



Inventario de geositos en el Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio

Juan Pablo Caballero

Trabajo Final para la obtención del título de Licenciado en
Geología

Orientador: Prof.Adj. Dr. César Goso Aguilar

Licenciatura en Geología, Plan 2008

Universidad de la República Oriental del Uruguay

Montevideo, Uruguay – 2020

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, en especial a mi esposa Natalia Cabrera que junto a mis padres y hermanos, durante la carrera siempre me hicieron notar su apoyo incondicional.

A mi tutor Dr. César Goso por su guía, paciencia y consejos brindados para hacer posible esta tesis.

A Daniel Picchi por su apoyo en las tareas de campo y aporte de ideas para la realización de este trabajo.

A Ramiro Rodríguez y Santiago Ford con quien estudiamos juntos toda la carrera.

A mis compañeros de generación quienes siempre han estado acompañando y prontos para ayudar ante cualquier duda.

A mis compañeros de trabajo Santiago Guerrero, Mauricio Faraone, Patricia Gallardo, Fiorella Arduin y Roberto Carrión.

Y a mis amigos de siempre.

A todos, ¡muchas gracias!.

RESUMEN

Este trabajo de investigación, enmarcado en el Trabajo Final de la Licenciatura en Geología, se desarrolló en el Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio, ubicado en buena parte del departamento de Flores, y en pequeñas extensiones en los departamentos de Río Negro y Soriano (Uruguay).

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” según UNESCO. Los geoparques UNESCO utilizan su patrimonio geológico, en conexión con todos los demás aspectos del patrimonio natural y cultural del área, para aumentar la conciencia y la comprensión de los problemas que enfrenta la sociedad en el contexto del planeta dinámico en el que vivimos, mitigando los efectos del cambio climático y reduciendo el impacto de los desastres naturales.

El Geoparque Mundial Grutas del Palacio ingresó a la Red Global de Geoparques el 9 de Setiembre de 2013 con auspicio de UNESCO. Se trata de un área de unos 3.600 km², localizándose casi en su totalidad en el departamento de Flores, y una pequeña superficie en los departamentos de Soriano y Río Negro. El mismo cuenta con 15 geositos, que son sitios geológicos de particular importancia, rareza o estética, que son el apoyo de actividades turísticas y afines, a las cuales se añade un proyecto para el desarrollo económico y social sostenible. En base a esto se definieron cuatro geositos a estudiar: Arroyo Marincho, El Arenal, y dos en el Parque Bartolomé Hidalgo. Este inventario se realizó utilizando la metodología del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG) de García-Cortés *et al.* (2014).

Como resultado de este trabajo se obtuvo un mayor conocimiento geológico de los geositos y del área adyacente a los mismos, y a partir de la información obtenida al aplicarles la metodología IELIG, se pudo concluir que los geositos Bartolomé Hidalgo I y II muestran fortalezas en el uso didáctico, por lo que se recomienda fomentar su uso con fines educativos. El geosito El Arenal muestra fortalezas en lo que refiere al uso turístico-recreativo, y en lo que respecta al geosito Arroyo Marincho destaca principalmente por el uso científico. Si bien en términos de geodiversidad muestran características interesantes por los distintos grupos litológicos, edades y procesos involucrados, del punto de vista de la relevancia geopatrimonial no son elementos de destaque sobresaliente.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación y antecedentes	1
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1 Materiales	5
3.2 Métodos	5
3.3 Modelo de Inventario García-Cortés <i>et al.</i> (2014)	6
3.3.1 Parámetros de valoración de los lugares de interés geológico	7
3.3.2 Valoración del interés y selección de los lugares de interés geológico	8
3.4 Geositos inventariados	13
3.4.1 Geosito A° Marincho	14
3.4.2 Geositos Parque Bartolomé Hidalgo	15
3.4.2.1 Geosito Parque Bartolomé Hidalgo I: “Lagarto de Piedra”	15
3.4.2.2 Geosito Parque Bartolomé Hidalgo II	16
3.4.3 Geosito El Arenal	17
CAPÍTULO 4. GENERALIDADES DE LOS GEOSITOS EVALUADOS	19
4.1 “Área A° Marincho”	19
4.1.1 Localización geográfica	19
4.1.2 Hidrología	19
4.1.3 Vías de acceso	20
4.1.4 Suelos	21
4.1.5 Geomorfología	23
4.2 “Área Lago artificial Paso del Palmar”	23

4.2.1 Localización Geográfica	23
4.2.2 Hidrología	24
4.2.3 Suelos	25
4.2.4 Geomorfología	27
CAPÍTULO 5. CONTEXTO GEOLÓGICO	28
5.1 Antecedentes geológicos de la zona de estudio “Área Arroyo Marincho”	28
5.1.1 Cinturón Arroyo Grande (Paleoproterozoico)	28
5.1.1.1 Formación Arroyo Grande (Paleoproterozoico)	28
5.1.1.2 Complejo Marincho (Paleoproterozoico)	29
5.1.2 Formación Mercedes (Cretácico Superior)	30
5.2. Antecedentes geológicos de la zona de estudio “Área Lago artificial Paso del Palmar”	30
5.2.1 Granito Feliciano (Paleoproterozoico)	30
5.2.2 Formación San Gregorio (Carbonífero Superior – Pérmico Inferior)	31
5.2.3 Formación Arapey (Cretácico Inferior)	31
CAPÍTULO 6. RESULTADOS	33
6.1 Geología descriptiva del “Área Arroyo Marincho”	33
6.1.1 Metaconglomerados de la Formación Arroyo Grande (Paleoproterozoico)	33
6.1.2 Granodiorita del Complejo Marincho (Paleoproterozoico)	36
6.1.3 Rocas calcáreas de la Fm. Mercedes (Cretácico Superior)	39
6.1.4 Aluviones (Holoceno)	40
6.2. Geología descriptiva del “Área Lago artificial Paso del Palmar”	40
6.2.1 Granito de la Faja Feliciano (Paleoproterozoico)	40
6.2.2 Areniscas, conglomerados y pelitas de la Formación San Gregorio (Carbonífero Superior – Pérmico Inferior)	42
6.2.3 Basaltos de la Formación Arapey (Cretácico Inferior)	47
6.2.4 Depósitos coluvionales y aluviales (Cuaternario)	50
6.2.4.1 Depósitos coluvionales	50
6.2.4.2 Depósitos aluvionares y eólicos	51
CAPÍTULO 7. INVENTARIO DE GEOSITIOS	57
7.1 Arroyo Marincho	57
7.2 Bartolomé Hidalgo I	59

7.3 Bartolomé Hidalgo II	61
7.4 El Arenal	63
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	71
Mapa Geológico “Área Arroyo Marincho”	72
Modelo Digital del Terreno “Área Arroyo Marincho”	73
Mapa Geológico “Área Lago artificial Paso del Palmar”	74
Modelo Digital del Terreno “Área Lago artificial Paso del Palmar”	75

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización de Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio. (Modificado de Loureiro & Goso, 2018).

Figura 2. Mapa geológico de Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio (Loureiro & Goso, 2018)

Figura 3. Mapa de ubicación de los geositios inventariados del Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio. (Modificado de Loureiro & Goso, 2018)

Figura 4. Vista panorámica del geositio denominado A° Marincho

Figura 5. Vista panorámica del “lagarto de piedra” en el geositio Bartolomé Hidalgo I. Allí se exponen areniscas medias y gruesas, estratificadas de la Fm. San Gregorio.

Figura 6. Vista panorámica de litologías del Geositio Bartolomé Hidalgo II

Figura 7. Vista panorámica del Geositio El Arenal

Figura 8. Ubicación, caminería y red de drenaje del “Área Arroyo Marincho – Modificado Visualizador RENARE (<http://web.renare.gub.uy/sl/vrenare/>)

Figura 9. Mapa suelos CONEAT “Área Arroyo Marincho”. Modificado de CONEAT / Visualizador RENARE (<http://web.renare.gub.uy/sl/vrenare/>)

Figura 10. Ubicación, caminería y red de drenaje, del Área Lago artificial Paso del Palmar – modificado Visualizador RENARE (<http://web.renare.gub.uy/sl/vrenare/>)

Figura 11. Mapa suelos CONEAT – “Área Lago artificial Paso del Palmar”. Modificado de CONEAT / Visualizador RENARE (<http://web.renare.gub.uy/sl/vrenare/>)

Figura 12. Formación Arroyo Grande. a) Vista general del afloramiento de metaconglomerados donde se puede observar fracturamientos paralelos subverticales con rumbo N80° b) Vista en planta de afloramiento de metaconglomerado.

Figura 13. a) Fotomicrografía a luz natural, donde se puede observar la foliación anastomosada de la biotita y feldespato potásico sufriendo alteración a sericita; b) Misma sección que a) pero con luz polarizada donde se puede observar cuarzo y muscovita; c) fotomicrografía a luz natural donde se puede observar granate, biotita y epidoto; d) misma sección que c) pero con luz polarizada donde se puede observar la birrefringencia de la muscovita.

Figura 14 Vista general geositio Arroyo Marincho

Figura 15. Vistas en detalle de rocas en geositio A° Marincho. a) Contacto dique básico con granodiorita hornblendo biotítica del Complejo Marincho; b) venas rellenas de epidoto; c) Enclave microgranular básico.

Figura 16. a) Fotomicrografía a luz natural, donde se puede observar la textura inequigranular seriada de la roca caja y al feldespato potásico sufriendo alteración a sericita; b) misma sección que a) pero con luz polarizada donde se puede observar plagioclasa del tipo andesina y cuarzo con extinción onulante; c) fotomicrografía a luz natural de dique básico, donde se puede observar la abundancia de clinoanfíbol; d) misma sección que c) pero con luz polarizada donde se aprecia la abundancia de cuarzo.

Figura 17. Vista en detalle de muestras de la Formación Mercedes. a) Vista en planta de afloramiento de ruditas carbonáticas; b) Detalle de muestra de mano de calcarenita donde se puede apreciar su textura fango sostén.

Figura 18. a) Vista detalle de afloramiento de granito; b) Muestra de mano de roca granítica, en la misma se puede apreciar la textura inequigranular profirítica siendo los minerales de feldespato potásico quienes presentan mayor tamaño; c) Fotomicrografía a luz natural, donde se puede observar procesos de sericitización en los feldespatos potásicos, y minerales maficos como biotitas y opacos. ; d) Fotomicrografía en luz polarizada, donde se puede apreciar la presencia de microclina, cuarzo y perfitas en ortoclasas.

Figura 19. Modificado de Folk et al, 1970, donde se representa la clasificación de las areniscas de la Formación San Gregorio como cuarzoarenita

Figura 20. Vistas en detalle de areniscas de la Formación San Gregorio. a) Vista del afloramiento en donde se levantó perfil sedimentario correspondiente al geositio Bartolomé Hidalgo I; b) Estratificaciones cruzadas de bajo ángulo y estratificación plano paralela en areniscas del geositio Bartolomé Hidalgo I; c) Microfotometria de areniscas del geositio Bartolomé Hidalgo I a luz natural; d) Microfotografía con luz polarizada.

Figura 21. Perfil tipo Selley de areniscas de la Formación San Gregorio, geositio Bartolomé Hidalgo I.

Figura 22. a) Vista panorámica del geositio Bartolomé Hidalgo I; b) Conglomerado polimíctico masivo; c) Conglomerado polimíctico estratificado; d) Areniscas castañas con laminación cruzada tipo ripple

Figura 23. Perfil estratigráfico de la Formación San Gregorio, Geositio Bartolomé Hidalgo II.

Figura 24. Croquis geológico de la Formación San Gregorio, en el Geositio Bartolomé Hidalgo II (sin escala).

Figura 25. a) Vista panorámica cantera de basaltos de la Formación Arapey; b) Vista detalle separación basalto amigdaloides (inferior), basalto lajoso (superior); c) Vista en detalle basalto lajoso

Figura 26. Perfil de colada basáltica expuesta en cantera abandonada próximo al contacto con el basamento proterozoico

Figura 27. a) Vista panorámica de los depósitos coluvionares; b) y c) Vista en detalle de gravas coluvionares.

Figura 28. Fotomosaico del Área Lago artificial Paso del Palmar antes de la inundación de 1982, el mismo fue realizado mediante la superposición de fotos aéreas del Servicio Geológico Militar e imágenes satelitales recientes tomadas de Google Earth. La flecha indica la ubicación del geositio El Arenal.

Figura 29. Vistas panorámica y detalles de afloramientos en la costa del Lago artificial Paso del Palmar.

Figura 30. Perfil estratigráfico del geositio El Arenal.

Figura 31. Resultados de análisis granulométrico de muestra de base de perfil Geositio El Arenal.

Figura 32. Resultados de análisis granulométrico de muestra del tope de perfil Geositio El Arenal.

Figura 33. Geositio El Arenal a) Vista de un pinus con sus raíces expuestas por efecto de la erosión; b) Evidencias de erosión producidas por la dinámica del embalse; c) Fragmento de boleadora rodado a orillas del lago.

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de interés geológico de García-Cortés *et al.* (2014).

Tabla 2. Parámetros de valoración de LIGs en función de su potencialidad de uso. (modificado de García-Cortés *et al.*, 2014).

Tabla 3. Resumen de los coeficientes de ponderación utilizados para cada parámetro en función del tipo de interés a valorar (científico, didáctico y turístico o recreativo), según (García-Cortés *et al.*, 2014).

Tabla 4. Cuadro de valoración del interés científico, didáctico y turístico o recreativo, según (García-Cortés *et al.*, 2014).

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y antecedentes

Este trabajo de investigación está enmarcado en el Trabajo Final de la Licenciatura en Geología de la Facultad de Ciencias. El mismo se desarrolló en el Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio (Uruguay).

Según 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”. Asimismo, “los geoparques UNESCO utilizan su patrimonio geológico, en conexión con todos los demás aspectos del patrimonio natural y cultural del área, para aumentar la conciencia y la comprensión de problemas que enfrenta la sociedad en el contexto del planeta dinámico en el que vivimos, mitigando los efectos del cambio climático y reduciendo el impacto de los desastres naturales”. Al crear conciencia sobre la importancia del patrimonio geológico del área en la historia y la sociedad actual, los Geoparques Mundiales de la UNESCO son motivo de orgullo de la población local en su región y fortalecen su identificación con el área”. La Red Global de Geoparques (GGN, Global Geoparks Network) actualmente cuenta con 161 geoparques distribuidos en 44 países. (<http://www.globalgeopark.org/aboutGGN/6398.htm>).

El Geoparque Mundial Grutas del Palacio ingresó a la GGN el 9 de Setiembre de 2013 (con auspicio de UNESCO). Se trata de un área de 3.611 km², localizándose casi en su totalidad en el departamento de Flores, y una pequeña superficie en los departamentos de Soriano y Rio Negro (ver figura 1).

En este Geoparque se pueden observar rocas ígneas, metamórficas, sedimentarias y sedimentos, distribuidos en diferentes geositos. Estos recursos geológicos son utilizados con fines turísticos en el marco de un plan para el desarrollo de la comunidad local. El Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio cuenta con 14 geositos, que son sitios geológicos de particular importancia, rareza o estética, que funcionan como apoyo de actividades turísticas y afines, a las cuales se añade un proyecto para el desarrollo económico y social sostenible. La ubicación de los geositos en el territorio del geoparque se ilustran en la figura 1.

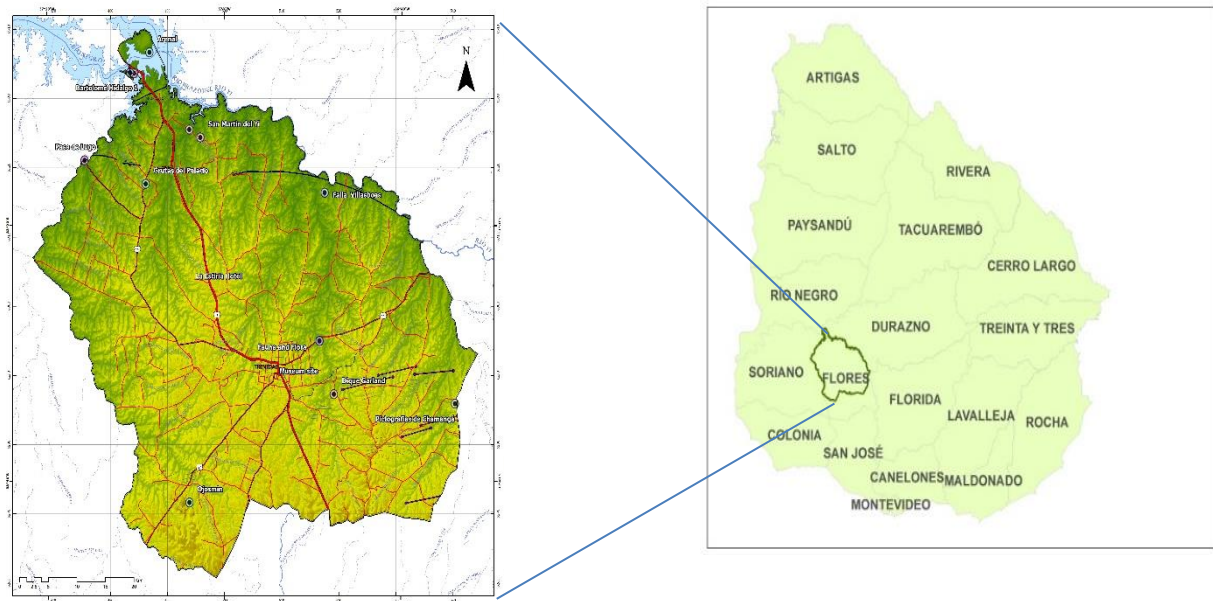


Figura 1. Localización de Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio. (Modificado de Loureiro & Goso, 2018)

La necesidad de la realización de un inventario geológico del Geoparque surge de identificar y caracterizar el tipo de valor, de los distintos sitios de interés geológico identificados previamente, luego de una revisión bibliográfica. También hacer más comprensible y aprovechable la información geológica, para las administraciones responsables de la conservación, gestión y usos didáctico-educativos del patrimonio geológico con fines geoturísticos. Por este motivo, fue seleccionado por su versatilidad en el empleo y por ser ampliamente abarcativo de todos los aspectos geológicos, de conservación, y turístico el inventario español de lugares de interés geológico (IELIG) de García-Cortés *et al.* (2014).

El Geoparque cuenta con una interesante geodiversidad debido a la conformación geológica de su territorio. En la figura 2 se presenta el mapa geológico que muestra unidades proterozoicas del Terreno Piedra Alta (Bossi *et al.*, 1993), en el que se incluye al Cinturón Arroyo Grande (Preciozzi *et al.*, 1993) representado por una secuencia volcano-sedimentaria paleoproterozoica metamorfizada durante el Ciclo Orogénico Transamazónico, y al Complejo Marincho (Preciozzi, 1989) formado por plutones granodioríticos y calcoalcalinos que están recortados por hornblenditas, que son rocas de composición variable y que presentan grandes cristales de hornblenda como resultado de una cristalización tardía en un ambiente magmático saturado en agua.

Asimismo, se exponen unidades sedimentarias como la Formación San Gregorio (Preciozzi *et al.*, 1985), la Formación Mercedes (Bossi, 1966) y el Geosuelo del Palacio (Goso, 1999).

Entre las rocas pertenecientes a la Formación San Gregorio, que aflora en el extremo norte del Geoparque, en dos geositos dentro del Parque Bartolomé Hidalgo se exponen conglomerados,

areniscas y pelitas de colores rojizos, anaranjados y ocre, en estratos decimétricos a métricos, con estratificaciones cruzadas acanaladas, tabular planar, y con *ripples* de corriente. A su vez, se incluye como uno de los geositos a las terrazas aluviales holocenas producto de la acción fluvial del Río Negro y el manejo del lago artificial de la represa hidroeléctrica Paso del Palmar, que generan superficies depositacionales y formas de erosión, en los que hay registros de restos arqueológicos, como raspadores líticos, puntas de flechas, boleadoras, entre otros.

El inventario incluyó la elaboración de mapas geológicos del entorno de cada geosito, como una forma de contextualizar la geodiversidad del entorno.

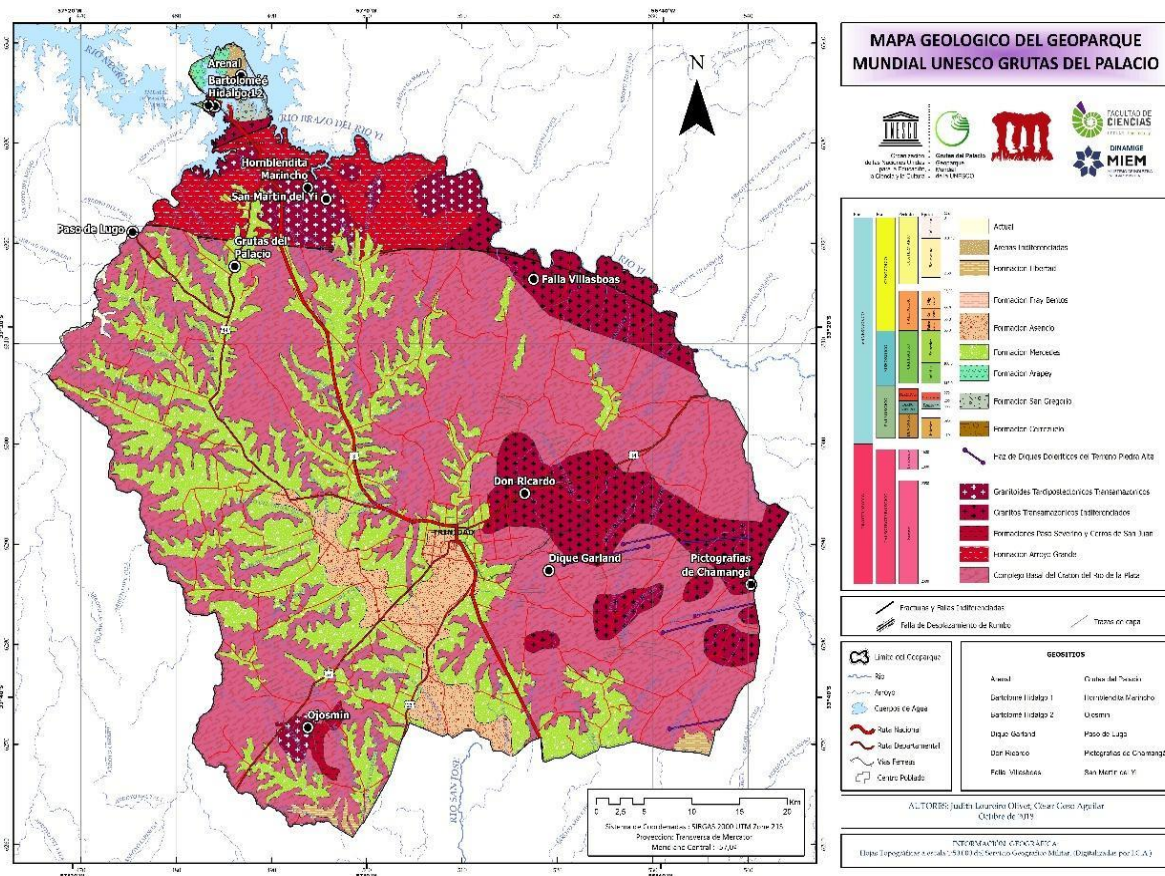


Figura 2. Mapa geológico de Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio (Loureiro & Goso, 2018)

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Cuantificar el valor científico, educativo, turístico y la vulnerabilidad de cuatro geositos del Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar la cartografía geológica a escala 1:20.000 en el entorno de los geositos: “Arroyo Marincho”, “El Arenal” y “Parque Bartolomé Hidalgo I y II”.
- Aplicar en el Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio la metodología del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG) de García-Cortés *et al.* (2014).

