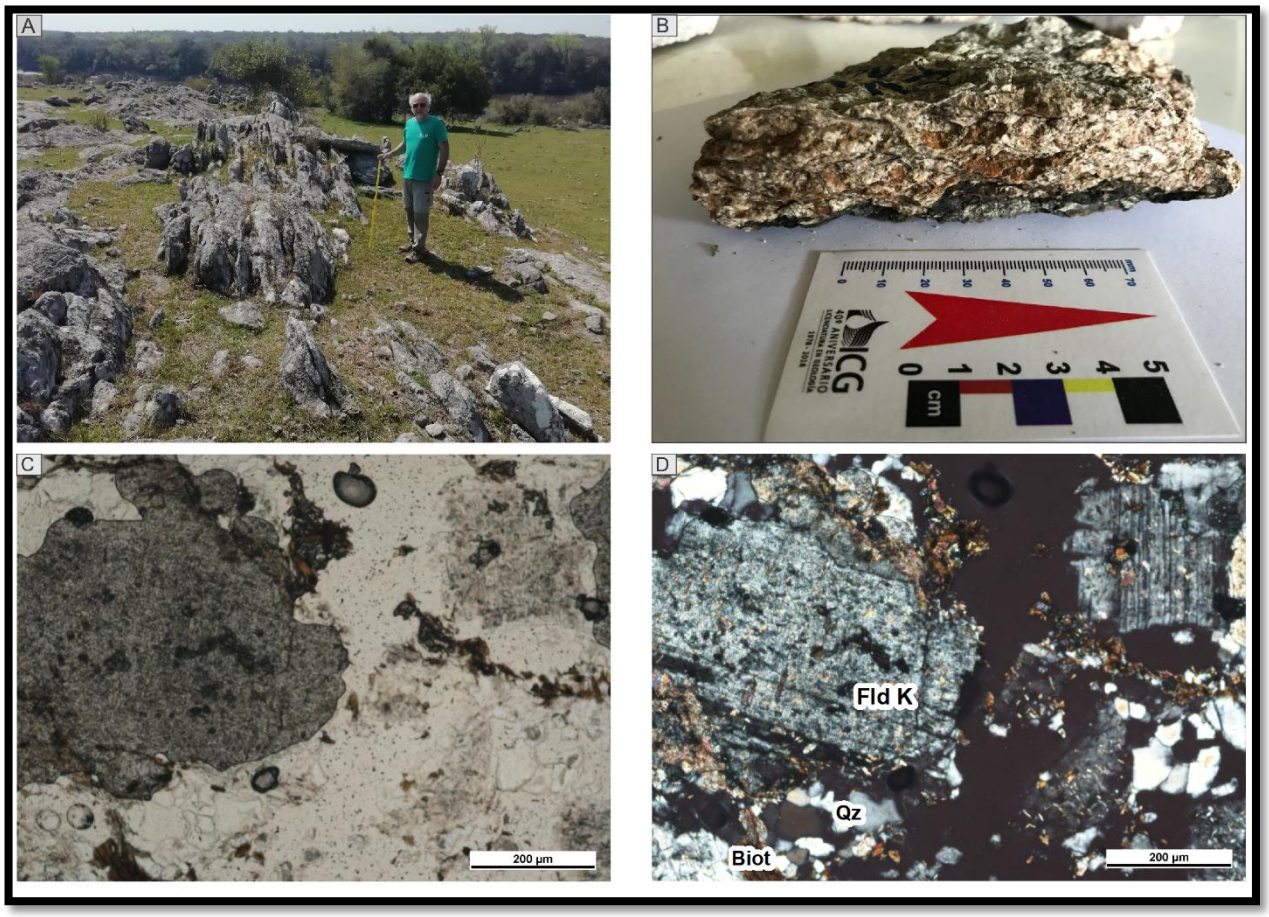


Figura N° 20. A) Vista panorámica de afloramiento de granito deformado; B) Vista en detalle de muestra de mano de granito deformado; C) Fotomicrografía de granito deformado con nicoles cruzados; D) Fotomicrografía de granito deformado en luz natural. Geositio Falla Villasboas.

7.1.2.3 Reciente y Actual

Estos sedimentos, al igual que en el área del Geositio Balneario Don Ricardo, se encuentran asociados meramente a la red de drenaje y ocupando las zonas de menor altura. Dentro del Reciente y Actual definimos a los depósitos aluviales constituidos principalmente por sedimentos de tamaño grava, arena.

Principalmente se los encuentra integrando las barras en punta y barras de canal, mencionadas en la sección de geomorfología del Geositio Falla Villasboas.

En esta oportunidad se pudo acceder a la costa del río Yí, donde se tomaron muestras de sedimentos y posteriormente realizar un estudio granulométrico con Rotap, que se presentará en los cuadros N° 7, 8, 9 y 10.

Figura N° 21. Vista del depósito del Reciente y Actual sobre la costa del Río Yí, Geositio Falla Villasboas.

Cuadro N° 7. Tabla de valores de pesos acumulados en un ensayo granulométrico de sedimentos aluviales del río Yí en el área de estudio.

	Apertura (micrones)	Peso retenido (gr)
Peso Inicial: 362g.		
Peso Final: 358,1g.	2000	233,5
	1000	91,7
	500	27
	250	3,9
	125	0,8
	63	0,4

Cuadro N° 8. Análsis estadístico de la muestra ensayada.

SAMPLE STATISTICS

SIEVING ERROR: 1,3%

SAMPLE IDENTITY: **FV24** ANALYST & DATE: Pedro Martinez,

SAMPLE TYPE: Bimodal, Mod. bien Seleccionada TEXTURAL GROUP: Grava arenosa

SEDIMENT NAME: Grava muy fina arenosa

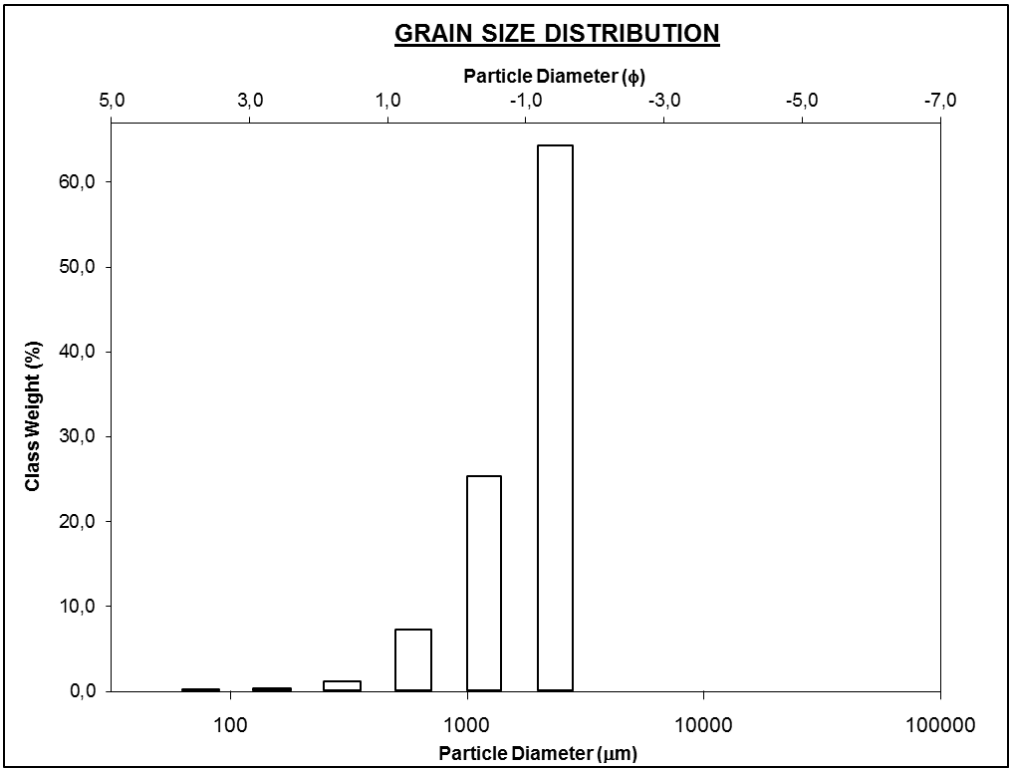
	µm	ϕ
MODE 1:	2400,0	-1,243
MODE 2:	1200,0	-0,243
MODE 3:		
D_{10}:	1013,4	-1,411
MEDIAN or D_{50}:	2164,5	-1,114
D_{90}:	2659,5	-0,019
(D_{90} / D_{10}):	2,624	0,014
(D_{90} - D_{10}):	1646,1	1,392
(D_{75} / D_{25}):	1,996	0,233
(D_{75} - D_{25}):	1228,2	0,997

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

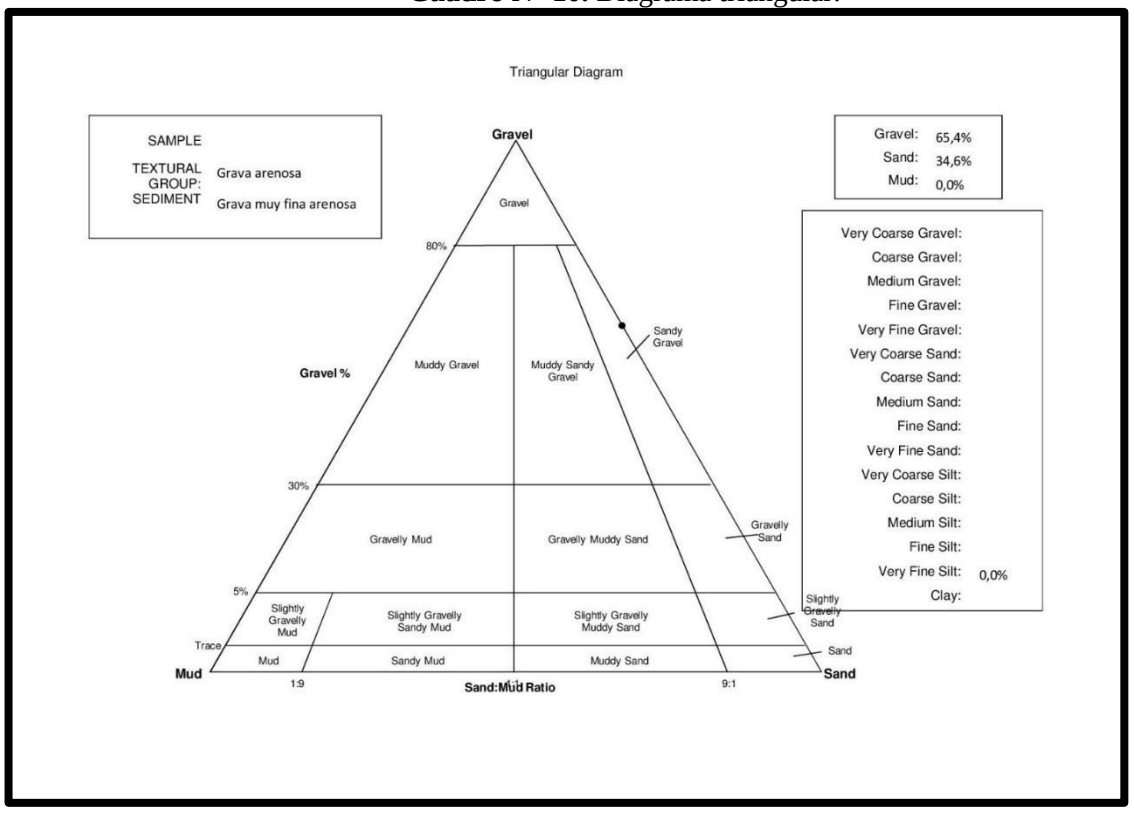
GRAVEL:	65,4%	COARSE SAND:	7,6%
SAND:	34,6%	MEDIUM SAND:	1,1%
MUD:	0,0%	FINE SAND:	0,2%
		V FINE SAND:	0,1%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,0%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,0%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,0%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,0%
V FINE GRAVEL:	65,4%	V FINE SILT:	0,0%
V COARSE SAND:	25,7%	CLAY:	0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	µm	µm	ϕ	µm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1925,9	1727,4	-0,789	1829,1	-0,871	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	673,5	1,641	0,714	1,562	0,643	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	-0,880	-1,738	1,738	-0,644	0,644	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	2,164	6,663	6,663	0,908	0,908	Mesocurtica

Cuadro N° 9. Distribución de los tamaños de grano.



