

**PROYECTO 6019:**  
**MAPAS GEOLÓGICOS Y DE RECURSOS MINERALES DE LOS**  
**DEPARTAMENTOS DE MONTEVIDEO A ESCALA 1/50.000 Y DE**  
**CANELONES Y SAN JOSÉ A ESCALA 1/100.000**

ACUERDO DE COOPERACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA ENTRE LA  
DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA (M.I.E.M.) Y LA  
FACULTAD DE CIENCIAS (U. de la R.)

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA – C.O.N.I.C.Y.T. Departamento de  
Proyectos de Investigación  
Fondo Clemente Estable

COORDINADORES:

JORGE SPOTURNO <sup>(1,2)</sup> Y PEDRO OYHANTÇABAL <sup>(1)</sup>

1 - Universidad de la República - Facultad de Ciencias

2 - Ministerio de Industria Energía y Minería – Dirección Nacional de Minería y  
Geología

Montevideo, 2004

# MAPA GEOLÓGICO Y DE RECURSOS MINERALES DEL DEPARTAMENTO DE MONTEVIDEO A ESCALA 1/50.000

Memoria Explicativa

## Capítulo I INTRODUCCIÓN

### **AUTORES**

Jorge Spoturno <sup>(1,2)</sup>

Pedro Oyhançabal <sup>(1)</sup>

Cesar Goso <sup>(1)</sup>

Natalie Aubet <sup>(1,3)</sup>

Sandra Cazaux <sup>(3)</sup>

Sebastián Huelmo <sup>(1)</sup>

Ethel Morales (4)

(1) Docente de Facultad de Ciencias (UdelaR)

(2) Jefe del Departamento de Geología Económica. DI.NA.MI.GE.

(3) Estudiante de la Licenciatura en Geología - Becario Proyecto CONICYT  
6019

(4) Estudiante de la Licenciatura en Geología - Becario de DI.NA.MI.GE.

## **INDICE**

<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
1.1. Generales	4
1.2. Específicos	4
<b>2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO</b>	<b>4</b>
<b>3. EQUIPO DE TRABAJO</b>	<b>6</b>
<b>4. AGRADECIMIENTOS</b>	<b>7</b>
<b>5. MATERIALES</b>	<b>7</b>
5.1. Documentos Cartográficos	7
5.2. Apoyo logístico	8
<b>6. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS</b>	<b>8</b>
<b>7. GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>11</b>
7.1. Región costera	11
7.2. Planicies	14
7.2.1. Planicies fluviales y estero pantanosas muy bajas	15
7.2.2. Planicies fluviales bajas	18
7.3. Terrenos Ondulados	18
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>20</b>

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. Generales**

En este informe se presenta la Memoria Explicativa de las Cartas Geológica y de Recursos Minerales del Departamento de Montevideo a escala 1:50.000. El estudio se elaboró a partir de:

- a) antecedentes geológicos y de recursos minerales de áreas que presentan un buen soporte de información.
- b) información geológica y de recursos minerales obtenida de los trabajos de campo y laboratorio, efectuados en el marco de este Proyecto.

El resultado del conjunto de trabajos de campo y gabinete realizados, se presenta con los documentos gráficos correspondientes y en este informe.

### **1.2. Específicos**

El trabajo permitió alcanzar un conjunto de objetivos específicos, algunos de los cuales se exponen a continuación:

- a) Redefinición de las unidades integrantes del Basamento Cristalino.
- b) Distribución topográfica del Basamento Cristalino (mapa de isóbatas) y espesores de la Formación Libertad (mapa de isópacas).
- c) Actualización de la Columna Estratigráfica del Departamento.
- d) Reconocimiento de unidades del cuaternario antiguo y reciente.
- e) Elaboración del primer banco de datos de sitios con indicios, depósitos y yacimientos de recursos minerales.
- f) Delimitación de áreas con favorabilidad minera para la exploración de recursos minerales no metálicos, destinados a la industria de la construcción.

## **2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO**

El conocimiento geológico y minero de una región, expresado mediante documentos gráficos y sus memorias explicativas, constituye una información

significativa para su utilización en el campo de la investigación geológica básica. Además, brinda información para resolver y explicar problemas relacionados con ciencias y disciplinas afines a la Geología, como son la hidrogeología, la geotecnia y la geología ambiental.

En relación a lo expuesto, se describen a continuación algunos de los campos más importantes.

En la investigación básica, por una parte constituye una síntesis importante para abordar nuevos trabajos académicos, aportando información científica novedosa a efectos del mejoramiento en el conocimiento geológico de la región en estudio.

Por otro lado, en el campo de la geología aplicada se establece una primera aproximación acerca de la potencialidad de los recursos minerales del Departamento. En especial, se enfatiza aquí la importancia de recursos que están estrechamente relacionados con el aprovisionamiento de materia prima para la industria de la construcción y otros materiales para su uso industrial como ser: arcillas para relleno sanitario y para la industria de la cerámica roja; piedra para cementación y ornamento; arenas y gravas para mezclas en morteros; balasto para su utilización en bases y sub-bases en obras de infraestructura.

La delimitación de áreas potenciales para estos recursos constituye un primer avance, en el establecimiento de reservas para las próximas décadas.

En el campo de la hidrogeología será posible distinguir con mayor claridad la distribución de las zonas portadoras de acuíferos. El trabajo contribuirá a establecer las áreas más probables de recarga de los sistemas acuíferos y la localización de las zonas favorables para la obtención de ese recurso. Por otra parte, en caso de efectuar obras de alumbramiento de agua, será posible conocer previamente los tipos de materiales a atravesar y la magnitud de sus espesores.

En el campo de la geotécnica, el mapa geológico al ilustrar la distribución superficial de los diferentes tipos de rocas, proporcionará de manera indirecta, la distribución espacial de los suelos y ciertos parámetros acerca de las propiedades mecánicas de los mismos, como ser: grado de

excavabilidad, penetrabilidad, resistencia, asentamiento y grado de expansión. Asimismo, se podrán deslindar posibles áreas de préstamos de materiales para obras civiles.

Con relación al medio ambiente, el mapa geológico brindará elementos para el conocimiento del medio físico y un marco para el conocimiento de las afectaciones provocadas por proyectos de distinta índole. De una forma indirecta, proveerá información acerca de la porosidad, permeabilidad, infiltración y dureza de los materiales. Todas estas propiedades son de mucha importancia, pues están íntimamente relacionadas con la vulnerabilidad del sistema físico.

Finalmente, la disponibilidad de los mapas geológico y de recursos minerales del Departamento, forma parte de los documentos temáticos necesarios para instrumentar, de manera definitiva, el plan de ordenamiento territorial.

### **3. EQUIPO DE TRABAJO**

El proyecto se lleva a cabo en el marco del Acuerdo de Cooperación Científico-Técnico, firmado en su oportunidad entre la Dirección Nacional de Minería y Geología (DI.NA.MI.GE.) y el Instituto de Geología y Paleontología (IN.GE.PA.) de la Facultad de Ciencias (Universidad de la República).

Los recursos humanos están conformados por profesionales y personal auxiliar de la DI.NA.MI.GE. <sup>(1)</sup>; docentes del Departamento de Geología (IN.GE.PA.) de la Facultad de Ciencias <sup>(2)</sup>; estudiantes becarios de la Licenciatura de Geología, contratados por el proyecto <sup>(3)</sup>; estudiantes becarios de la misma Licenciatura, contratados por DI.NA.MI.GE. <sup>(4)</sup> y estudiantes colaboradores honorarios de la misma Licenciatura <sup>(5)</sup>.

La coordinación del Proyecto estuvo a cargo del Prof. Ing. Agr. Jorge Spoturno <sup>(1, 2)</sup> y del Prof. Ing. Agr. Pedro Oyhantçabal <sup>(2)</sup>.

En su ejecución participaron además: Prof Adj. Dr. César A. Goso <sup>(2)</sup>; Téc. Javier Techera <sup>(1)</sup>; Téc. Richard Arriguetti <sup>(1)</sup>; Bach. Helena Baraldi <sup>(1)</sup>; Ayud. Bach. Sebastián Huelmo <sup>(2)</sup>; Bach. Natalie Aubet <sup>(3)</sup>; Bach. Sandra

Cazaux <sup>(3)</sup>; Bach. Ethel Morales <sup>(4)</sup>; Bach. Ana Laura Piñeyro <sup>(5)</sup> y Bach. Gabriela Martínez <sup>(5)</sup>.

#### **4. AGRADECIMIENTOS**

Corresponde dejar expresado nuestro agradecimiento al Sr. Decano de la Facultad de Ciencias, Dr. Ricardo Erlich y al ex - Director de la Dirección Nacional de Minería y Geología del Ministerio de Industria, Energía y Minería, Dr. Julio César Jauregui por haber impulsado y ejecutado el acuerdo de cooperación técnica entre ambas instituciones. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al ex Director de DI.NA.MI.GE., Dr. Carlos Soares de Lima, y al actual Director Ing. Felipe Puig.

Finalmente debemos dejar expresado el agradecimiento, al Fondo "Clemente Estable", del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, del Ministerio de Educación y Cultura por haber financiado parcialmente este Proyecto, sin su aporte no hubiera sido posible culminar el trabajo.

#### **5. MATERIALES**

##### **5.1. Documentos Cartográficos**

Para la realización del trabajo se contó con los siguientes documentos cartográficos (Fuente Catálogo cartográfico 1995):

➤ Mapas Planialtimétricos a Escalas 1:25.000 del Servicio Geográfico Militar, en adelante SGM, correspondientes a las siguientes Hojas: Bahía de Montevideo, La Colorada, La Unión, Colón, Los Cerrillos y Toledo.

➤ Mapas Planialtimétricos a escala 1:50.000 del SGM correspondientes a las Hojas: Los Cerrillos, La Barra, La Unión y Pando.

➤ Fotoplanos a escala 1:50.000 del SGM de las cuatro Hojas equivalentes a los Mapas Planialtimétricos 1:50.000.

➤ Fotografías Aéreas a escala 1:40.000 y 1:20.000 del SGM.

➤ Fotoíndices de fotos aéreas 1:40.000 y 1:20.000 del SGM.

➤ Imágenes Satelitales Landsat a escala 1:100.000.

Los mapas planialtimétricos se utilizaron para el levantamiento de la información geográfica, topográfica y toponímica, así como también, como base para la carta geológica. Las fotografías aéreas y las imágenes satelitales fueron utilizadas para realizar estudios de fotolectura, fotoanálisis y fotointerpretación geológica y para la ubicación de puntos de descripción en el campo. Los fotoplanos se emplearon para plotear los límites geológicos obtenidos de los análisis de fotolectura y fotointerpretación, así como también para el reconocimiento de los principales lineamientos geoestructurales.

Tanto fotoíndices como imágenes satelitales fueron utilizados para reconocer estructuras geológicas regionales.

## **5.2. Apoyo logístico**

Para la ejecución de las tareas de campo se contó con vehículo de la Facultad de Ciencias y de DI.NA.MI.GE.

Para la preparación y la descripción de cortes petrográficos, se dispuso del equipamiento del Laboratorio de corte, laminación y microscopía óptica del IN.GE.PA (Facultad de Ciencias) y de DI.NA.MI.GE.

Para el ploteo, scanner, digitalización de los mapas y elaboración de informes, las instituciones que integran el acuerdo dispusieron del equipamiento informático necesario.

## **6. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS**

El Departamento de Montevideo, se localiza en la región sur del Uruguay, la ilustración gráfica correspondiente, se observa en la margen inferior de cada uno de los mapas. Su baricentro está posicionado por las siguientes coordenadas geográficas: Latitud sur de 34° 54' 33" y Longitud oeste de 56° 12' 45" Sur. Posee una superficie total de 528,7 km<sup>2</sup>, de los cuales 192,3 km<sup>2</sup> corresponden a áreas urbanizadas y 336,4 km<sup>2</sup> a zonas rurales. Su población es de 1.344.839 habitantes, con una densidad de 2544 hab/km<sup>2</sup> (Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, 1996).



El clima en esa región del país es de tipo templado, con una temperatura media anual de 17,2° C y una precipitación media anual de 1189,9 lts. /m<sup>2</sup> (Fuente: Dirección General de Meteorología).

Las regiones vecinas son: al oeste el Departamento de San José; al norte y al este el Departamento de Canelones y en el sur el Río de la Plata.