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Los materiales y equipos utilizados durante las tareas de campo, gabinete y laboratorio fueron: martillo geológico, brújula, comparadores visuales, GPS, lupa de mano, ácido clorhídrico, cámara fotográfica, regla, cinta métrica, bolsas de plástico, columna de tamices, horno, mortero, *rot-up* y balanza de precisión, lupa binocular, microscopio petrográfico.

A su vez, fueron utilizados las hojas topográficas a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar, Paso del Puerto M20 y Porrúa M19. También las fotografías aéreas a escala 1:20.000 del mismo instituto números: 56-130, 56-128, 56-187, 56-186, 57-017, 57-015.

Para la edición de mapas, imágenes y perfiles fueron utilizados los softwares: *Google Earth Pro*, *Arc Gis 10.1* y *SedLog*.

3.2 Métodos

El trabajo se realizó en 4 fases: Gabinete I, Campo, Laboratorio y Gabinete II. En la primera fase se realizó la recolección y procesamiento de antecedentes bibliográficos y cartográficos para el entorno de cada geositio del Geoparque.

Durante la segunda etapa se realizaron las tareas de campo, que incluyeron levantamiento geológico de afloramientos con recolección de muestras, reconocimiento de las diferentes unidades geológicas, para la elaboración de los mapas geológicos a escala 1:20.000 del entorno de cada geositio.

La tercera fase del proyecto se realizó en laboratorio, para la ejecución de ensayos granulométricos de las muestras de sedimentos colectadas, cortes y secciones pulidas para su observación en lupa binocular y microscopio petrográfico, de muestras litológicas.

La cuarta etapa incluyó la realización del inventario geológico, la fotointerpretación para la elaboración de un mapa geológico escala 1:20.000 de cada geositio, la realización de descripciones petrográficas y la recopilación de toda la información para la elaboración del informe final. Para ello, se eligió el modelo de inventario a utilizar, teniendo en consideración la necesidad de utilizar un inventario sistemático que caracterice a los sitios seleccionados dentro del geoparque. Además, se cubrieron otros aspectos en función del tipo litológico y estructuras presentes. Posteriormente, se les

caracterizó de acuerdo con sus atributos estratigráficos, sedimentológicos, geomorfológicos, tectónicos y petrológicos.

La escala de mapeo utilizada fue 1:20.000 y las áreas de estudio fueron el entorno inmediato a cuatro geositos del Geoparque.

La valoración del interés de cada geosito se realizó de acuerdo a los parámetros establecidos en el método de García Cortés et al (2014). Por ejemplo, se valoró estado de conservación, rareza, diversidad geológica, contenido didáctico, patrimonio natural, histórico, accesibilidad, cercanía a zonas recreativas, entre otros. Esta valoración permitió clasificar a cada geosito de acuerdo a tres usos posibles en: científico, didáctico y turístico-recreativo.

3.3 Modelo de Inventario García-Cortés *et al.* (2014)

El IELIG fue concebido buscando que fuera un inventario sistemático (Carcavilla *et al.*, 2007), el cual parte de la clasificación del medio geológico para obtener los lugares más representativos de la diversidad geológica de un territorio.

El inventario, además de sistemático debe ser universal, es decir, que cubra todas las disciplinas geológicas. Por lo tanto, a los lugares de interés geológico definidos en el inventario se les asignará uno o varios de los tipos de interés por su contenido (Tabla 1) y deberán agruparse de acuerdo con las disciplinas correspondientes.

Tabla 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.)

Se entiende por un Lugar de Interés Geológico (LIG), un sitio que por su carácter único y/o representativo puede ser utilizado para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos, incluyendo los procesos que los han modelado, los climas del pasado y su evolución paleobiológica.

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 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).

3.3.1 Parámetros de valoración de los lugares de interés geológico

Según Carcavilla *et al.* (2007), la valoración de un LIG se apoya sobre tres premisas fundamentales, **i)** no todo elemento geológico tiene valor patrimonial; **ii)** los afloramientos o elementos que lo poseen no siempre son igual de interesantes; **iii)** es posible definir unos parámetros que permitan calcular cuál es el interés del lugar.

Por otro lado, se considera que para facilitar la gestión de los LIGs inventariados, la valoración de la potencialidad de uso científico, didáctico y recreativo debe dar lugar a conjuntos distinguibles de lugares de interés geológico, entre los que con toda probabilidad se producirán intersecciones, pero que deben mantener su particularidad propia. De esta forma se evita que, por ponderación de puntuaciones correspondientes a estas tres potencialidades de uso (científica, didáctica y turístico-recreativa), lugares de gran interés, por ejemplo científico, puedan resultar excluidos del inventario si poseen una mala valoración turístico-recreativa o didáctica, por motivos de su escasa espectacularidad o condiciones de observación.

Los LIGs, por tanto, se valorarán en una primera etapa atendiendo a sus valores intrínsecos y ligados a la potencialidad de uso para dar lugar a los tres mencionados conjuntos distinguibles de LIGs, de acuerdo con su interés científico didáctico y turístico-recreativo (García-Cortés *et al.*, 2014).

En la tabla 2 se presentan y describen los parámetros de valoración que se proponen utilizar.

3.3.2 Valoración del interés y selección de los lugares de interés geológico

Con la información recopilada se procede a valorar todos los lugares de interés geológico. En este proceso se valoran los lugares propuestos. Cada lugar preseleccionado será puntuado de acuerdo con los parámetros que se presentan en la Tabla 3, a los que se otorga diferentes pesos ponderados, para valorar su interés en cada uno de tres usos posibles: científico, didáctico y turístico-recreativo. Cada parámetro debe puntuarse de 0 a 4 (Tabla 4). Como norma general, sujeta a reconsideraciones puntuales, se considerarán LIG de muy alto valor aquéllos que superen los 6,65 puntos. Serán LIG de valor alto aquéllos cuyas puntuaciones estén comprendidas entre 3,33 y 6,65 y, finalmente, se considerarán de valor medio los LIG con puntuaciones inferiores a 3,33 puntos.

Habría que reconsiderar la inclusión de LIGs cuyo valor, tanto científico, como didáctico y turístico, fuera inferior a 1,25 puntos. (García-Cortés *et al.*, 2014).

Tabla 2. Parámetros de valoración de LIGs en función de su potencialidad de uso. (modificado de García-Cortés *et al.*, 2014).

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 recreo o turísticas cerca del lugar. Ligado tanto al número potencial de visitas y, por el contrario, a una mayor posibilidad de actos de vandalismo

Tabla 3. Resumen de los coeficientes de ponderación utilizados para cada parámetro en función del tipo de interés a valorar (científico, didáctico y turístico o recreativo), según (García-Cortés *et al.*, 2014).

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

Tabla 4. Cuadro de valoración del interés científico, didáctico y turístico o recreativo, según (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

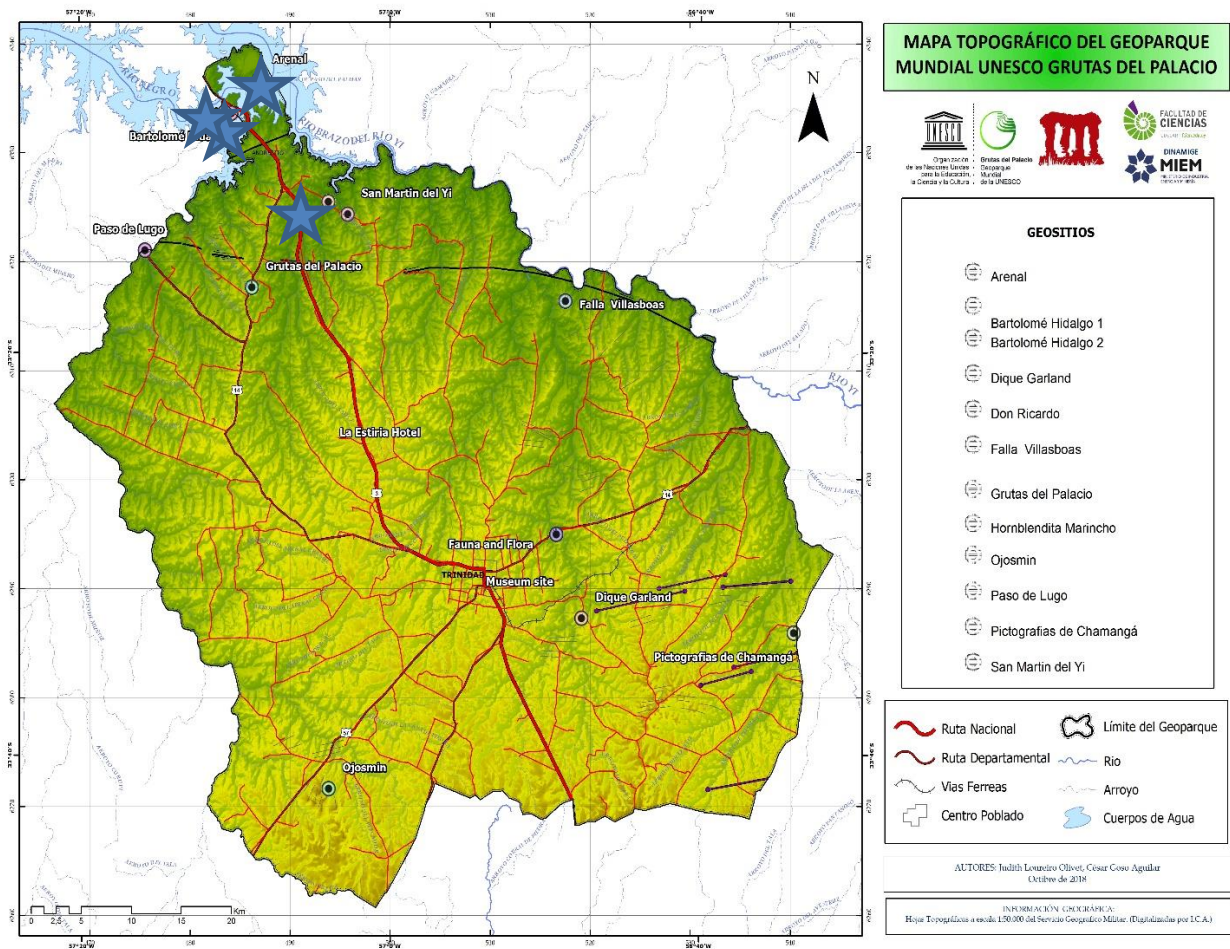
Continuación Tabla 4.

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

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

3.4 Geositos inventariados

En el mapa de la figura 3 se indica la ubicación de los cuatro geositos inventariados.



Geositios inventariados

Figura 3. Mapa de ubicación de los geositos inventariados del Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio.
(Modificado de Loureiro & Goso, 2018)

3.4.1. Geositio A° Marincho

Este geositio se trata de una explotación minera abandonada de fines de la década de los noventa, ubicada al Noroeste de la ciudad de Trinidad (figura 4), sobre la Ruta Nacional N° 3 próximo al cruce de ésta con el A° Marincho. De allí, fue extraído material granular para fines viales. La importancia de este geositio en principio reviste en un interés científico-educativo, ya que fue seleccionado para mostrar litologías de naturaleza máfica, enriquecidas en hornblenda con variedad de estructuras magmáticas.



Figura 4. Vista panorámica del geositio denominado A° Marincho

3.4.2. Geositos Parque Bartolomé Hidalgo

Este geosito se trata de unos afloramientos que ocurren en el Parque Nacional Bartolomé Hidalgo situado en el departamento de Soriano, a orillas del lago artificial Paso del Palmar en el límite con los departamentos de Flores y Río Negro. Tiene una superficie de 598 hectáreas y fue creado en 1944 por el presidente Juan J. Amézaga. Su denominación actual se debe al escritor oriental considerado el primer poeta gauchesco, Bartolomé Hidalgo (Ley N° 10.801 – octubre de 1946). En 1976 fue declarado Monumento Histórico Nacional y actualmente por causa del lago artificial cuenta con una extensión de casi 300 hás. Dentro de este parque se encuentran dos geositos.

De su extensión total, unas 188 hás se encuentran forestadas con una gran diversidad de especies autóctonas e introducidas. Este sitio se encuentra en perfecto estado de conservación gracias a los planes de manejo implementados en las últimas décadas, y a la administración del Gobierno Departamental de Flores, quien lo gestiona a partir de un convenio con el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, desde el 16 de enero de 2013.

Este parque además de contener dos geositos, constituye uno de los principales sitios de interés turístico del Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio, por el que pasan centenas de personas anualmente. Dispone de áreas de camping, senderos, una pequeña reserva de animales, juegos para niños, parrilleros y varios servicios que permiten el disfrute de los visitantes.

3.4.2.1. Geosito Parque Bartolomé Hidalgo I: “Lagarto de Piedra”

En este geosito se observan los afloramientos más meridionales de rocas glaciales del Carbonífero Superior-Pérmico Inferior, correspondientes a la Formación San Gregorio (Preciozzi, *et al.*, 1985) de la cuenca paleozoica denominada cuenca Norte (Uruguay), cuenca Chaco-paranense (Argentina) o cuenca Paraná (Brasil). Esta unidad presenta un conjunto de rocas sedimentarias asociadas a condiciones depositacionales glaciogénicas, como ser diamictitas, tillitas, areniscas, pelitas y ritmitas (de Santa Ana 2006).

En un afloramiento en particular de areniscas medias a gruesas de esta unidad, se expone una singular forma que de perfil se asemeja a un “lagarto”, producto de la erosión (ver Figura 5).

Por ello, este geosito también es conocido como “lagarto de piedra”.

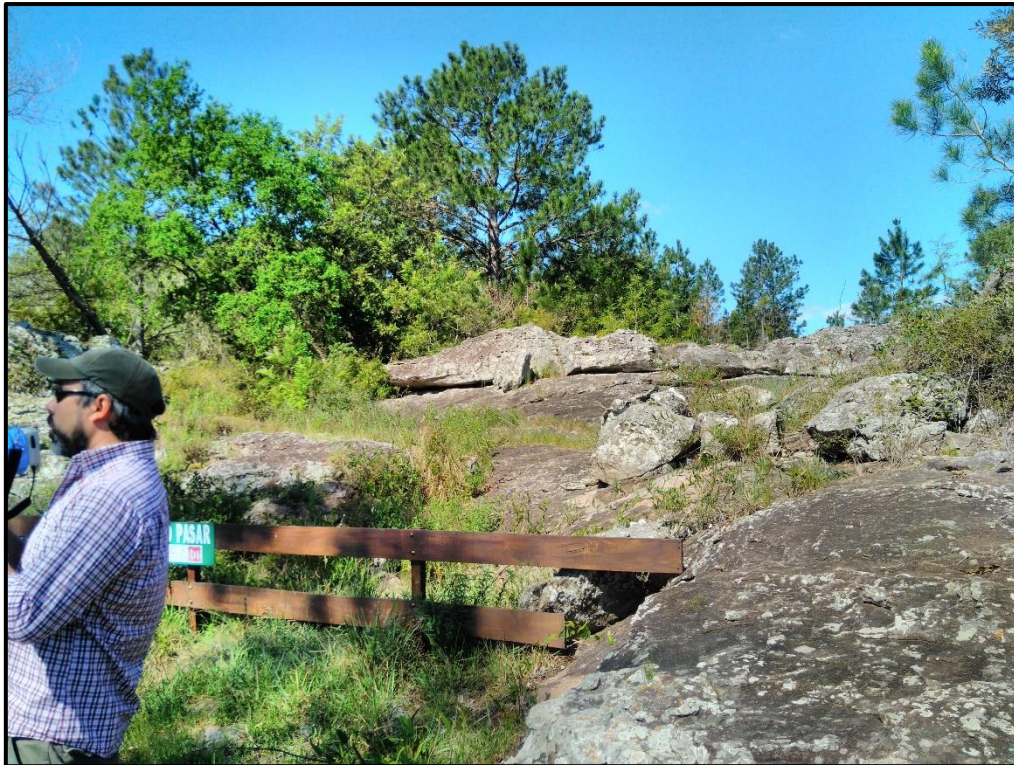


Figura 5. Vista panorámica del “lagarto de piedra” en el geosito Bartolomé Hidalgo I. Allí se exponen areniscas medias y gruesas, estratificadas de la Fm. San Gregorio.

3.4.2.2 Parque Bartolomé Hidalgo II

En este geosito se puede observar con el nivel del lago en condiciones normales y bajo, una sucesión decamétrica basculada de un conjunto de litologías, que incluyen areniscas de color amarillentas de grano grueso, a las que intercalan conglomerados gruesos macizos y estratificados, los que muestran diferentes tipos de estratificación. A su vez, de manera subordinada a éstos, se exponen estratos de pelitas macizas y con laminación horizontal. Esta sedimentación se relaciona a ambientes de tipo glacio-marinos pertenecientes a Fm. San Gregorio (Figura 6).



Figura 6. Vista panorámica de litologías del Geositio Bartolomé Hidalgo II

3.4.3 Geositio El Arenal

Se trata de un sitio en el departamento de Río Negro, a orillas del lago artificial Paso del Palmar (figura 3), donde se puede observar en la costa una barra fluvial arenosa acumulada por la acción del Río Negro antes de la represa y re TRABAJADA por el viento, y que por los efectos de la erosión producidos por la dinámica del lago en los momentos de crecidas y bajantes deja expuestos barrancos. Además de exponerse allí una terraza fluvial, depósitos eólicos y geoformas de erosión asociadas a sedimentos arenosos, blancos y cuarzosos, se encuentran restos de artefactos o utensilios y de armas indígenas tales como boleadoras, puntas de flecha, percutores, lascas de talla, etc., dándole al sitio interés geológico, arqueológico y valor patrimonial (Figura 7).



Figura 7. Vista panorámica del Geositio El Arenal

CAPÍTULO 4. GENERALIDADES DE LOS GEOSITOS INVENTARIADOS

En el trabajo se distinguieron dos áreas de estudio una denominada “Área Arroyo Marincho” donde se encuentra localizado el geosito denominado Arroyo Marincho, y el “Área Lago artificial Paso del Palmar” donde se encuentran localizados a una distancia próxima entre sí los geositos: Bartolomé Hidalgo I, Bartolomé Hidalgo II y El Arenal.

4.1 “Área A° Marincho”

4.1.1 Localización geográfica

El área de estudio donde está el geosito A° Marincho del Geoparque Mundial UNESCO Grutas del Palacio, se ubica en una cantera abandonada al NE de la localidad de Marincho y SW de Andresito, en el Departamento de Flores (figura 1). Se accede allí por la Ruta N° 3 en el km 233, aproximadamente. Dicha área corresponde a las fotografías aéreas del Servicio Geográfico Militar a escala 1:20.000 números: 56-130, 56-128. Esta área se localiza en la hoja topográfica Paso del Puerto, quedando delimitada por la poligonal cuyos vértices corresponden a las coordenadas UTM: x=488763 e y=6329356; x=492775 e y=6329361; x=488764 e y=6321609; x=492817 e y=6321609. (Figura 8).

4.1.2 Hidrología

La red de drenaje en esta área está representada por el A° Marincho como curso de agua principal, el A° Blanquillo y la cañada Sarandí, los que drenan sus aguas hacia el Este, teniendo sus niveles de base en el Río Yí, que hace parte de la cuenca del Lago artificial Paso del Palmar. La dirección de escurrimiento es controlada por las litologías pertenecientes a los altos topográficos cretácicos de la Formación Mercedes al Oeste del área de estudio (Figura 9) y parcialmente en el Sur por el control estructural que ejercen las rocas plutónicas paleoproterozoicas, que intruyen la Formación Arroyo Grande. Por eso, puede caracterizarse el diseño como de tipo subdendrítico. (Figura 8).

4.1.3 Vías de acceso

El área de estudio y en particular el geosito tienen una excelente accesibilidad en toda época del año, debido a que se encuentra sobre la Ruta Nacional N° 3 y al Oeste por la Ruta 14 (Figura 8).