Cuadro N° 10. Diagrama triangular.



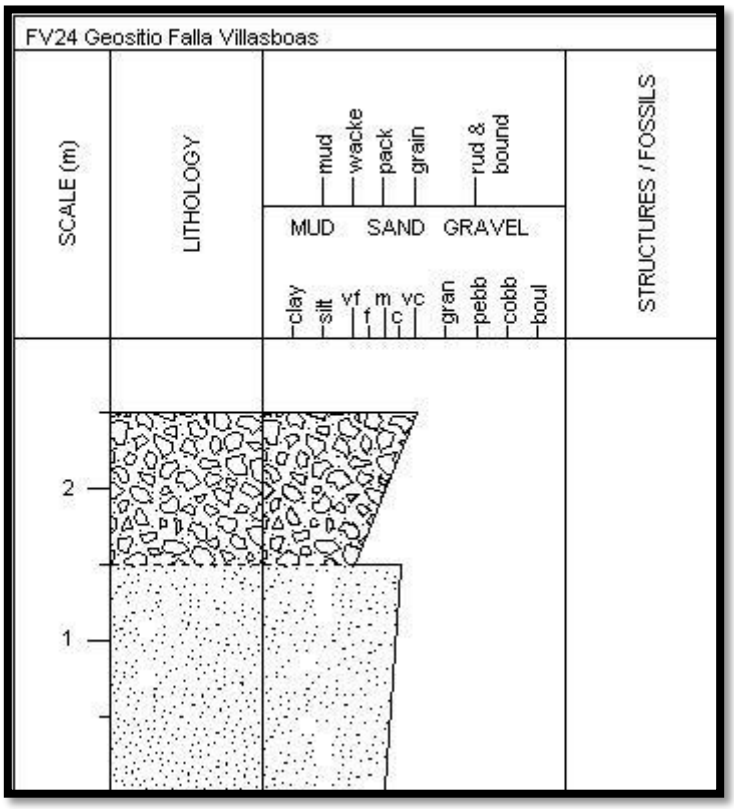


Figura N° 22. Perfil estratigráfico depósito del Reciente y Actual sobre la costa del Río Yí, Geositio Falla Villasboas.

7.1.2.4 Cartografía geológica del geositio Falla Villasboas

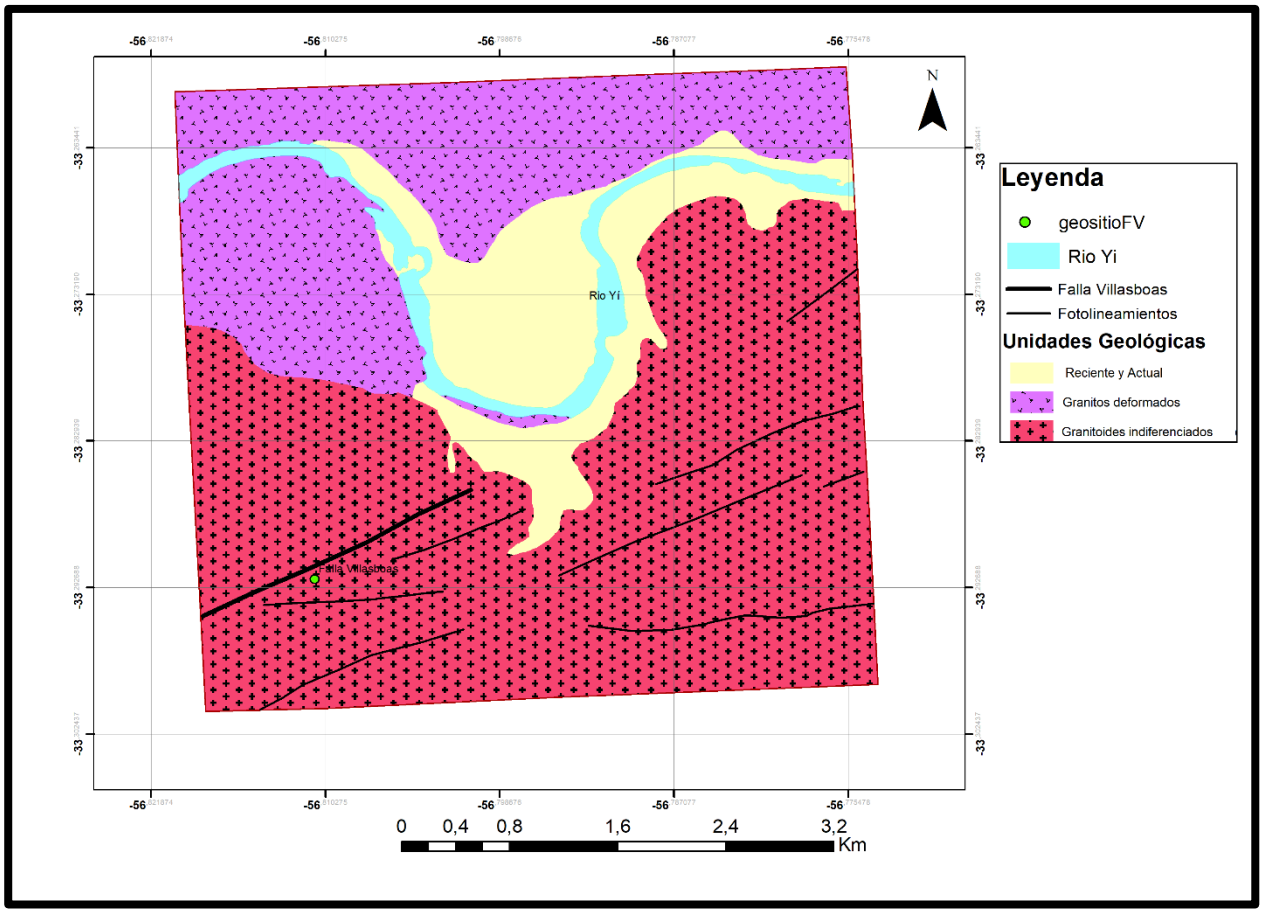


Figura N° 21. Mapa geológico del geositio Falla Villasboas a escala 1:20.000.

7.1.3 Geositio Piedras Blancas

En base a la fotointerpretación y a los datos relevados de campo se definen tres unidades:

1) Formación Mercedes.
2) Formación Queguay.
3) Formación Libertad.

7.1.3.1 Formación Mercedes (Cretácico Superior)

En la zona de estudio se pudo constatar que las rocas sedimentarias de la Formación Mercedes se encuentran cubiertas por suelos, en los lugares que aflora se la puede observar al ras del suelo, estas rocas son muy friables por lo que extraer muestras de mano fue muy dificultoso. De todas maneras, en los casos en que se pudo extraer muestra, se pudo realizar descripción de muestra de mano y lámina delgada.

Se trata de un conglomerado fino, matriz sostén, grado de selección de medio a regular. La misma está compuesta por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, carbonatos y líticos.

El esqueleto está compuesto dominantemente por clastos de cuarzo (>90 %) angulosos a subangulosos, monocristalinos, con un tamaño entre 6 y 7 mm (tamaño grava).

La matriz presenta un tamaño de entre 0,24 y 1,4 mm, con clastos desde angulosos a subangulosos, un grado de selección bueno, siendo en esta también el cuarzo el componente mayoritario (>90 %), y la plagioclasa, el feldespato potásico y los líticos (granitos) los minoritarios junto con los minerales limo arcillosos y carbonáticos.

El feldespato potásico, particularmente microclina, presenta maclado cuadriculado, sin embargo, en las plagioclasas no se observa tan claramente ya que se encuentran mayormente alteradas.

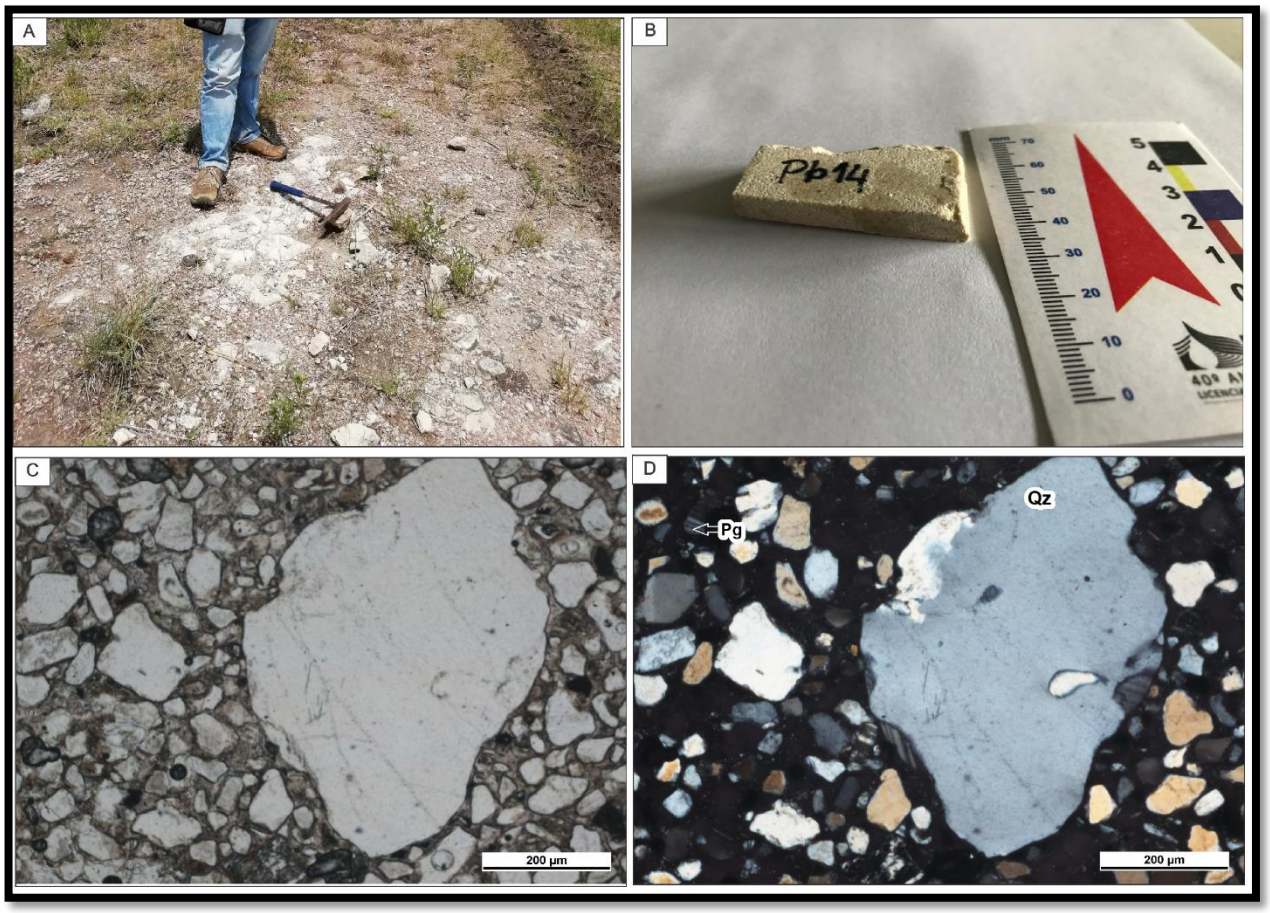


Figura N° 22. A) Vista panorámica de afloramiento de conglomerado fino; B) Vista en detalle de muestra de mano de conglomerado fino; C) Fotomicrografía de conglomerado fino con nicoles cruzados (Pg: Plagioclasa; Qz: Cuarzo); D) Fotomicrografía de conglomerado fino en luz natural. Geositio Piedras Blancas.