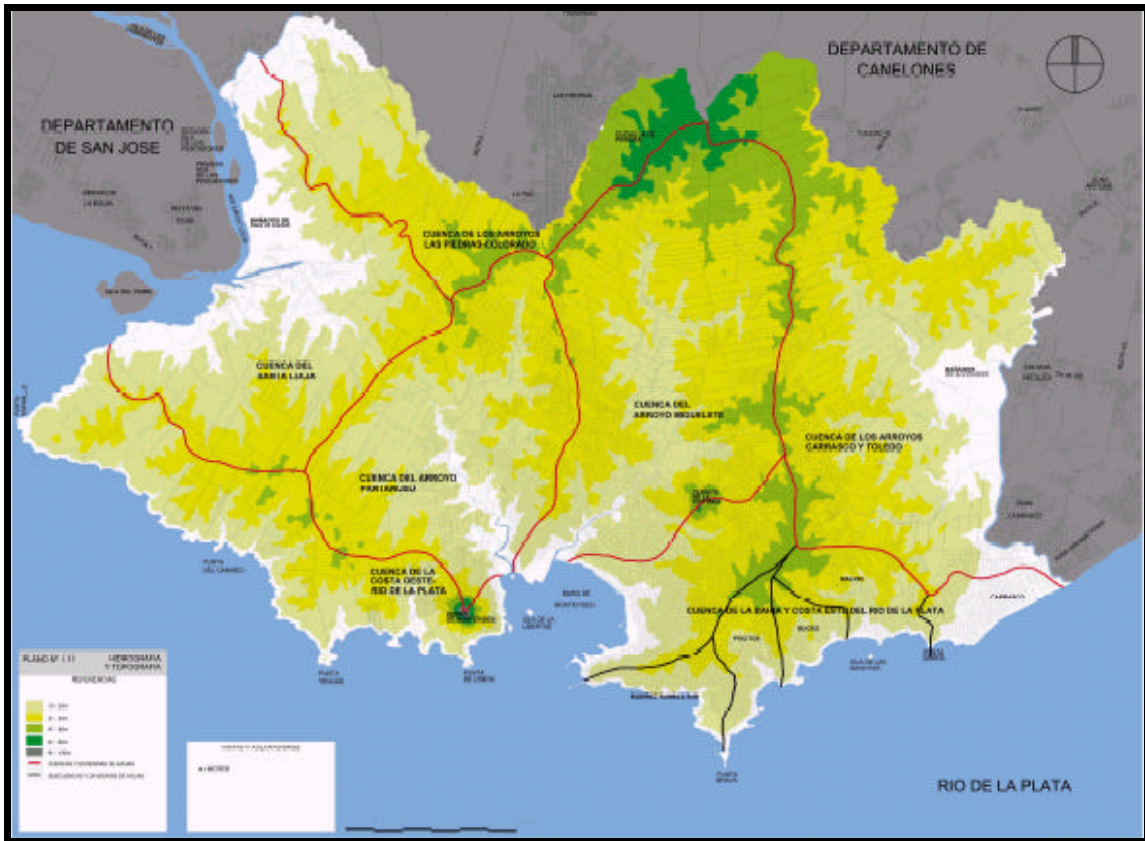
El Río Santa Lucía es el límite con el Departamento de San José, desde el Arroyo Colorado hasta su desembocadura en el estuario. Los límites con el Departamento de Canelones son: el Arroyo Colorado, desde el Río Santa Lucía hasta la desembocadura con el Arroyo De Las Piedras; los arroyos De Las Piedras y Toledo en toda su extensión; el bañado de Carrasco y el Arroyo Carrasco en toda su extensión.

En relación a los aspectos fisiográficos del Departamento de Montevideo, es posible distinguir dos padrones bien diferenciados. Por una parte, se reconocen cerros aislados -Cerro de Montevideo y Cerrito de la Victoria- que corresponden a dos fisonomías topográficas muy conocidas y típicas del departamento. Por otra parte, un paisaje caracterizado por lomadas alargadas, comúnmente denominadas cuchillas.

La zona de lomadas más importante la constituye la cuchilla Grande. Ella ingresa al departamento desde la zona norte en el paraje donde nacen las vertientes de los arroyos de Las Piedras y Toledo, y continúa al sur por la Avda. José Belloni hasta la Avda. 8 de Octubre. Allí, cambia de rumbo disponiéndose con una dirección suroeste-noreste y se prolonga hasta la escollera Sarandí. Esta estructura orográfica determina una divisoria de aguas que separa las cuencas hidrográficas de los arroyos Carrasco y Toledo al este; Miguelete al oeste; y Malvín, De Las Canteras y cursos menores al sur. Figura :2

Otro accidente importante es la Cuchilla de Pereira. Este interfluvio se extiende desde la Cuchilla Grande -en la zona de las nacientes de los arroyos de Las Piedras y Toledo- hasta Punta Espinillo, con una dirección aproximada noreste-suroeste. Esta divisoria de aguas genera al norte y noroeste las cuencas de los arroyos Colorado y de las Piedras; al sur y sureste las cuencas de los arroyos Miguelete y Pantanoso; al oeste-noroeste la cuenca asociada a la desembocadura del Río Santa Lucía; y al suroeste un conjunto de cuencas

menores cuyos cursos de agua drenan directamente en el Río de la Plata (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa Hidrográfico-Topográfico del Departamento de Montevideo esquematizando la distribución de las cuencas. (Fuente: SIG, Intendencia Municipal de Montevideo).

El Río de la Plata es el receptor final del escurrimiento de las aguas superficiales en el Departamento de Montevideo. El régimen de corrientes esta controlado por una dinámica de tipo micromareal, en un ambiente estuarino y condicionado por el oleaje generado por vientos dominantes que provienen de los cuadrantes suroeste a sureste.

Desde el punto de vista topográfico, según las cartas planialtimétricas del SGM, Montevideo presenta cotas que varían entre 0 m, correspondiente al nivel del Río de la Plata y 135 m, en el Cerro de Montevideo. El promedio altimétrico se encuentra entre los 20 y 50 metros.

## **7. GEOMORFOLOGÍA**

En el Departamento, se distinguen básicamente tres regiones geomorfológicas: costera, planicies y terrenos ondulados.

### **7.1. Región costera**

Se trata de una faja continua entre punta Espinillo y el Arroyo Carrasco. La misma tiene una extensión de aproximadamente 67 kilómetros de largo y algunos cientos de metros a varios kilómetros de ancho. Esta variación lateral, está estrechamente vinculada al tipo de sustrato geológico y a la influencia que han ejercido y ejercen los procesos costeros sobre el continente.

La costa del Departamento tiene dos direcciones principales, suroeste-noreste y noroeste-sureste, que se interceptan formando un ángulo obtuso, en la zona de la Bahía de Montevideo.

Dentro de esta región geomorfológica se reconocen dos fajas diferentes. La primera que denominaremos Faja Costera del Oeste y Centro-Oeste, situada entre Punta Espinillo y Punta Mansa; y otra que llamaremos Faja Costera del Este, situada desde Punta Mansa hasta el Arroyo Carrasco, y que se continúa por la Costa de Oro del Departamento de Canelones.

La Faja Costera del Oeste y Centro-Oeste se caracteriza por presentar pequeñas bahías que alternan con puntas rocosas o pequeñas penínsulas (Figura 2). Tanto las bahías como las puntas rocosas presentan dimensiones y tamaños variables, desde algunos cientos de metros hasta varios kilómetros (p. ej: Playa de los Ingleses – Punta Mansa). En general las bahías tienen forma de media luna, mientras que la morfología de las puntas está condicionada por el tipo litológico y por su disposición geo-estructural.

En esta faja es posible distinguir a su vez dos tipos, según la frecuencia de alternancia de bahía y península.



**Figura 2:** Ejemplo de bahía que alterna con penínsulas rocosas. Foto de la bahía de Pajas Blancas.

La zona Oeste entre Punta Espinillo y Punta Carretas se caracteriza por presentar una mayor ocurrencia de áreas rocosas que se alternan esporádicamente con microbahías de algunas decenas a pocos cientos de metros. La excepción de esta zona la constituye la Bahía de Montevideo que posee características propias como ser su tamaño, forma, tipo de sedimento, corriente y profundidad.

La zona Este, entre Punta Carretas y Punta Mansa, se caracteriza por la frecuencia de ocurrencia y de tamaño, similares entre áreas de bahía y áreas de rocosidad.

La Faja Costera del Este es un cordón rectilíneo de playa de dirección N30-45E, que se extiende desde la Punta Mansa Figura N° 3 y continúa por la Costa de Oro de Canelones, al menos hasta la localidad de Atlántida.





**Figura 3:** Punta Mansa al Este. Primer plano área de rocosidad que conforma la saliente. Segundo plano y al fondo playa de Carrasco

Resumiendo, una sección perpendicular a la dirección de la faja costera de Montevideo, puede presentar, desde la costa hasta el área continental, las siguientes asociaciones morfogenéticas:

a) playas con pendientes suave y moderada, con predominio de depósitos arenosos;

b) barra arenosa, más antigua, paralela a la línea de playa con una superficie aplanada a ligeramente convexa, caracterizada por depósitos arenosos;

c) bañado o albúfera que puede alternar con áreas de terrazas antiguas o terrenos ondulados de materiales sedimentarios del cuaternario antiguo y/o basamento cristalino.

d) dunas que aparecen dispersas y/o en grupos, situadas atrás de la playa, cubriendo parcialmente la zona de barra, los bañados y parte de las terrazas antiguas o terrenos ondulados. Muchas de estas dunas aún se

conservan en la costa oeste de Montevideo, entre Playa del Cerro y Punta Espinillo. En la porción oriental la acción antrópica destruyó casi completamente antiguas áreas de médanos. Actualmente, se reconocen algunas dunas pequeñas en las playas Verde y Carrasco, (Figura 4) que se localizan entre la línea de máximo nivel de olas y la rambla costanera.



**Figura 4:** Dunas Playa Verde, parcialmente fijadas por vegetación de gramíneas.

La ocurrencia de fuertes vientos del sur y del este, provoca la removilización, y transporte de arena que rebasa el paredón de la rambla, generando depósitos sobre la propia acera.

## **7.2. Planicies**

Se reconocen asociadas a los valles de los cursos de agua, teniendo en cuenta su posición topográfica se distinguen dos tipos: planicies fluviales y estero-pantanosas muy bajas y planicies fluviales bajas.

### **7.2.1. Planicies fluviales y estero pantanosas muy bajas**

Estas planicies no superan los 5 metros de altitud. En ellas se reconocen dos tipos: las fluviales y las del tipo estero-pantanosas.

El área más representativa de las planicies fluviales muy bajas es la terraza del Arroyo Pantanoso, que se extiende desde su desembocadura -en el Río de la Plata- hasta la localidad de Paso de la Arena. Otros ejemplos de menor expresión son las zonas de la actual desembocadura de los arroyos Miguelete y Colorado y algunos cursos menores.

En general estas planicies son muy bajas, inundadas la mayor parte del año, relativamente angostas (máximo 500 metros), con un desarrollo longitudinal ligeramente paralelo a la dirección del canal y desarrollan una importante vegetación de especies subacuáticas.

Las planicies estero-pantanosas muy bajas, se expresan tanto en el oeste como en el este del Departamento, están inundadas en forma casi permanente. Al oeste, se localiza la planicie denominada Humedales del Santa Lucía, (Figura 5) que se desarrolla en el entorno de la desembocadura del Río Santa Lucía y que se extiende por varios kilómetros aguas arriba, paralelamente al canal principal y canales subordinados.



**Figura 5:** Vista de los Humedales del Santa Lucía, desde el sur hacia el norte (tomada desde el Parque Leccoq).

Los procesos de inundación en esta planicie se producen de tres maneras: por las crecidas provocadas por la acción eólica desde la costa sur y suroeste; por crecidas del propio Río Santa Lucía o por la acción combinada de ambos procesos.

En el Este del Departamento se encuentra una depresión elongada de dirección Norte-Sur que se denomina Bañados de Carrasco (Figura 6).





Figura 6: Vista de los Bañados de Carrasco, de norte a sur (tomada desde la Cantera San Cayetano)

Se encuentra prácticamente cerrada hacia el Río de la Plata por una barra de arena, siendo su única conexión el arroyo Carrasco que entalló un canal natural en la barra. Su generación ocurrió a partir del cierre con el Río de la Plata por un sistema litoral de barra costera y médanos, con formación posterior de un embalse y luego de un sistema bañado-turbera. Actualmente el aporte principal de agua proviene de la red de drenaje de dirección Norte-Sur caracterizado por los arroyos Toledo y Manga y de la cañada de las Canteras de dirección Este-Oeste. Ocasionalmente, vientos del Sudeste provocan ingreso de agua de mar por el canal del arroyo Carrasco, ocasionando una subida del nivel de base y represamiento de las aguas del continente.

Con respecto al tipo de vegetación, en la planicie del Santa Lucía, debido a la conjugación de aguas provenientes del continente y del estuario, predominan especies de tipo holohialina.

En los Bañados de Carrasco, la influencia salina es prácticamente nula, el desarrollo vegetativo está determinado por la acumulación de aguas continentales, lo que provoca la predominancia de especies de agua dulce.

### **7.2.2. Planicies fluviales bajas**

Estas planicies se ubican en zonas interiores, de los valles de los cursos de agua. Presentan una configuración longitudinal y desarrollo en forma de cuña hacia las porciones media y superior y cabecera de los cursos de agua. Estos planos se desenvuelven por encima de la cota de 5 metros y debajo de los 20 metros aproximadamente. La parte interna de estas planicies está ligeramente disectada; cuando es recortada por los cursos de agua se reconocen fuertes entalles, que generan formas barrancosas.

Debido a la nula o escasa pendiente, y la ocurrencia de suelos con baja permeabilidad, el escurrimiento y la infiltración de agua es prácticamente nula, ocasionando zonas de estancamiento.