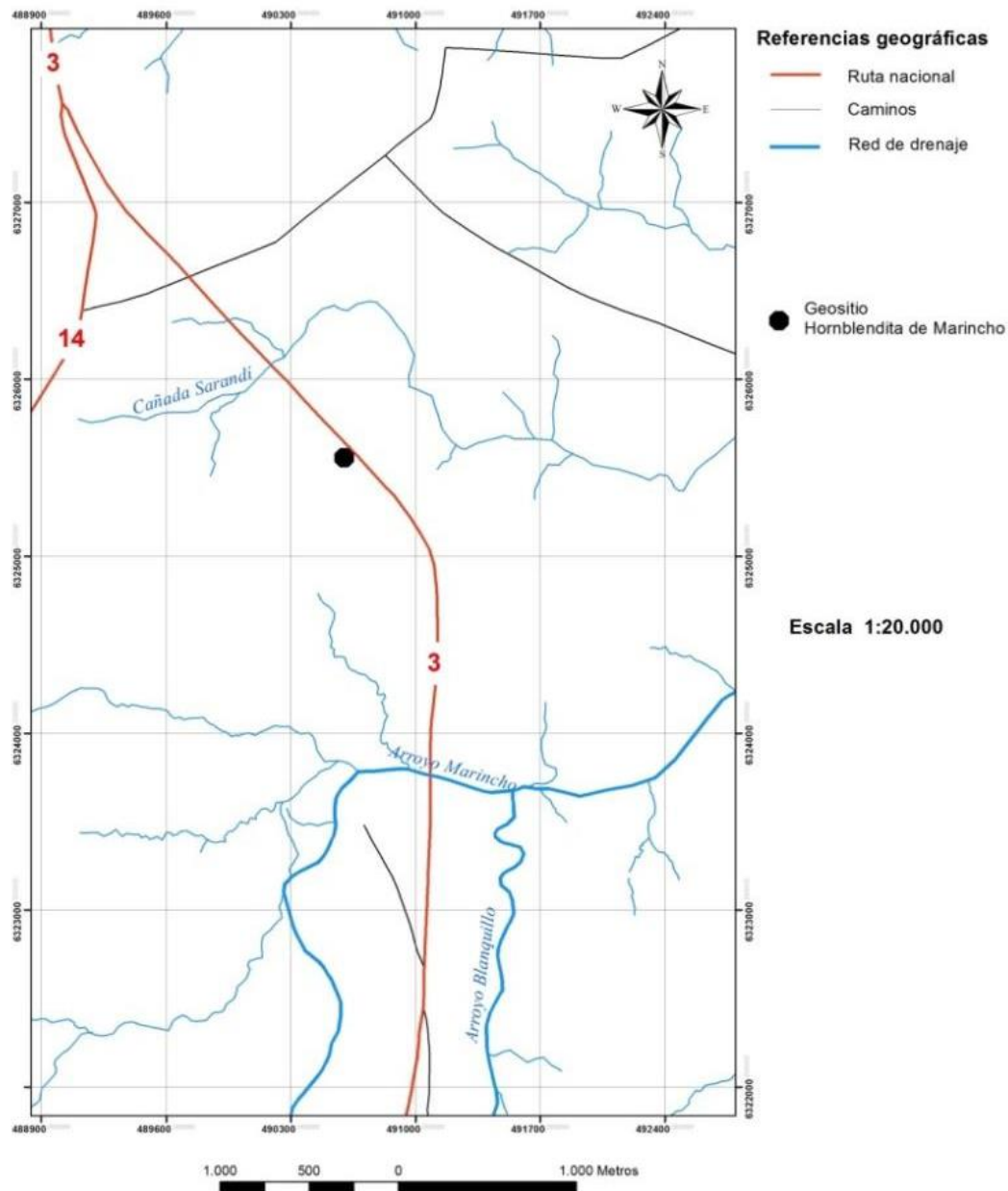


Figura 8. Ubicación, caminería y red de drenaje del “Área Arroyo Marincho – Modificado Visualizador RENARE (<http://web.renare.gub.uy/sl/vrenare/>)

4.1.4 Suelos

En relación a los tipos de suelos, los grupos CONEAT que dominan en el área son: 5.02b, 10.3, 10.4, 9.4 y 5.4 (Figura 9).

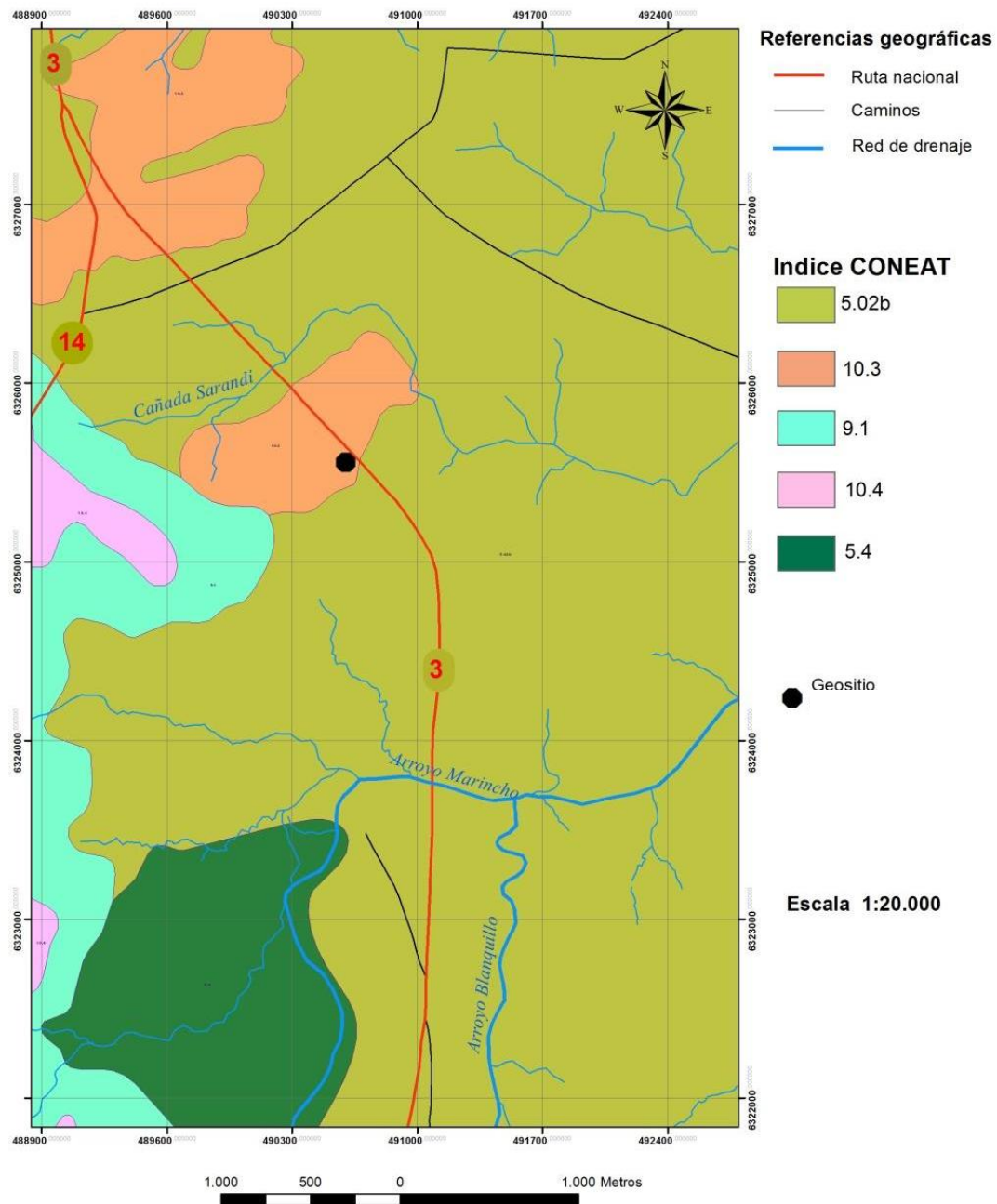


Figura 9. Mapa suelos CONEAT “Área Arroyo Marincho”. Modificado de CONEAT / Visualizador RENARE
(<http://web.renare.gub.uy/sl/vrenare/>)

Los 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. El uso es pastoril. Este grupo corresponde a la unidad San Gabriel-Guaycurú en la carta a escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976). Índice de Productividad 88.

Los suelos dominantes **10.3** corresponden a Brunosoles Éutricos Lúvicos (Praderas Pardas muy oscuras medias a máximas), de color negro o pardo muy oscuro, textura franca a franco arcillosa, 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, aunque son frecuentes los cultivos forrajeros en el área correspondiente a la cuenca lechera. Estas áreas se encuentran integradas a las unidades La Carolina e Isla Mala de la carta a escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976).

Los suelos de tipo **10.4** corresponden a Brunosoles Éutricos y Subéutricos Lúvicos (Praderas Pardas máximas), de color pardo grisáceo oscuro, textura franco limosa, fertilidad media y drenaje imperfecto. Asociados en las laderas de mayor pendiente, existen Vertisoles Rúpticos Típicos (Grumosoles) y Brunosoles Éutricos Típicos (Praderas Negras). El uso predominante es pastoril. Este grupo se encuentra integrado a la unidad Paso Palmar en la carta a escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976). Índice de Productividad 118.

Los suelos tipo **9.4** son muy variables, aunque en general mantienen constante la presencia de gravilla. Deben mencionarse como predominantes los Brunosoles Subéutricos Lúvicos, a veces Típicos y Argisoles Subéutricos Típicos (Praderas Pardas máximas). El uso actual de la tierra es variable, dependiendo de la localización de la unidad. Este grupo por razones de escala integra la unidad Kiyú en el Dpto. de Colonia y parte de San José, la unidad Tala Rodríguez en los Dptos. de San José y Canelones y la unidad Libertad en el Dpto. de San José de la carta a escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976). Índice de Productividad 57.

Los suelos tipo **5.4** se desarrollaron de materiales cristalinos, y en parte, de sedimentos limo-arcillosos poco potentes y discontinuos que los recubren. Son moderadamente profundos y superficiales, de texturas francas, 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. Se asocian suelos de diferenciación mínima, de colores muy oscuros, pesados, drenaje imperfecto y fertilidad alta. El uso es pastoril con algunas áreas bajo cultivo. Este grupo quedó integrado en la unidad San Gabriel-Guaycurú en la carta a escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976). Índice de Productividad 114.

4.1.4 Geomorfología

El relieve de la zona se caracteriza por presentar laderas suaves, por lo tanto es caracterizable como suavemente ondulado, así como también algunas áreas de planicies altas que presentan escarpas y zonas planas bajas.

El accidente orográfico de relevancia en la zona es la Cuchilla de Marincho que se localiza al Oeste, con cotas máximas que alcanzan los 90 m. Es común observar grandes afloramientos con forma de bochas haciendo parte del relieve, ocupando hombros y laderas como relictos de la meteorización y posterior erosión formando esas concentraciones que caracterizan un paisaje relictual de *inselbergs*, actualmente con el regolito cubierto por material edáfico formado en los últimos miles de años a expensas de un clima templado.

4.2 “Área Lago artificial Paso del Palmar”

4.2.1 Localización geográfica

El área de estudio donde se sitúan los geositos “Bartolomé Hidalgo I”, “Bartolomé Hidalgo II” y El Arenal; se localiza al Norte de la localidad de Andresito, abarcando parte de los departamentos de Soriano, Flores y Río Negro.

Dicha área corresponde a las fotografías aéreas del Servicio Geográfico Militar a escala 1:20.000 números: 56-187, 56-186, 57-017, 57-015, y pertenece a parte de las hojas topográficas (figura 2) Paso del Puerto (M-20) y Porrúa (M-19). La zona queda delimitada la zona por el polígono cuyos vértices corresponden a las coordenadas UTM: $x=482523$ e $y=6339105$; $x=489421$ e $y=6339085$; $x=482637$ e $y=6332982$; $x=489414$ e $y=6333028$, (Figura 10).

4.2.2 Hidrología

La red de drenaje en el área está representada por el lago artificial Paso del Palmar como principal espejo de agua, el mismo se nutre con los aportes del Río Negro, Río Yí y el Arroyo Grande. El lago de Paso Palmar es un lago artificial formado por la construcción, al Sur, de la Central Hidroeléctrica Constitución (Paso del Palmar) en el año 1982. Como consecuencia de ello quedaron inundadas las zonas cuyas cotas son inferiores a 40 m (Figura 10) y fue necesario trasladar al pueblo Andresito que se localizaba a orillas del Arroyo Grande, a su ubicación actual.

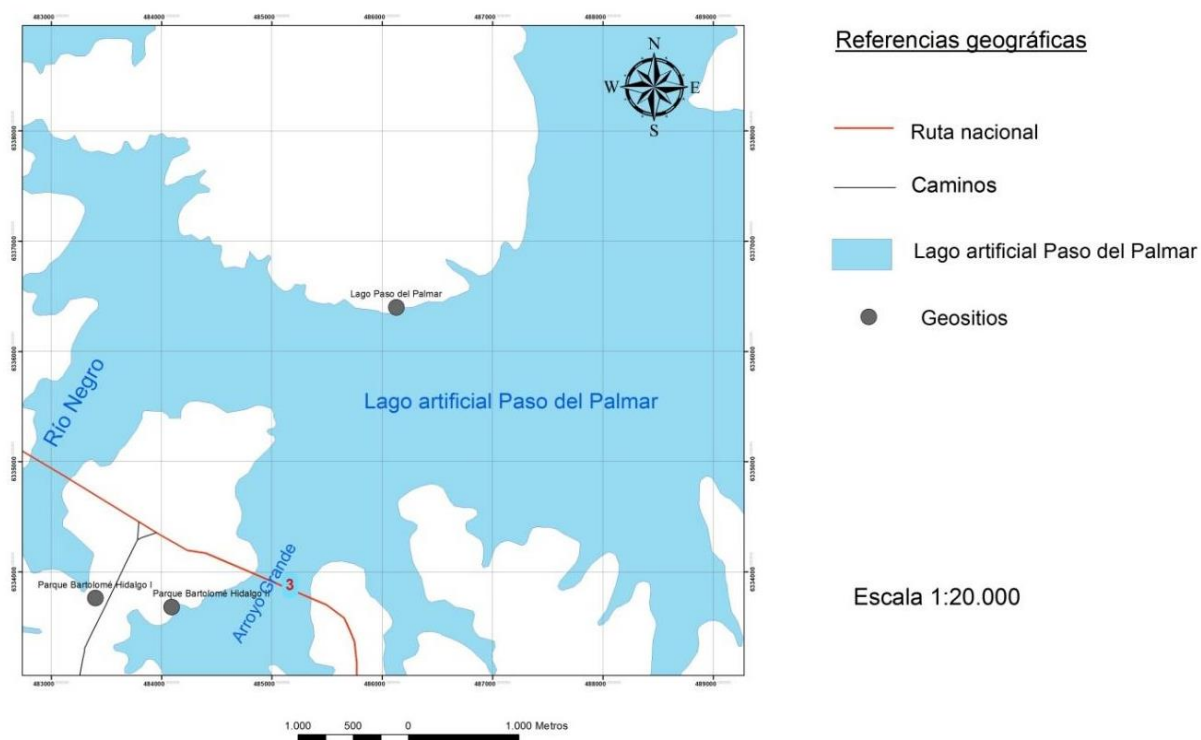


Figura 10. Ubicación, caminería y red de drenaje, del Área Lago atificial Paso del Palmar – modificado Visualizador RENARE (<http://web.renare.gub.uy/sl/vrenare>)

4.2.3 Suelos

En relación a los tipos de suelos, los grupos CONEAT de los suelos que dominan en el área son: 7.1, 5.02a, 10.2, 9.1, 5.02b, 1.21, 1.11b (Figura 11).

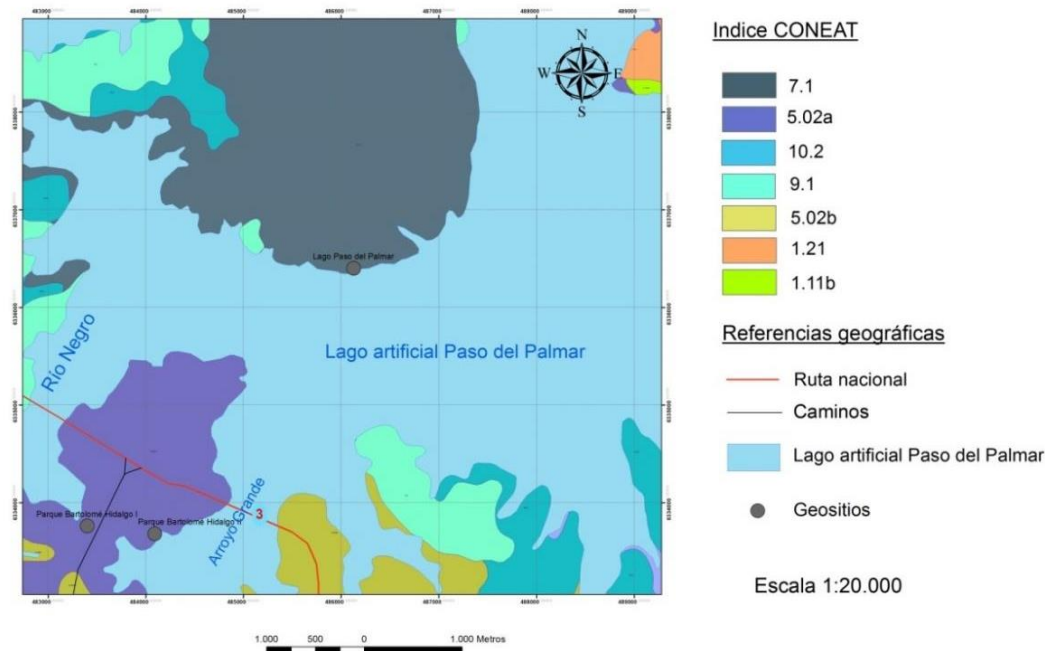


Figura 11. Mapa suelos CONEAT – “Área Lago artificial Paso del Palmar”. Modificado de CONEAT / Visualizador RENARE (<http://web.renare.gub.uy/sl/vrenare/>)

Los suelos **7.1** son Litosoles Éutricos (Subéutricos) Melánicos, muy superficiales, de color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa, fertilidad media y bien drenados, con alto porcentaje de rocosidad, en las partes planas e Inceptisoles Úmbricos/Melánicos (Regosoles) superficiales, de textura franco arenosa, color pardo muy oscuro, fertilidad extremadamente baja y bien drenados, con alto porcentaje de pedregosidad en las laderas. La vegetación es de pradera estival, muy escasa. Este grupo integra la unidad Tres Cerros de la carta a escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976). Índice de Productividad 31.

Los suelos **5.02a** son Inceptisoles Ócricos y Brunosoles Dístricos y Subéutricos Típicos y Lúvicos, de profundidad variable, aunque con predominio de superficiales. El uso es pastoril. Este grupo corresponde a las unidades Yí y Andresito en la carta a escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976). Índice de Productividad 74.

Los suelos **10.2** corresponden a Vertisoles Rúpticos Lúvicos (Grumosoles) y Brunosoles Éutricos y Subéutricos Lúvicos y a veces Típicos (Praderas Negras y Pardas medias), de color gris muy oscuro, textura franco arcillosa, fertilidad alta y moderadamente bien drenados. Predominan las tierras bajo cultivos y rastros. El campo natural tiene pasturas invierno-estivales de alta calidad. Índice de Productividad 166.

Los suelos **9.1** predominantes corresponden a Planosoles Dístricos Ócricos en los interfluvios aplanados y Argisoles Dístricos Ócricos (Praderas Pardas máximas) en las laderas. La vegetación es de pradera estival y el uso, en general, es pastoril aunque existen cultivos estivales y de papa. Este grupo integra la unidad Angostura de la carta a escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976). Índice de Productividad 66.

Los suelos **5.02b** son Brunosoles Subéutricos Hápticos moderadamente profundos y superficiales (Praderas Pardas moderadamente profundas y Regosoles), a los que se asocian Inceptisoles (Litosoles) a veces muy superficiales. El uso es pastoril. Este grupo corresponde a la unidad San Gabriel-Guaycurú en la carta a escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976). Índice de Productividad 88.

Los suelos **1.21** dominantes que ocupan de 50 a 75% de la superficie son: Litosoles Éutricos Melánicos, de colores negros a pardo oscuro y a veces pardo rojizos y rojos (ródicos) y Brunosoles Éutricos Típicos de profundidad moderada, (Praderas Negras mínimas y Regosoles) y superficiales (Regosoles). El uso actual es pastoril, aunque hay algunas zonas dentro de este grupo donde se hace agricultura. Este grupo integra la unidad Curtina de la carta a escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976). Se distribuye en toda la región basáltica, pudiéndose mencionar como zona típica la Ruta 31, en las inmediaciones del Arroyo Valentín Chico. Índice de Productividad 86.

Los suelos **1.11b** son Litosoles Subéutricos (a veces Éutricos) Melánicos, ródicos. Son suelos de uso pastoril con vegetación de pradera invernal de tapiz bajo y ralo, a veces algo abierto (en suelos asociados) con *Baccharis coridifolia* (mío-mío) característico. Este grupo se corresponde con la unidad Cuchilla de Haedo-Paso de los Toros de la carta escala 1:1.000.000 (MGAP, 1976). Se distribuye en toda la región basáltica localizándose fundamentalmente en los alrededores de Paso de los Toros. Índice de Productividad 40.

4.2.3 Geomorfología

El relieve de la zona se caracteriza por presentar laderas suaves y formas suavemente onduladas, cuyas cotas oscilan entre 40 y 60 m. A su vez, se presenta un sistema de terrazas fluviales asociadas al Río Negro, dando planicies bajas.

Ocasionalmente este geosito puede quedar aislado por vía terrestre producto de las precipitaciones y del manejo de la central hidroeléctrica.

CAPÍTULO 5. CONTEXTO GEOLÓGICO

5.1 Antecedentes geológicos de la zona de estudio “Área A° Marincho”

Geológicamente esta zona se sitúa en el Terreno Tectonoestratigráfico Piedra Alta (TPA) de edad Paleoproterozoico (2200-2100 Ma), definido por Bossi et al. (1993). Este terreno aflora en el SW de Uruguay limitado al Este por la Zona de Cizalla Sarandí del Yí (Hartmann et al., 2001) extendiéndose hacia el N y W por debajo de las secuencias sedimentarias y lavas fanerozoicas de la Cuenca Norte. El TPA está constituido por dos cinturones supracorticales desarrollados con rumbo aproximado Este-Oeste, denominados de Norte a Sur: Cinturón Arroyo Grande (Preciozzi et al. 1993) y Cinturón San José (Preciozzi et al., 1991; Oyhançabal et al., 2003, 2007b; Sánchez Bettucci et al., 2010b), compuestos por secuencias volcanosedimentarias de edad paleoproterozoica de bajo grado de metamorfismo y una voluminosa intrusión post-orogénica de tipo TTG.

Entre ambos cinturones se manifiesta una extensa área de granitos, granodioritas, gneises, anfibolitas y migmatitas denominada Faja Florida.

También en el TPA se reconoce la presencia de magmatismo extensional, representado por un haz de diques máficos de composición dolerítica de 1.780 Ma (Bossi y Campal, 1991; Bossi et al. 1993).

5.1.1 Cinturón Arroyo Grande (Paleoproterozoico)

Presente en el área de estudio, en el cinturón Arroyo Grande se encuentran la Formación Arroyo Grande (Ferrando y Fernández, 1971; Fernández y Preciozzi, 1974; Preciozzi et al. 1985) y el Complejo Marincho (Preciozzi, 1989).

5.1.1.1 Formación Arroyo Grande (Paleoproterozoico)

La Formación Arroyo Grande presenta 15 km de ancho y 50 km de longitud, con una dirección aproximadamente N 70° a N 90°.

Es una secuencia volcanosedimentaria supracortical con predominio de rocas detríticas como metarenitas, cuarcitas, metarcosas, metapelitas y metaconglomerados, la misma muestra estructuras sedimentarias preservadas como estratificaciones cruzadas, observación que permitió a Ferrando & Fernández (1971) determinar la base de la secuencia al Norte.

Las rocas metavolcánicas se localizan restringidas a la zona Sur donde se puede observar metabasaltos, meta-andesitas y metadacitas. Estas litologías están afectadas por metamorfismo en facies esquistos verdes a anfibolita inferior (Fernández y Preciozzi, 1974; Preciozzi et al. 1985).