7.1.3.2 Formación Queguay

Las rocas de origen carbonático afloran en las zonas más bajas del área de estudio, donde fluyen los arroyos y cañadas. En esta oportunidad se pudo describir también en la cantera abandonada, donde se encuentra el Geositio Piedras Blancas.

En la base se pudo describir una roca sedimentaria que presenta una matriz carbonática de grano muy fino (micrítica) que engloba clastos de cuarzo. Estos últimos son redondeados a sub-redondeados, con tamaños que oscilan entre los 0,8 y 1,2 mm, desde tamaño arena gruesa a muy gruesa; los mismos presentan una abundancia de un 15 %.

Por otra parte, se observaron un conjunto de venillas de sílice y otros minerales opacos.

Esta muestra corresponde a una caliza, de acuerdo a su tamaño de grano (Grabau, 1903) un calcisiltito/calcilutita y en la clasificación de Dunham (1962) un wackestone.

Hacia el techo observamos una roca similar a la de la base, presentando una matriz carbonática de grano muy fino donde también engloban clastos de cuarzo y chert (1,68 mm).

Algunos son monocristalinos y otros policristalinos. Se observó también calcedonia como cemento sobre clastos de cuarzo monocristalino.

Algunos de los clastos policristalinos son de carbonato, posiblemente fragmentos fósiles (p.ej. caráceas u otros).

Sobre los bordes en muchos casos se distingue un cemento fibroso de color amarronado claro a luz natural y opaca en nicoles cruzados, pudiendo ser algún mineral arcilloso o clorita.

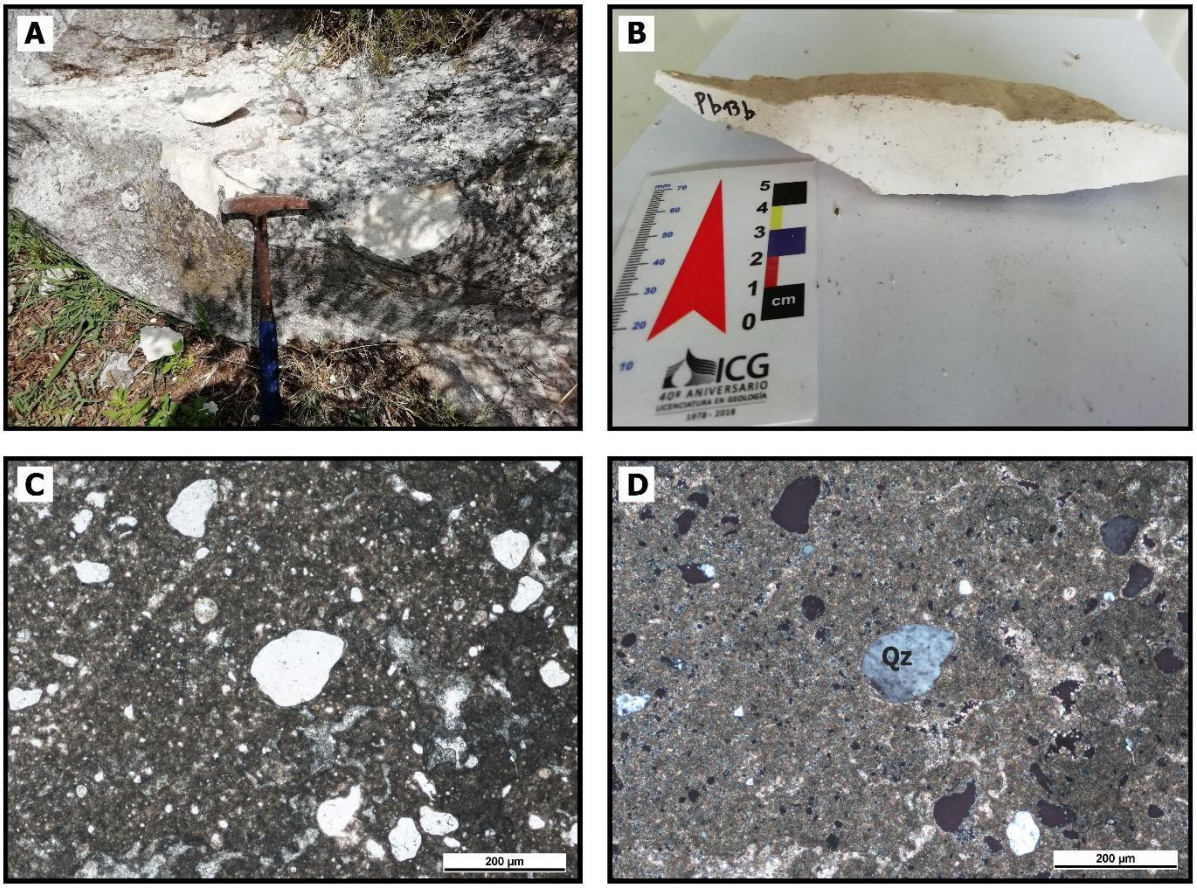


Figura N° 23. A) Vista panorámica de afloramiento de caliza; B) Vista en detalle de muestra de mano de caliza; C) Fotomicrografía de caliza con nicoles cruzados; D) Fotomicrografía de caliza en luz natural. Geositio Piedras Blancas.

7.1.3.3 Formación Libertad

En gran parte del área de estudio (a excepción de la zona SW) se pudo fotointerpretar superficies onduladas, que en campo pudieron reconocerse como sedimentos finos tales como arcillas, loess y fangos, de coloración marrón y pardo rojiza, formando parte de la zona edáfica y cubierto de una gran vegetación, resultando de esta manera una casi nula sus afloramientos, salvo en cunetas de caminos. Las características son muy similares a las descritas para el geositio Balneario Don Ricardo.

7.1.3.4 Cartografía geológica del geositio Piedras Blancas

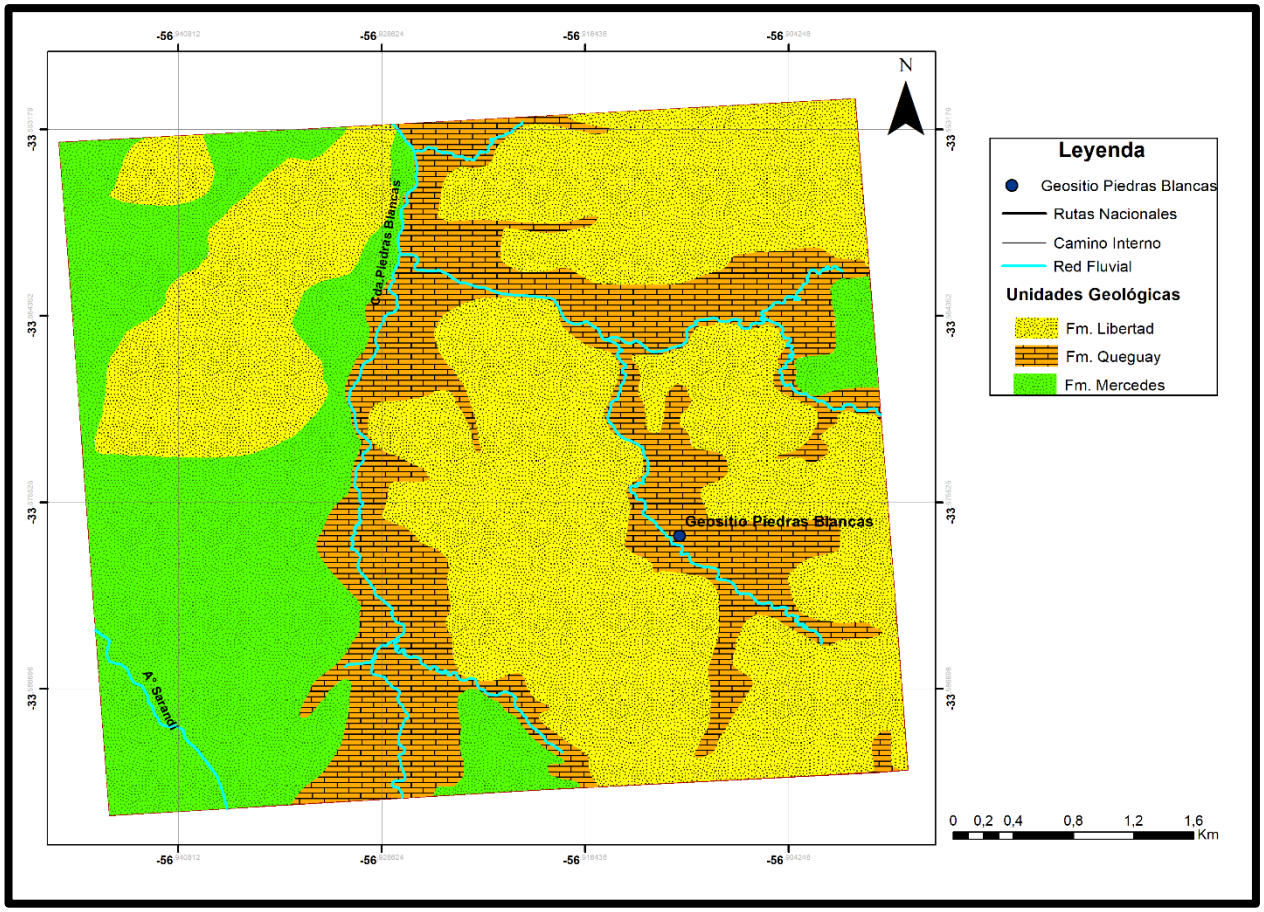


Figura N° 24. Mapa geológico del geositio Piedras Blancas a escala 1:20.000.