En función de la presencia de suelos con importante fertilidad natural, de corrientes de agua superficiales y bajas pendientes, estas planicies fueron y aún en la actualidad son objeto de importante actividad agrícola en el Departamento. Ocasionalmente se preservan algunas áreas donde la influencia antrópica fue mínima, allí se reconoce una vegetación caracterizada por familias del tipo graminal.

### **7.3. Terrenos Ondulados**

Dentro del paisaje ondulado del Departamento se pueden distinguir dos padrones fisiográficos: un padrón caracterizado por terrenos altos y fuertemente ondulados, y un padrón representado por lomadas suaves.

En el primer caso, se trata de morfologías individuales con relieve positivo que se destacan del resto del paisaje, presentan una forma ligeramente convexa en su porción cuspidal, con laderas suavizadas por presencia de glacis de acumulación. Estas morfologías, están representadas por los accidentes geográficos del Cerro de Montevideo y el Cerrito de la Victoria, cuyas altitudes son 135 y 70 metros sobre el nivel del mar,

respectivamente. La similitud orográfica de estos relieves se debe a que poseen un substrato rocoso con litologías idénticas: ortoanfibolitas de grano fino.

El segundo caso corresponde a un sistema de paisaje más regionalizado y que es muy frecuente en el Uruguay. Se trata de lomadas que van desde suave a moderadamente onduladas. En general, estas lomadas son alargadas con pendientes homólogas a ligeramente asimétricas, paralelas a subparalelas a las direcciones de los cursos de agua, reconociéndose, según el orden de magnitud, entre dos y tres direcciones principales.

Las lomadas de primer orden presentan dos direcciones predominantes N-S y NE-SW, son divisorias de aguas de las cuencas de los arroyos Pantanoso, Miguelete, Carrasco y Toledo. En parte constituyen ramales de las últimas estribaciones de la Cuchilla Grande, sus máximas altitudes están comprendidas entre los 50 y 60 metros sobre el nivel del mar. Las laderas son planas a ligeramente convexas, cuando están constituidas por material sedimentario cuaternario y convexas cuando están conformadas por terrenos cristalinos. Las áreas de interfluvios son extensas y aplanadas, cuando están constituidas por material sedimentario limoso y arcilloso y ligeramente convexas a convexas cuando el sustrato es basamento cristalino. Normalmente, se reconoce una combinación de ambos modelos.

Las lomadas de segundo orden presentan una dirección general W-NW a E-SE, separando en parte cuencas principales con cuencas de cursos de agua subordinados. Las alturas máximas reconocidas se encuentran entre los 40 y 50 metros.

Una sección transversal S-SW a N-NE de la lomada, muestra en general, una conformación con tendencia asimétrica. La ladera que mira hacia el S-SW es de mayor pendiente, relativamente corta y de tipo recto (laderas de denudación), localmente esta ladera puede presentar un pequeño escarpe o barranca con afloramientos. La ladera que mira hacia el N-NE es de tipo plano, muy alargada, de baja pendiente y remata en un valle con desarrollo de terrazas muy amplias.

Los interfluvios de la lomada, se disponen asimétricamente estando recostados hacia la ladera de mayor pendiente, en su parte superior presentan una conformación de altiplanicie a lomada con suave ondulación.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

**Catálogo Cartográfico. Servicio Geográfico Militar (1995).** Diseño Ejecución e Impresión: Servicio Geográfico Militar

**Dirección General De Meteorología, (1996)** Anuario de Estadísticas.

**Instituto Nacional De Estadísticas (1996).** Anuario de Estadísticas.

**Intendencia Municipal De Montevideo - Sistema de información Geográfica (2003).** Mapa de Hidrografía y topografía del Departamento de Montevideo.  
<http://www.montevideo.gub.uy>

# MAPA GEOLÓGICO Y DE RECURSOS MINERALES DEL DEPARTAMENTO DE MONTEVIDEO A ESCALA 1/50.000

## Memoria Explicativa

### Capítulo II

## GEOLOGÍA

### *AUTORES*

Jorge Spoturno <sup>(1,2)</sup>

Pedro Oyhantçabal <sup>(1)</sup>

Cesar Goso <sup>(1)</sup>

Natalie Aubet <sup>(3,1)</sup>

Sandra Cazaux <sup>(3)</sup>

Sebastián Huelmos <sup>(1)</sup>

Ethel Morales <sup>(4)</sup>

(1) Docente de Facultad de Ciencias (UdelaR)

(2) Jefe del Departamento de Geología Económica. Di.Na.Mi.Ge.

(3) Estudiante de la Licenciatura en Geología - Becario Proyecto CONICYT 6019.

(4) Estudiante de la Licenciatura en Geología - Becario de Di.Na.Mi.Ge.

## INDICE

<b>1. PRESENTACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b>	<b>4</b>
<b>3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL</b>	<b>4</b>
<b>4. ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA</b>	<b>5</b>
<b>5. GEOLOGÍA DESCRIPTIVA</b>	<b>7</b>
<b>5.1. Unidades Proterozoicas</b>	<b>7</b>
5.1.1. Paleoproterozoico	9
5.1.1.1. Formación Montevideo	9
5.1.1.1. A. Ortoanfibolitas	9
5.1.1.1. B. Micaesquistos	11
5.1.1.1. C. Paraneises	12
5.1.1.1. D. Paranfibilolitas	13
5.1.1.2. Ortoneises de Punta Carretas	13
5.1.1.3. Granitos Deformados de Punta Espinillo	14
5.1.1.4. Granito de La Tablada	14
5.1.1.5. Granito de Cañada de las Canteras	15
5.1.2. Neoproterozoico	15
5.1.2.1) Granito de La Paz	15
5.1.3. Actividad filoniana (Paleoproterozoico y Neoproterozoico)	16
5.1.4. Geología Estructural	17
<b>5.2. Unidades Cenozoicas</b>	<b>18</b>
5.2.1. Formación Fray Bentos (Oligoceno Superior)	18
5.2.2. Formación Raigón (Mio – Plioceno)	22
5.2.3) Formación Libertad (Pleistoceno)	25
5.2.4. Formación Chuy (Pleistoceno)	27
5.2.5. Formación Dolores (Pleistoceno)	28
5.2.6. Formación Villa Soriano (Holoceno)	29
5.2.7. Depósitos continentales post-Villa Soriano (Holoceno)	30
<b>5.2. Reciente y Actual</b>	<b>31</b>
5.3.1. Depósitos Fluviales	32
5.3.2. Depósitos de Bañado	32
5.3.3. Depósitos de Playa	33
5.3.4. Depósitos de Dunas	33
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>34</b>

## 1. PRESENTACIÓN

El mapa geológico del Departamento de Montevideo a Escala 1/50.000, constituye la primera edición de un documento gráfico completo de esta división política.

Los primeros trabajos cartográficos concretos del Departamento corresponden a Cardellino R. & Ferrando, L. (1966 y 1969). Los autores en primer lugar presentan una carta geológica del departamento con un informe preliminar, allí se reconoce la extensión de la importante cobertura de sedimentos que cubren las rocas antiguas del Basamento Cristalino. En 1969 realizan el mapeo a Escala 1/100.000 comprendiendo el departamento y zonas aledañas que integran el sector XCVII. En dicha región separan un conjunto de unidades, del Precámbrico y Cenozoico, con criterio litoestratigráfico.

Los trabajos cartográficos mas recientes datan de la década de los 90, fueron realizados en el marco del Proyecto Carta Geológica a escala 1/100 000, que se llevó a cabo entre la Di.Na.Mi.Ge. y la Universidad de la República. En este proyecto fueron cartografiadas las hojas Pando (Coronel N. 1990); Los Cerrillos (Coronel N. et al 1990) y La Unión (Goso C. et al 1990). Dichas Hojas comprenden una parte del departamento de Montevideo, Los Cerrillos y Pando incluyen una pequeña porción del sector norte en tanto que la Hoja La Unión incluye el sector este y noreste del departamento. Los trabajos aumentaron sustantivamente la información geológica del área, ajustando límites geológicos anteriores y separando nuevas unidades con criterios lito y cronoestratigráficos.

El trabajo que se expone, pretende presentar, en un documento único y a mayor escala, la geología del Departamento, partiendo de los trabajos cartográficos desarrollados anteriormente y de los nuevos aportes del proyecto. En este sentido, se lograron avances significativos en la descripción, interpretación y redefinición de las rocas del basamento cristalino, se establecieron nuevas separaciones en los sedimentos del cuaternario antiguo y reciente, y un mejor conocimiento de la geología de subsuperficie.

## 2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Los pasos metodológicos adoptados para la realización de este trabajo fueron los siguientes:

- Recopilación, clasificación y análisis de trabajos geológicos del área en consideración. Estos fueron básicamente documentos cartográficos, trabajos específicos, publicados e inéditos.
- Ubicación, selección, descripción e interpretación de testigos de perforaciones correspondientes al Departamento de Montevideo.
- Fotelectura, fotoanálisis y fotointerpretación geológica de imágenes satelitales y fotografías aéreas.
- Trabajos de campo, con el objeto de describir las unidades geológicas reconocidas en la fotointerpretación.
- Elaboración y descripción de láminas delgadas de los materiales rocosos de difícil caracterización mesoscópica.
- Elaboración del mapa geológico a partir de: los antecedentes cartográficos, los datos de las perforaciones, la fotointerpretación y los trabajos de campo.
- Construcción de perfiles estratigráficos, secciones geológicas regionales y mapas batimétricos e isopáquicos de las unidades geológicas cuya información ameritó su realización.
- Digitalización de los documentos gráficos y redacción de Memoria Explicativa.

## 3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

En el Departamento de Montevideo, básicamente se reconocen rocas cristalinas, de edad Paleoproterozoica, cuerpos y diques intrusivos del Paleozoico Inferior y materiales de origen sedimentario de edad Cenozoico.

Las rocas antiguas son parte de lo que regionalmente se denominó Zócalo del Río de la Plata (Preciozzi *et al.*, 1979) unidad definida geo-estructuralmente por rocas del Paleoproterozoico y caracterizada por



cinturones metamórficos de grado bajo y medio, terrenos granito-néisicos–migmatíticos e intrusiones asociadas, que se localizan en la región centro y sur del Uruguay, al oeste de la cizalla Sarandí del Yí- Piriápolis. Posteriormente, Bossi *et al.* (1993) denominó a esta megaunidad como Terreno Piedra Alta.

El Neoproterozoico, está representado por el magmatismo intrusivo caracterizado por el macizo granítico de La Paz así como diques asociados de composición variada que se relacionan con las fases tardías del magmatismo del Neoproterozoico y Cámbrico ya conocido en otras regiones del Uruguay.

Los materiales sedimentarios del Cenozoico comprenden desde el Oligoceno hasta el Actual. Los depósitos Terciarios tempranos se vinculan a las últimas fases de la dinámica de la subsidencia de la Cuenca del Santa Lucía, en un sistema continental árido. Los sedimentos del final del Terciario y Cuaternario se corresponden con procesos asociados a cambios climáticos y sus consecuencias relacionadas con las variaciones del nivel del mar.

#### **4. ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA**

A partir de la recopilación de antecedentes y de los resultados alcanzados en este trabajo, se construye la columna estratigráfica del Departamento. Para su elaboración se tomaron en cuenta criterios crono y litoestratigráficos. Para la cronoestratigrafía se siguieron los patrones establecidos en *International Stratigraphic Chart* de UNESCO (2000), en tanto que para la separación de las unidades litológicas se siguieron los criterios de la Guía Estratigráfica Internacional (1980).

La columna estratigráfica que se presenta a continuación resume las principales unidades existentes en el área.

<b>CENOZOICO</b>	<b>Cuaternario</b>	Holoceno	Depósitos de Playas / Depósitos de Dunas / Aluviones / Bañado Depósitos Fluviales Cañada Pajas Blancas Formación Villa Soriano
		Pleistoceno	Formación Dolores Formación Chuy Formación Libertad
	<b>Terciario</b>	Mio-Plioceno	Formación Raigón
		Oligoceno Superior	Formación Fray Bentos
<b>PROTEROZOICO</b>	<b>Neoproterozoico</b>		Diques Pegmatíticos / Diques Básicos Alcalinos Granito de La Paz
	<b>Paleoproterozoico</b>		Granito de la Tablada
			Granodiorita Cañada de las Canteras
			Diques Ácidos Diques Básicos
			Granitos Deformados Punta Espinillo
			Diques Pegmatíticos y Aplíticos Ortoneises de Punta Carretas
			Formación Montevideo (Secuencia Sedimentaria/Secuencia Magmática Básica)

## **5. GEOLOGÍA DESCRIPTIVA**

### **5.1. Unidades Proterozoicas**

Las rocas correspondientes al Basamento proterozoico del Departamento de Montevideo afloran en:

1. la faja costera, correspondiendo a puntas rocosas entre los arcos de playa,
2. las principales elevaciones que corresponden al Cerro de Montevideo y el Cerrito de la Victoria,
3. las cuencas de los arroyos Pantanoso, Miguelete, Mendoza, Manga y de las Piedras, en las que la disección fluvial ha removido la cobertura sedimentaria de la formación Libertad.