Dataciones U-Pb LA-ICPMS en zircones detríticos dieron como valor 2.1 Ga (Basei et al. 2016) y en una roca metavolcánica edad de 2113 ± 8 Ma U-Pb en zircón, Bossi & Piñeyro (2014), y Bossi & Gaucher (2014).

Los datos U-Pb en zircones para las intrusiones graníticas post orogénicas asociadas a esta unidad oscilan entre 2108 ± 23 Ma y 2076 ± 18 Ma, Bossi & Piñeyro (2014), y Bossi & Gaucher (2014).

5.1.1.2 Complejo Marincho (Paleoproterozoico)

Según Preciozzi (1989) este complejo representa la intrusión más grande que recorta a los metamorfitos de la Formación Arroyo Grande (exposición de afloramientos del orden de los 50 km²).

El complejo se encuentra caracterizado según Preciozzi (1989) por:

- una unidad principal que se expone al Este y Oeste del Complejo respectivamente presentando variaciones texturales y mineralógicas frecuentes, que abarcan desde facies dioríticas hasta monzograníticas, siendo el facies más representativo una granodiorita homblendo-biotítica de color gris;
- una segunda unidad constituida por hornblenditas de texturas variadas (predominando las porfiroides) y granodioritas asociadas que cortan la unidad principal con dirección SW-NE. Éstas presentan relaciones complejas definidas por una íntima anastomosis en las que predominan los términos hornbléndíticos;
- otra unidad constituida por el denominado granito del Sur, de forma ovoidal de dirección EW, concordante con la estructura geológica regional. Se trata de un granito a dos micas en el que predominan las texturas heterogranulares, a veces porfiroides;
- y una unidad representada por un granito leucócrata, homogéneo, de grano grueso, que se emplaza en el flanco oriental de la granodiorita de la unidad principal.

5.1.2 Formación Mercedes (Cretácico Superior)

Unidad caracterizada primero por Lambert (1939; 1940), pero fue Serra (1943, 1945) quien 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.

Bossi (1966) en base al trabajo realizado por Serra (1945) define dos unidades de rango formacional: la Formación Mercedes constituida por una sucesión de areniscas finas a gruesas, de color blancuzco o rosa pálido, de cemento calcáreo y la Formación Ascencio constituida por areniscas finas, blancas, masivas, friables que al tope se vuelven ferrificadas y rojizas. Ford & Gancio (1988) redujeron la Formación Ascencio a las areniscas moteadas y ferrificadas.

Goso (1999) propuso agrupar las litologías de la Formación Mercedes en dos Miembros: Yapeyú compuesto de areniscas finas de color blanco a gris encontrándose de forma subordinada pelitas de color marrón – rojizo; y el Miembro del Chileno compuesto por areniscas muy gruesas y conglomerados de colores blanco grisáceo y rojo amarillento.

El estudio de afloramientos y muestras de perforaciones según Goso (1999), mostró gran diversidad litológica. Por un lado, la integran litologías clásticas, predominantemente areniscas y conglomerados, y por otro, es bastante frecuente la presencia de litologías calcáreas, ferrificadas y silicificadas. Subordinadamente a estas litofacies se exponen litologías pelíticas. Goso & Perea (2004) subsumieron totalmente la Formación Ascencio dentro de la Formación Mercedes.

5.2 Antecedentes geológicos de la zona de estudio “Área Lago artificial Paso del Palmar”

5.2.1 Granito Feliciano (Paleoproterozoico)

Al norte del área de estudio se sitúa el Granito Feliciano (Fernández & Preciozzi, 1974). Se trata de litologías de grano grueso a fino con local desarrollo de esquistosidad EW y con intenso recorte aplítico y pegmatítico. Mineralógicamente se compone de plagioclasas, microclinas y cuarzo con algo de biotita y muscovita. Las texturas muestran una marcada heterogranularidad definida por tabiques cuarzo feldespáticos. La plagioclase (An₁₂₋₁₅) se desarrolla en cristales xeno a subautomorfos, englobando cristales de muscovita (principalmente en el centro), según Preciozzi *et al.* (1985). Las

rocas de esta unidad granítica tienen una edad U-Pb de 2083 ± 22 Ma según la información aportada por L. Ferrando (com. pers.) en Maldonado (2003).

5.2.2 Formación San Gregorio (Carbonífero Superior – Pérmico Inferior)

Según de Santa Ana *et al.* (2006) la Formación San Gregorio está representada por un conjunto de rocas sedimentarias asociadas a condiciones depositacionales glaciogénicas siendo las mismas diamictitas, tillitas, areniscas, pelitas y ritmitas. Localizándose en el borde Sur de la Cuenca Norte

Esta unidad fue reconocida originalmente por White (1908) y siendo Guillemain (1911) quien la define como “Conglomerados de Orleans”. Fueron Caorsi & Goñi (1958) quienes por primera vez introdujeron el término “Conglomerado de San Gregorio” en referencia a la localidad de San Gregorio de Polanco.

Bossi (1966) y Bossi *et al.* (1975) propusieron su agrupamiento en lo que definieron como “Formación San Gregorio–Tres Islas” debido a dificultades para la separación y por lo tanto en el mapeo de las areniscas de la Formación San Gregorio y la Formación Tres Islas. Posteriormente Preciozzi *et al.* (1985) cartografiaron por separado a la Formación San Gregorio de la Formación Tres Islas.

Goso & de Santa Ana (1986), identifican dos ciclos depositacionales: uno inferior, donde predominan diamictitas, conglomerados, areniscas y, secundariamente, pelitas, ritmitas grises, rojos y amarillos, ubicado en el valle del Río Negro y áreas adyacentes; y un ciclo superior, donde predominan pelitas, subordinadamente diamictitas finas y areniscas finas, desarrollado hacia el Noroeste de la cuenca. De Santa Ana (1989) separó esos dos grandes conjuntos en lo que denominó “facies proximales” y “facies distales”. Andreis *et al.* (1993), advirtieron la posibilidad de separar dentro de la Formación San Gregorio a las “secuencias glaciales” (o subglaciales) de las “secuencias glaciomarinas”.

Fue de Santa Ana (2004) quien propuso la división de la Formación San Gregorio en el sentido de Goso (1995), en dos formaciones: San Gregorio y Cerro Pelado.

5.2.3 Formación Arapey (Cretácico Inferior)

Definida por Bossi (1966) como una Formación geológica constituida por una sucesión de derrames de basalto tholeíticos. Posteriormente, Bossi & Schiplov (1998) redefinieron esta unidad como Grupo Arapey, reconociendo seis zonas, de naturaleza geológica diferente y demostrando que cada derrame tiene un comportamiento petrográfico y geoquímico específico. Denominadas como: Los Catalanes, Curtina, Piedra Sola, Paso de los Toros, Tomás Gomensoro e Itapebí.

En la zona de estudio se sitúa el bloque IV Paso de los Toros, según Bossi & Schiplov (1998) corresponde a una unidad litoestratigráfica que reúne más de una decena de derrames basálticos de poco espesor individual, de textura gruesa o porfírica dominante, cuya morfología es poco pronunciada, con pendientes muy suaves y escasos afloramientos.

Los basaltos de la Formación Arapey son derrames que en algunos sectores alcanzan los 1000 m de espesor, se apoyan sobre las areniscas de la Formación Tacuarembó y se interdigitan con éstas y con los niveles conglomerádicos de la unidad La California Muzzio (2003).

Según Muzzio (2003) desde el punto de vista petrográfico estos derrames pertenecientes a la Provincia Paraná han sido considerados como una secuencia composicionalmente homogénea de basaltos tholeíticos. Sin embargo, existen variaciones petrográficas entre los diferentes derrames como variaciones estratigráficas desde el punto de vista químico, no sólo en Uruguay sino también a nivel regional.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

En este Capítulo se presentarán por separado los aspectos geológicos e inventario de cada una de las dos áreas estudiadas.

6.1 Geología descriptiva del “Área Arroyo Marincho”

En base a la fotointerpretación del área y del relevamiento en campo se definieron las siguientes cuatro unidades geológicas:

- Metaconglomerados de la Formación Arroyo Grande.
- Granodiorita del Complejo Marincho.
- Rocas carbonáticas y silicificadas de la Formación Mercedes.
- Aluviones.

6.1.1 Metaconglomerados de la Formación Arroyo Grande (Paleoproterozoico)

Esta unidad aflora al Norte del área de estudio ocupando aproximadamente el 40% de la misma, aflora principalmente en zonas altas, presentando foliación subvertical con rumbo general N80° (Figura 12a), siendo los afloramientos ricos en cuarzo quienes muestran una mejor exposición en campo.

El tamaño de los clastos, que contiene el esqueleto, varía en el entorno de los 10 a 1 cm de diámetro, siendo texturalmente maduros debido a la presencia de aristas redondeadas, los mismos están compuestos principalmente por fragmentos líticos de granito y cuarzo. La matriz es fina a muy fina compuesta principalmente por cuarzo, y micas.

Del análisis con microscopio petrográfico (Figura 13) se desprende que se trata de una roca anisótropa representada por dos dominios. El dominio granoblástico está conformando principalmente por cuarzo 60% y feldespato 15%. El tamaño de los cristales de cuarzo alcanza los tres milímetros, presentando una geometría que va de xenomorfos a subautomorfos y observándose extinción ondulante en la mayoría de los casos. Los feldespatos potásicos en su mayoría presentan macla simple con bordes irregulares, encentrándose parcialmente alterados a sericita. El dominio lepidoblastico está conformado por biotitas 15% y muscovitas 5%. Las biotitas presentan a luz natural pleocroísmo que va de marrón claro a marrón rojizo, subautomorfos, con tamaño de cristales que alcanzan los dos milímetros de largo. La muscovita se presenta en bastones de hasta 1,5 mm, con cristales que van a

automorfos a subautomorfos. En menor proporción se puede encontrar otros minerales como epidoto 3% y opacos 2%.



Figura 12. Formación Arroyo Grande. a) Vista general del afloramiento de metaconglomerados donde se puede observar fracturamientos paralelos subverticales con rumbo N80° b) Vista en planta de afloramiento de metaconglomerado.

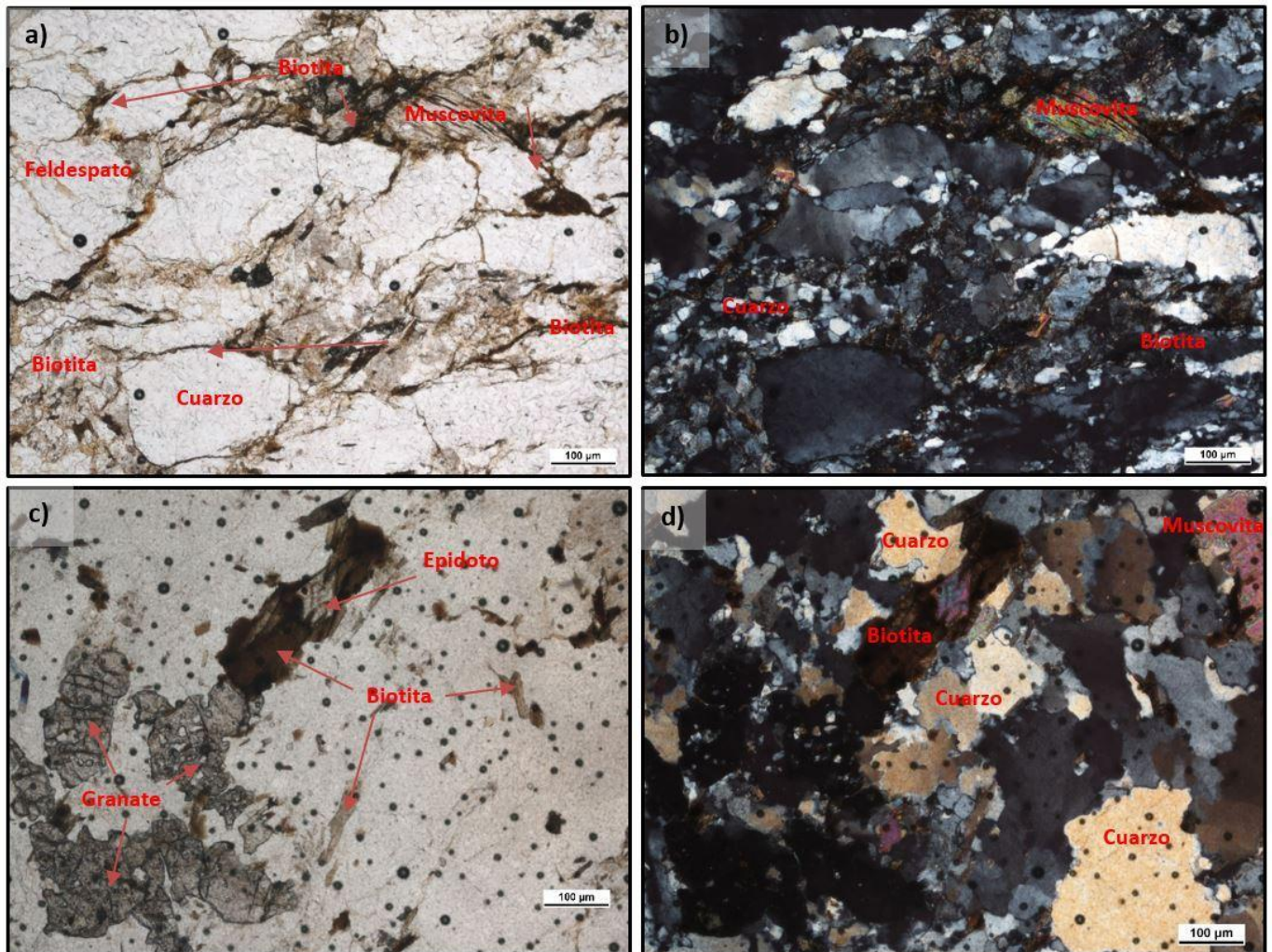


Figura 13. a) Fotomicrografía a luz natural, donde se puede observar la foliación anastomosada de la biotita y feldespato potásico sufriendo alteración a sericita; b) Misma sección que a) pero con luz polarizada donde se puede observar cuarzo y muscovita; c) fotomicrografía a luz natural donde se puede observar granate, biotita y epidoto; d) misma sección que c) pero con luz polarizada donde se puede observar la birrefringencia de la muscovita.

6.1.2 Granodiorita del Complejo Marincho (Paleoproterozoico).

Esta unidad aflora al Centro–Sur del área de estudio, la misma ocupa el 55% del área relevada, expresándose fundamentalmente en afloramientos con forma de bochas.

En el geosito “Arroyo Marincho” (Figura 14) se encuentra la unidad geológica Complejo Marincho, litológicamente caracterizada por ser una granodiorita, que en el geosito, se encuentra recortada por cuatro diques básicos decimétricos cuya dirección es N85. (Figura 14)



Figura 14 Vista general geosito Arroyo Marincho

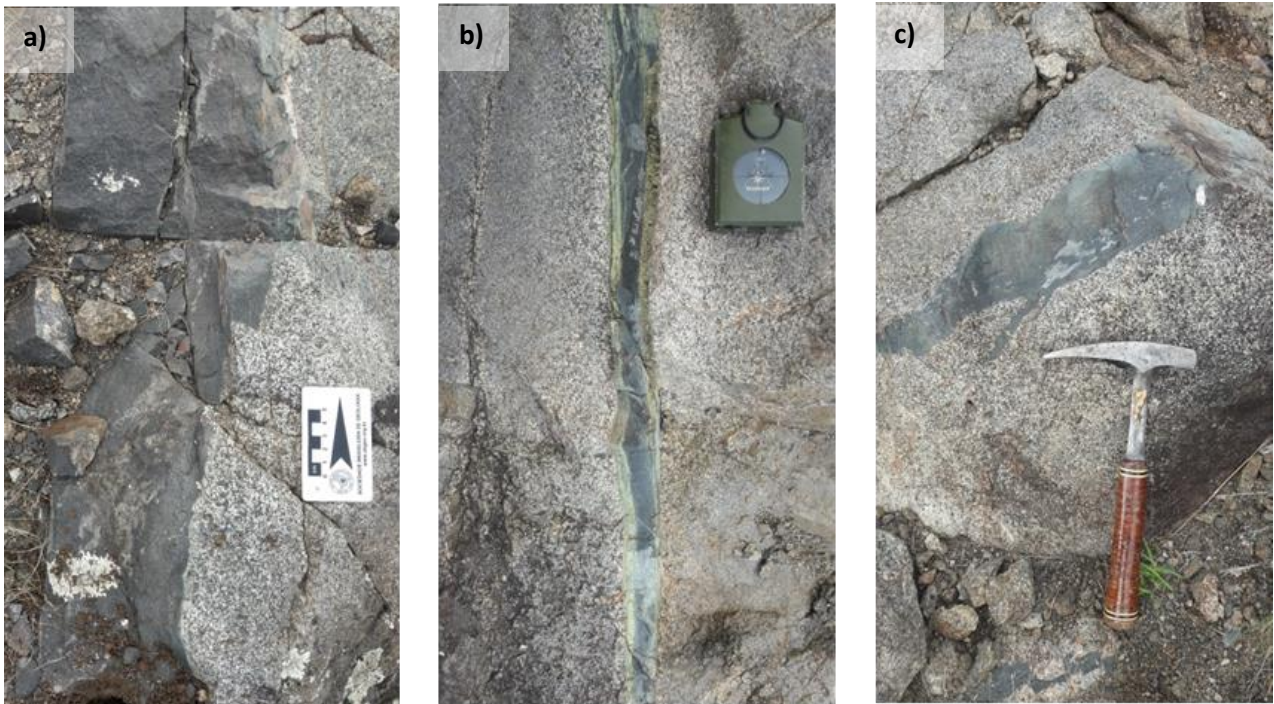


Figura 15. Vistas en detalle de rocas en geositio A° Marincho. a) Contacto dique básico con granodiorita hornblendo biotítica del Complejo Marincho; b) venas rellenas de epidoto; c) Enclave microgranular básico.

Los diques básicos presentan espesores que varían entre 5 a 20 cm de ancho y su largo expuesto en cantera es de 30 m. En relación a ellos, en el geositio se pueden observar diferentes ocurrencias de interés geológico, como enclaves que indican mezcla de magmas (figura 15 c), y venas rellenas de epidoto que sugieren ocurrencia de procesos hidrotermales (figura 15 b).

Observaciones petrográficas realizadas a la roca caja (figura 16 a y b), permitieron identificar que la textura presente en la misma es inequigranular seriada, donde se observan principalmente minerales como plagioclasas, piroxenos, anfíboles y biotitas. Como minerales félsicos, las plagioclasas, siendo del tipo andesina, se encuentran en una abundancia del 40%, las mismas son de geometría subautomorfa, con dimensiones que alcanzan los 2 mm de largo, presentan macla polisintética, observándose en ellas procesos de sericitización. El cuarzo se encuentra en una abundancia del 15%, de aspecto xenomorfo, con dimensiones de hasta 1,5 mm, observándose extinción ondulante. El feldespato potásico representado por ortoclasa se encuentra en proporción menor al 2%, con dimensiones de hasta 4 mm, presentando una geometría subautomorfa. Como minerales maficos se observa, clinopiroxenos en una abundancia de 20%, los mismos presentan procesos de urilitización en los bordes. La biotita se presenta en cristales de gran tamaño alcanzando hasta 4mm de largo, la

misma es pleocroica variando su coloración de pardo rojiza a marrón claro, presentando una abundancia de 20%. El clinoanfíbol se encuentra en una proporción de 2%, presentando geometría subautomorfa. La presencia de opacos en la lámina se encuentra en una abundancia del 2%.

Observaciones realizadas con microscopio petrográfico en los diques básicos figura (16 c y d), permitieron identificar que en los mismos se presenta una textura inequigranular seriada, siendo los minerales principalmente observados anfíbol y cuarzo. Los clinoanfíboles son del tipo hornblenda y se encuentran en una abundancia del 40%, presentan una geometría automorfa de hasta 2mm de largo. El cuarzo presenta una abundancia del 30 %, geométricamente xenomorfos con tamaños que no superan los 0,5 mm. Las plagioclasas se encuentran en una abundancia del 30% presentando geometría automorfa con cristales que no superan 1,5 mm de largo.

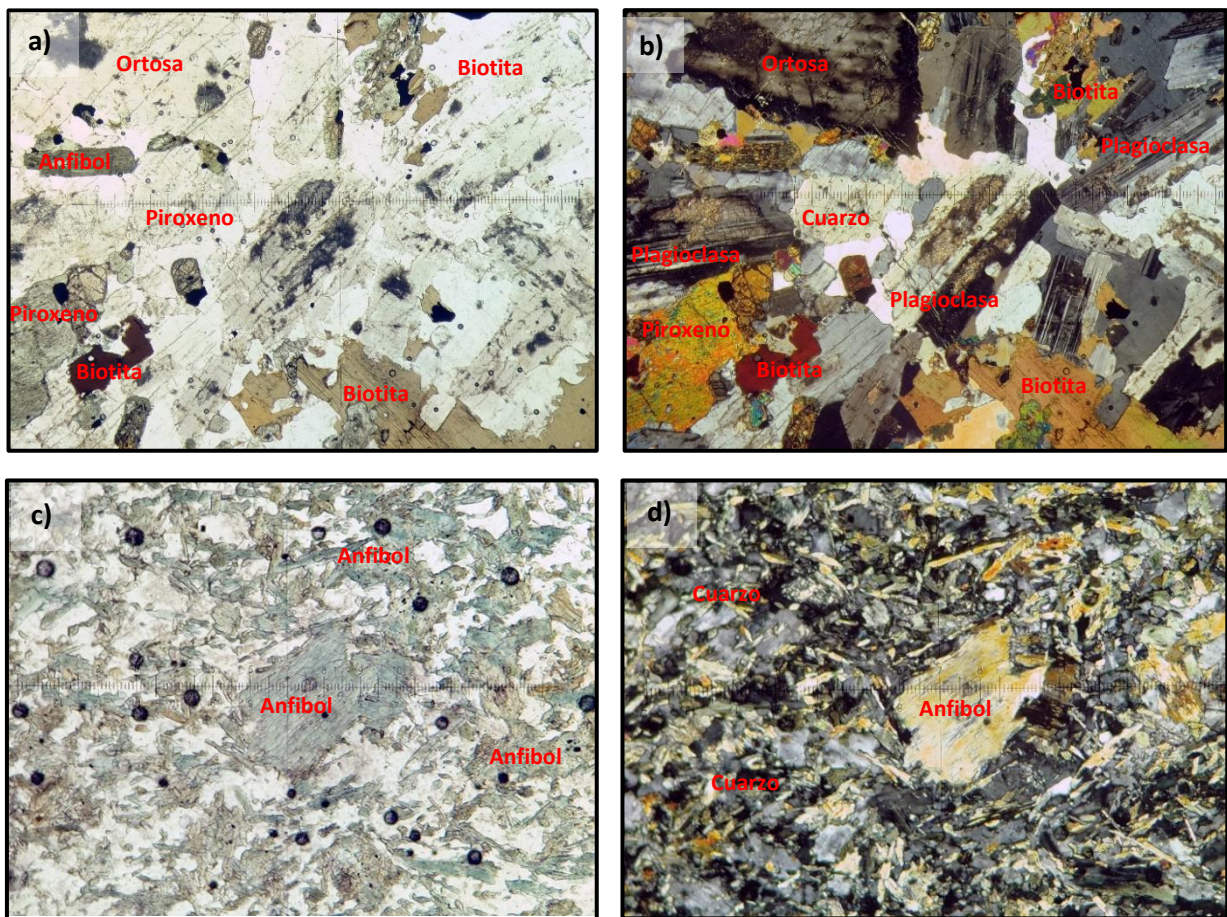


Figura 16. a) Fotomicrografía a luz natural, donde se puede observar la textura inequigranular seriada de la roca caja y al feldespato potásico sufriendo alteración a sericita; b) misma sección que a) pero con luz polarizada donde se puede observar plagioclasea del tipo andesina y cuarzo con extinción onulante; c) fotomicrografía a luz natural de dique básico, donde se puede observar la abundancia de clinoanfíbol; d) misma sección que c) pero con luz polarizada donde se aprecia la abundancia de cuarzo.