7.2 INVENTARIOS DE GEOSITIOS

7.2.1 Geositio Balneario Don Ricardo

Valor Científico Parámetros	**Puntuación**	**Factor de ponderación**	**Resultado**
Representatividad (R)	2	30	60
Carácter localidad tipo (T)	0	10	0
Grado de conocimiento científico del lugar (K)	0	15	0
Estado de conservación (C)	2	10	20
Condiciones de observación (O)	4	10	40
Rareza (A)	1	15	15
Diversidad geológica (D)	2	10	20
Sumatoria valor científico (VC)			3,52

Ecuación Valor Científico (Vc) = 1/40 × [30 × R + 15 × (K + A) + 10 × (T + C + O + D)]

Valor Didáctico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad (R)	2	5	10
Carácter localidad tipo (T)	0	5	0
Estado de conservación (C)	2	5	10
Condiciones de observación (O)	4	5	20
Rareza (A)	1	5	5
Diversidad geológica (D)	2	10	20
Contenido didáctico (Cdd)	4	20	80
Infraestructura logística (IL)	2	15	30
Densidad de población (Dp)	1	5	5
Accesibilidad (Ac)	4	15	60
Tamaño del LIG (E)	1	5	5
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural (NH)	0	5	0
Espectacularidad o belleza (B)	1	5	5
Sumatoria valor didáctico (VD)			5,75

Ecuación Valor Didáctico (Vd) = 1/40 × [20 × Cdd + 15 × IL + 10 × (D + Ac) + 5 × (R + T + C + O + A + Dp + E + NH + B)]

Valor Turístico - Recreativo Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Condiciones de observación (O)	4	5	20
Infraestructura logística (IL)	2	5	10
Densidad de población (Dp)	1	5	5
Accesibilidad (Ac)	4	10	40
Tamaño del LIG (E)	1	15	15
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural (NH)	0	5	0
Espectacularidad o belleza (B)	1	20	20
Contenido divulgativo (Cdv)	2	15	30
Potencialidad para realizar actividades (Ptr)	4	5	20
Cercanía a zonas recreativas (Zr)	4	5	20
Entorno socioeconómico (Es)	1	10	10
Sumatoria valor Turístico – Recreativo (VT)			4,75

Ecuación Valor Turístico (Vt) = 1/40 × [20 × B + 15 × (E + CDV) + 10 × (AC + ES) + 5 × (O + IL + DP + NH + PTR + ZR)]

CÁLCULO DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE DEGRADACIÓN (FRAGILIDAD Y VULNERABILIDAD)	Valor
Factor tamaño del LIG (EF)	6/400
Fragilidad (F)	5
Amenazas naturales (AN)	5
Resultado Ecuación: Sdn= EF × F × AN	0.375

VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR AMENAZAS ANTRÓPICAS	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Interés para la explotación minera o hídrica (M)	2	25	50
Vulnerabilidad al expolio (Ex)	0	25	0
Proximidad a actividades antrópicas (infraestructuras) (Urb)	1	15	15
Accesibilidad (agresión potencial) (Ac)	4	10	40
Régimen de protección del lugar (P)	2	5	10
Protección física o indirecta (PF)	4	5	20
Titularidad del suelo y régimen de acceso (TS)	4	5	20
Densidad de población (agresión potencial) (DP)	0	5	0
Proximidad a zonas recreativas (agresión potencial) (ZR)	4	5	20
Sumatoria			175

Ecuación: S_{da} = EF × [25 × (M + Ex) + 15 × Urb + 10 × Ac + 5 × (P + PF + TS + DP + ZR)] = 2,625

El promedio de las susceptibilidades de degradación natural y antrópica:

CÁLCULO DEL RIESGO DE DEGRADACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA PRIORIDAD DE PROTECCIÓN		
Valor científico del LIG	**V_C**	3,52
Valor didáctico del LIG	**V_D**	5,75
Valor turístico-recreativo del LIG	**V_T**	4,75
Susceptibilidad de degradación natural	**SDN**	0,375
Susceptibilidad de degradación antrópica	**SDA**	2,625
Susceptibilidad de degradación del LIG	**$S_D = ½ (S_{DN} + S_{DA})$**	1,5

	Símbolo	Fórmula	Resultado
Riesgo de degradación del valor científico por amenazas naturales	RDNC	$R_{DNC} = 1/10 \bullet (V_C \times S_{DN})$	0,132
Riesgo de degradación del valor didáctico por amenazas naturales	RDND	$R_{DND} = 1/10 \bullet (V_D \times S_{DN})$	0,215
Riesgo de degradación del valor turístico por amenazas naturales	RDNT	$R_{DNT} = 1/10 \bullet (V_T \times S_{DN})$	0,178
Riesgo de degradación del LIG por amenazas naturales	**RDN**	**R_{DN} = MAX (R_{DNC} ,R_{DND} ,R_{DNT})**	0,175
Riesgo de degradación del valor científico por amenazas antrópicas	RDAC	$R_{DAC} = 1/10 \bullet (V_C \times S_{DA})$	0,924
Riesgo de degradación del valor didáctico por amenazas antrópicas	RDAD	$R_{DAD} = 1/10 \bullet (V_D \times S_{DA})$	1,509
Riesgo de degradación del valor turístico por amenazas antrópicas	RDAT	$R_{DAT} = 1/10 \bullet (V_T \times S_{DA})$	1,246
Riesgo de degradación del LIG por amenazas antrópicas	**RDA**	**R_{DA} = MAX (R_{DAC} ,R_{DAD} ,R_{DAT})**	**1,226**
Riesgo de degradación del valor científico	RDC	$R_{DC} = 1/10 \bullet (V_C \times S_D)$	0,528
Riesgo de degradación del valor didáctico	RDD	$R_{DD} = 1/10 \bullet (V_D \times S_D)$	1,509
Riesgo de degradación del valor turístico	RDT	$R_{DT} = 1/10 \bullet (V_T \times S_D)$	1,246
Riesgo de degradación del LIG	**R_D**	**R_D = MAX (R_{DC} ,R_{DD} ,R_{DT})**	1,094

La estimación de la **prioridad de protección** se hará en base al riesgo de degradación por amenazas antrópicas, de acuerdo con la siguiente tabla:

NECESIDAD / PRIORIDAD DE PROTECCIÓN	RDA
Alta (medidas de geoconservación urgentes)	Alto. Si $R_{DA} > 6,66$
Media (medidas de geoconservación a corto plazo)	Medio $3,33 \leq R_{DA} \leq 6,66$
Baja (medidas de geoconservación a medio o largo plazo)	**Bajo $1 \leq R_{DA} < 3,33$**
Nula (medidas de geoconservación innecesarias o a largo plazo)	No significativo Si $R_{DA} < 1$

7.2.2 Geositio Falla Villasboas.

Valor Científico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad (R)	2	30	60
Carácter localidad tipo (T)	1	10	10
Grado de conocimiento científico del lugar (K)	1	15	15
Estado de conservación (C)	4	10	40
Condiciones de observación (O)	4	10	40
Rareza (A)	2	15	30
Diversidad geológica (D)	1	10	10
Sumatoria valor científico (VC)			5,13

Ecuación Valor Científico (Vc) = $1/40 \times [30 \times R + 15 \times (K + A) + 10 \times (T + C + O + D)]$

Valor Didáctico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad (R)	2	5	10
Carácter localidad tipo (T)	1	5	5
Estado de conservación (C)	4	5	20
Condiciones de observación (O)	4	5	20
Rareza (A)	2	5	10
Diversidad geológica (D)	1	10	10
Contenido didáctico (Cdd)	2	20	40
Infraestructura logística (IL)	2	15	30
Densidad de población (Dp)	1	5	5
Accesibilidad (Ac)	1	15	15
Tamaño del LIG (E)	4	5	20
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural (NH)	0	5	0
Espectacularidad o belleza (B)	1	5	5
Sumatoria valor didáctico (VD)			4,5

Ecuación Valor Didáctico (Vd) = 1/40 × [20 × Cdd + 15 × IL + 10 × (D + Ac) + 5 × (R + T + C + O + A + Dp + E + NH + B)]

Valor Turístico - Recreativo Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Condiciones de observación (O)	4	5	20
Infraestructura logística (IL)	2	5	10
Densidad de población (Dp)	1	5	5
Accesibilidad (Ac)	1	10	10
Tamaño del LIG (E)	4	15	60
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural (NH)	0	5	0
Espectacularidad o belleza (B)	1	20	20
Contenido divulgativo (Cdv)	2	15	30
Potencialidad para realizar actividades (Ptr)	4	5	20
Cercanía a zonas recreativas (Zr)	0	5	0
Entorno socioeconómico (Es)	1	10	10
Sumatoria valor Turístico – Recreativo (VT)			4,63

Ecuación Valor Turístico (Vt) = 1/40 × [20 × B + 15 × (E + CDV) + 10 × (AC + ES) + 5 × (O + IL + DP + NH + PTR + ZR)]

CÁLCULO DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE DEGRADACIÓN (FRAGILIDAD Y VULNERABILIDAD)	Valor
Factor tamaño del LIG (EF)	1/400
Fragilidad (F)	1
Amenazas naturales (AN)	1
Resultado Ecuación: Sdn= EF × F × AN	0.0025

VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR AMENAZAS ANTRÓPICAS	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Interés para la explotación minera o hídrica (M)	1	25	25
Vulnerabilidad al expolio (Ex)	0	25	0
Proximidad a actividades antrópicas (infraestructuras) (Urb)	0	15	0
Accesibilidad (agresión potencial) (Ac)	1	10	10
Régimen de protección del lugar (P)	4	5	20
Protección física o indirecta (PF)	2	5	10
Titularidad del suelo y régimen de acceso (TS)	2	5	10
Densidad de población (agresión potencial) (DP)	0	5	0
Proximidad a zonas recreativas (agresión potencial) (ZR)	0	5	0
Sumatoria			75

Ecuación: S_{da} = EF × [25 × (M + Ex) + 15 × Urb + 10 × Ac + 5 × (P + PF + TS + DP + ZR)] = 2,625

El promedio de las susceptibilidades de degradación natural y antrópica:

CÁLCULO DEL RIESGO DE DEGRADACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA PRIORIDAD DE PROTECCIÓN		
Valor científico del LIG	**V_C**	5,125
Valor didáctico del LIG	**V_D**	4,5
Valor turístico-recreativo del LIG	**V_T**	4,625
Susceptibilidad de degradación natural	**SDN**	0,0025
Susceptibilidad de degradación antrópica	**SDA**	0,188
Susceptibilidad de degradación del LIG	**$S_D = ½ (S_{DN} + S_{DA})$**	0,095

	Símbolo	Fórmula	Resultado
Riesgo de degradación del valor científico por amenazas naturales	RDNC	$R_{DNC} = 1/10 \bullet (V_C \times S_{DN})$	0,0013
Riesgo de degradación del valor didáctico por amenazas naturales	RDND	$R_{DND} = 1/10 \bullet (V_D \times S_{DN})$	0,0011
Riesgo de degradación del valor turístico por amenazas naturales	RDNT	$R_{DNT} = 1/10 \bullet (V_T \times S_{DN})$	0,00115
Riesgo de degradación del LIG por amenazas naturales	**RDN**	**R_{DN} = MAX (R_{DNC} ,R_{DND} ,R_{DNT})**	0,0012
Riesgo de degradación del valor científico por amenazas antrópicas	RDAC	$R_{DAC} = 1/10 \bullet (V_C \times S_{DA})$	0,096
Riesgo de degradación del valor didáctico por amenazas antrópicas	RDAD	$R_{DAD} = 1/10 \bullet (V_D \times S_{DA})$	0,085
Riesgo de degradación del valor turístico por amenazas antrópicas	RDAT	$R_{DAT} = 1/10 \bullet (V_T \times S_{DA})$	0,087
Riesgo de degradación del LIG por amenazas antrópicas	**RDA**	**R_{DA} = MAX (R_{DAC} ,R_{DAD} ,R_{DAT})**	0,089
Riesgo de degradación del valor científico	RDC	$R_{DC} = 1/10 \bullet (V_C \times S_D)$	0,048
Riesgo de degradación del valor didáctico	RDD	$R_{DD} = 1/10 \bullet (V_D \times S_D)$	0,043
Riesgo de degradación del valor turístico	RDT	$R_{DT} = 1/10 \bullet (V_T \times S_D)$	0,04
Riesgo de degradación del LIG	**R_D**	**R_D = MAX (R_{DC} ,R_{DD} ,R_{DT})**	0,044