A partir de la información de superficie y de sondeos, se construyó el mapa de isóbatas del basamento cristalino de Montevideo (Figura 1), básicamente se ponen en evidencia la existencia de altos y bajos morfológicos en el basamento.

Los “altos” más destacados son el cerro de Montevideo, la cuchilla Pereira, y un arco que une la Punta Carretas, el cerrito de la Victoria, la Tablada y Pajas Blancas.

Los “bajos” principales corresponden a la depresión del arroyo de Melilla, la bahía de Montevideo, la cuenca de los Bañados de Carrasco.

El Basamento del departamento de Montevideo se ha vinculado hasta el presente a dos unidades litoestratigráficas, la formación Montevideo y el Granito de La Paz.

La formación Montevideo fue definida por Bossi et al. (1965) en base a la concordancia estructural y de facies metamórfico de gneises a dos micas, anfibolitas y micaesquistos. Se le atribuye edad Paleoproterozoica en base a las determinaciones disponibles (Preciozzi F. et al. 1985).

El granito de la Paz constituye una intrusión Neoproterozoica, vinculable al magmatismo Brasiliano de acuerdo a la datación de Umpierre y Halpern (1971).

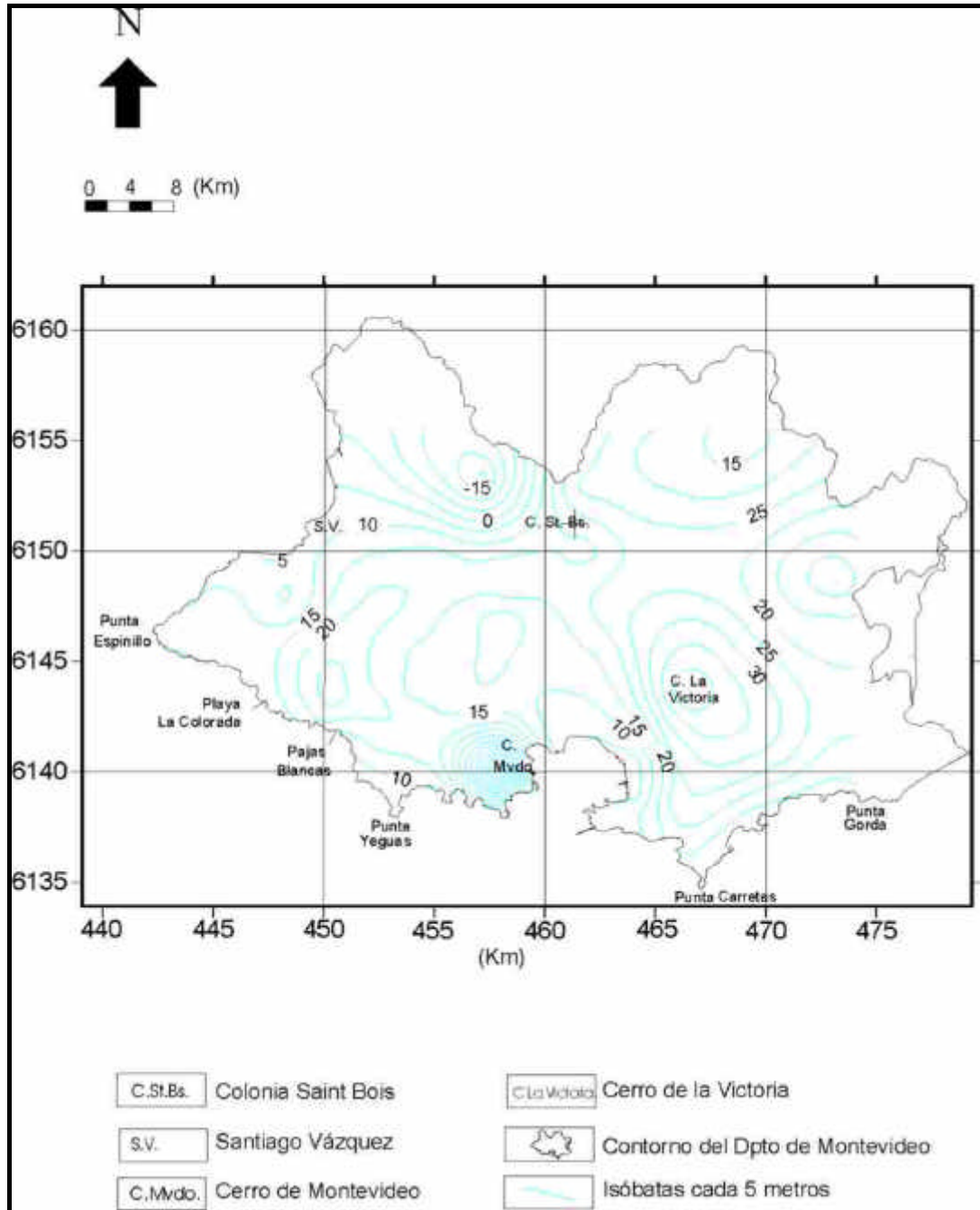


Figura 1. Carta Batimétrica del Basamento Cristalino de Montevideo.

### **5.1.1. Paleoproterozoico**

#### **5.1.1.1. Formación Montevideo**

En este trabajo preferimos retomar la propuesta original de Walther (1948, p. 36), quien consideraba como “Esquistos cristalinos pre-gneisicos” a las anfibolitas y micaesquistos, y proponer la redefinición de la formación Montevideo como integrada por una secuencia supracortical vulcano-sedimentaria con metamorfismo de facies anfibolita Oyhantcabal, P. et al (2002). Las estructuras observadas en afloramiento indican que es frecuente la ausencia de concordancia estructural entre las litologías supracorticales y los gneises y los granitos deformados. Las litologías principales de esta Formación son orto y paranfibolitas, micaesquistos y paraneises.

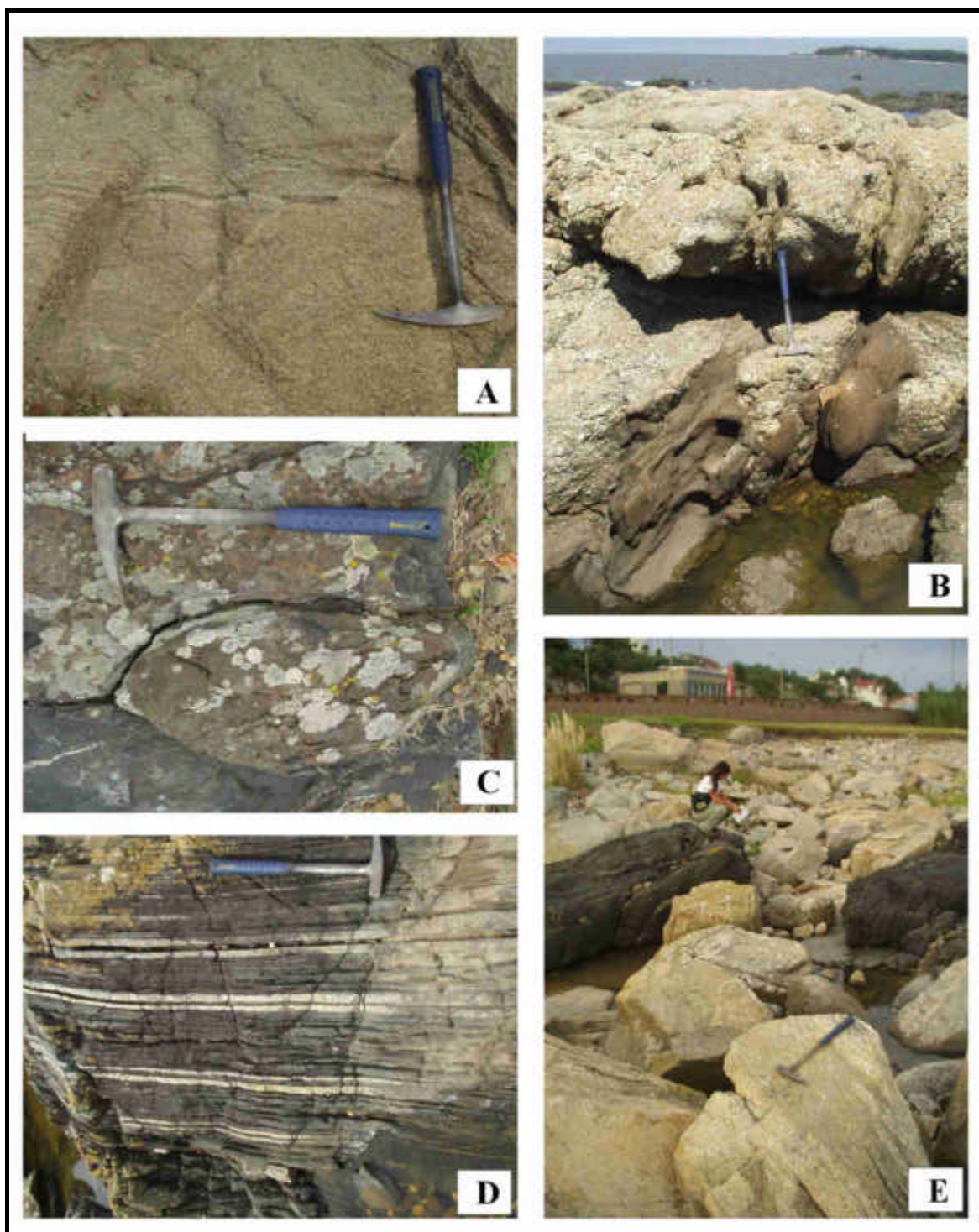
##### **5.1.1.1. A. Ortoanfibolitas**

Esta litología aflora fundamentalmente en el Cerro de Montevideo, el Cerrito de la Victoria y sus alrededores y el borde norte de los bañados de Carrasco.

Se trata de rocas de color verde muy oscuro y grano fino, macizas, tenaces y con variable desarrollo de esquistosidad. La textura es variable desde nematoblástica a decusada con cristales de anfíbol hipidiomorfos de 0,1 a 0,7 mm. Su mineralogía es anfíbol con pleocroísmo  $X =$  amarillo verdoso pálido,  $Y =$  verde pálido y  $Z =$  verde azulado pálido. El ángulo de extinción  $Z^{\wedge}c$  es de 26 grados. Son frecuentes pequeños cristales de ilmenita de 0.2 – 0.3 mm, con borde de leucoxeno. El cuarzo aparece en pequeños cristales xenomorfos con extinción ondulante y subgrano, de 0,1 a 0,4 mm. La plagioclasa es de composición andesina – labrador de 0,15 a 0,35 mm.

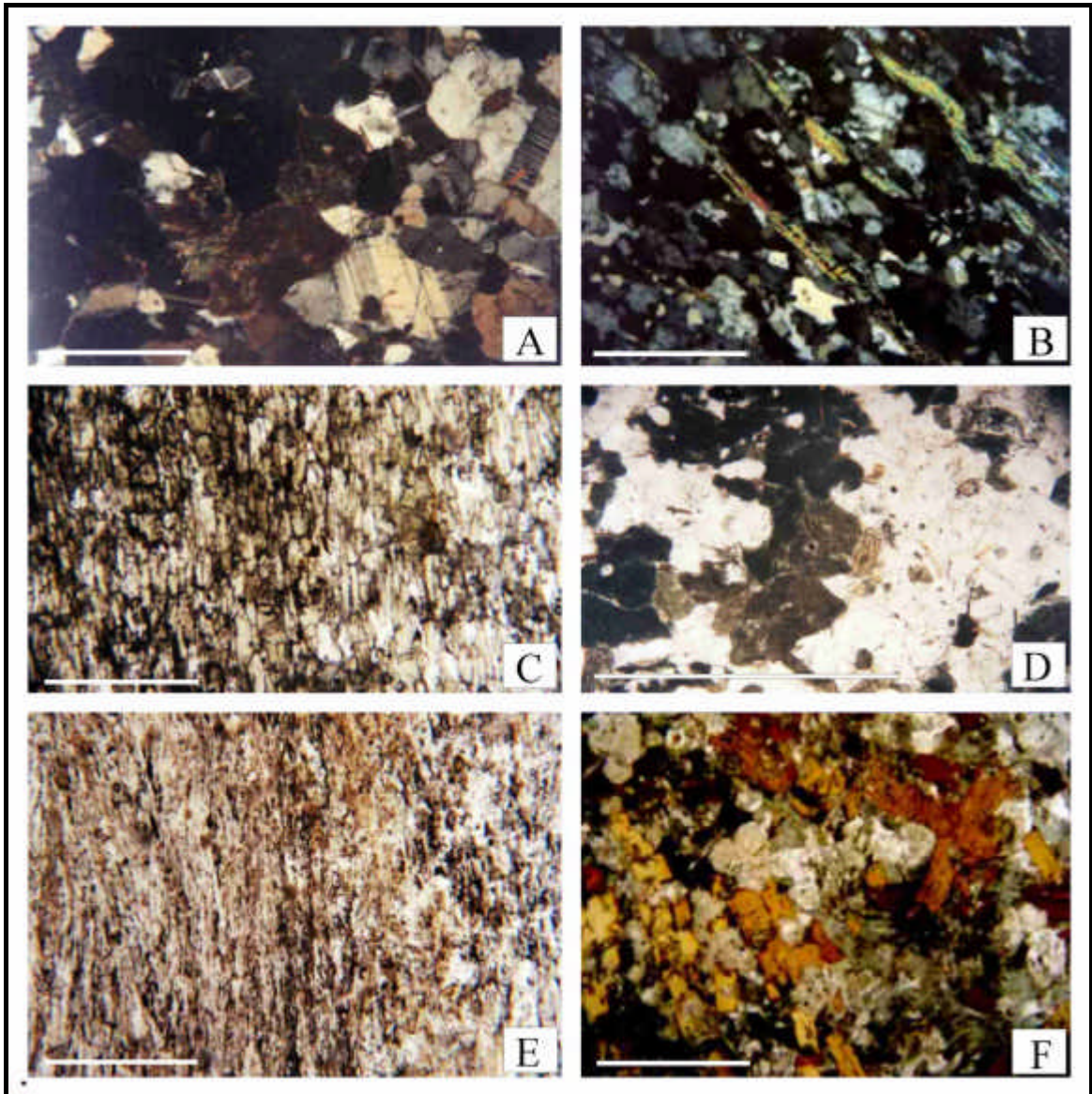
En algunos afloramientos (p.e. costa de la bahía y alrededores de la Fortaleza del Cerro) se han observado estructuras relativamente conservadas de tipo *pillow lavas*.