6.1.3 Rocas calcáreas de la Fm. Mercedes (Cretácico Superior)

Pudieron ser reconocidas y mapeadas al Suroeste del área de estudio un conjunto de rocas sedimentarias mixtas, enriquecidas en carbonatos, consolidadas, de colores blancos en diferentes tonalidades y relativamente masivas. Ocupan cotas altimétricas que oscilan entre 90 y 75 m. Ocasionalmente exponen escarpes de erosión, cuando ocupan las partes altas del relieve, resultando en un paisaje de tipo mesetiforme (figura 24, a).

Su origen es ortoquímico, presentan fango calcáreo (90%) por lo que se pueden definir como rocas calcáreas, con textura fango sostén. Presentan en sus componentes detríticos granulometrías en el entorno de los 0,5 a 1,8 cm. Estos granos están unidos por cemento micrítico, en su componente aloquímico se observa la presencia de cuarzo y fragmentos líticos en una proporción en torno al 10% (figura 24,b).

Por lo tanto, se tratan de calcarenitas y ruditas carbonáticas con muy buena porosidad y permeabilidad.

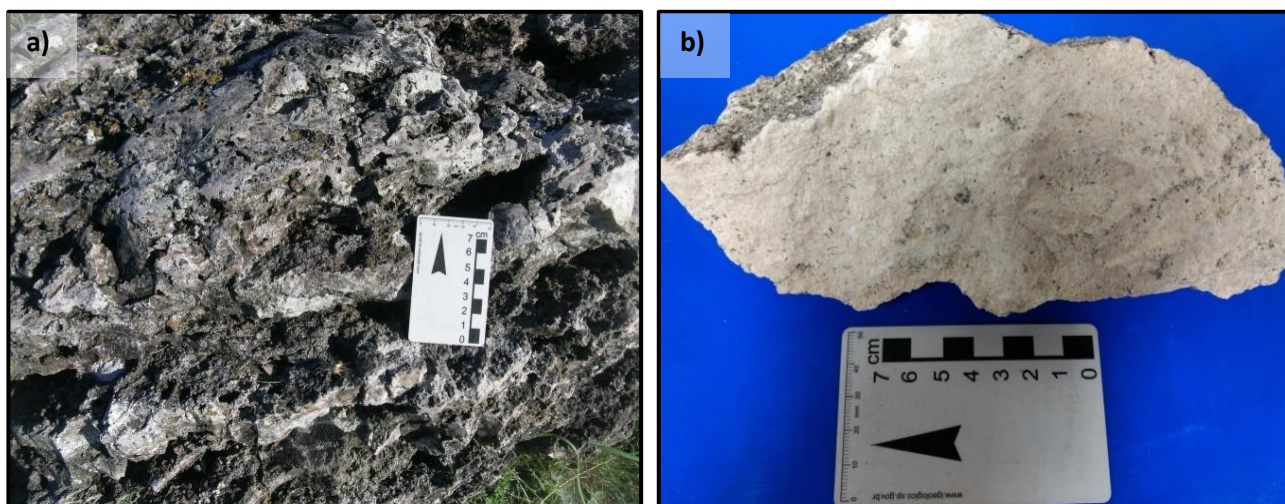


Figura 17. Vista en detalle de muestras de la Formación Mercedes. a) Vista en planta de afloramiento de ruditas carbonáticas; b) Detalle de muestra de mano de calcarenita donde se puede apreciar su textura fango sostén.

6.1.4 Aluviones (Holoceno)

Asociados a la red de drenaje y ocupando las menores cotas de la zona estudiada, se incluyen bajo esta denominación a los depósitos aluviales constituidos principalmente por gravas y arenas, así como subordinadamente por limos y arcillas. Fundamentalmente se los puede encontrar relacionados con la planicie de los arroyos Marincho y Blanquillo, así como en la cañada Sarandí.

Son el resultado de la erosión y sedimentación fluvial ocasionada aguas arriba, que luego de sufrir transporte por las corrientes son depositados sobre los cauces y planicies de las principales escorrentías. Estos depósitos son posiblemente holocenos y subactuales.

6.2 Geología descriptiva del “Área Lago artificial Paso del Palmar”

En base a la fotointerpretación del área y del relevamiento en campo se definieron las siguientes cuatro unidades geológicas:

- Granitos de la Faja Feliciano.
- Areniscas, conglomerados y pelitas de la Formación San Gregorio.
- Basaltos de la Formación Arapey.
- Depósitos de coluvión y aluvión.

6.2.1 Granito de la Faja Feliciano (Paleoproterozoico)

El Granito de la Faja Feliciano es la litología que aflora al Sur del área de estudio, expresándose este macizo plutónico en afloramientos con forma de bochas fundamentalmente. En observaciones realizadas en muestras de mano se trata de rocas holocristalinas, de color gris, y textura gruesa, fanerítica, inequigranular porfirítica, de composición ácida y leucócrata.

Observaciones realizadas en microscopio petrográfico permitieron identificar que los minerales presentes son cuarzo, feldespato potásico y micas del tipo biotita. El cuarzo se encuentra en un abundancia de 45%, con geometría xenomorfa, extinción ondulante y tamaño de grano que llega hasta los 3 mm. El Feldespato potásico 25%, se encuentra en sus dos variedades ortosa y microclina, desarrollando grandes cristales que llegan hasta los 10mm. La Biotita 20%, presenta cristales subautomorfos, con tamaño de cristal que llega hasta los 2mm, se aprecia en las mismas inclusiones

de apatito. Las Plagioclasas se encuentran en una abundancia de 5%, desarrollando cristales pequeños, subautomorfos, con macla polisintética. Los opacos se encuentran en menor proporción presentando una abundancia del 5%.

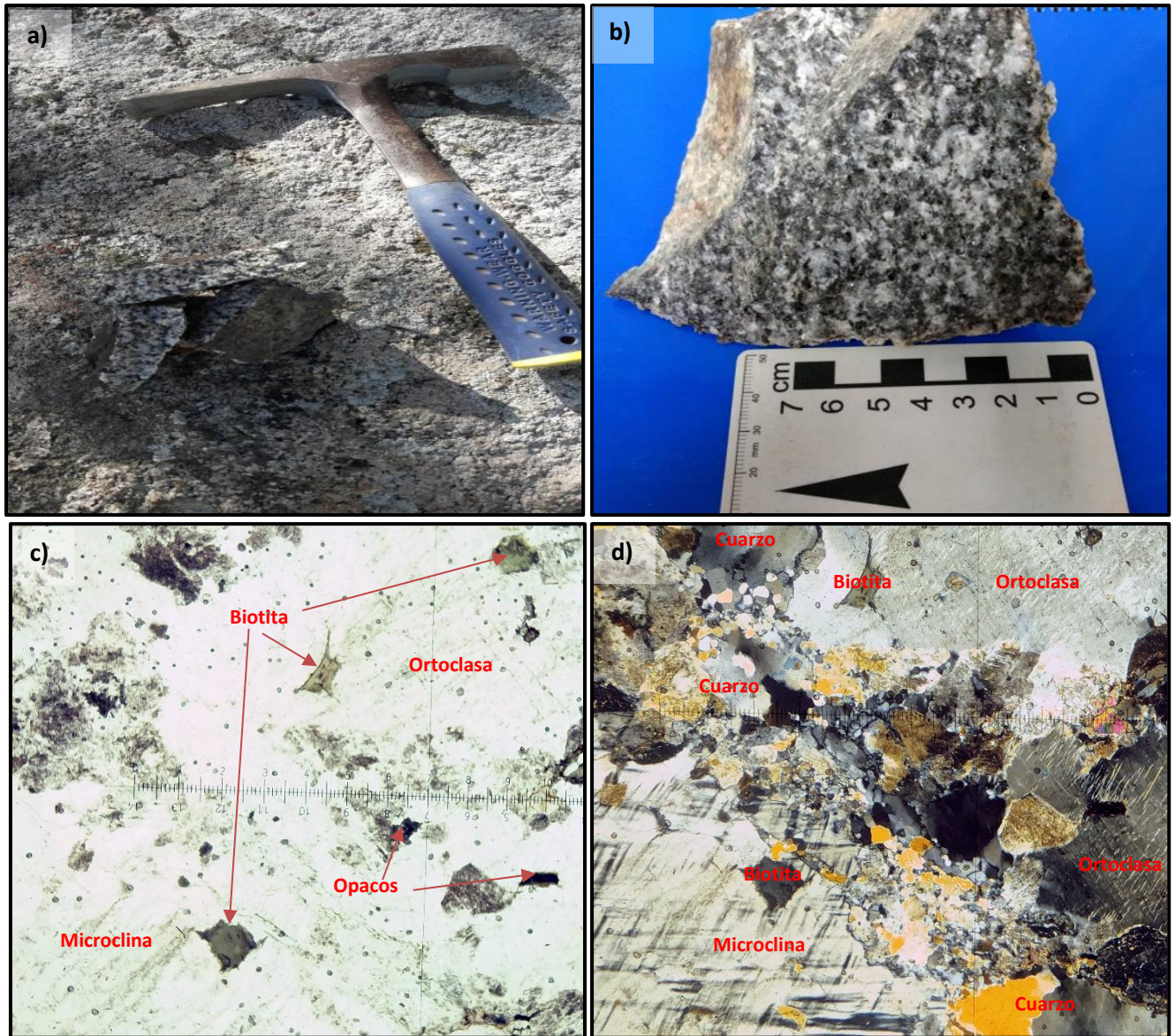


Figura 18. a) Vista detalle de aforamiento de granito; b) Muestra de mano de roca granítica, en la misma se puede apreciar la textura inequigranular profirítica siendo los minerales de feldespato potásico quienes presentan mayor tamaño; c) Fotomicrografía a luz natural, donde se puede observar procesos de sericitización en los feldespatos potásicos, y minerales maficos como biotitas y opacos. ; d) Fotomicrografía en luz polarizada, donde se puede apreciar la presencia de microclina, cuarzo y pertitas en ortoclasas.

6.2.2 Areniscas, conglomerados y pelitas de la Formación San Gregorio (Carbonífero Superior – Pérmico Inferior)

Esta unidad abarca aproximadamente un 50 % del área de estudio, siendo la unidad presente en los geositios Bratolomé Hidalgo I y II. Las areniscas, presentes en el geositio Bartolomé Hidalgo I, presentan granulometría de media a gruesa con matriz de arena fina (Figura 26), de color naranja pálido y con algunas manchas blancas. El tamaño de los clastos que conforma el esqueleto se encuentra en el entorno de los 0,8 a 0,25 mm, y el de la matriz se encuentra en el entorno de los 0,2 mm presentando una abundancia del 10%. Los clastos más gruesos son bien redondeados a subredondeados, siendo la esfericidad sub-prismáticos. Se trata de rocas porosas y permeables, maduras y con un buen grado de selección. Composicionalmente está constituida por cuarzo, feldespatos, y fragmentos líticos con abundancia relativa de 95%, 3% y 2%, respectivamente. Presentan, escaso cemento de óxido de hierro, el mismo se encuentra entorno al 5% dando como resultado que la roca sea poco consolidada. Por tanto, por estos atributos se la puede clasificar (figura27) como cuarzoarenita (Folk *et al.*, 1970).

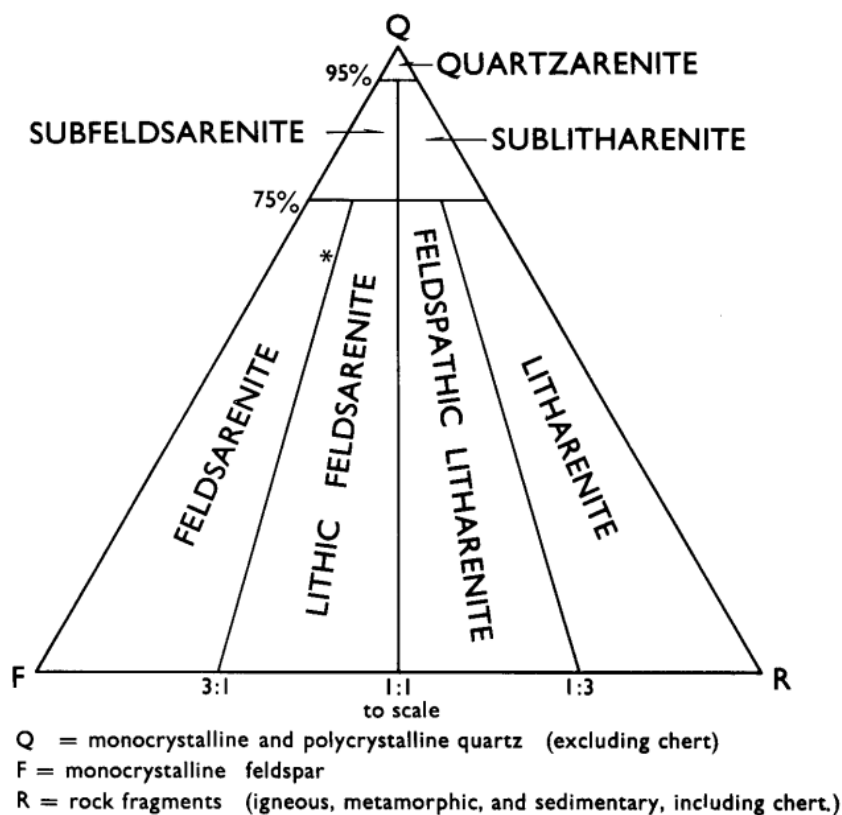


Figura 19. Modificado de Folk *et al.*, 1970, donde se representa la clasificación de las areniscas de la Formación San Gregorio como cuarzoarenita.

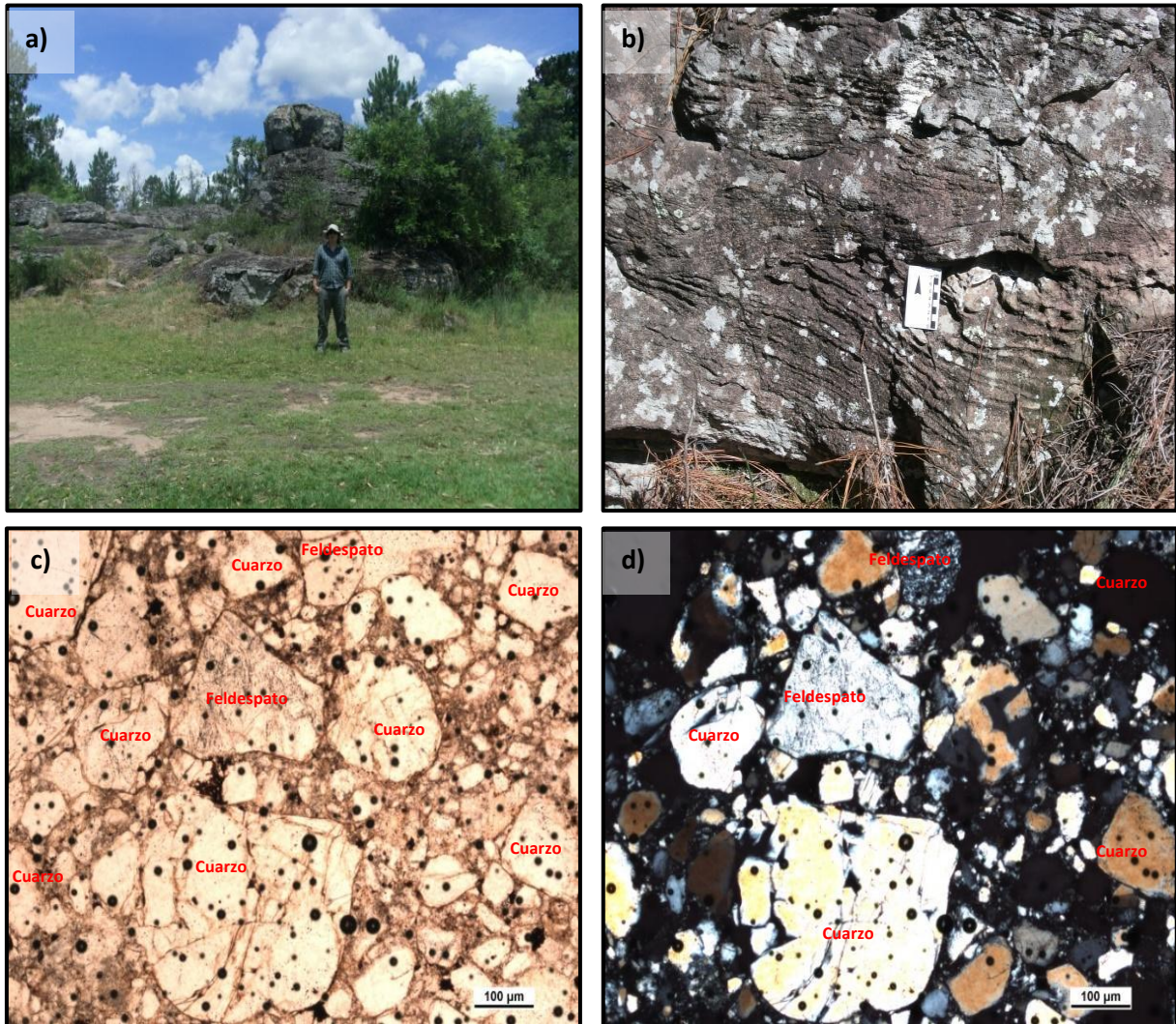


Figura 20. Vistas en detalle de areniscas de la Formación San Gregorio. a) Vista del afloramiento en donde se levantó perfil sedimentario correspondiente al geosito Bartolomé hidalgo I; b) Estratificaciones cruzadas de bajo ángulo y estratificación plano paralela en areniscas del geosito Bartolomé hidalgo I; c) Microfotometria de areniscas del geosito Bartolomé Hidalgo I a luz natural; d) Microfotografía con luz polarizada.

En la zona del “Lagarto de Piedra” en el geosito Bartolomé Hidalgo I se levantó el perfil estratigráfico que se presenta en la Figura 21.

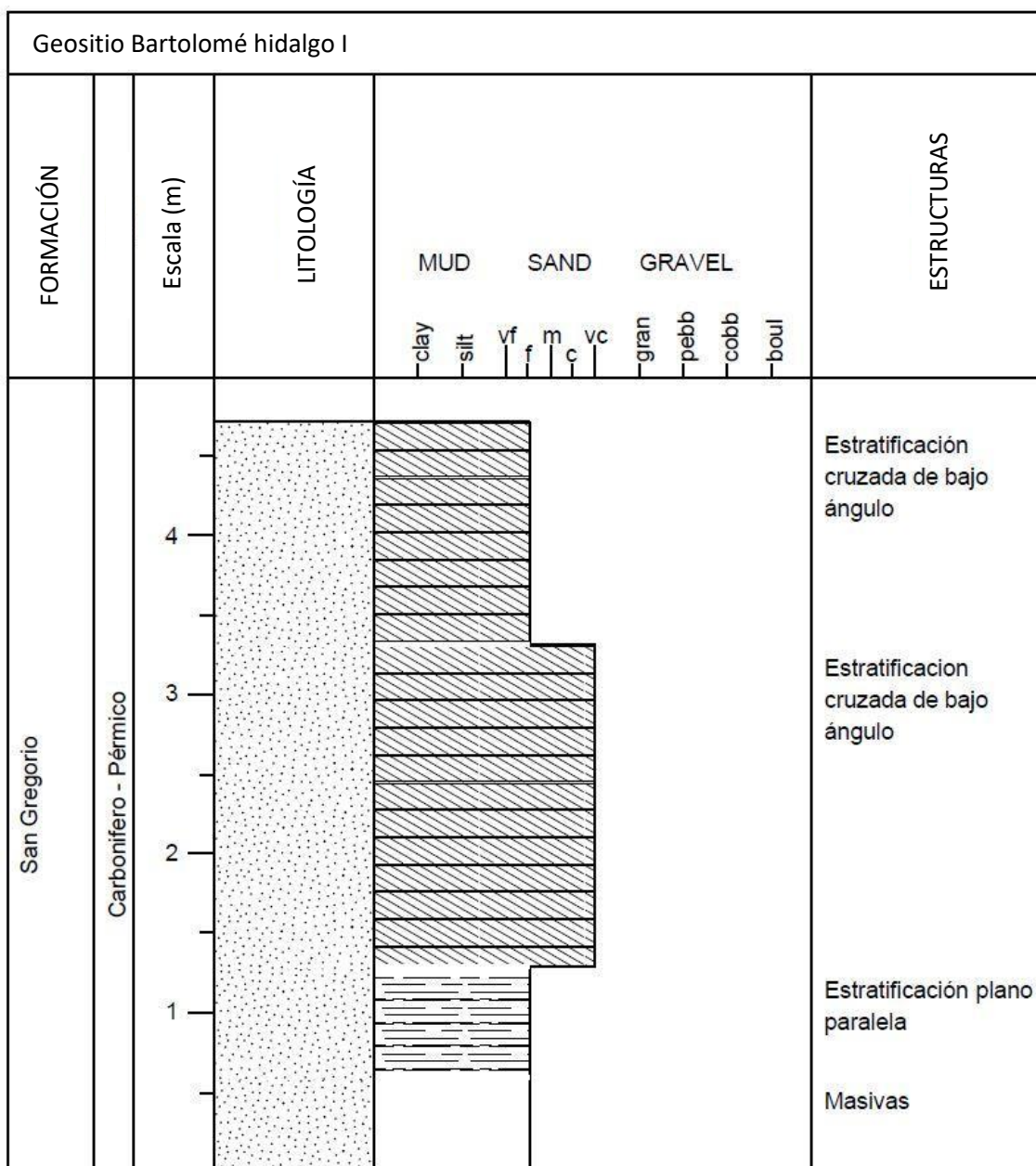


Figura 21. Perfil tipo Selley de areniscas de la Formación San Gregorio, geosito Bartolomé Hidalgo I.