La estimación de la **prioridad de protección** se hará en base al riesgo de degradación por amenazas antrópicas, de acuerdo con la siguiente tabla:

NECESIDAD / PRIORIDAD DE PROTECCIÓN	RDA
Alta (medidas de geoconservación urgentes)	Alto. Si $R_{DA} > 6,66$
Media (medidas de geoconservación a corto plazo)	Medio $3,33 \leq R_{DA} \leq 6,66$
Baja (medidas de geoconservación a medio o largo plazo)	Bajo $1 \leq R_{DA} < 3,33$
Nula (medidas de geoconservación innecesarias o a largo plazo)	**No significativo Si $R_{DA} < 1$**

7.2.3 Geositio Piedras Blancas.

Valor Científico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad (R)	2	30	60
Carácter localidad tipo (T)	1	10	10
Grado de conocimiento científico del lugar (K)	0	15	0
Estado de conservación (C)	4	10	40
Condiciones de observación (O)	4	10	40
Rareza (A)	2	15	30
Diversidad geológica (D)	1	10	10
Sumatoria valor científico (VC)			4,75

Ecuación Valor Científico (Vc) = $1/40 \times [30 \times R + 15 \times (K + A) + 10 \times (T + C + O + D)]$

Valor Didáctico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad (R)	2	5	10
Carácter localidad tipo (T)	1	5	5
Estado de conservación (C)	4	5	20
Condiciones de observación (O)	4	5	20
Rareza (A)	2	5	10
Diversidad geológica (D)	1	10	10
Contenido didáctico (Cdd)	2	20	40
Infraestructura logística (IL)	2	15	30
Densidad de población (Dp)	1	5	5
Accesibilidad (Ac)	1	15	15
Tamaño del LIG (E)	1	5	20
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural (NH)	2	5	0
Espectacularidad o belleza (B)	0	5	5
Sumatoria valor didáctico (VD)			4,375

Ecuación Valor Didáctico (Vd) = 1/40 × [20 × Cdd + 15 × IL + 10 × (D + Ac) + 5 × (R + T + C + O + A + Dp + E + NH + B)]

Valor Turístico - Recreativo Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Condiciones de observación (O)	4	5	20
Infraestructura logística (IL)	2	5	10
Densidad de población (Dp)	1	5	5
Accesibilidad (Ac)	1	10	10
Tamaño del LIG (E)	1	15	15
Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural (NH)	2	5	10
Espectacularidad o belleza (B)	0	20	0
Contenido divulgativo (Cdv)	2	15	30
Potencialidad para realizar actividades (Ptr)	4	5	20
Cercanía a zonas recreativas (Zr)	1	5	5
Entorno socioeconómico (Es)	1	10	10
Sumatoria valor Turístico – Recreativo (VT)			3,375

Ecuación Valor Turístico (Vt) = 1/40 × [20 × B + 15 × (E + CDV) + 10 × (AC + ES) + 5 × (O + IL + DP + NH + PTR + ZR)]

CÁLCULO DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE DEGRADACIÓN (FRAGILIDAD Y VULNERABILIDAD)	Valor
Factor tamaño del LIG (EF)	6/400
Fragilidad (F)	5
Amenazas naturales (AN)	1
Resultado Ecuación: Sdn= EF × F × AN	0.075

VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR AMENAZAS ANTRÓPICAS	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Interés para la explotación minera o hídrica (M)	4	25	100
Vulnerabilidad al expolio (Ex)	1	25	25
Proximidad a actividades antrópicas (infraestructuras) (Urb)	1	15	15
Accesibilidad (agresión potencial) (Ac)	1	10	10
Régimen de protección del lugar (P)	4	5	20
Protección física o indirecta (PF)	2	5	10
Titularidad del suelo y régimen de acceso (TS)	2	5	10
Densidad de población (agresión potencial) (DP)	0	5	0
Proximidad a zonas recreativas (agresión potencial) (ZR)	1	5	5
Sumatoria			195

Ecuación: S_{da} = EF × [25 × (M + Ex) + 15 × Urb + 10 × Ac + 5 × (P + PF + TS + DP + ZR)] = 2,925

El promedio de las susceptibilidades de degradación natural y antrópica:

CÁLCULO DEL RIESGO DE DEGRADACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA PRIORIDAD DE PROTECCIÓN		
Valor científico del LIG	**V_C**	4,75
Valor didáctico del LIG	**V_D**	4,375
Valor turístico-recreativo del LIG	**V_T**	3,375
Susceptibilidad de degradación natural	**SDN**	0,075
Susceptibilidad de degradación antrópica	**SDA**	2,925
Susceptibilidad de degradación del LIG	**$S_D = ½ (S_{DN} + S_{DA})$**	1,5

	Símbolo	Fórmula	Resultado
Riesgo de degradación del valor científico por amenazas naturales	RDNC	$R_{DNC} = 1/10 \bullet (V_C \times S_{DN})$	0,035
Riesgo de degradación del valor didáctico por amenazas naturales	RDND	$R_{DND} = 1/10 \bullet (V_D \times S_{DN})$	0,032
Riesgo de degradación del valor turístico por amenazas naturales	RDNT	$R_{DNT} = 1/10 \bullet (V_T \times S_{DN})$	0,025
Riesgo de degradación del LIG por amenazas naturales	**R_{DN}**	**$R_{DN} = MAX (R_{DNC}, R_{DND}, R_{DNT})$**	0,031
Riesgo de degradación del valor científico por amenazas antrópicas	RDAC	$R_{DAC} = 1/10 \bullet (V_C \times S_{DA})$	1,389
Riesgo de degradación del valor didáctico por amenazas antrópicas	RDAD	$R_{DAD} = 1/10 \bullet (V_D \times S_{DA})$	1,279
Riesgo de degradación del valor turístico por amenazas antrópicas	RDAT	$R_{DAT} = 1/10 \bullet (V_T \times S_{DA})$	0,987
Riesgo de degradación del LIG por amenazas antrópicas	**R_{DA}**	**$R_{DA} = MAX (R_{DAC}, R_{DAD}, R_{DAT})$**	1,218
Riesgo de degradación del valor científico	RDC	$R_{DC} = 1/10 \bullet (V_C \times S_D)$	0,712
Riesgo de degradación del valor didáctico	RDD	$R_{DD} = 1/10 \bullet (V_D \times S_D)$	0,656
Riesgo de degradación del valor turístico	RDT	$R_{DT} = 1/10 \bullet (V_T \times S_D)$	0,506
Riesgo de degradación del LIG	**R_D**	**$R_D = MAX (R_{DC}, R_{DD}, R_{DT})$**	0,625

La estimación de la **prioridad de protección** se hará en base al riesgo de degradación por amenazas antrópicas, de acuerdo con la siguiente tabla:

NECESIDAD / PRIORIDAD DE PROTECCIÓN	RDA
Alta (medidas de geoconservación urgentes)	Alto. Si $R_{DA} > 6,66$
Media (medidas de geoconservación a corto plazo)	Medio $3,33 \leq R_{DA} \leq 6,66$
Baja (medidas de geoconservación a medio o largo plazo)	**Bajo $1 \leq R_{DA} < 3,33$**
Nula (medidas de geoconservación innecesarias o a largo plazo)	No significativo Si $R_{DA} < 1$

8. CONCLUSIONES.

En este capítulo se presentarán las conclusiones de los resultados de la geología descriptiva y del inventario de geositio realizado en los tres geositios.

En relación al geositio Balneario Don Ricardo se pudo mapear y constatar que el material de la cantera petrográficamente corresponde a un sienogranito, con cuarzos xenomorfos, microclinas algo alteradas y con biotitas; además, en el área fueron reconocidas en afloramientos aislados, granodioritas proterozoicas correspondientes al TPA (textura equigranular, fanerítica (zona Oeste), inequigranular, fanerítica (zona Este)), así como también una débil cobertura de sedimentos pleistocenos de la Formación Libertad; a su vez, en lo que respecta al inventario respecto al riesgo de degradación por amenazas antrópicas resultó en un valor de 1,226, esto sugiere tomar medidas de geoconservación a mediano o largo plazo. El factor preponderante en el resultado es la cercanía a una ruta nacional, que si bien desde el punto de vista turístico-recreativo suma puntos, desde el punto de vista de la geoconservación tiene un peso relativo negativo. Respecto al riesgo de degradación del geositio por amenazas naturales corresponde al valor 0,175, si bien los materiales surgen de la alteración del sienogranito, el resultado final resulta de un riesgo bajo.

En el área de estudio del geositio Falla Villasboas se pudo caracterizar y mapear rocas graníticas afectadas por una intensa fracturación y grado de deformación, tales como los granitos deformados y granitoides indiferenciados, así como también los depósitos sedimentarios característicos de un ambiente fluvial.

En los granitos deformados pudo observarse una textura con minerales con orientación preferente, tales como la biotita, aunque al mismo tiempo también se observaron texturas granoblásticas en cuarzo, cristales de feldespato alcalino notoriamente de mayor tamaño, que en este caso podríamos considerarlos porfiroblastos. El cuarzo es el principal mineral en abundancia, representando un 65 %, cristales sub automorfos a xenomorfos con uniones triples y ángulos de 120º en dichas uniones (textura granoblástica poligonal); Los feldespatos representan un 20 % de la lámina son siempre los de mayor tamaño (Porfidoblastos), muchos de estos porfidoblastos presentan inclusiones de micas que pueden ser illitas o sericitas. Estos cristales son subautomorfos.

Los granitoides ricos en cuarzo cuentan con una fuerte presencia de cuarzo y respecto a los feldespatos, en todas las muestras se pudo reconocer tanto plagioclasas (dadas las

condiciones de la lámina delgada, no pudo aplicarse el método de michel-levy para caracterizarlas composicionalmente) como feldespatos alcalinos (microclinas), se destaca en las microclinas que en algunos casos presentan enclaves de micas que bien podrían ser sericitas y/o illitas que se generan por la alteración del mineral (tanto deutérica como hidrotermal).

Respecto a los sedimentos del Reciente y Actual, se trata de depósitos aluviales constituidos principalmente por sedimentos de tamaño grava, arena. Asociados meramente a la red de drenaje y ocupando las zonas de menor altura.

El resultado del geositio Falla Villasboas respecto al riesgo de degradación del LIG por amenazas antrópicas es de 0,089, es por eso que se sugiere medidas de geoconservación innecesarias o a largo plazo, dada la lejanía a la ruta nacional, encontrarse dentro de un predio privado y en excelentes condiciones. Respecto al riesgo de degradación del LIG por amenazas naturales el valor es de 0,0012, siendo de esta forma un riesgo nulo.

En el área de estudio del Geositio Piedras Blancas se pudo constatar la presencia de rocas carbonáticas, que de acuerdo a su tamaño de grano (Grabau, 1903), corresponde a un calcisiltito/calcilutita y en la clasificación de Dunham (1962) a un *wackestone*, en las zonas bajas.

Los conglomerados finos matriz sostén con un grado de selección de medio a regular de la Formación Mercedes afloran muy escasamente, al igual que los de la Formación Libertad dada la gran edafización presente en la zona. De todas maneras se pudo cumplir con el objetivo de caracterizar y mapear la zona mediante trabajos de campo y por la fotointerpretación.