El pequeño tamaño de grano, la ausencia de estratificación y la ocasional preservación de estructuras de tipo *pillow lavas* sugieren que el protolito de estas anfibolitas es una lava básica (probablemente de composición basáltica).



**Figura 2.** (A) Contacto discordante entre los Ortoneises de Punta Carretas y los Granitos Deformados de Punta Espinillo. (B) Granitos Deformados intruyendo a la formación Montevideo. (C) Estructuras de *pillow* lavas en ortoanfibolitas. (D) Bandeado composicional en paragneisses (nótese el plegamiento isoclinal de los estratos). (E) Dique alcalino recortando ortoneises. Tomado de Oyhantçabal et al., (2003).





**Figura 3.** Fotomicrografías, **(A)** Granito Deformado (Punta Espinillo). Textura equigranular. (ortosa+biotita+muscovita+cuarzo+granate). **(B)** Ortoneises de Punta Carretas. Textura granolepidoblástica (oligoclasa+biotita+cuarzo+microclina+apatito). **(C, D y E)** litotipos de Fm. Montevideo: **(C)** Parañfibolitas Textura nematoblástica (hornblenda+augita-aegirina+cuarzo+oligoclasa+biotita). **(D)** Ortoañfibolitas. Textura granonematoblástica (hornblenda+andesina-labrador+cuarzo+ilmenita). **(E)** Micaesquistos. Textura lepidoblástica (cuarzo+muscovita+biotita+turmalina). **(F)** Diques Básicos Alcalinos (biotita titanífera + clinopiroxeno + nefelina + plagioclasa + carbonato + clorita + apatito). Escala 1mm. Tomado de Oyhantçabal et al., (2003).

#### 5.1.1.1. B. Micaesquistos

Aparecen especialmente bien expuestos en la playa del Cerro. Exposiciones de calidad media se observan en afloramientos del curso medio del Arroyo Malvín. En los alrededores de La Cañada de las Canteras se

observan escasos afloramientos de muy mala calidad. Esta litología suele asociarse a zonas bajas del relieve.

Estos micaesquistos presentan texturas lepidoblásticas a lepidogranoblásticas y mineralógicamente están compuestos por cuarzo, muscovita, biotita, con opacos y turmalina como accesorios más frecuentes. Cuando las composiciones son adecuadas la paragénesis presenta además granate rico en almandino y estauroлита.

En las cercanías de las intrusiones de los granitos deformados, por ejemplo en la playa del Cerro y en la roca caja de la microgranodiorita de Cañada de las Canteras se desarrollan en esta litología cristales de andalucita, normalmente fuertemente pinitizados.

Desde el punto de vista estructural se caracterizan por una buena preservación de la estratificación original y pliegues correspondientes a dos fases, la primera de tipo isoclinal y la segunda con pliegues cerrados a abiertos. Es frecuente el desarrollo de esquistosidad de crenulación.

#### **5.1.1.1. C. Paraneises**

Esta litología aparece intercalada con micaesquistos y paranfibolitas, por lo que las principales áreas de afloramiento coinciden con las de esas litologías. También suelen aparecer como xenolitos de dimensiones métricas a decamétricas en las áreas granito-neisicas.

Los paraneises presentan texturas de grano medio a fino, granolepidoblásticas y mineralógicamente están compuestos por cuarzo, oligoclasa, microclina, biotita, muscovita, anfíbol, epidoto, esfeno, opacos y apatito. Existen variedades de neises biotítico anfibólicos y biotítico muscovíticos.

Desde el punto de vista estructural es frecuente una cierta preservación de la estratificación original y el plegamiento, si bien menos conspicuo es concordante con el que se observa en los micaesquistos.



#### **5.1.1.1. D. Paranfibolitas**

Las paranfibolitas se caracterizan por estar intercaladas con paraneises y micaesquistos y por presentar un bandeo composicional atribuible a estratificación.

Estas paranfibolitas presentan texturas nematoblásticas a nematogranoblásticas y mineralógicamente están compuestas por por anfíbol (hornblenda con pleocroísmo Z = verde azulado, Y = verde, X = amarillo verdoso), augita-aegirina, plagioclasa (An<sub>35</sub>), cuarzo, epidoto, biotita, opacos y apatito como accesorios más frecuentes.

Desde el punto de vista estructural se caracterizan por una buena preservación de la estratificación original, en la que alterna estratos de algún centímetro leucocráticos, compuestos por plagioclasa, cuarzo y escaso anfíbol, con estratos de anfíbolita mesócrata.

Los pliegues correspondientes a la primera fase, de tipo isoclinal, generan repeticiones en los estratos leucocráticos.

#### **5.1.1.2. Ortoneises de Punta Carretas**

Esta litología aflora fundamentalmente en la porción centro oriental de la costa de Montevideo. Buenas exposiciones pueden observarse en las Canteras del Parque Rodó y en la Cantera del Molino de Pérez. Se ha determinado una edad Rb/Sr de  $1990 \pm 32$  con  $R_o = 0.7008$  para las rocas aflorantes en las Canteras del Parque Rodó (Cingolani C. et al. 1997).

Se trata de rocas de grano fino a medio, de color gris, tenaces. La textura es granolepidobástica.

Mineralógicamente están compuestas por oligoclasa, cuarzo, biotita, epidoto con núcleo de alanita, muscovita (secundaria), apatito y microclina. El cuarzo aparece en dos generaciones; la de mayor tamaño (ca. 0.4 mm) se caracteriza por extinción ondulosa y contactos irregulares. La de menor tamaño (ca. 0.1 mm) presenta extinción normal y bordes netos y se vincula a la recuperación del cuarzo.

### **5.1.1.3. Granitos Deformados de Punta Espinillo**

Esta litología aflora fundamentalmente en Punta Yeguas, en Los Cilindros, Playa La Colorada y Punta Espinillo. Se asocia especialmente a puntas en la costa y elevaciones relativamente importantes en el resto del departamento.

Se trata de rocas de grano medio, de color gris a rosado (este último probablemente secundario por meteorización). Las texturas varían desde equigranular a porfírica. En este último caso los fenocristales de feldespato potásico alcanzan hasta 3 cms.

La composición mineralógica es variable según las diferentes facies. El más abundante es un granito de grano medio, biotítico equigranular a porfiroide. En la zona de Punta Espinillo predomina un granito de grano medio, con muscovita, biotita y granate isoxenomórfico y diques de pegmatita con muscovita y granate abundantes, algo deformados, de potencias decimétricas a métricas. Es frecuente el desarrollo, con intensidad variable, de una foliación protomilonítica con direcciones predominantes N80E/60S, E-W, N70E/63S y N80W.

Es común la presencia de xenolitos de anfibolitas y micaesquistos. La roca caja se encuentra sumamente recortada por diques pegmatíticos, algunos plegados.

### **5.1.1.4. Granito de La Tablada**

Los principales afloramientos de este granito se encuentran en los alrededores del antiguo Hotel La Tablada. Buenas exposiciones se observan en la cantera de la División Vialidad de la Intendencia Municipal de Montevideo. Se trata de un leucogranito de grano fino a medio, equigranular, de color rosado. Mineralógicamente está constituido por cuarzo, plagioclasa, microclina, muscovita, biotita, epidoto, circón y granate como accesorio frecuente.

Presenta escasa deformación expresada en una incipiente foliación protomilonítica.

### 5.1.1.5. Granito de Cañada de las Canteras

En la zona del curso medio a inferior de la Cañada de las Canteras, aflora una roca granítica de grano fino a medio con biotita como mineral accesorio; dicho mineral suele aparecer además en nódulos de 1x3cm.

Desde el punto de vista petrográfico, la roca presenta textura granuda a plagioclasas subautomorfas. Mineralógicamente se encuentra constituida por cuarzo tendiendo a agruparse en cúmulos, oligoclasa con alteración a micas blanca, biotita, microclina accesorias intersticiales y epidoto. Basándose en su composición mineralógica la roca es definida como una leucogranodiorita.

### 5.1.2. Neoproterozoico

#### 5.1.2.1) Granito de La Paz

En Montevideo, el Granito de La Paz aflora a lo largo del valle sobre el margen izquierdo del curso medio del Arroyo de Las Piedras. No se conocen las relaciones de contacto entre este granito y el resto de las unidades del basamento de Montevideo ya que la cobertura sedimentaria cubre totalmente la región de contacto entre ambas unidades. Esta intrusión fue datada por Umpierre y Halpern (1971) en  $566 \pm 15$  Ma (Rb/Sr, roca total).

Según Oyhançabal et al. (1990), petrográficamente las facies que predominan son básicamente dos: una porfiroide y una equigranular.

- **Granito porfiroide.** La mayor parte del granito de la Paz está constituido por un granito a megacristales de microlina.

- **Granito equigranular.** Aparece fundamentalmente en el borde sur del cuerpo (canteras de la Paz y Demarco) y es la litología que predomina en el departamento.

Es un granito equigranular rosado, que presenta grano medio, donde los cristales de feldespato alcalino poseen un tamaño de 8 a 10 mm.

Mineralógicamente, está constituido por ortosa perítica fuertemente albitizada, microclina perítica, cuarzo en dos generaciones, albita en cristales automorfos, biotita con pleocroísmo verde y pequeño 2V (indicaría tendencia alcalina). Como accesorios: epidoto, calcita, opacos y anfíbol.

Composición modal: Cuarzo 24 %, Plagioclasa 18 %, Feldespato Alcalino 53 %, Ferromagnesianos 5 %.

De manera subordinada ocurren también algunos tipos petrográficos, que se asocian a las litologías anteriores, las que a continuación se señalan:

- **Enclaves máficos biotíticos:** Son enclaves de dimensiones centimétricas a decimétricas, normalmente elongados con un eje que buza pocos grados al NW. Mineralógicamente se constituyen de biotita (60-70%), anfíbol verde, plagioclasa en dos generaciones y abundante apatito.

- **Enclaves de pórfido microgranítico:** Se trata de enclaves cuyas dimensiones llegan al orden de 1,5-2 metros. Se caracterizan por: fenocristales de cuarzo y microclina en una matriz de grano fino constituida por microclina perfitica, plagioclasa, cuarzo, biotita hornblenda verde, circón y apatito.

### 5.1.3. Actividad filoniana (Paleoproterozoico y Neoproterozoico)

En base a las observaciones de campo realizadas y teniendo en cuenta los antecedentes (Cardellino & Ferrando, 1969 y Walther, 1948) se propone el siguiente ordenamiento estratigráfico:

- 1) Diques pegmatíticos y aplíticos, con feldespato blanco como mineral dominante (correspondería a los diques con oligoclasa de Walther, 1948), frecuentemente plegados y con desarrollo de foliación protomilonítica. Los accesorios más frecuentes son biotita, muscovita y ocasionalmente hornblenda. En ocasiones se asocian venas de cuarzo plegadas.

- 2) Diques básicos, rectos, de aproximadamente un metro de potencia. Pese a no presentar deformación significativa, su paragénesis se caracteriza por la presencia de hornblenda proveniente de la transformación del piroxeno del protolito. Recortan a los ortoneises y aparecen recortados por diques de pegmatita y aplita.

- 3) Pegmatitas y ocasionalmente aplitas, con feldespato rosado (ortosa perfitica microclinizada, según Walther, 1948). Afloran principalmente en la región oeste del departamento, recortando a la secuencia supracortical, ortoneises y granitos deformados. Los accesorios son biotita, muscovita y

frecuentemente abundante granate en cristales que pueden alcanzar 1,5 cm. Presentan foliación protomilonítica. Las direcciones más frecuentes de estos diques son N70°E a EW. Se asociaría a esta generación de diques la ocurrencia de berilo en el Dique Nacional señalada por Cardellino y Ferrando (1969).

4) Diques rectos de pegmatita. Los minerales dominantes son feldespato rosado (feldespato potásico) y cuarzo, la biotita es el único accesorio reconocido. Es característica la ausencia de deformación.