En el geosito Bartolomé Hidalgo II se encuentra mayor variabilidad litológica que en el geosito Bartolomé Hidalgo I, en el mismo se pueden observar conglomerados polimícticos poco consolidados en los que se puede distinguir esqueleto, matriz y cemento en una abundancia relativa de 15%, 85% y 10 % respectivamente. El esqueleto está compuesto por fragmentos líticos, principalmente de granitos, areniscas y pelitas, presentando tamaños que varían entre los 8 a 3 cm de diámetro. La matriz está compuesta por una arena fina rojiza, de composición cuarzosa, siendo los clastos presentes subredondeados y de alta esfericidad. El cemento presente en dichos conglomerados es de óxido de

hierro. Como estructuras sedimentarias podemos encontrar estratos macizos y en ocasiones estratificación cruzada gruesa.

Otras litologías observables son pelitas masivas de tonalidades que varían desde amarillas hasta violáceas y areniscas de variadas granulometrías castañas.

Allí, se levantó un perfil estratigráfico (Figura 23) y se realizó un corte en sentido SW – NE, donde se muestra la estructura geológica de ese afloramiento (Figura 24). Esta secuencia se presenta buzando entre 50° a subvertical al NE.



Figura 22. a) Vista panorámica del geositio Bartolomé Hidalgo I; b) Conglomerado polimíctico masivo; c) Conglomerado polimíctico estratificado; d) Areniscas castañas con laminación cruzada tipo ripple.

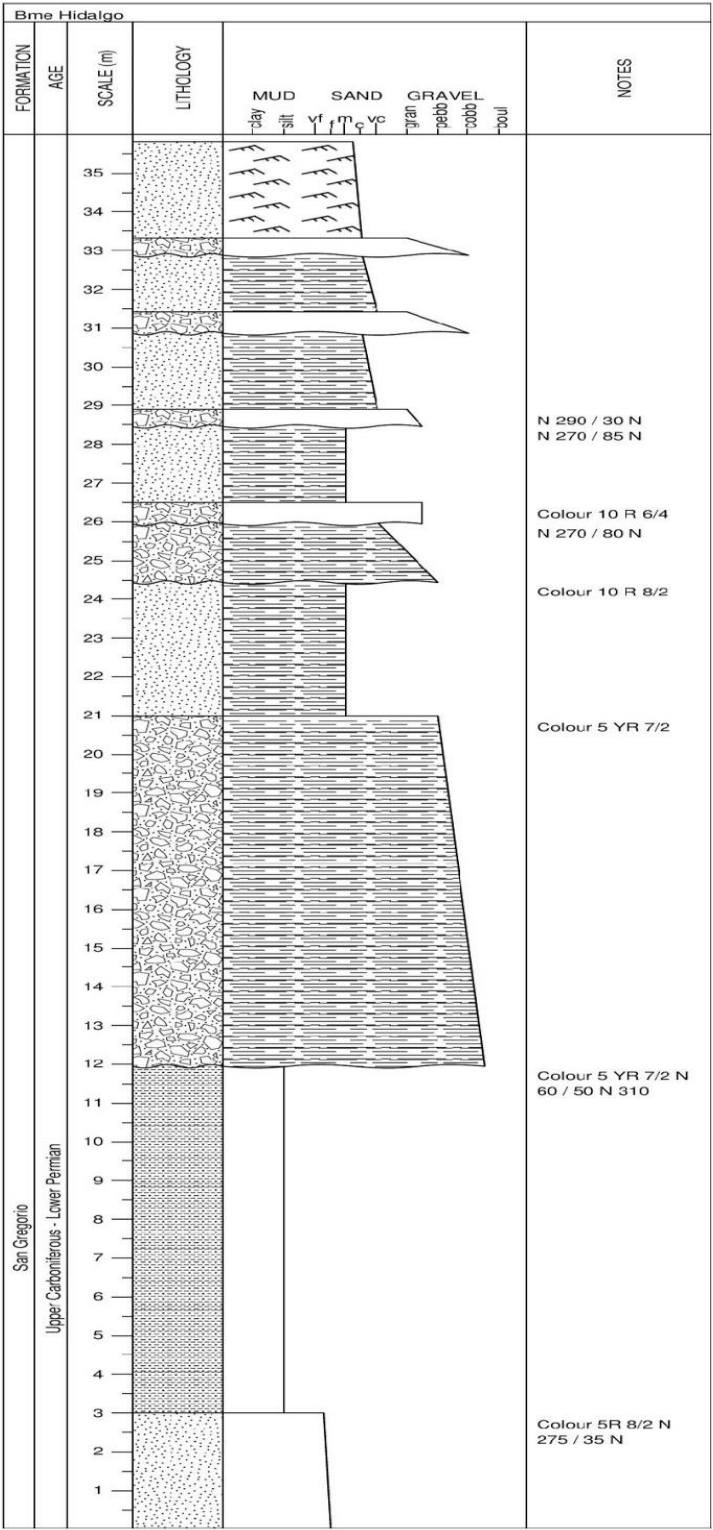


Figura 23. Perfil estratigráfico de la Formación San Gregorio, Geositio Bartolomé Hidalgo II.

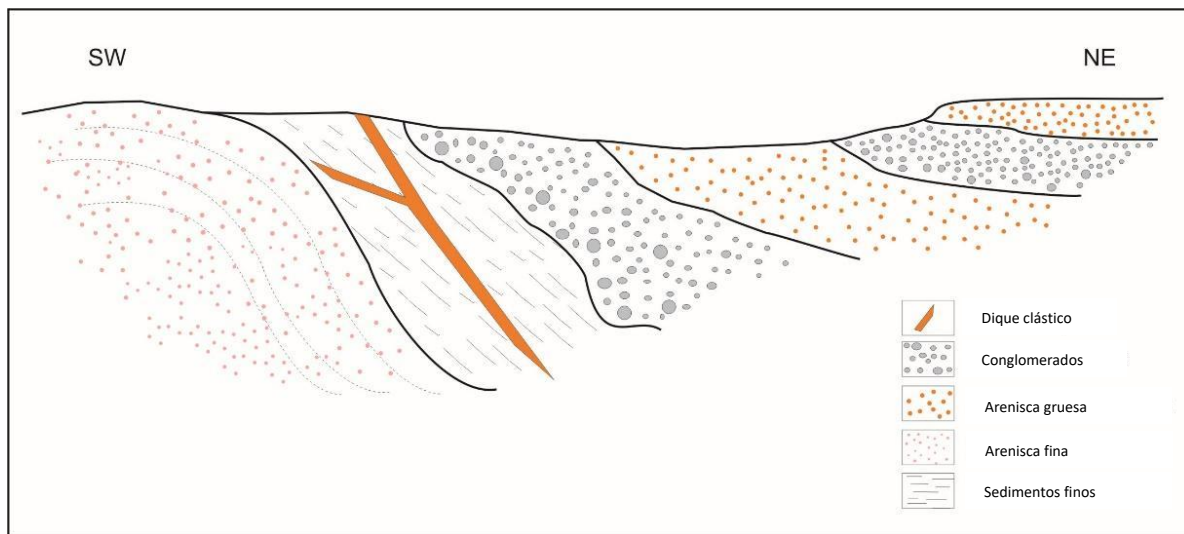


Figura 24. Croquis geológico de la Formación San Gregorio, en el Geosito Bartolomé Hidalgo II (sin escala).

6.2.3 Basaltos de la Formación Arapey (Cretácico Inferior)

Los basaltos de la Formación Arapey ocupan el sector Norte del área de estudio, estratigráficamente, en el área de estudio, los mismos cubren la Formación San Gregorio y el basamento proterozoico. En observaciones realizadas en una cantera abandonada, utilizada como suministro de material para uso vial, se describió a los basaltos como rocas con minerales máficos, de color oscuro, de textura afanítica, ocasionalmente con presencia de pequeñas amígdalas rellenas de calcedonia y ceolita. No se pudo confeccionar lámina delgada para realizar descripción petrográfica debido al alto grado de alteración que sufría la roca (Figura 25).

En cantera se levantó perfil estratigráfico (figura 26) de unos 5m de potencia, de base a tope se puede distinguir una brecha volcánica de color gris que pasa a un basalto vacuolar gris, donde se constata pequeñas vacuolas rellenas de calcedonia y ceolita (figura 25 b), al tope se puede apreciar un basalto lajoso, de color gris, con fracturas verticales que presentan rumbo N90–120.(Figura 25 c)



Figura 25. a) Vista panorámica cantera de basaltos de la Formación Arapey; b) Vista detalle separación basalto amigdaloides (inferior), basalto lajoso (superior); c) Vista en detalle basalto lajoso

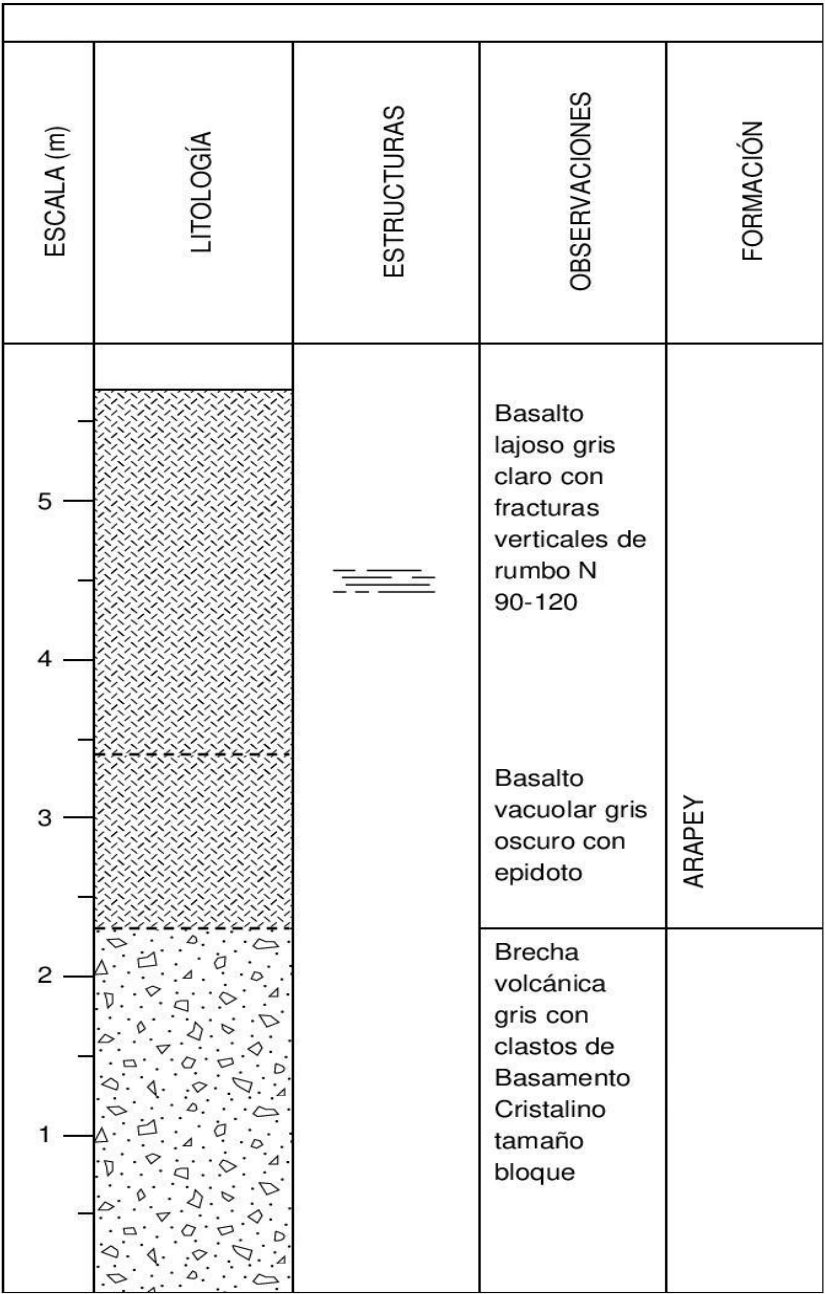


Figura 26. Perfil de colada basáltica expuesta en cantera abandonada próximo al contacto con el basamento proterozoico.

6.2.4 Depósitos coluvionales y aluviales (Cuaternario)

6.2.4.1 Depósitos coluvionales

Estas unidades son comunes en las laderas medias, se originan a partir del desprendimiento de rocas de litologías que se encuentran o encontraron en cotas más altas.

En el área de estudio los coluviones (Figura 27 a) están constituidos por fragmentos de materiales heterogéneos, principalmente variedades de cuarzo. Siendo ellos subredondeados a redondeados, con tamaños que oscilan entre los 7 y 4 cm de diámetro, encontrándose los mismos inmersos sin un orden aparente en una matriz pelítica de color gris (Figura 34 c)

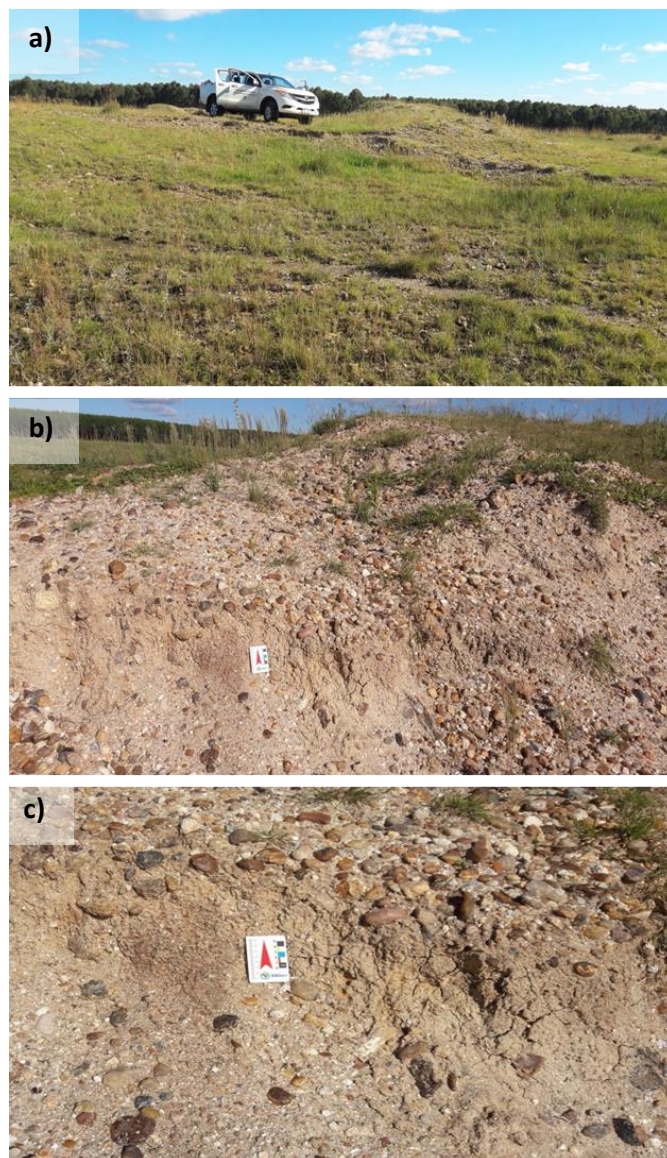


Figura 27. a) Vista panorámica de los depósitos coluvionales; b) y c) Vista en detalle de gravas coluvionales.

6.2.4.2 Depósitos aluvionares y eólicos

En el área se observan depósitos aluvionares constituidos por sedimentos arenosos en las márgenes del Lago artificial Paso del Palmar. Estos depósitos cuaternarios son producto de la acción fluvial del Río Negro, siendo los mismos pertenecientes a un depósito de barra en punta de río meandriforme (Figura 35).

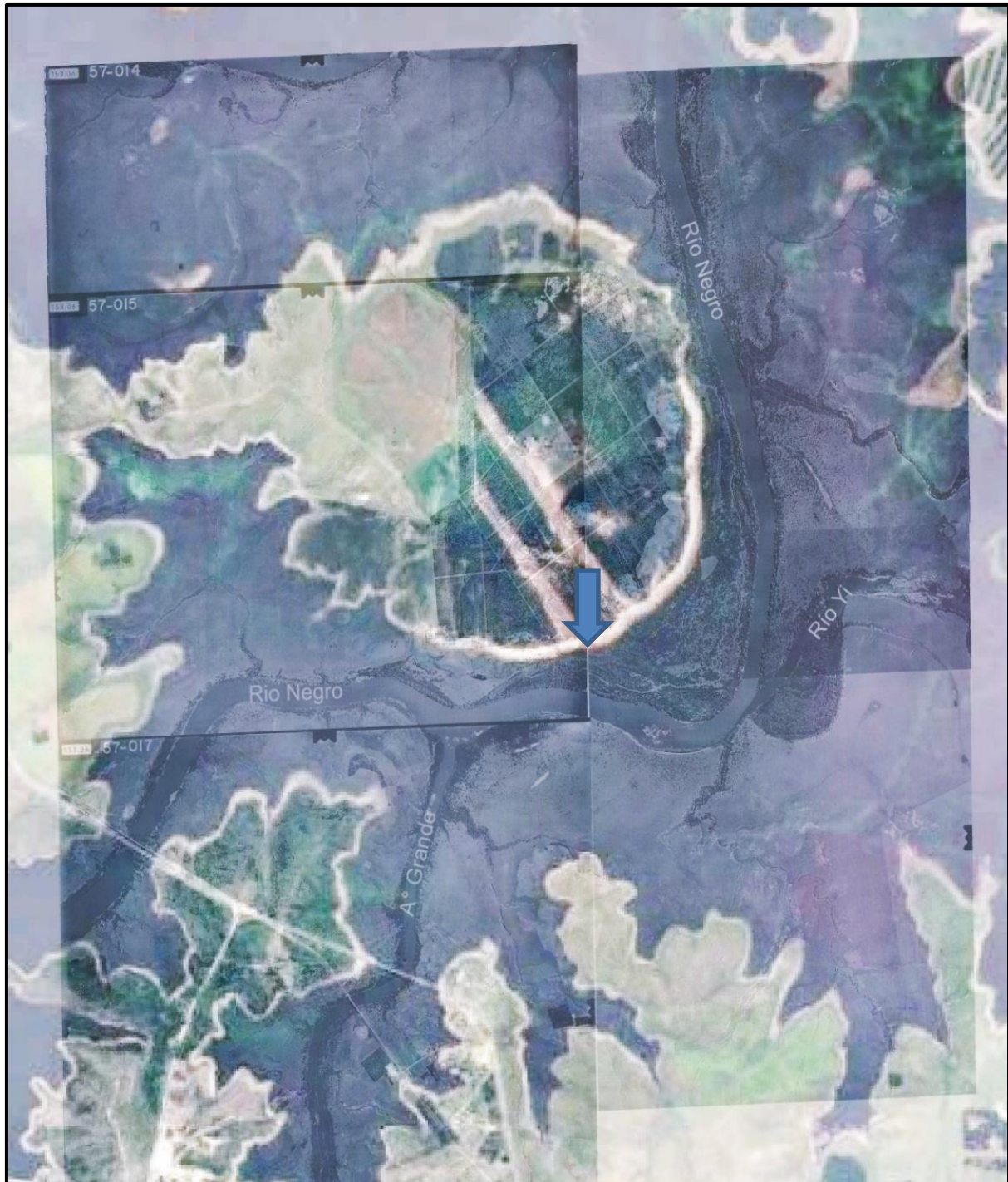


Figura 28. Fotomosaico del Área Lago artificial Paso del Palmar antes de la inundación de 1982, el mismo fue realizado mediante la superposición de fotos aéreas del Servicio Geológico Militar e imágenes satelitales recientes tomadas de Google Earth. La flecha indica la ubicación del geosito El Arenal.

En el Geositio El Arenal (Figura 36), donde se encuentran estos sedimentos se realizó un perfil estratigráfico (Figura 37) y se tomaron muestras para la realización de ensayo granulométrico.

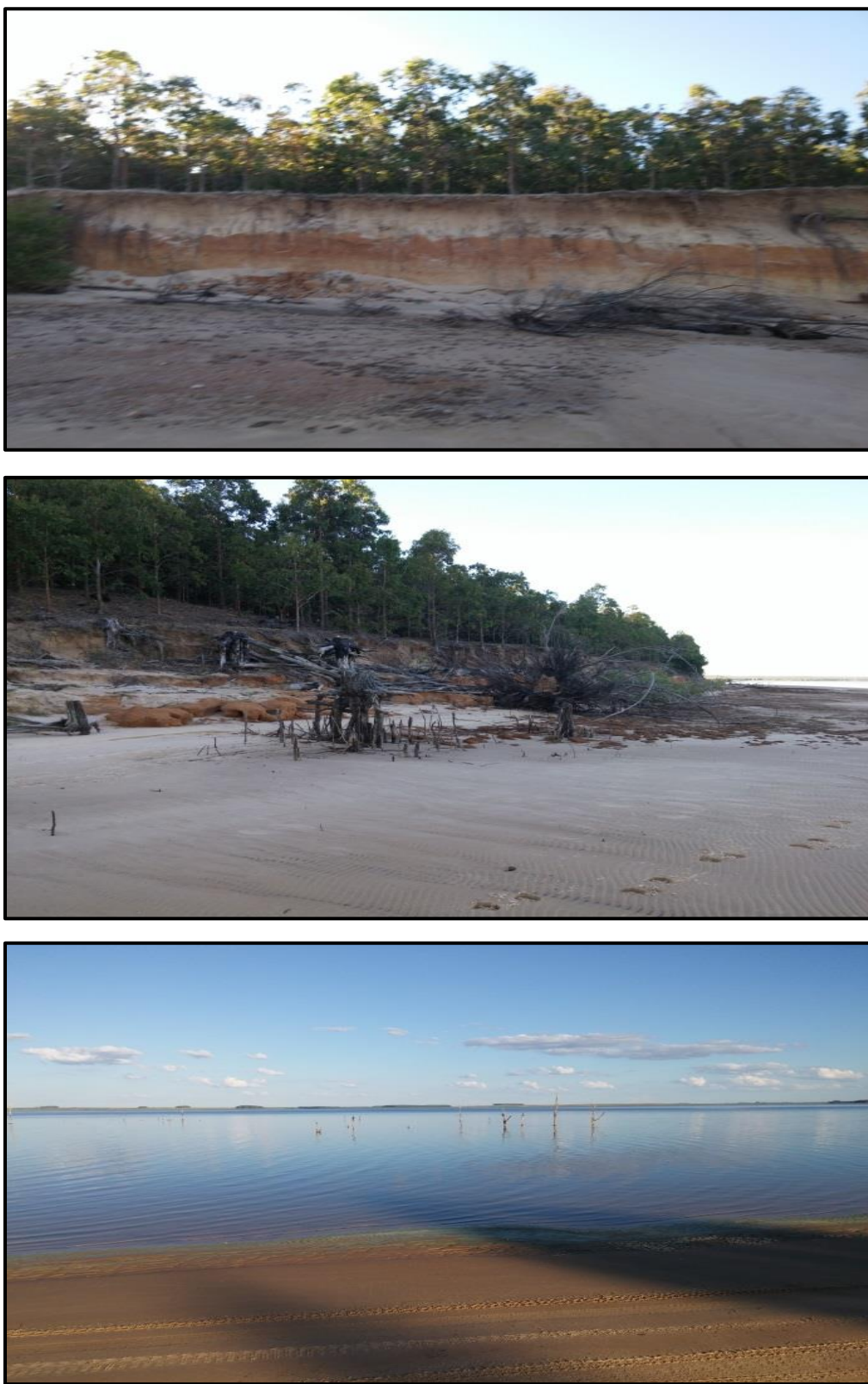


Figura 29. Vistas panorámica y detalles de afloramientos en la costa del Lago artificial Paso del Palmar.