Respecto al resultado del inventario en el geositio Piedras Blancas respecto al riesgo de degradación del LIG por amenazas antrópicas es de 1,218, lo que sugiere medidas de geoconservación a mediano o largo plazo. Si bien se encuentra dentro de un predio privado y lejos de la ruta nacional, en las inmediaciones se realizan actividades agrícolas, pudiendo dar lugar a una posible degradación antrópica del geositio.

El riesgo de degradación del LIG por amenazas naturales es de 0,031, siendo de esta forma, al igual que en el geositio Falla Villasboas, un riesgo nulo.

9. BIBLIOGRAFÍA

AUSTRALIAN HERITAGE COMMISSION (2002): Australian Natural Heritage Charter website.

BALISTIERI, P., GUIMARÃES NETTO, R., VERDE, M., GOSO, C., (2001): Comparación entre dos asambleas icnofosilíferas del Permo–Carbonífero en la Cuenca de Paraná (Fm. San Gregorio, Uruguay y Fm. Rio do Sul, Brasil). XI Congreso Latinoamericano de Geología y III Congreso Uruguayo de Geología, CD Actas, Montevideo, 1 p.

BARREIRO, M., (2013) Geoparque Grutas del Palacio. Suplemento Turismo UNESCO, pp.10-12.

BELTAN L (1977): Découverte d´une ichtyofaune dans le Carbonifère supérieur d´Uruguay. Rapports avec les faunes ichtyologiques contemporaines des autres régions du Gondwana. Annales de la Société Géologique du Nord, 97: 351-355.

BELTAN L (1981): Coccocephalithchys tessellatus n.sp. (Pisces, Actinopterygii) from the Upper Carboniferous of Uruguay. II Congreso Latinoamericano de Paleontología, Porto Alegre, Anais I: 95-106.

BELTAN L (1988): The paleoichthyofauna from the San Gregorio Formation (Late Carboniferous or Early Permian) of South America. 7th Gondwana Symposium, Abstracts 39, São Paulo.

BOSSI, J., FERRANDO, L., (1991) Granitos negros filonianios del Uruguay. Resultados de las investigaciones. CIID- Facultad de Agronomía, Montevideo, pp. 1-71.

BOSSI, J., PRECIOZZI, F., CAMPAL, N. (1993), PREDEVONIANO EN EL URUGUAY, Tomo I, Terreno Piedra Alta, DINAMIGE, Montevideo, pp. 50.

BOSSI, J., PIÑEIRO, D., (1996) Cabalgadura de 1900 Ma. In. Correlación Piedra Alta Tandilia. Terreno Piedra Alta. CONICET (Argentina) – CSIC (Uruguay); Facultad de Agronomía, Montevideo, pp. 58-60.

BOSSI, J., PIÑEIRO, D., (2014). Terreno Piedra Alta. En: Bossi, J., Gaucher, C. (Editores), Geología del Uruguay- Tomo 1: Predevónico, pp. 45-86, Montevideo.

BOSSI, J., FERRANDO, L., (2001) Carta Geológica del Uruguay a escala 1/500.000, versión digital 2.0 Facultad de Agronomía, Montevideo.

BOSSI, J., PIÑEIRO, D., CINGOLANI, CA., (2005) El límite sur del Terreno Piedra Alta (Uruguay). Importancia de la faja milonítica sinistral de Colonia. Actas XVI Congreso Geológico Argentino, 1, 173-180.

BOSSI, J. & GAUCHER, C. (2014) Geología del Uruguay, Tomo 1 Predevónico. Montevideo. Impresora Polo S.A. pp, 1-450.

BRAUN, A., SPRECHMANN, P., GAUCHER, C., (2003): Stratigraphic age of phosporite–nodules from San Gregorio Formation of Uruguay. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte,

(12): 739-748.
BRILHA, J., (2005) Patrimônio Geológico e Geoconservação: A Conservação da Naturaleza na sua Vertente Geológica. Ed. Lisboa, Palimage – Editores. pp. 183.
BRILHA, J. (2010). Enquadramento Legal De Suporte á Protecção do Património Geológico em Portugal. En: J.M. Cotelo Neiva, António Ribeiro, Mendes Victor, Fernando Noronha, Magalhães Ramalho (Eds.), Ciências Geológicas: Ensino, Investigação e sua História Volume II Geologia Aplicada (p. 443- 450). Braga, Portugal: Associação Portuguesa de Geólogos Sociedade Geológica de Portugal.
BRILHA, J., (2016) Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. Geoheritage 8(2). pp. 119-134.
BRUSCHI, V.M., (2007) Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria, pp. 355 (inédito).
CABALLERO, J., (2020). Inventario de geositios en el Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio. Trabajo Final de Grado Licenciatura en Geología (inéd). 140 pp. Facultad de Ciencias.
CAORSI, J., GOÑI, J. (1958) Geologia Uruguaya. Boletín del Instituto Geológico del Uruguay. Pp.1-73.
CARCAVILLA, L., LÓPEZ, J., DURÁN, J., (2007) Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España Serie: Cuadernos del Museo Geominero Nº 7, pp. 360.
CARCAVILLA, L., DURÁN, J.J., LÓPEZ, MARTÍNEZ, J. (2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. VII Congreso Geológico de España. Las Palmas de Gran Canaria. Geo – Temas, vol.10. pp. 1299-1303.
CENDRERO, A., (1996) El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización. MOPTMA. En. El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservacion y utilización, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid. pp. 17-38.
CLOSS, D., (1967A): Orthocone cephalopods from the Upper Carboniferous of Argentina and Uruguay. Ameghiniana, 5(3): 123-129.
CLOSS. D., (1967B): Upper Carboniferous naptychi from Uruguay. Ameghiniana, 5(4): 145-148.
CLOSS. D., (1969): Intercalation of Goniatites in the Gondwana glacial beds of Uruguay. I International Symposium of Gondwana Geology & Stratigraphy (IUGS–Geol.), 2: 197- 212.
CONEY, P.J., 1989. Structural aspects of suspect terranes and accretionary tectonics in western North America. Journal of Structural Geology, 11, 107-125.
CONEY, P.J., JONES, D.L., MONGER, J.H.W. 1980. Cordilleran suspect terranes. Nature, 288: 329-333.
CONGRESO INTERNACIONAL DE GEOTURISMO (CIG) –"Geotourism in Action– Arouca 2011".
DANERS, G., DE SANTA ANA, H., (2003): Primer registro para Uruguay de Deusilites tenuistriatus Gutiérrez, Césari y Archangelsky (Formación San Gregorio, Cuenca Chacoparanense). Ameghiniana, 40(4) suplemento: 20R.

DANERS, G., DE SANTA ANA, H., VEROSLAVSKY, G., (2004): Nuevos datos palinológicos de la sección basal de la formación San Gregorio en la localidad de Paso de las Bochas (Pérmico inferior, Cuenca Norte, Uruguay). IV Congreso Uruguayo de Geología, CD- Rom, Montevideo.
DE SANTA ANA, H (2004): Análise Tectono-estratigráfica das Seqüências Permotriassica e Jurocretácea da Bacia Chacoparanense Uruguaia ("Cuenca Norte"). Tese de Doutorado, IGCE– Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Brasil, 274 pp.
DE SANTA ANA, H., VEROSLAVSKY, G., (2004): La tectosecuencia volcanosedimentaria de la cuenca norte en: Cuencas Sedimentarias de Uruguay – Mesozoico © 2004 DIRAC Facultad de Ciencias. Pp. 67-68.
DE SANTA ANA, H., GOSO, C., DANNERS, G. (2006): Cuenca Norte: Estratigrafía del carbonífero-pérmico en: Cuencas Sedimentarias de Uruguay – Paleozoico © 2006 DIRAC Facultad de Ciencias. Pp. 147-158.
EDER, F., PATZAK M., (2004) Geoparks – geological attractions: a tool for public education, recreation and sustainable economic development. Episodes, 27 (3). pp. 162-164.
ELÍZAGA, E., PALACIO, J., (1996) Valoración de puntos y/o lugares de interés geológico. En. Cendrero, A., (ed.). El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección. conservación y utilización. Madrid, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. pp. 61-79.
FERRANDO, L., FERNANDEZ, A., (1971) Esquema tectónico cronoestratigráfico del Predevoniano en Uruguay. En. XXV Congreso Brasileiro de Geología, vol. 1, San Pablo. pp. 199-210.
GARCÍA-CORTÉS, A., FERNÁNDEZ-GIANOTTI, J., (2005) Estrategia del Instituto Geológico y Minero de España para el estudio y Protección del Patrimonio Geológico y la Geodiversidad. En. Lamolda, M.A. (ed). Geociencias, recursos y patrimonio geológicos. Serie Geología y Geofísica 3. Instituto Geológico y Minero de España. pp. 210.
GARCÍA-CORTÉS, A., CARCAVILLA, L., DÍAZ-MARTÍNEZ, E., VEGAS, J., APOITA, B., ARRIBAS, A., BELLIDO, F., BARRÓN, E., DELVENE, G., DÍAZ, E., DIEZ, A., DURÁN J., GUILLÉN- MONDÉJAR, F., HERRERO, N., MARTINEZ, R., LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., MAZADIEGO, L., MENÉNDEZ, S., PARADAS, A., PUCHE, O., PUGA, E., RÁBANO, I., SALAZAR, A., ZALDEGUI, J., ROMANÍ, J., (2014) Documento Metodológico para la Elaboración del Inventario Español de lugares de interés geológico (IELIG). Versión 5/12/2014.España, Instituto Geológico y Minero de España. pp. 64.
GARCÍA, M., BRILHA, J., DE LIMA, F., VARGAS, J., PEREZ-AGUILAR, A., ALVES, A., DA CRUZ CAMPANHA, G., DULEBA, W., FALEIROS, F., FERNANDES, L., DE SOUTO MATOS, M., GARCIA, M., DE ASSIS, J., MARTINS, L., BARTOLOMEU, M., RICARDI-BRANCO, F., SANCHES, J., SALLUM, W., DE GOUVEIA, C., BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M., DE BRITO, B., DA COSTA, M., CHRISTOFOLETTI, S., HENRIQUE-PINTO, R., SANTOS, H., MACHADO, R., PASSARELLI, C., DE JESUS, J., RODRIGUES, R., SHIMADA, H., (2017) The Inventory of