5) La actividad filoniana póstuma, presuntamente de edad Brasiliana y vinculada al magmatismo que generó el Granito de La Paz, está representada por:

➤ diques de pórfido con listones de plagioclasa y fenocristales de cuarzo en una matriz fina (la dirección observada es N-S). Afloran en Punta Carretas,

➤ diques básicos alcalinos. Una muestra correspondiente al dique que aflora en Plaza Virgilio presenta biotita titanífera con típico pleocroismo rojizo, en cristales de 1 x 0.15 mm, clinopiroxeno en cristales de aproximadamente 1 mm de largo, aislados y en agregados, anfíbol uralítico, nefelina alterada, plagioclasa. Carbonato y clorita aparecen en amígdalas de 2 – 3 mm de diámetro y en la matriz, el apatito aparece como inclusiones en la biotita. Diques con características similares han sido observados recortando el Granito de La Paz.

#### **5.1.4. Geología Estructural**

La estructura geológica del Basamento cristalino de Montevideo se caracteriza por la superposición de varias fases de deformación, separadas por eventos intrusivos, asociados a la generación de los protolitos de los ortoneises (entre  $F_1$  y  $F_2$ ) y de los granitos deformados (entre  $F_2$  y  $F_3$ ).

La primer fase de deformación dúctil reconocida ( $F_1$ ), se caracteriza por pliegues isoclinales observados en la secuencia volcano-sedimentaria (formación Montevideo), estos pliegues generan la repetición de estratos en las

paranfibras y los micaesquistos. Se observaron pliegues isoclinales intrafoliales. La foliación asociada a esta fase ( $S_1$ ), no pudo ser reconocida y se supone transpuesta según  $S_2$ .

La segunda fase dúctil de deformación ( $F_2$ ), responsable de la foliación  $S_2$ , determina la recristalización de los intrusivos graníticos en ortoneises y es responsable de la estructuración dominante. La foliación  $F_2$  aparece hoy con rumbos dominantes variables entre  $N70^\circ E$  y  $N70^\circ W$ .

La tercera fase ( $F_3$ ) es responsable de pliegues abiertos a cerrados, que afectan la foliación de esquistos y ortoneises y de la foliación protomilonítica de los granitos deformados. No se ha constatado el desarrollo de foliación de plano axial asociado a esta fase. Los ejes de los pliegues de esta fase tienen orientaciones variables.

## **5.2. Unidades Cenozoicas**

### **5.2.1. Formación Fray Bentos (Oligoceno Superior)**

Bajo esta denominación se agrupa a un conjunto de depósitos sedimentarios de origen continental, de tonalidades rosadas, que aparecen en el Departamento de Montevideo. Si bien tiene relativamente escasa expresión superficial, fue constatada su presencia con importantes espesores (orden decamétrico). Esta unidad, en el Uruguay, ya había sido reconocida por diversos autores, cada uno, adjudicando denominaciones propias: Lambert R. (1940) la denomina "Capas de Fray Bentos; Jones G. (1956) Estratos de Fray Bentos y Caorsi Goñi (1958) "Limos de Fray Bentos". Fue definida como unidad litoestratigráfica por Goso H. (1965).

El mapeo en superficie muestra que esta unidad aflora en dos regiones del Departamento de Montevideo: en el Noreste, donde se le reconoce en el borde Norte y Oeste de los Bañados de Carrasco, la Figura 4 ejemplifica su ocurrencia. En la región noroeste aflora de manera interrumpida en la base y parte media de los escarpes del Parque Lecocq y curso inferior del Río Santa Lucía.



**Figura 4.** Formación Fray Bentos. Foto tomada en un destape artificial ubicado al norte de los Bañados de Carrasco. Se reconoce su diferente tono de rosado, cuando el material está húmedo (rosado oscuro) y seco (rosado claro).

En subsuperficie, el estudio de los testigos de perforaciones indica que la Formación Fray Bentos existe en las regiones centro-oeste a noroeste y este del Departamento, rellenando gran parte de los principales paleovalles del Basamento Cristalino, y atenuando los accidentes topográficos. En el techo, es cubierta en discordancia erosiva, por los sedimentos del Terciario reciente y del Cuaternario.

Con relación a los aspectos geomorfológicos, la unidad se caracteriza por presentar formas de relieve onduladas, laderas con pendientes asimétricas e interfluvios con importante aplanamiento ya sea por la presencia de coberturas sedimentarias más recientes o por un manto de edafización.

Desde el punto de vista topográfico, la unidad se desarrolla entre cotas de 5 y 25 metros de altitud, los tipos de afloramientos corresponden a desmontes de caminos, débiles cornisas con procesos de carbonatación y frentes de escarpes naturales.

De las descripciones de campo como de los testigos de perforaciones existentes se reconocen tres a cuatro tipos litológicos que en orden decreciente de ocurrencia se consideran: areniscas finas a medias limos loésicos más o menos arenosos, conglomerados y calcretes.

Las areniscas finas a medias son de regular a buena selección cuarzosa matriz soportada de tipo limo arcillosa, masivas y de color rosado.

Los limos loésicos presentan variable contenido de arena fina, son de coloración rosácea, se intercalan en niveles métricos con las areniscas pasando de forma gradacional entre ambos tipos litológicos.

Tanto las areniscas como los niveles limosos ocurren hacia la parte media a superior de la secuencia de Fray Bentos y en las zonas donde tiene espesores importantes como ser: Barrancas de Melilla, Sondeos de Pista de Regatas y Colonia Saint Bois.

Los conglomerados, ocupan posiciones basales de la secuencia. En superficie los afloramientos (Figura 5), están cercanos o en contacto directo con el basamento cristalino en tanto que en observaciones de testigos de sondeos, los niveles conglomerádicos se encuentran en posiciones inferiores. Litológicamente son del tipo soportados por la matriz (paraconglomerados), relativamente bien consolidados, formados por clastos polimícticos de composición neisica, pegmatítica, micácea, cuarzosa y feldespática, que van desde 1 a 25 cm de tamaño.





**Figura 5.** Norte de los Bañados de Carrasco Conglomerado de la Formación Fray Bentos, en la base de la secuencia y cercano al basamento cristalino.

Dichos clastos muestran formas angulosas a muy angulosas, en general evidenciando un grado de selección bajo y una alta inmadurez textural. La matriz de textura limo-arenosa muy fina es de color rosado y aumenta en proporción hacia el tope. Dicha variación se manifiesta con una disminución granulométrica de los clastos (apenas centimétricos) que tienden a ser oligomícticos y angulosos con predominancia de composiciones pegmatíticas. En los afloramientos observados en los alrededores de Santiago Vázquez estos, casi siempre cercanos o en contacto con el basamento cristalino, presentan un espesor que oscila el orden métrico y una base irregular de tipo erosivo.

El arreglo de esta secuencia litofaciológica es de tipo granodecreciente, en cuya base, tanto en la lateral como en la vertical, aparecen conglomerados con clastos de litologías variables que culminan en limolitas rosadas.

Asociados a estas litologías ocurren en superficie niveles discontinuos de calcretes de tipo nodular que no superan los 30 cms. de espesor, formados éstos a expensas de arenas muy finas a finas, esencialmente cuarzosas, redondeadas y bien seleccionadas con escasos minerales densos. En estos calcretes aparecen recristalizaciones de calcita, formando drusas de tamaño apenas centimétricos. Por otra parte en muchos de los niveles areniscos y loésicos es frecuente observar concentraciones diversas de carbonato actuando como cemento.

Los espesores evidenciados en perforaciones de esta unidad son variables. En general, la Formación Fray Bentos presenta espesores decamétricos, se estima que el espesor de la unidad varía entre 20 y 80 metros estando esta magnitud en estrecha relación con la profundidad de los paleovalles de basamento cristalino que rellena. Por ejemplo, en perforaciones en la zona noroeste oscila predominantemente entre 22 y 34 metros, mostrando un espesor máximo de 72 metros en Melilla (Pozo 850/1).

Desde el punto de vista paleontológico es muy rico el registro fósil de vertebrados de esta unidad en otras regiones del país (Sur y litoral Oeste). Específicamente, en el Departamento de Montevideo el antecedente referenciado en la bibliografía es de un maxilar izquierdo con cinco molares encontrado in situ en la base de una barranca en la margen derecha de la cañada de las Mulas, en la zona del Parque Lecocq. Se trata de un ungulado de la especie *Propachyrucos Shiaffinoi*, n.sp. (Kraglievich, L. 1940).

Las litofacies observadas permiten inferir que la sedimentación se procesó en un ambiente de tipo continental, árido a semiárido, relacionado con procesos eólicos y gravitacionales, de tipo flujos de barro y eventualmente con retrabajamiento eólico. Los incipientes depósitos de calcretas nodulares muestran la alternancia de períodos secos y húmedos.

### **5.2.2. Formación Raigón (Mio – Plioceno)**

Esta unidad litoestratigráfica fue definida por Goso H. (1965), con anterioridad era considerada como parte de los terrenos de la formación

Pampeana. Ha sido reconocida en varios sectores del Departamento de Montevideo.

Los afloramientos son muy escasos y ocurren de manera restringida, vinculados a zonas onduladas, en laderas con pendientes moderadas a fuertes, entre 10 y 30 metros de cota, parcialmente cubiertos por materiales de la Formación Libertad y/o por coluviones recientes, muchas veces se reconocen afloramientos basales en contacto discordante con la Formación Fray Bentos.

La unidad no tiene desarrollo regional importante, los datos de afloramientos y de perforaciones, muestran que es de poca potencia (< a 10 metros) con estructura lenticular y sin expresión morfológica.

En superficie, donde se la reconoce con mayor frecuencia, es en los alrededores del Parque Lecocq y formando parte de la zona de barrancas de la costa del Santa Lucía (Melilla), presentando allí una importante continuidad lateral.

Otras zonas aflorantes ocurren al norte – noreste del departamento (Km 16 de Cno. Maldonado) y oeste de los Bañados de Carrasco (cañada de las Canteras). Asimismo, fueron identificados pequeños afloramientos en la zona de Capurro y en la desembocadura del Arroyo Miguelete en la bahía de Montevideo.

Litológicamente, se reconocieron tres litofacies asociadas a esta formación: conglomerados, lutitas y arenas finas y medias.

Las litofacies conglomerádica, es la que predomina, posee matriz arcillosa (paraconglomerado), con clastos de composición cuarzosa y feldespática (ortosa y plagioclasa), que alcanzan un tamaño máximo de 2 cm. de diámetro; los clastos cuarzosos se presentan subredondeados y los feldespáticos son angulosos a subangulosos, en la base, cuando se apoya en la Formación Fray Bentos el conglomerado presenta abundantes clastos soportados del material subyacente.

Por lo general la matriz es limo-arcillosa y la textura es de tipo matriz-soporte. Presenta un contenido variable de cemento de carbonato de calcio, tratándose de un sedimento friable. El color es grisáceo (10YR 6/2) y pudo observarse restos de materia orgánica. Cuando la matriz se hace más arenosa,

se expresan algunas estructuras de canal de porte pequeño. En los afloramientos esta litología expone espesor que oscila los 2 metros.

Un segundo tipo litológico, está caracterizado por limo arcillitas (lutitas) masivas, con fractura concoidal y subconcoidal, de color verde claro, con moteado amarillento. El material, presenta intenso resquebrajamiento de espesor centimétrico, distribución subvertical a oblicua y con relleno de carbonato blanco grisáceo pulverulento. Por lo general estas arcillas se ubican conformando el tope de las estructuras granodecrecientes y rellenando posibles zonas de canales fluviales abandonados.

Otra litología presente en esta unidad son arenas finas y finas a medias, bien clasificadas, cuarzosas desde blanquecinas a amarillentas. Se trata de perfiles aislados que se observan en la plaza de Capurro y junto a la desembocadura del Arroyo Miguelete.

Los datos de perforaciones muestran que esta unidad presenta espesores que no sobrepasan los 13 metros de espesor y las relaciones de contacto tanto en la base como en el techo son de tipo discordante.

Considerando los restos fósiles encontrados en otras afloramientos de esta Formación en el país, según Ubilla (1999), es posible asignarle una edad Mioceno-Pleistoceno.

Las litofacies de conglomerados y lutitas reconocidas en el área, ponen en evidencia la acción de procesos continentales subácueos tractivos y decantativos, los primeros con importante energía, generada por la ocurrencia de lluvias escasas, fuertes y periódicas y la acción de pendientes moderadas a fuertes, con alta carga de sedimentos, los segundos debido de la ocurrencia de episodios de sedimentación tranquila en ambiente subacuático generado por las inundaciones periódicas. El conjunto de estos procesos, posiblemente se vinculen a sistemas de tipo fluvial con canalización de las aguas hacia el suroeste, región donde ocurre la depocentro más importante de la Formación Raigón.

La existencia de afloramientos con facies arenosas bien clasificadas podría poner en evidencia la ocurrencia de episodios costeros tipo playa o también sistemas de dunas litorales.

### **5.2.3) Formación Libertad (Pleistoceno)**

Esta unidad litoestratigráfica fue definida por Goso (1965) y es la que ocupa la mayor parte del Departamento.