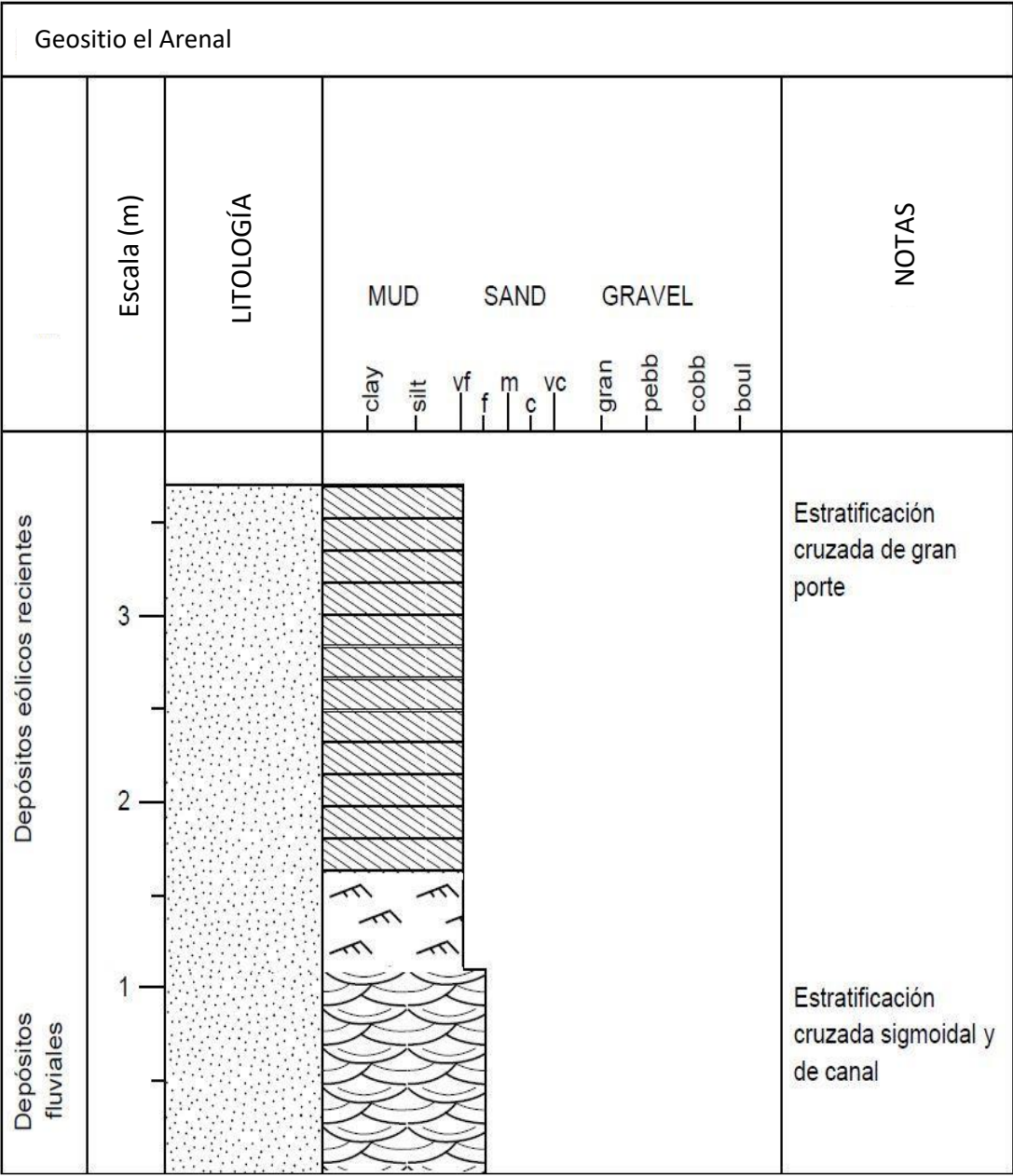


Figura 30. Perfil estratigráfico del geosítio El Arenal.

Como se observa en el perfil se puede distinguir una secuencia que en la base presenta un espesor del entorno de 1,6m, de arenas finas, cuarzosas, con óxido de hierro, de clastos redondeados a subredondeados. Presentando estratificación cruzada, sigmoidal, y de canal, que se atribuyen a un ambiente fluvial de baja energía.

Hacia el tope la granulometría disminuye, encontrándose cuarzo arenita de clastos redondeados, con estructuras sedimentarias características de ambiente eólico como estratificación cruzada de gran ángulo. Por lo que se atribuyen a estos sedimentos a barras fluviales retrabajadas por el viento (dunas).

Se tomaron dos muestras para realizar análisis granulométrico de la sección con el fin de conocer en detalle la granulometría del mismo. Sus resultados se presentan en las figuras 31 y 32.

La base pertenece a arenas finas (Figura 31) según la escala granulométrica Udden-Wentworth.

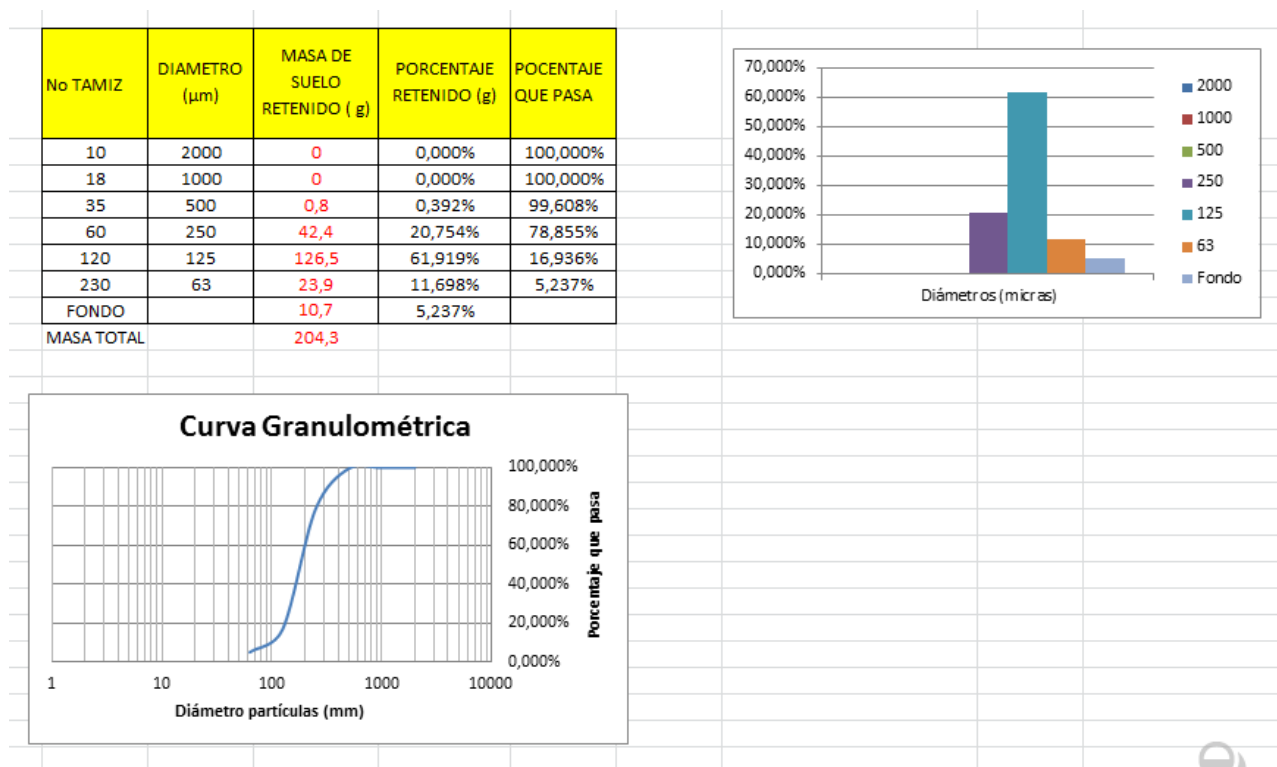


Figura 31. Resultados de análisis granulométrico de muestra de base de perfil Geositio El Arenal.

Hacia el tope la granulometría se hace más fina y mejor seleccionada, característica de los ambientes eólicos (Figura 32)

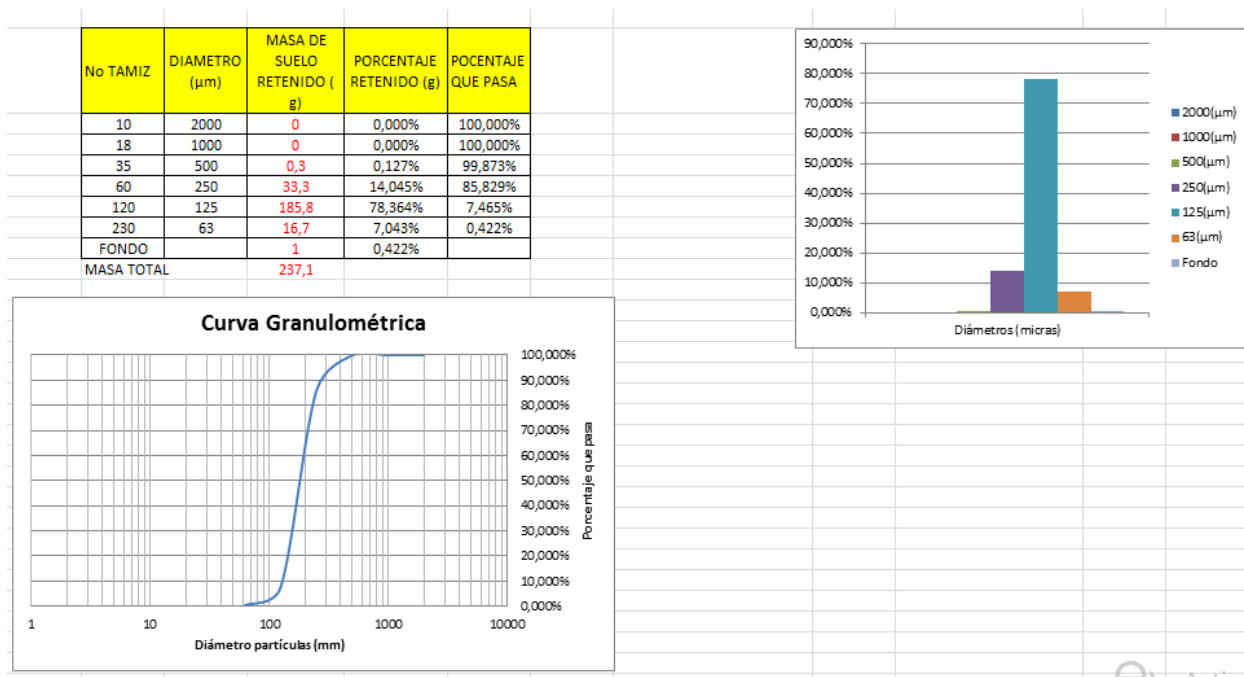


Figura 32. Resultados de análisis granulométrico de muestra del tope de perfil Geositio El Arenal.

El área está sufriendo un importante proceso erosivo, por la dinámica del Lago Artificial Paso del Palmar (Figura 33 a y b), dejando expuestos gran cantidad de artefactos indígenas como boleadoras (Figura 40 c) y puntas de flecha que son encontrados con facilidad en la zona.



Figura 33. Geosítio El Arenal a) Vista de um pinus com suas raízes expostas por efeito de la erosión; b) Evidências de erosión produzidas por la dinâmica do embalse; c) Fragmento de boleadora rodado a orillas do lago.

CAPÍTULO 7. INVENTARIO DE GEOSITOS

Después de hacer el relevamiento geológico de cada área de estudio, evaluó según el método García-Cortés *et al.* (2014) cada geosito.

Se consideró que los geositos que obtengan valores mayores a 6,65 puntos, serán considerados de muy alto interés, los geositos que obtengan una puntuación con valores entre 6,65 y 3,33 serán considerados como geositos de alto interés, y los geositos que no alcancen la puntuación de 3,33 se consideraran como geositos de interés medio. También se tomó en cuenta la recomendación expuesta en García-Cortés *et al.* (2014) de reconsiderar la inclusión en el IELIG de todos aquellos geositos cuyo valor científico, didáctico y turístico, fuera inferior a 1,25 puntos.

7.1 Arroyo Marincho

Valor Científico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad	2	0,30	0,60
Carácter localidad tipo	1	0,10	0,10
Grado de conocimiento científico del lugar	2	0,15	0,30
Estado de conservación	4	0,10	0,40
Condiciones de observación	4	0,10	0,40
Rareza	1	0,15	0,15
Diversidad geológica	1	0,10	0,15
Sumatoria valor científico			2,10

Valor Didáctico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad	2	0,05	0,10
Carácter localidad tipo	1	0,05	0,05
Estado de conservación	4	0,05	0,20
Condiciones de observación	4	0,05	0,20
Rareza	1	0,05	0,05
Diversidad geológica	1	0,10	0,10
Contenido didáctico / uso didáctico	1	0,20	0,20
Infraestructura logística	1	0,15	0,15
Densidad de población	1	0,05	0,05
Accesibilidad	2	0,15	0,30
Tamaño del LIG	1	0,05	0,05
Asociación con elementos eco-culturales	0	0,05	0,00
Espectacularidad o belleza	1	0,05	0,05
Sumatoria valor didáctico			1,50

Valor Turístico - Recreativo Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Condiciones de observación	4	0,05	0,20
Infraestructura logística	1	0,05	0,05
Densidad de población	1	0,05	0,05
Accesibilidad	2	0,10	0,20
Tamaño del LIG	1	0,15	0,15
Asociación con elementos eco-culturales	0	0,05	0,00
Espectacularidad o belleza	1	0,20	0,20
Contenido divulgativo / uso divulgativo	2	0,15	0,30
Potencialidad para realizar actividades	1	0,05	0,05
Cercanía a zonas recreativas	1	0,05	0,05
Entorno socioeconómico	1	0,10	0,10
Sumatoria valor Turístico - Recreativo			1,35

El Geositio Arroyo Marincho según el método de García-Cortés *et al.* (2014) obtuvo 2,10 puntos en valor científico, 1,50 puntos en valor didáctico, y 1,35 puntos en valor turístico-recreativo. Por lo tanto el geositio posee interés medio en cuanto su valor científico, didáctico y turístico-recreativo. Obteniendo la puntuación más alta en valor científico.

7.2 Bartolomé Hidalgo I

Valor Científico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad	2	0,30	0,60
Carácter localidad tipo	1	0,10	0,10
Grado de conocimiento científico del lugar	1	0,15	0,15
Estado de conservación	4	0,10	0,40
Condiciones de observación	4	0,10	0,40
Rareza	2	0,15	0,30
Diversidad geológica	1	0,10	0,10
Sumatoria valor científico			2,05

Valor Didáctico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad	2	0,05	0,10
Carácter localidad tipo	1	0,05	0,05
Estado de conservación	4	0,05	0,20
Condiciones de observación	4	0,05	0,20
Rareza	2	0,05	0,10
Diversidad geológica	1	0,10	0,10
Contenido didáctico / uso didáctico	2	0,20	0,40
Infraestructura logística	4	0,15	0,60
Densidad de población	1	0,05	0,05
Accesibilidad	2	0,15	0,30
Tamaño del LIG	1	0,05	0,05
Asociación con elementos eco-culturales	1	0,05	0,05
Espectacularidad o belleza	1	0,05	0,05
Sumatoria valor didáctico			2,25

Valor Turístico - Recreativo Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Condiciones de observación	4	0,05	0,20
Infraestructura logística	4	0,05	0,20
Densidad de población	1	0,05	0,05
Accesibilidad	2	0,10	0,20
Tamaño del LIG	1	0,15	0,15
Asociación con elementos eco-culturales	1	0,05	0,05
Espectacularidad o belleza	1	0,20	0,20
Contenido divulgativo / uso divulgativo	4	0,15	0,60
Potencialidad para realizar actividades	4	0,05	0,20
Cercanía a zonas recreativas	4	0,05	0,20
Entorno socioeconómico	1	0,10	0,10
Sumatoria valor Turístico - Recreativo			2,15

El Geositio Bartolomé hidalgo I según el método de García-Cortés *et al.* (2014) obtuvo 2,05 puntos en valor científico, 2,25 puntos en valor didáctico, y 2,15 puntos en valor turístico-recreativo. Por lo tanto el geositio posee interés medio en cuanto su valor científico, didáctico y turístico-recreativo. Obteniendo la puntuación más alta en valor didáctico.

Por lo que es apropiado fomentar su uso didáctico.

7.3 Bartolomé Hidalgo II

Valor Científico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad	2	0,30	0,60
Carácter localidad tipo	1	0,10	0,10
Grado de conocimiento científico del lugar	1	0,15	0,15
Estado de conservación	4	0,10	0,40
Condiciones de observación	4	0,10	0,40
Rareza	1	0,15	0,15
Diversidad geológica	1	0,10	0,10
Sumatoria valor científico			1,90

Valor Didáctico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad	2	0,05	0,10
Carácter localidad tipo	1	0,05	0,05
Estado de conservación	4	0,05	0,20
Condiciones de observación	4	0,05	0,20
Rareza	1	0,05	0,05
Diversidad geológica	1	0,10	0,10
Contenido didáctico / uso didáctico	1	0,20	0,20
Infraestructura logística	4	0,15	0,60
Densidad de población	4	0,05	0,20
Accesibilidad	2	0,15	0,30
Tamaño del LIG	1	0,05	0,05
Asociación con elementos eco-culturales	1	0,05	0,05
Espectacularidad o belleza	1	0,05	0,05
Sumatoria valor didáctico			2,15

Valor Turístico - Recreativo Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Condiciones de observación	4	0,05	0,20
Infraestructura logística	4	0,05	0,20
Densidad de población	4	0,05	0,20
Accesibilidad	2	0,10	0,20
Tamaño del LIG	1	0,15	0,15
Asociación con elementos eco-culturales	1	0,05	0,05
Espectacularidad o belleza	1	0,20	0,20
Contenido divulgativo / uso divulgativo	1	0,15	0,15
Potencialidad para realizar actividades	2	0,05	0,10
Cercanía a zonas recreativas	4	0,05	0,20
Entorno socioeconómico	1	0,10	0,10
Sumatoria valor Turístico - Recreativo			1,75

El Geositio Bartolomé hidalgo II según el método de García-Cortés *et al.* (2014) obtuvo 1,90 puntos en valor científico, 2,15 puntos en valor didáctico, y 1,75 puntos en valor turístico-recreativo. Por lo tanto el geositio posee interés medio en cuanto su valor científico, didáctico y turístico-recreativo. Obteniendo la puntuación más alta en valor didáctico.

7.4 El Arenal

Valor Científico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad	2	0,30	0,60
Carácter localidad tipo	1	0,10	0,10
Grado de conocimiento científico del lugar	1	0,15	0,15
Estado de conservación	4	0,10	0,40
Condiciones de observación	4	0,10	0,40
Rareza	1	0,15	0,15
Diversidad geológica	2	0,10	0,20
Sumatoria valor científico			2,00

Valor Didáctico Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Representatividad	2	0,05	0,10
Carácter localidad tipo	1	0,05	0,05
Estado de conservación	4	0,05	0,20
Condiciones de observación	4	0,05	0,20
Rareza	1	0,05	0,05
Diversidad geológica	2	0,10	0,20
Contenido didáctico / uso didáctico	2	0,20	0,40
Infraestructura logística	2	0,15	0,30
Densidad de población	1	0,05	0,05
Accesibilidad	0	0,15	0,00
Tamaño del LIG	4	0,05	0,20
Asociación con elementos eco-culturales	4	0,05	0,20
Espectacularidad o belleza	2	0,05	0,10
Sumatoria valor didáctico			2,05

Valor Turístico - Recreativo Parámetros	Puntuación	Factor de ponderación	Resultado
Condiciones de observación	4	0,05	0,20
Infraestructura logística	2	0,05	0,10
Densidad de población	1	0,05	0,05
Accesibilidad	0	0,10	0,00
Tamaño del LIG	4	0,15	0,60
Asociación con elementos eco-culturales	4	0,05	0,20
Espectacularidad o belleza	2	0,20	0,40
Contenido divulgativo / uso divulgativo	2	0,15	0,30
Potencialidad para realizar actividades	4	0,05	0,20
Cercanía a zonas recreativas	0	0,05	0,00
Entorno socioeconómico	1	0,10	0,10
Sumatoria valor Turístico - Recreativo			2,15

El Geositio El Arenal según el método de García-Cortés *et al.* (2014) obtuvo 2,00 puntos en valor científico, 2,05 puntos en valor didáctico, y 2,15 puntos en valor turístico-recreativo. Por lo tanto el geositio posee interés medio en cuanto su valor científico, didáctico y turístico-recreativo. Obteniendo la puntuación más alta en valor turístico-recreativo.