Geological Heritage of the State of São Paulo, Brazil: Methodological Basis, Results and Perspectives. pp. 19.
GRAY, M. (2004): Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature. John Wiley & Sons, Sussex, 434 p.
GRAY, M. Y GORDON, J. (2020). La geodiversidad y las '8G': una respuesta a Brocx y Semeniuk (2019). Revista australiana de Ciencias de la Tierra, 67. doi: 10.1080 / 08120099.2020.1722965
CINGOLANI, CA., BOSSI, J., VARELA, R., NAVARRO, R., (1990 a) Nuevos datos geológicos y geocronológicos del Macizo Granítico de Cerro Colorado, Florida, Uruguay. Actas I Congreso Uruguayo de Geología, vol. 1. Montevideo, pp. 11-17.
CINGOLANI, C., VARELA, R., DALLA SALDA, L., BOSSI, J., CAMPAL, N., FERRANDO, F., PIÑEYRO, D., SCHIPILOV, A., (1997) Rb-Sr geochronology of rom the Rio de la Plata craton of Uruguay. I South American Symposium on Isotope Geology: 73-75; São Paulo.
CIONE, A., TONNI, EP., (1999): Biostratigraphy and chronological scale of Upper-most Cenozoic in Pampean area, Argentina. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula 12: 23-51.
GOSO, H., (1965) El Cenozoico en el Uruguay. Instituto Geológico del Uruguay. Informe interno. pp. 36.
GOSO, H., BOSSI, J., (1966) Cenozoico. De. Bossi JC., (ed.), Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República, Montevideo. pp. 469.
GOSO, H., BOSSI, J., (1969) Cenozoico. En. Bossi J., Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República, Montevideo. pp. 469.
GOSO, C., (1999) Análise estratigráfica do Grupo Paysandú (Cretáceo) na Bacia Litoral do Uruguai. Tesis de Doctorado, UNESP, Rio Claro. Brasil. pp. 185.
GOSO, C., PEREA, D., (2004) El cretácico post-basáltico y el terciario inferior de la Cuenca Litoral del Río Uruguay: Geología y Paleontología. En Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S., (eds.). Cuencas Sedimentarias del Uruguay, Mesozoico. DIRAC-Facultad de Ciencias. pp. 143-167
GOSO, C., AMIR, K., GREZZI, J., COLOMBO, F., (2007) Grutas del Palacio: proyecto de creación de un Geoparque. 5º Encuentro Nacional de Ecoturismo y Turismo Rural y IV Congreso Nacional de Áreas Protegidas - Trinidad, Flores. Resúmenes. pp.70.
GOSO AGUILAR, C., MARTÍNEZ SANGUINETTI, P. (2020) Página web www.geoparque.uy.
KLING, SA., REIF, WE., (1969): The Paleozoic history of amphidisc and hemidisc sponges: new evidence from the Carboniferous of Uruguay. Journal of Paleontology, 43(6): 1429-1434.
LAMBERT, R., (1939) Memoria explicativa del mapa geológico de los terrenos sedimentarios y las rocas efusivas del Dpto. de Durazno. Instituto Geológico del Uruguay, Boletín Nº 25, pp.37.
LAMBERT, R., (1940) Memoria explicativa de un mapa geológico de reconocimiento del Depto. De Paysandú y los alrededores de Salto. Instituto Geológico del Uruguay. Bol.27, pp. 1- 41.
MALDONADO, S., PIÑEYRO, D., BOSSI, J., (2003) Terreno Piedra Alta – Aporte a la estratigrafía del

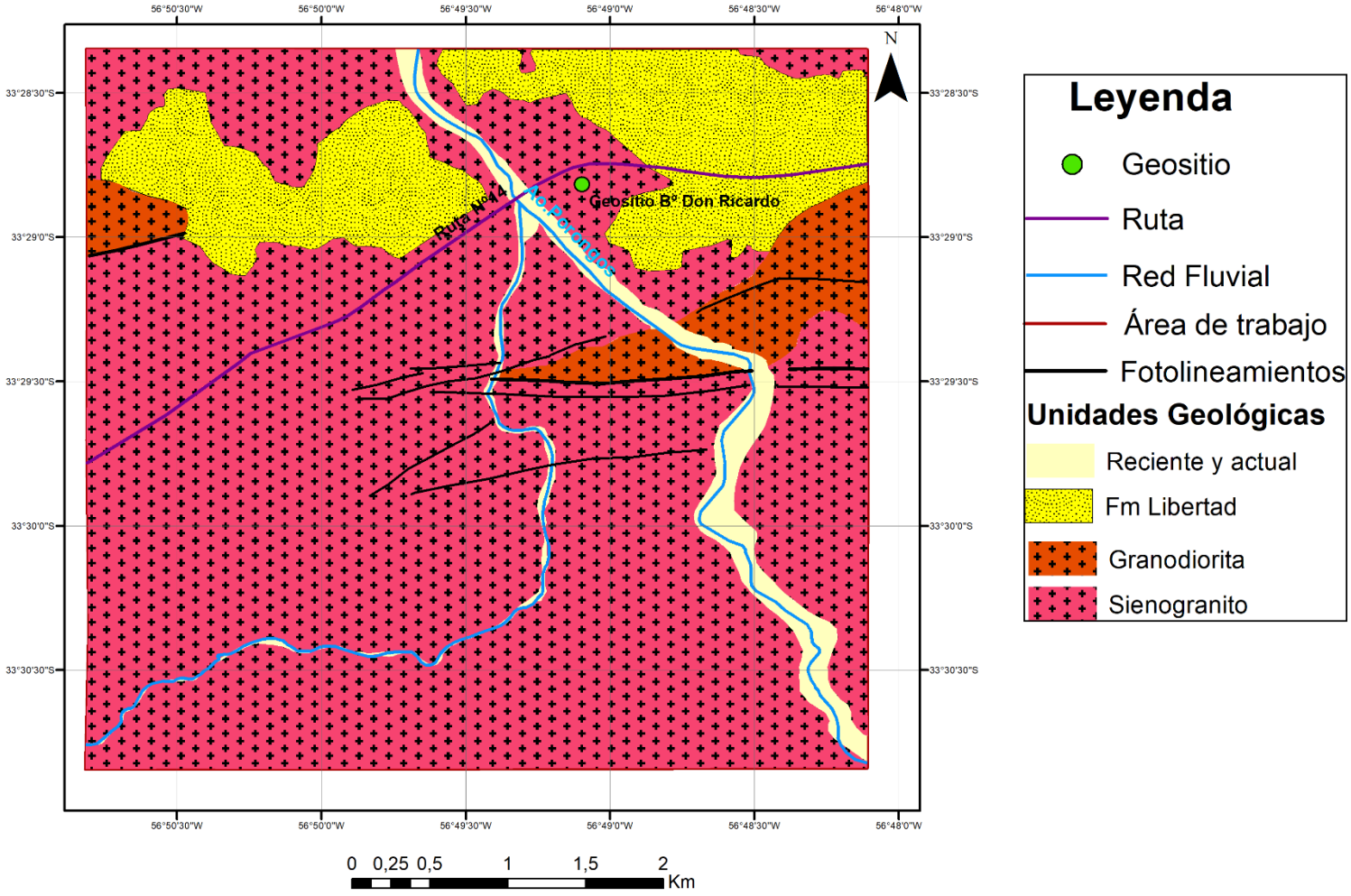
Basamento Cristalino del Uruguay, Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología. Publicación Especial N° 1. ISSN 0797-2997 2º Taller Sobre la Estratigrafía del Precámbrico del Uruguay, pp. 18-37.
MARTÍNEZ MACHIAVELLO JC (1963): Microesporomorfos tipos contenidos en el glacial de la base del sistema de Gondwana del Uruguay. Boletim da Universidade do Paraná, Geología, 10: 1-15.
MARQUES-TOIGO, M., (1970): Anabaculites nov. gen., a new miospore generus from San Gregorio Formation of Uruguay. Ameghiniana, 7(1): 79-82.
MARQUES-TOIGO, M., (1973A): Estudo palinológico de concreções calcárias da Formação San Gregorio, NE da República Oriental del Uruguai – Bacia do Paraná. Dissertação de Mestrado (inédito), Porto Alegre, UFRGS, 109 pp.
MARQUES-TOIGO, M., (1974): Some new species of spores and pollens of Lower Permian age from the San Gregorio Formation in Uruguay. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 46(3/4): 601-616.
MEDINA, W., (2015) Importancia de la Geodiversidad. Método para el inventario y valoración del Patrimonio Geológico. Instituto Superior de Correlación Geológica (CONICET – UNT) Argentina. pp. 57-72.
MONTAÑO, J.; GAGLIARDI, S.; MONTAÑO, M. (2005) Recursos hídricos subterráneos del Uruguay: importancia y aprovechamiento actual. Revista SUG (2005): Nº 12, 16-32.
MORALES, J., (1996) EL patrimonio paleontológico. Bases para su definición, estado actual y perspectivas futuras. En. Cendrero, A., (ed.) El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización. Madrid, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, pp. 39-51.
MORALES, J., GÓMEZ, E., AZANZA, B., (2002) El patrimonio paleontológico español: marco legal, titularidad, gestión y conservación. En. Meléndez, G., Peñalver, E., (eds). El patrimonio paleontológico de Teruel. I Jornadas sobre el patrimonio de la provincia de Teruel, paleontología, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses, pp. 53-62.
MUZIO, R., 2004: El magmatismo mesozoico en Uruguay en: Cuencas Sedimentarias de Uruguay – Mesozoico © 2004 DIRAC Facultad de Ciencias. Pp. 89-91.
NIETO, L.M. (2001): Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. Boletín Geológico y Minero, 112 (2): 3-11.
NÚÑEZ DEMARCO, P. SÁNCHEZ BETUCCI, L. Y GOSO, C. Estudio magnético en estructuras de canal en villasboas, flores, Uruguay. Latinmag Letters, Volume 3, Special Issue (2013), PA03, 1-4. Proceedings Montevideo, Uruguay
ORIOLO, S., P. OYHANTÇABAL, K. WEMMER, M. A. S. BASEI, J. BENOWITZ, J. PFÄNDER, F. HANNICH, AND S. SIEGESMUND (2016), Timing of deformation in the Sarandí del Yí Shear Zone, Uruguay: Implications for the amalgamation of western Gondwana during the Neoproterozoic Brasiliano-Pan-African Orogeny, Tectonics, 35, doi:10.1002/2015TC004052.
OYANTÇABAL, P., SIEGESMUND, S., WEMMER, K. (2010) The Río de la Plata Craton: a review of

units, boundaries, ages and isotopic signature. Pp.20.
PALACIO, J., (2000) Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible. Serie Monografías. Ministerio de Medio Ambiente. Sociedad de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Madrid. pp. 91.
PEATE, D.W., 1997: The Paraná–Etendeka province, pp. 217-245 de: Mahoney JJ & Coffin MF (eds.): Large igneous provinces: continental, oceanic and planetary flood volcanism. Geophysical Monograph 100.
PICCHI, D., (2018) Evaluación de Metodologías para el Inventario de Geositios del Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio.
PIÑEYRO, D., MALDONADO, S., BOSSI, J., (2002) Terreno Piedra Alta- Aporte a la estratigrafía del basamento cristalino del Uruguay. II Taller sobre la Estratigrafía del Precámbrico del Uruguay, Resúmenes Ampliados, pp. 16-23, Montevideo.
PRECIOZZI, F., SPOTURNO J., HEINZEN, J. (1979): Carta Geo-Estructural del Uruguay escala 1: 2.000.000, Ministerio de Industria y Energía – Montevideo – Uruguay.
PRECIOZZI, F., SPOTURNO, J., HEINZEN, W., ROSSI, P., (1985) Carta Geológica del Uruguay a escala 1/500.000.DINAMIGE,Montevideo.
PRECIOZZI, .F, SPOTURNO, J., HEINZEN, W., ROSSI, P. (1985) Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000, pp. 97, DINAMIGE – MIEM.
RAE, (2017) Diccionario de la Lengua Española. Disponible desde: http://dle.rae.es/?id=M2v6jgO.
RIBOT, A., CINGOLANI, CA., PIÑEYRO, D., BOSSI, J., BASEI, M.A.S., URIZ, N., (2013) Milonitas graníticas de la Isla San Gabriel, Uruguay: cinemática de la deformación y geocronología U-Pb. VI Congreso Uruguayo de Geología y I simposio de Minería y Desarrollo del Cono Sur, Actas: 148-153, Montevideo.
ROMERO SÁNCHEZ, G., (2004) El Patrimonio Paleontológico de la Región de Murcia. Tesis doctoral, Universidad de Murcia. Inédita.
SÁNCHEZ BETTUCCI, L., PEEL, E. & OYHANTÇABAL, P (2010) Unidades geotectónicas precámbricas del cratón del Río de La Plata, Revista Internacional de Geología, 52: 1, 32-50, DOI: 10.1080 / 00206810903211104
SARMENTO, G.; (2005) Aspectos Socioeconómicos del Património Geológico. Livro de Resumos do IV Seminário de Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento de Território, Vila Real.
SERRA, N., (1943) Mapa geológico del Departamento de Colonia. Instituto Geológico del Uruguay, Boletín nº 30, pp.47.
SERRA, N., (1945) Mapa geológico del Departamento de Soriano. Instituto Geológico del Uruguay, Boletín nº 32, pp.42.
SHARPLES, C., (2002) Concepts and principles of Geoconservation. Disponível em: Tasmanian Parks & Wildlife.