Litológicamente se trata fundamentalmente de depósitos limo-arcillosos pardo amarronados, con concreciones calcáreas, friables y masivas. Como litologías subordinadas ocurren: arcillas marrones, hacia la base algo arenosas, con concreciones de carbonatos, friables y masivas y limos arenosos de tipo loésico friables con abundantes estructuras de restos orgánicos vegetales de color marrón.

Morfológicamente, se caracteriza por presentar geoformas de lomadas alargadas. Debido a la importante fertilidad natural de las litologías, la unidad presenta una importante edafización con desarrollo de suelos de hasta 1,5 metros. Los pocos afloramientos se restringen a aperturas artificiales como: desmontes, zanjeados piques cimentaciones cárcavas de erosión y otros. Topográficamente se la reconoce en cotas que varían entre 20 y 70 metros sobre el nivel del mar.

Las relaciones de contacto de la formación son: En la base es discordante con las unidades del Terciario y del Proterozoico. En el tope presenta discordancia con las formaciones Chuy, Dolores, Villa Soriano y el Reciente y Actual.

Según las perforaciones estudiadas, esta formación no presenta espesores superiores a los 30 metros (zona de Melilla). En la mayor parte de los casos, el espesor oscila entre 10 y 20 metros.

El mapa de la Figura 6, corresponde a las isópacas de la Formación Libertad en el Departamento de Montevideo y muestra la distribución de espesores a intervalos de 5 metros.

Para la construcción de dicho documento, se consideró la información resultante del banco de datos de testigos de perforaciones de Di.Na.Mi.Ge., y la línea de contorno de la unidad, a partir del cual se tomó como nivel cero de espesor.

De la observación del mapa de isópacas, resulta la comprobación de la existencia de 6 o 7 depocentros, relativamente pequeños, cuya distribución aparentemente no responde de manera clara a controles estructurales definidos. Al menos puede señalarse que los mismos corresponden a paleovalles del basamento y del Terciario.

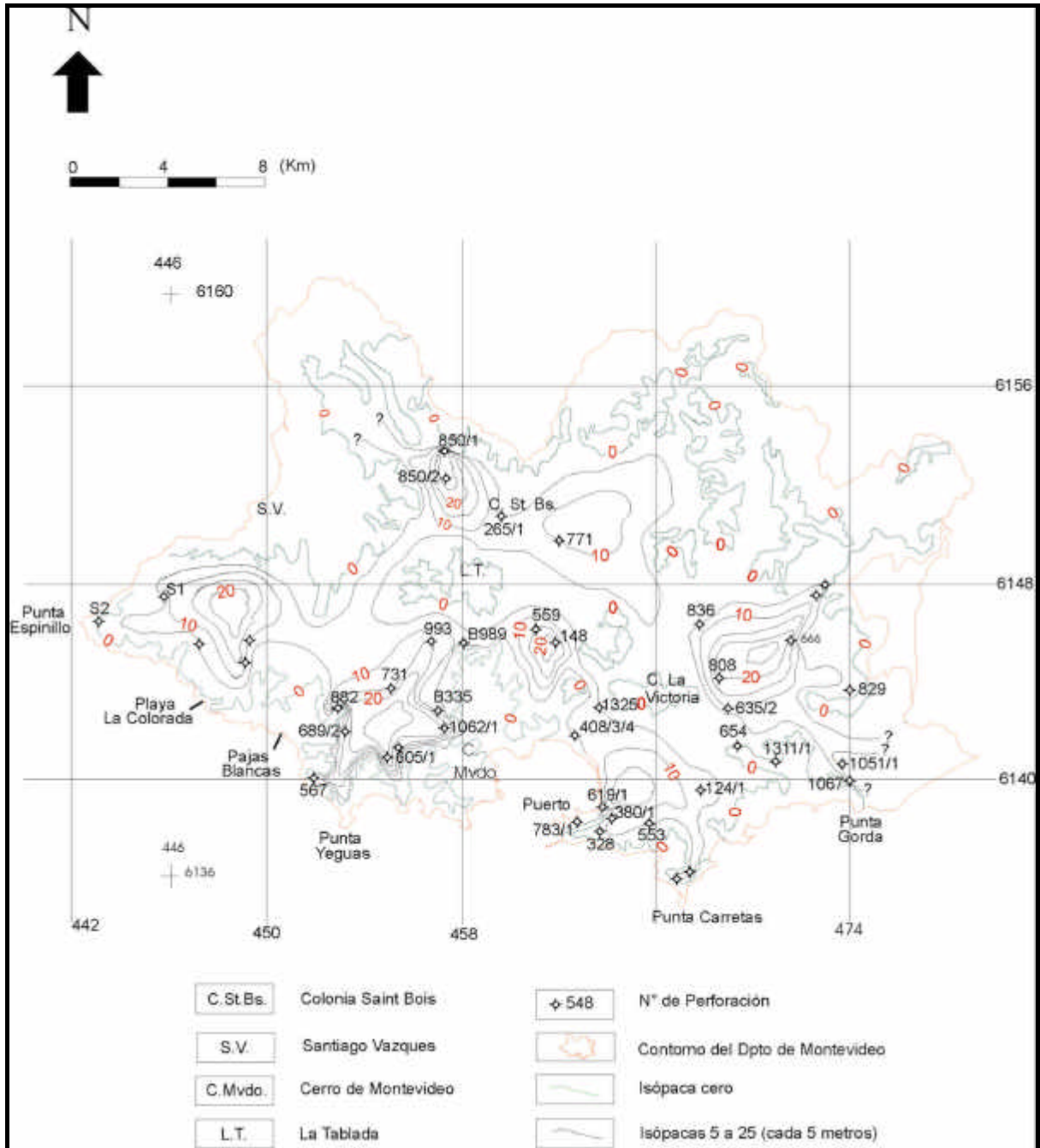


Figura 6. Mapa de Isópacas de la Formación Libertad - Departamento de Montevideo.

Desde el punto de vista paleontológico, esta unidad presenta un importante registro de fauna de vertebrados fósiles. En particular, en el Departamento de Montevideo, según Perea D. *et al.* (2001) y Marchesano M. *et al.* (2002) describen la ocurrencia de un *bonebed* de geometría lenticular, con elementos desarticulados de diferentes tamaños, en su mayoría fragmentados, incluidos en un paquete de la Formación Libertad, en sentido amplio, al NE de Cno. Melilla (x= 6155, y= 458). Los restos de megafauna encontrados se corresponden con: *Glyptodon sp*, *Sclerocalyptus sp*, *Lestodon sp*, *Macrauchenia patachonica*, *Toxodon cf. T. Platensis*, *Gomphotheriidae g. et sp. indet.*, *Camelidae g. et sp. indet.*, *Ozotoceros cf. O. Bezoarticus.*

Los elementos fósiles contenidos en la Formación Libertad permiten por el momento asignarle únicamente una edad Pleistoceno en sentido amplio (Ubilla & Perea, 1999).

#### **5.2.4. Formación Chuy (Pleistoceno)**

La Formación Chuy fue definida por Goso, H. (1972), al estudiar los perfiles de barrancas en el litoral este del país. En Montevideo no presenta expresión superficial, no obstante se la reconoce en subsuperficie a través del estudio de diversos testigos de perforaciones que se ubican en áreas de la faja costera; de esta manera se consideró oportuno incluir su caracterización en la Memoria.

Desde el punto de vista litológico está compuesta por arenas finas medias y gruesas y niveles gravillosos con cantos. Las arenas en general son cuarzosas a cuarzo feldespáticas subredondeadas a subangulosas dispuestas groseramente en estratos subhorizontales con gradación normal, son de color anaranjado, ligeramente cementadas por óxidos de hierro, medianamente friables. Los niveles gravillosos con cantos son cuarzo feldespáticos a polimícticos de alta angulosidad y se distribuyen en niveles y lentes en general localizados hacia la base de la secuencia.

Las relaciones de contacto de la Formación Chuy en la base son discordantes con las rocas proterozoicas y con sedimentos de la Formación Libertad y/o Formación Fray Bentos.

Los datos de perforaciones muestran que esta Formación presenta espesores que oscilan entre 5 y 13 metros.

El origen de esta unidad está vinculado a algunos de los momentos interglaciales del Cuaternario, cuando se produce un ascenso del nivel del mar y en la costa se verifica sedimentación en ambiente litoral.

En otras regiones del país esta unidad presenta restos fosilíferos de moluscos y foraminíferos que marcan su origen litoral.

### **5.2.5. Formación Dolores (Pleistoceno)**

Esta unidad litoestratigráfica definida por Goso H. (1972) aparece expresada en la terraza mas alta que se asocia a los valles de los principales cursos de agua.

La morfología de la unidad se caracteriza por superficies planas a ligeramente disectada con pendiente nula a muy suave hacia el curso de agua. Asociado a su tipo litológico, la unidad desarrolla una importante cobertura edáfica, por lo que la ocurrencia de afloramientos es bastante escasa. Por otra parte, teniendo en cuenta la escasa pendiente, el tipo de suelo y la litología del material madre, el escurrimiento y la infiltración de las aguas pluviales es muy pobre, predominando el encharcamiento y la evaporación.

Desde el punto de vista topográfico, la Formación está comprendida entre 10 y 30 metros de altitud.

Litológicamente se reconocen sedimentos limo-arcillosos y limo-arenosos, de color pardo a gris, con variable contenido de arena gruesa a muy gruesa y gravas englobadas por la matriz. En general estos sedimentos son masivos aunque localmente y en algunos afloramientos se reconoce cierta estratificación por arreglo de niveles arenosos finos. Presentan muy baja tenacidad, el carbonato de calcio está presente localmente como cemento, pulverulento y en nódulos de hasta 2centímetros de diámetro.

Con relación al espesor se ha reconocido un mínimo de 2 metros y un máximo de siete metros.



Las relaciones de contacto de esta Formación en la base son discordantes con las rocas del basamento cristalino y con los sedimentos de la Formación Chuy.

Las características texturales y estructurales de los sedimentos correspondientes a esta unidad, denotan un origen continental, relacionados a mecanismos de transporte viscoso, flujo de barro y aluvionamiento hacia los valles.

#### **5.2.6. Formación Villa Soriano (Holoceno)**

Unidad que ha sido definida por Goso, H (1972), en el Departamento de Montevideo se la reconoce asociada a la zona de faja costera y en las planicies fluviales bajas, entre las cotas 0 y 7 metros de altitud respectivamente.

En superficie se observan algunos afloramientos en la región oeste, precisamente en algunas islas del Humedal de Santa Lucía. Se trata de leves entalles de erosión, que ocurren en el contacto con la dinámica fluvial actual, allí ocurren asomos de esta Formación.

En profundidad, perforaciones efectuadas en el área de la terraza baja del Humedal de Santa Lucía, indican que la Formación Villa Soriano tiene un amplio desarrollo espacial en todo el valle inferior del Santa Lucía, incluso en el entalle del propio cauce. Los datos de las perforaciones indican espesores que oscilan entre 5 y 21 metros (Spoturno J. et al., 1998). Por otra parte, en el área de los Bañados de Carrasco, la unidad subyace entre las turberas subactuales y los depósitos de la Formación Fray Bentos donde se estima un espesor promedio de 10 metros (Veloza C. 1975). Otras áreas de reconocimiento en profundidad, son las actuales desembocaduras y terrazas inferiores de los cursos de agua Miguelete y Pantanoso.

Se expone en superficie ocupando posiciones que oscilan entre 0 y 7 metros de altitud.

Los depósitos correspondientes a esta unidad se caracterizan por presentar en la base, sedimentos gravillosos, que pasan gradualmente a arenas gruesas, medias y finas, de color blanco, cuarzosas, de regular

selección. Hacia arriba se suceden sedimentos limo-arcillosos, gris-verdosos, con abundante contenido de materia orgánica acompañado de restos completos y fragmentados de moluscos (bivalvos). En general las arenas y gravillas son de composición cuarzoza sin matriz de regular a buena clasificación y de color blanco – blanco amarillento. El ordenamiento de esta secuencia, muestra una granodecrecencia de tipo normal.

Las relaciones de contacto son de discordancia en la base y en el techo. En la base puede observarse apoyada en el basamento proterozoico y en los sedimentos de las Formaciones del terciario y cuaternario antiguo. En el techo tiene discontinuidad con los sistemas de barras arenosas y dunas subactuales.

Desde el punto de vista genético los antecedentes de Goso H. (1972) y los resultados de estos trabajos, muestran que las condiciones deposicionales están vinculadas a episodios marinos transgresivos ocurridos durante el penúltimo máximo de nivel del mar, coincidente con un período interglacial en el Cuaternario tardío.

Por otra parte la presencia de abundante fauna marina de moluscos con más de 180 especies (Figueiras, A. 1967) contribuye a la interpretación acerca de la génesis de estos sedimentos

#### **5.2.7. Depósitos continentales post-Villa Soriano (Holoceno)**

Se consideró oportuno incluir bajo esta denominación provisoria a un conjunto de sedimentos gravillosos y arenosos de origen continental, que tienen una relativamente escasa expresión superficial junto a la Cañada Pajas Blancas, en el Noroeste del Departamento, próximo al Humedal del Santa Lucía (norte de Melilla) y estratigráficamente posicionarlos por encima de los depósitos transgresivos de la Formación Villa Soriano.