Por lo que es apropiado fomentar su uso turístico-recreativo.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

En base a las observaciones realizadas y de los resultados presentados en este trabajo, se puede concluir que:

1. El estudio e inventario de geositos se enmarcan en estrategias encaminadas a la conservación, educación, y su uso adecuado puede contribuir al desarrollo sustentable a través de actividades geoturísticas. Por lo que la implementación de geoparques en el país es una gran oportunidad para el avance del conocimiento geológico y la divulgación del mismo, aumentando el detalle del conocimiento de la geodiversidad a través de mapeos específicos en otras zonas del territorio uruguayo, donde solo existe cartografía a escala 1:500.000 y 1:100.000 de algunas porciones. Resultados de esos mapeos geológicos del entorno y características litológicas son presentados en los mapas adjuntos y sus correspondientes análisis.
2. En términos de geodiversidad de los sitios evaluados éstos muestran interesantes características que representan a distintos agrupamientos litológicos (rocas magmáticas, sedimentarias y sedimentos) y procesos geológicos endógenos y exógenos relacionados con la tectónica y la sedimentación, de cuatro momentos de la evolución de la Tierra (Proterozoico, Carbonífero tardío, Cretácico y Cuaternario- Reciente).
3. En función de la metodología de inventario de García-Cortés *et al.* (2014), se determinaron los siguientes parámetros para cada geosito:
 - Arroyo Marincho posee interés medio en cuanto a su valor científico, didáctico y turístico-recreativo. Obteniendo la puntuación más alta (2,05), en valor científico. Por lo que es apropiado para su uso educativo y de investigación.
 - Bartolomé Hidalgo I y II poseen interés medio en cuanto a su valor científico, didáctico y turístico-recreativo. Obteniendo ambos puntuación más alta en valor didáctico (2,15). Por lo tanto, si bien destaca su valor didáctico tienen interesantes atributos desde lo turístico-recreativos, que lo transforman en sitios icónicos del norte del Geoparque.
 - El Arenal posee interés medio en cuanto su valor científico, didáctico y turístico-recreativo. Obteniendo la valoración mayor en el valor turístico-recreativo (2,15).

4. Los geositios estudiados no contienen valor geopatrimonial sobresaliente.
5. Se considera que la realización de un Inventario Geológico es un instrumento o herramienta esencial para contribuir con las estrategias de manejo de los geositios.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREIS, R. R., FERRANDO, L., & MONTAÑA, J. (1993). Facies, paleoambientes y cronoestratigrafía no subsolo do setor nordeste da bacia gondwânica uruguaia. Res. Exp. I SIMPOSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFÍA DA BACIA DO PARANÁ, pp. 39-40.
- BOSSI, J. (1966). Geología del Uruguay: Colección Ciencias, 2. Universidad de la República, Departamento de Publicaciones, pp. 1-164.
- BOSSI, J., & CAMPAL, N. (1991). Granitos negros filonianos del Uruguay: Resultados de las Investigaciones.
- BOSSI, J., CAMPAL, N., PRECIOZZI, F. (1993) Precámbrico del Uruguay, parte I: Terreno Piedra Alta. DINAMIGE–UdelaR, pp. 1-58. Bossi, J., & Piñeyro, D. (2014). Terreno Piedra Alta. Geología del Uruguay, 1, 45-86.
- BOSSI, J., FERRANDO, L.A., FERNÁNDEZ, A., ELIZALDE, G., MORALES, H., LEDESMA, J., CARBALLO, E., MEDINA, E., FORD, I., MONTAÑA, J., (1975) Carta Geológica del Uruguay. Escala 1/1.000.000.edicion de los autores, Montevideo.
- BOSSI, J. & GAUCHER, C. (2014) Geología del Uruguay, Tomo 1 Predevónico. Montevideo. Impresora Polo S.A., pp. 447.
- BOSSI, J., & SCHIPILOV, A. (1998). Grupo Arapey: basaltos confinantes del acuífero Guaraní en Uruguay. *Agrociencia-Sitio en Reparación*, 2(1), 12-25.
- CAORSI, J. & GOÑI, J. (1958) Geologia Uruguaya. Boletín del Instituto Geológico del Uruguay, 37, 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 N° 7, pp. 360.
- DE SANTA ANA, H. (1989). Consideraciones tectónicas y deposicionales de la cuenca del Norte Uruguay. ARPEL. Boletín Técnico, 18(4), pp. 319-339.
- DE SANTA ANA, H. (2004). Análise Tectono-estratigráfica das Sequências Permotriassica e Jurocretácea da Bacia Chacoparanense Uruguay ('Cuenca Norte'). Brasil: Universidade Estadual Paulista.

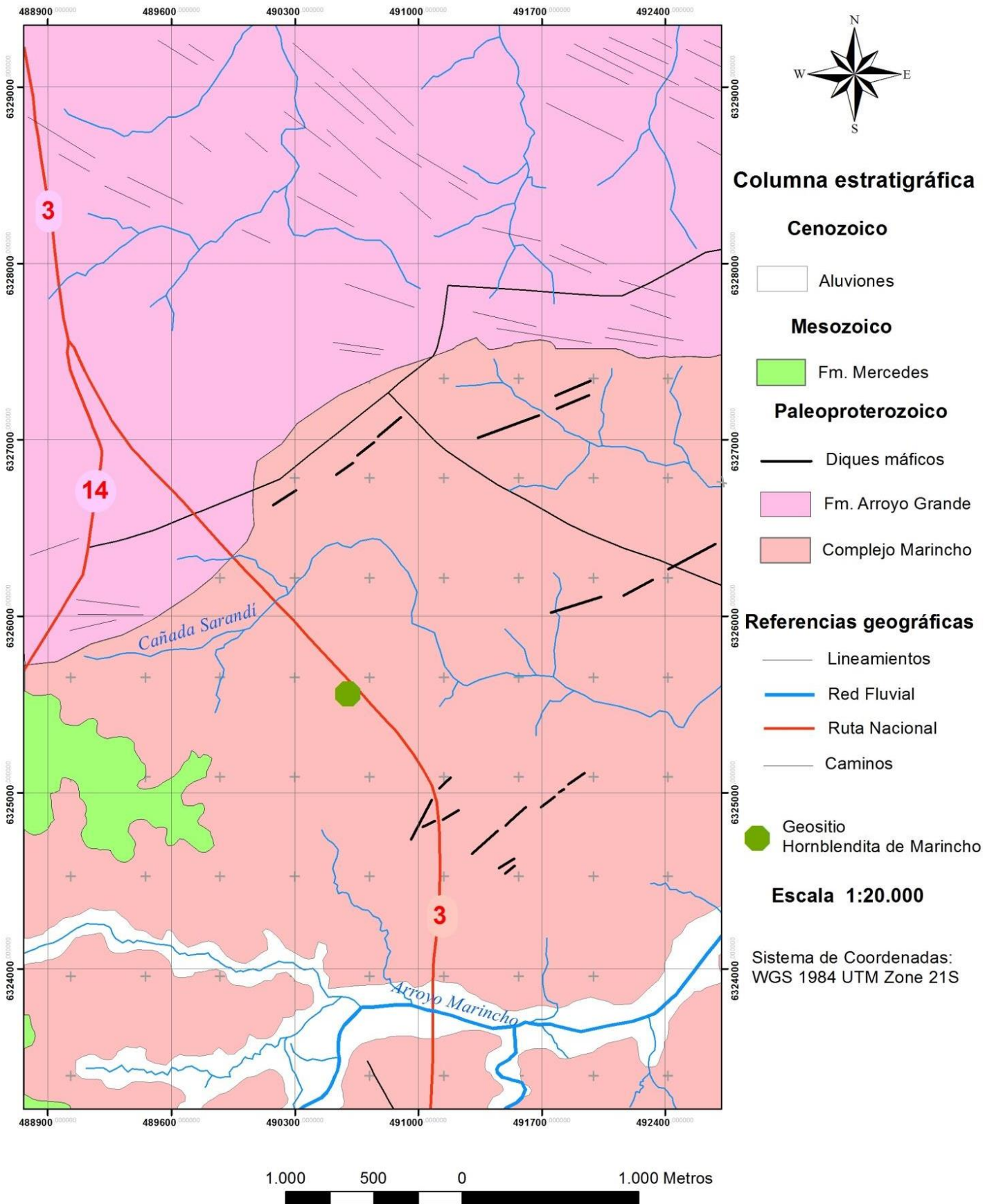
- DE SANTA ANA, H., GOSO, C., & DANERS, G. (2006). Cuenca Norte: Estratigrafía del Carbonífero-Pérmico. Cuencas Sedimentarias de Uruguay: Geología, Paleontología y Recursos Minerales, Paleozoico, 147-208.
- FERNANDEZ, A.N., PRECIOZZI, F., (1974) La Formación Arroyo Grande y los granitoides asociados. En. Annales. XXVIII Congreso Brasileiro de Geología, pp. 212-226.
- 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.
- FORD, I., & GANCIO, F. (1988). Asociación caolinita-montmorillonita en un paleosuelo del Terciario inferior del Uruguay (Fm. Asencio). Universidad de la República, Facultad de Agronomía.
- 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., GUILLÉNMONDÉJAR, 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.
- GOSO, C., (1995). Análise Estratigráfica da Formação San Gregorio na Borda Leste da Bacia Norte Uruguia (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. Rio Claro. Sao Paulo, UNESP. Brasil).
- 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, H., & DE SANTA ANA, H. (1986). Evolución tectónica y sedimentaria de la Cuenca Norte uruguaya. Modelo preliminar. LX RANE, Presente y futuro de la exploración de hidrocarburos en las cuencas latinoamericanas, pp. 30.
- GUILLEMAIN C (1911) Zur Geologie Uruguays. Zeitsch. Deutsh. Geol. Ges., Bd. 63, Berlín, pp. 203-220.

- HARTMANN, L.A. (2001) Archean crust in the Río de la Plata Craton, Uruguay—SHRIMP U–Pb zircon reconnaissance geochronology. *J South Am Earth Sci* 14:557–570.
- LAMBERT, R., (1939) Memoria explicativa del mapa geológico de los terrenos sedimentarios y las rocas efusivas del Dpto. de Durazno. Instituto Geológico del Uruguay, Bol.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 ESTRATIGRAFIA DEL BASAMENTO CRISTALINO DEL URUGUAY, Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología. Publicación Especial N° 1. ISSN 0797-2997 2° Taller Sobre la Estratigrafía del Precámbrico del Uruguay, pp.18-37.
- MGAP/DSF. (1976) “Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1/1.000.000”. MGAP, Montevideo 1976, comisión nacional de estudio agroeconómico de la tierra. Grupos de suelos: índices de productividad. Montevideo (Uruguay): MAP, 1979
- MUZIO, R. (2003). El magmatismo mesozoico en Uruguay y sus recursos minerales. Cuencas sedimentarias del Uruguay: geología, paleontología y recursos naturales. Mesozoico. DIRAC-Facultad de Ciencias, 75-100.
- OYHANTÇABAL, P., SPOTURNO, J., LOUREIRO, J. (2007b) Caracterización geológica de las rocas Paleoproterozoicas de la región Centro-Sur del Uruguay (Terreno Piedra Alta—Cratón del Río de la Plata). In: Actas V Congreso Uruguayo de Geología. CD-ROM
- OYHANTCABAL, P., SPOTURNO, J., AUBET, N., CAZAUX, S., HUELMO, S. (2003) Proterozoico del suroeste del Uruguay: nueva propuesta estratigráfica para la Formación Montevideo y el magmatismo asociado. *Rev Soc Urug Geol Pub Esp* 1:38–48
- PRECIOZZI, F. (1989). Aspectos petrográficos del complejo intrusivo de Arroyo Marincho y granodiorita de Arroyo Grande. Contribución a la geología del Uruguay: Dirección Nacional de Minería y Geología, 7, pp. 1-18.
- PRECIOZZI, F. (1993) Petrography and geochemistry of five granitic plutons from southcentral Uruguay. Contribution to knowledge of the Piedra Alta Terrane. PhD Thesis, Université du Québec, Quebec, 189 pp.
- PRECIOZZI, F., BOSSI, J., MORALES, H., & PODOZIS, C. M. (1991). The Uruguayan crystalline basement. *Global Geosciences Transect*, 35-pp.

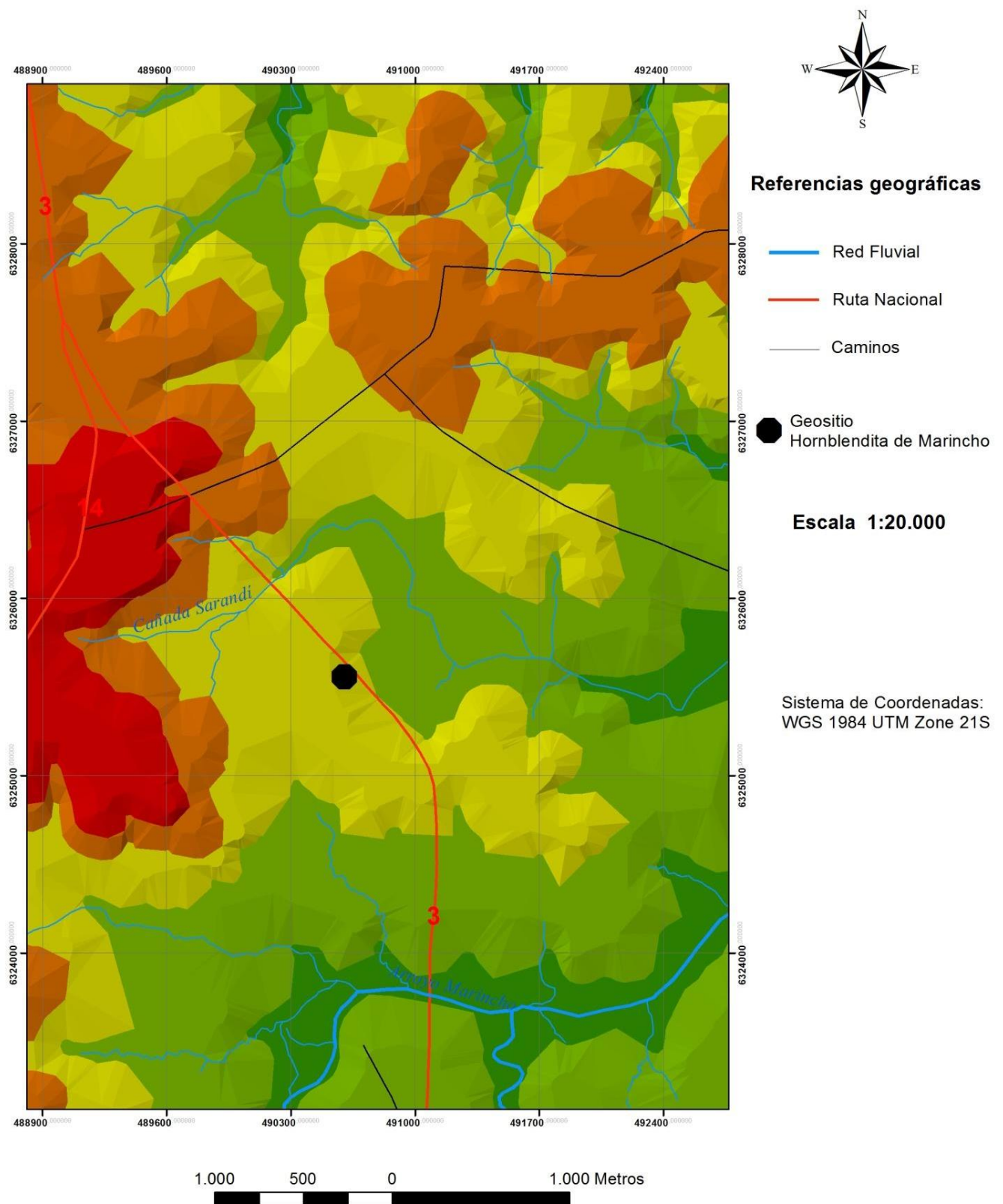
- PRECIOZZI, .F, SPOTURNO, J., HEINZEN, W., ROSSI, P. (1985) Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000, DINAMIGE – MIEM, pp. 97.
- SÁNCHEZ BETTUCCI, L., PEEL, E., OYHANTÇABAL, P. (2010b) Precambrian geotectonic units of the Río de la Plata Craton. *International Geology Review*, 52: 1, 32-50.
- 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.
- WHITE IC, (1908) Relatório sobre as Coal Measures e rochas associadas ao Sul do Brasil, Comissão de Estudos de Carvão de Pedra do Brasil. Rio de Janeiro, tomo 1, 300 pp.

ANEXOS

Mapa Geológico “Área Arroyo Maríncho”



Modelo Digital del Terreno “Área Arroyo Marincho”



Mapa Geológico “Área Lago artificial Paso del Palmar”

Columna estratigráfica

Cenozoico

-  Aluviones
-  Coluviones

Mesozoico

-  Fm. Arapey

Paleozoico

-  Fm. San Gregorio

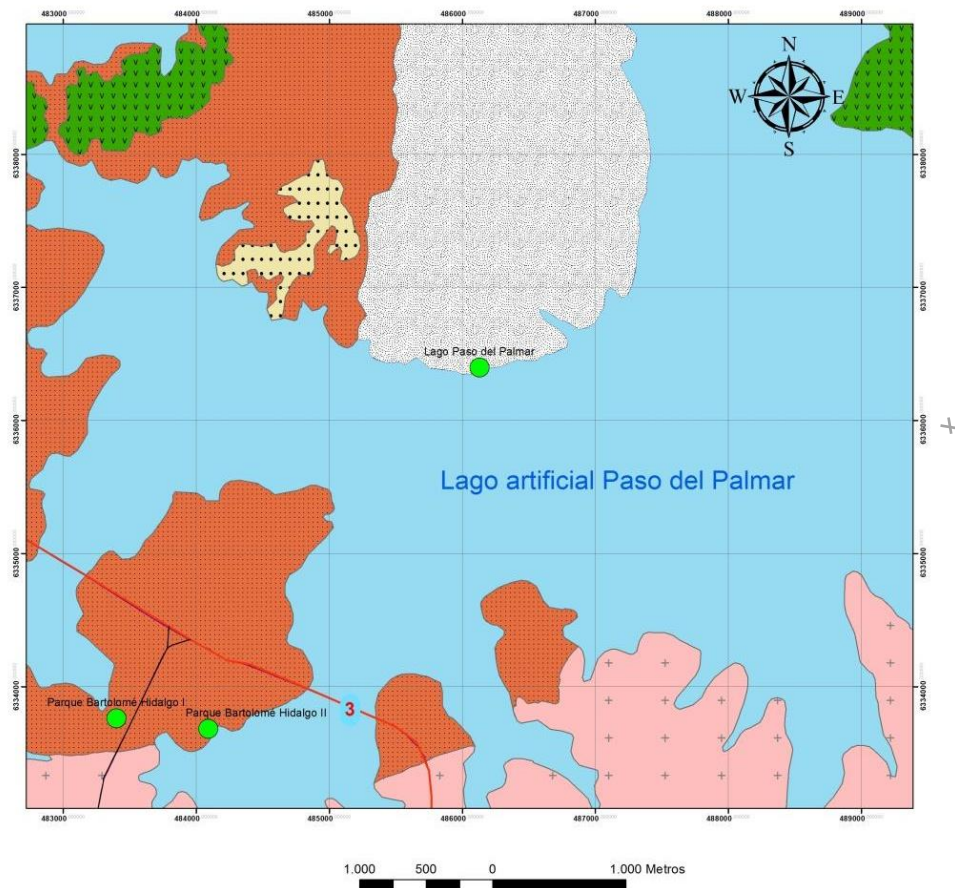
Paleoproterozoico

-  Faja Feliciano

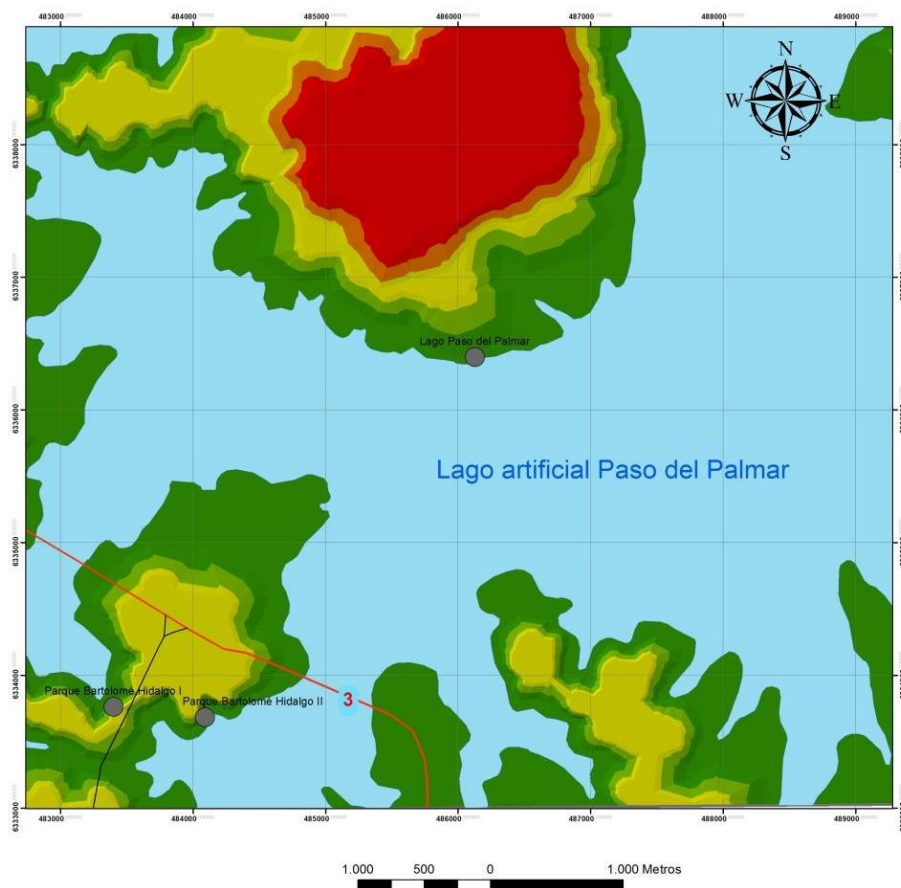
Referencias geográficas

-  Ruta nacional
-  Caminos
-  Lago artificial Paso del Palmar
-  Geositos

Escala 1:20.000

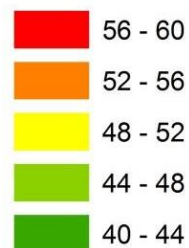


Modelo Digital del Terreno “Área Lago artificial Paso del Palmar”

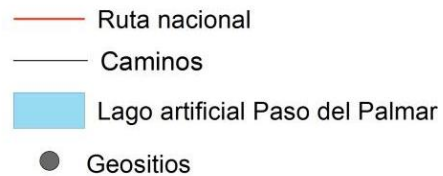


Leyenda

Elevación (m)



Referencias geográficas



Escala 1:20.000