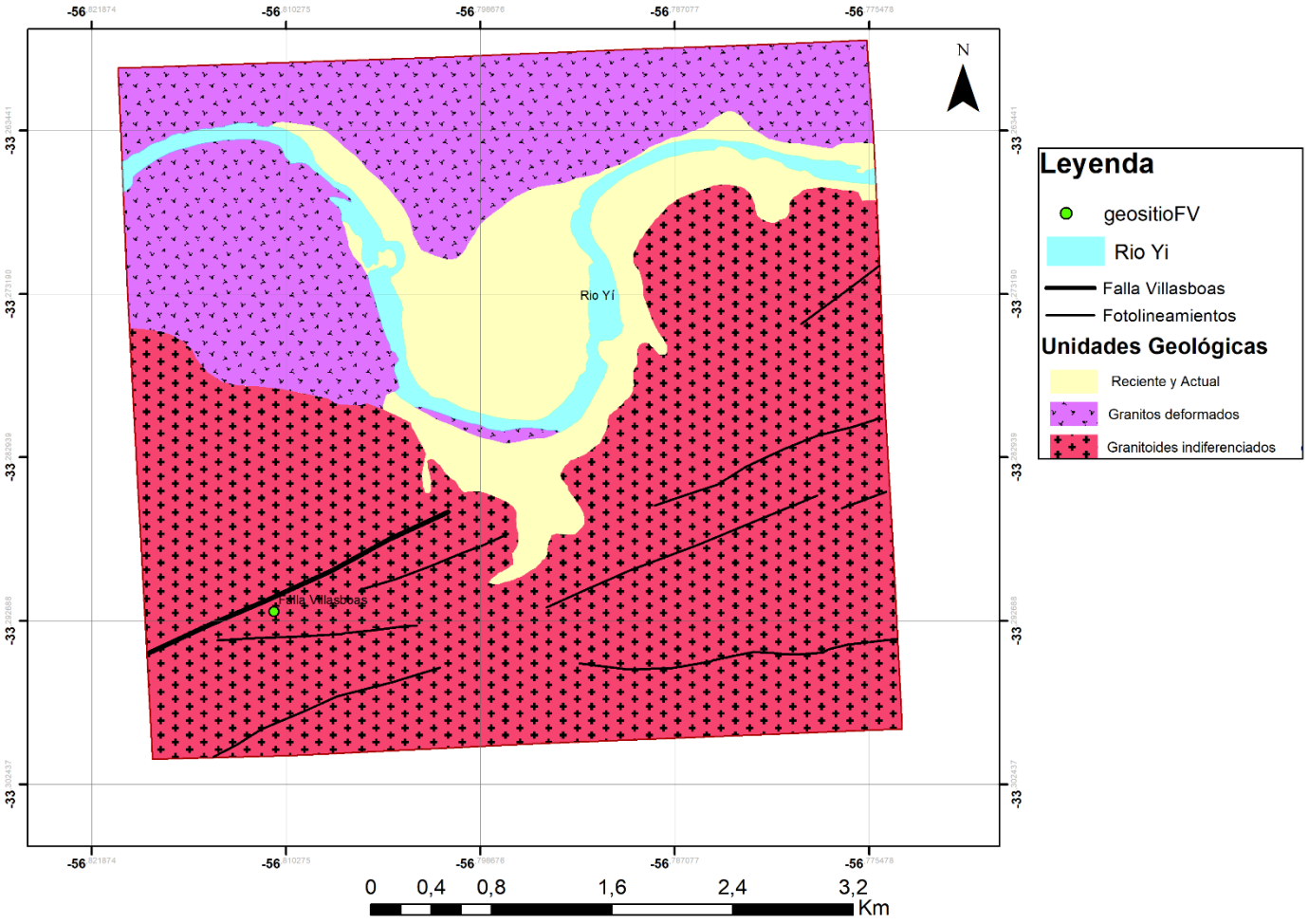
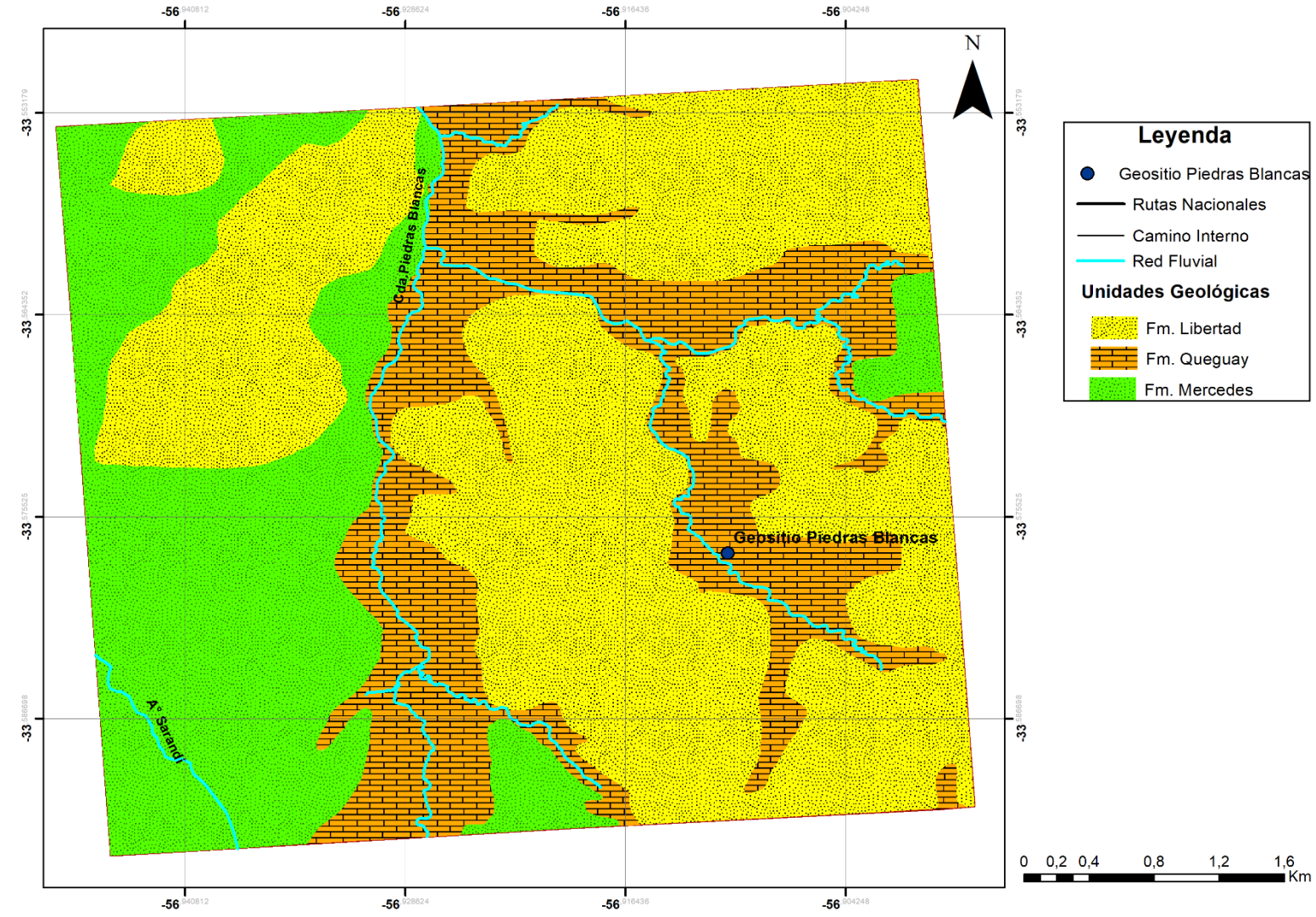
SPRECHMANN, P., DA SILVA, J., GAUCHER, C., MONTAÑA, J., HERERA, Z., (2001): Nuevos hallazgos fósiles en concreciones de la Formación San Gregorio del Uruguay e implicancias paleoecológicas y paleoclimáticas. II Simposio Argentino del Paleozoico Superior, Resúmenes, 28.
TURNER, SP., PEATE, DW., HAWKESWORTH, CJ., MANTOVANI, M., 1999: Chemical stratigraphy of the Paraná basalt succesion in western Uruguay: further evidence for diachronous nature of the Paraná magma types. Journal of Geodynamics 28(4/5): 459-469.
UBILLA, M., PEREA, D., (1999) Quaternary vertebrates of Uruguay: biostratigraphic, biogeographic and climatic overview. Quaternary of South América and Antartic Península, Balkema 12, pp. 75 – 90.
UNESCO., (2008) Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO'S assistance to join the Global Geoparks Network. pp. 10.
UNESCO., (2013) Certificado de ingreso a la red mundial de geoparques de la UNESCO.
VEGAS, J., LOZANO, G., GARCÍA-CORTÉS, A., CARCAVILLA, L., 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). En Fernández-Martínez, E., Castaño de Luis, R. (eds.). Avances y retos en la conservación del patrimonio geológico en España. Actas de la IX reunión nacional de la comisión de patrimonio geológico (S.G.E.) Universidad de León. pp. 346.
VERDE, M., (2009) Icnofósiles del Terciario de Uruguay. En Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S., (eds.). Cuencas Sedimentarias del Uruguay, Cenozoico. DIRAC-Facultad de Ciencias. pp. 125-147.
VEROSLAVSKY, G., MARTÍNEZ, S., (1996): Registros no depositacionales del Paleoceno-Eoceno del Uruguay: nuevo enfoque para viejos problemas. Rev. Univ. Guarulhos. (Ser. Geoc.), I (3): 32-41. São Paulo.
VEROSLAVSKY, G., DE SANTANA, H., GOSO, C., GONZÁLEZ, S., (1997a) Calcretas y silcretas de la región oeste de Uruguay (Queguay), Cuenca del Paraná (Cretácico Superior – Terciario Inferior), Revista Geociencias 16(1). pp. 58-67.
VILLALOBOS, M., BRAGA, J.C., GUIRADO, J., PÉREZ MUÑOZ, A.B., (2004) El inventario andaluz de georrecursos culturales: criterios de valoración. De Re Metallica 3, pp. 9-21.
VISUALIZADOR DINAMIGE (http://visualizadorgeominero.dinamige.gub.uy/accesos/acceso.html)
VISUALIZADOR RENARE *(http://web.renare.gub.uy/sl/vrenare/).*
YBERT, JP., MARQUES-TOIGO, M., (1970): Polarisaccites Nov. Gen. Pollen et Spores XII(3): 469-481.

ANEXOS.

1. Mapa geológico del geositio balneario Don Ricardo



Mapa geológico del geositio Falla Villasboas.



Mapa geológico del geositio Piedras Blancas.