Estos sedimentos que presentan un espesor que oscila los 2.0 metros están relacionados al sistema de drenaje actual y ocupan posiciones altimétricas que no superan los 10 metros. La sección estudiada se ubica aproximadamente en las coordenadas  $x = 452$  e  $y = 6154$ . Las geoformas asociadas a estos depósitos son relativamente planas, conformando una terraza baja.

Se trata de litologías que aparecen expuestas en un corte de una cañada, que fueron objeto de una explotación de arenas, en la que aparecen sucesivamente de base a tope:

- 0.30 m. Conglomerado marrón claro, de composición cuarzo-feldespático, con clastos angulosos y subangulosos, con abundante matriz de arena fina a media, de mala selección, con estratificación plano-paralela y gradación normal.
- 0.40 m. Conglomerado gris, subarcósico, con escasa matriz arenosa y con restos de materia orgánica. Presenta estratificación plano-paralela y niveles de pavimentos con clastos mayores.
- 0.50 m. Arena gruesa a media, gris oscura, de regular a buena selección, con clastos angulosos y subangulosos, masiva.
- 0.40 m. Arena media a fina de matriz arcillosa (*wacke*), gris oscura a negra, masiva, compacta.
- 0.20 m. Suelo. Horizonte areno-arcilloso, gris oscuro a negro, de base irregular.

Las litofacies observadas permiten interpretar como un depósito continental cuya sedimentación se produjo por la acción de flujos unidireccionales, en un sistema tipo fluvial, que evoluciona a planicie de inundación y posterior desarrollo de condiciones más templadas con generación de suelo.

## **5.2. Reciente y Actual**

Aquí se incluyen un conjunto de sedimentos cuyos depósitos, son el producto de la actuación de procesos que en la actualidad continúan modelando la dinámica del paisaje, se adoptó para su separación el criterio genético. Básicamente se reconocen: Depósitos Fluviales, Depósitos de Bañado, Depósitos de Playa y Depósitos Eólicos.

### **5.3.1. Depósitos Fluviales**

Están asociados a los entalles de los actuales cursos de agua, por debajo o encima de la napa de agua superficial, dependiendo en gran medida de los períodos de estiaje y de sequía. Según la dinámica fluvial se pueden encontrar en fase destructiva o de acumulación. Se reconocen depósitos de estas características en los entalles de cursos de agua que drenan directamente al Río de La Plata como los arroyos Miguelete, Pantanoso y Carrasco y cursos menores subsidiarios de los primeros y del río Santa Lucía. Debido a que sus áreas de aporte se caracterizan en su mayoría por depósitos finos los sedimentos de arrastre y deposición son esencialmente arcillas limos y arenas muy finas. Algunos cursos menores pueden presentar depósitos de arenas distribuidas en barras de pequeño porte.

Por otra parte acompañando el transporte de los sedimentos naturales, ocurre sobre estos cursos de agua un aporte alóctono de desechos, relacionado con la actividad humana, la resultante del conjunto de materiales que transportan y depositan estos cursos de agua es una mezcla de desechos y sedimentos naturales. En algunas zonas como la cuenca del arroyo de Las Piedras, existen explotaciones y procesamiento de balasto y pedregullo, la consecuencia de esta actividad es la generación de una importante cantidad de residuos de líticos especialmente arenas y micas que transportados por el agua pendiente abajo llegan al propio cauce del arroyo de Las Piedras siendo transportados por corto trecho y depositados sobre el canal. Este efecto puede ocasionar taponamientos en el curso principal lo que de alguna manera si el aporte de agua es importante puede ocasionar serios riesgos de inundación.

### **5.3.2. Depósitos de Bañado**

Los depósitos de bañado son relativamente abundantes tanto al este como al oeste del Departamento, están representados por los Bañados de Carrasco y los Humedales del Santa Lucía respectivamente. Se localizan en áreas de planicies muy baja cuya napa de agua se encuentra en la superficie o muy cerca de ella. Están constituidos por arcillas, limos y niveles de turba. Las arcillas y limos son los que predominan presentan una coloración gris oscuro a

negro presentan variable contenido de arena fina y materia orgánica y casi siempre están saturados de agua.

La turba por lo general se encuentra por encima de los horizontes arcillo limosos se trata de un material orgánico con abundantes restos de vegetales de coloración marrón oscuro, el espesor es variable. La zona más representativa son los Bañados de Carrasco donde se reconocen niveles cuyo espesor varía entre 0,50 metros y 2,8 metros y con buena continuidad lateral (Velozo, C. 1975).

### **5.3.3. Depósitos de Playa**

Ocupan la porción más distal de la faja costera, están distribuidos a lo largo de las bahías en media luna que ocurren asociadas a la línea de costa.

Estos sedimentos están compuestos por arenas finas hasta muy gruesas y gravillosas, blanco-amarillentas, cuarzo-feldespáticas, de baja selección, con clastos cuyo grado de redondez varía desde anguloso a redondeado. Presentan estratificación plano-paralela, cruzada de bajo ángulo y *ripples*.

### **5.3.4. Depósitos de Dunas**

Se ubican en la faja costera desde la barra de playa hacia el interior del continente, pueden abarcar, entre unos pocos cientos de metros a varios kilómetros de longitud, se apoyan, de manera transgresiva sobre los depósitos del Cuaternario antiguo, Terciario e incluso pueden cubrir rocas del basamento. En algunos casos y debido a la persistente dinámica actual de los vientos del sur y sudeste los depósitos de esta naturaleza poseen una importante movilidad, su dinámica ocasiona acumulaciones que muchas veces invaden la infraestructura humana. Como ejemplo se señalan las acumulaciones de arena que ocurren sobre la rambla costanera de Carrasco, a consecuencia del transporte ocasionado por los vientos del sudeste.

Por otra parte, algunos de estos depósitos, especialmente los que están hacia el interior, poseen claro proceso de fosilización con incipiente desarrollo de suelo.

Litológicamente son arenas blancas, finas a muy finas, de muy buena selección, con clastos cuarzosos y redondeados. Presentan estratificación plano-paralela, estratificación cruzada de gran porte con *ripples* en sus flancos, clara estructura de dunas y dirección de transporte hacia el nor-noroeste.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

**Bossi, J.; Fernández, A. & Elizalde, G. (1965).** Predevoniano en el Uruguay. Facultad de Agronomía, Bol. N° 78. Montevideo.

**Bossi, J.; Preciozzi, F. & Campal, N. (1993).** El Predevoniano del Uruguay, Parte I: Terreno Piedra Alta. Dirección Nacional de Minería y Geología. Montevideo, Uruguay.

**Caorsi, J. H. & Goñi J. (1958).** Geología Uruguaya. Bol. Inst. Geol. Uruguay, 37: 1-73, fig.1-41; 1 mapa. Montevideo.

**Cardellino, R. & Ferrando L. (1966).** Montevideo. *In:* Bossi J. (1966) Geología del Uruguay. Universidad de la República. Dpto. de Publicaciones. Montevideo. 369-383pp.-

**Cardellino, R. & Ferrando, L. (1969).** Carta Geológica del Uruguay a escala 1:100 000. 2<sup>do</sup> Segmento Montevideo, Sector XCVII. Universidad de la República. Dpto. de Publicaciones. Montevideo.

**Cingolani, C.; Varela, R.; Dalla Salda L.; Bossi J.; Campal N.; Ferrando L.; Piñeiro D. & Schipilov A. (1997).** Rb/Sr Geocronology from the Río de la Plata Craton of Uruguay. South American Symposium on Isotope Geology Campos do Jordao, Brasil.

**Coronel N. (1990).** Carta Geológica del Uruguay Escala 1/1000. 000. Memoria Explicativa del Fotoplano Los Cerrillos- La Barra. Convenio de cooperación DI.NA.MI.GE.- Universidad de la República (8 pp), 1 mapa. Centro de RRPP. Di.Na.Mi.Ge.

**Coronel N.; Oyhantcabal P.; Bachman I. & Campal N. (1990).** Carta Geológica del Uruguay Escala 1/1000. 000. Memoria Explicativa del Fotoplano Pando. Convenio de cooperación DI.NA.MI.GE.- Universidad de la República (8 pp) 1 mapa. Centro de RRPP. Di.Na.Mi.Ge.

**Figueiras A. (1967).** Contribución al conocimiento de los moluscos marinos del Holoceno uruguayo. Com. Soc. Malac. Uruguay, 2 (12): 61-76. Montevideo.

**Goso C.; Veroslavsky G. & Oyantcabal P. (1990).** Carta Geológica del Uruguay Escala 1/1000. 000. Memoria Explicativa del Fotoplano La Unión. Convenio de cooperación Di.Na.Mi.Ge. - Universidad de la República (9 pp). Centro de RRPP. DI.NA.MI.GE..

**Goso, H. (1965).** El Cenozoico en el Uruguay. *Inst. Geol. Uruguay*. Ed. Mimeográfica. Montevideo.

**Goso, H. (1972).** El Cuaternario Uruguayo. Progr. Estudio y Levantamiento de Suelos. Min. Agricultura y Pesca. Ed. Mimeogr. Montevideo.

**Jones, G. (1956).** Memoria explicativa y mapa geológico de la región oriental del departamento de Canelones. *Inst. Geol. del Uruguay*. Bol. Nº 34, Montevideo.

**Hedberg, H.D. (1980).** Guía estratigráfica internacional. Ed. Reverte.

**Kraglievich L. (1940).** Obras de Geología y Paleontología. Vols.1-3. Impresiones Oficiales, La Plata.

**Lambert R. (1940).** Memoria Explicativa de un mapa geológico de reconocimiento del Departamento de Río Negro. Bol. Inst. Geol. Uruguay, 28: 1-33, lams1-4, 1 mapa. Montevideo.

**Marchesano M.; Rovira M.; Castiglioni L. & Perea D. (2002).** Lista Taxonómica Actualizada y Comentarios sobre un Yacimiento de Mamíferos Pleistocénicos del Departamento de Montevideo Jornadas Uruguayas del cenozoico Revista Facultad de Ciencias - Sociedad Uruguaya de Geología. 63-67pp.-

**Perea D.; Lorenzo, N.; Marchesano M & Rovira M. (2001).** Un nuevo yacimiento con mamíferos cuaternarios del Uruguay. Revista Geológica Uruguaya, 1: 38-42. Montevideo.

**Pereira, A. (2003).** Estudio de una situación de riesgo geológico: anegamiento en Ciudad de la Costa, Departamento de Canelones. Trabajo Final Geología (*inédito*), 57 pp. + 9 mapas.

**Preciozzi, F. Spoturno J. & Heinzen W. (1979).** Carta Geoestructural del Uruguay y Memoria Explicativa Escala 1/2000000. Instituto Geológico Ing. E. Terra Arocena Ministerio de Industria y Energía Montevideo-Uruguay.

**Preciozzi, F. Spoturno J., Heinzen W. & Rossi P. (1985).** Memoria Explicativa de la Carta geológica del Uruguay. Dirección Nacional de Minería y Geología - MIEM. Montevideo- Uruguay.

**Oyhantçabal, P.; Derregibus M. & Muzio R. (1990).** Contribución al conocimiento petrográfico, geoquímico y estructural del granito de La Paz. I Congreso Uruguayo de Geología. Montevideo. Uruguay. Resúmenes Ampliados 1:81-87pp.-

**Oyhantçabal P.; Spoturno J.; Aubet N., Cazaux S. & Huelmo S. (2002).** La Formación Montevideo y los granito-neises asociados. *In Pecoits, E & Masquelin, H.(eds)*. II Taller del precámbrico del Uruguay. Montevideo, Uruguay. 11-17 pp.-

**Spoturno, J.; Techera, J. & Arrighetti, R. (1998).** Alternativas de cruce del gasoducto en el valle del Río Santa Lucía. *I Jornadas Geotécnicas Uruguayas*, 8pp. Montevideo.

**Velozo, C. (1975).** Geología de los Bañados de Carrasco. Instituto Geológico "Ingeniero Eduardo Terra Arocena". *Informe Interno*. Montevideo. 19pp.-

**Ubilla, M (1999).** Dataciones Radiocarbónicas ( $^{14}\text{C}$ ) para la Formación Dolores (Río Santa Lucía, Departamento e Canelones y Arroyo Gutiérrez Chico, Departamento de Río Negro) y comentarios sobre la Fauna de Vertebrados asociada. *Revista Soc. Geol. Uruguaya*. 6: 48-53.

**Ubilla, M. & Perea, D. (1999).** Quaternary Vertebrates of Uruguay: Biostratigraphic, Biogeographic and Climatic Overview. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 12:75-90. Balkema.

**Umpierre M. & Halpern M. (1971).** Edades Sr- Rb del Sur de la República Oriental del Uruguay. *Revista Asociación Geológica Argentina*. Buenos Aires, Argentina. 26: 133-155pp.-

**UNESCO (2000).** Explanatory Note to the International Stratigraphic Chart. Division of Earth Sciences, UNESCO.

**Walther, K. (1948).** El Basamento Cristalino de Montevideo. *Inst. Geol. del Uruguay*. Bol. 33. Montevideo.