

PROYECTO 6019:

**MAPAS GEOLÓGICOS Y DE RECURSOS MINERALES DEL
DEPARTAMENTO DE MONTEVIDEO A ESCALA 1/50.000 Y DE
CANELONES Y SAN JOSÉ A ESCALA 1/100.000**

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

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

Coordinadores

JORGE SPOTURNO ^(1,2) y PEDRO OYHANTÇABAL ⁽¹⁾

1 – Departamento de Geología, Facultad de Ciencias - Universidad de la República
2 - Ministerio de Industria Energía y Minería – Dirección Nacional de Minería y Geología

Montevideo, 2004

MAPA GEOLÓGICO Y DE RECURSOS MINERALES DEL DEPARTAMENTO DE SAN JOSÉ A ESCALA 1/100.000

Memoria Explicativa

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

AUTORES

Jorge Spoturno ^(1,2)

Pedro Oyhantçabal ⁽¹⁾

Natalie Aubet ⁽³⁾

Sandra Cazaux ^(1,3)

Ethel Morales ⁽⁴⁾

(1) Profesor Adjunto de la Facultad de Ciencias (UdelaR)

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

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

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

ÍNDICE

1) OBJETIVOS	4
1.1) Generales	4
1.2.) Específicos	4
2) JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO	4
3) EQUIPO DE TRABAJO	6
4) AGRADECIMIENTOS	7
5) MATERIALES	7
5.1) Documentos Cartográficos	7
5.2) Apoyo Logístico	9
6) CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL DEPARTAMENTO	9
7) GEOMORFOLOGÍA	13
7.1) Región I Faja Costera	13
7.2) Región II Planicies	15
7.2.1) Planicies fluviales muy bajas	15
7.2.2) Planicies fluviales bajas	16
7.3) Región III Terrenos Ondulados	17
7.3.1) Lomadas suaves	17
7.3.2) Terrenos Ondulados	18
7.4) Región IV Serranías	19
8) BIBLIOGRAFÍA	19

1) OBJETIVOS

1.1) Generales

En este trabajo se presentan las Cartas Geológica y de Recursos Minerales del Departamento de San José a escala 1/100.000. Esta actividad se realizó a partir de:

a) Los antecedentes geológicos y de recursos minerales de áreas que presentan un buen soporte de información.

b) La información geológica y de recursos minerales obtenida de los trabajos de campo y laboratorio, efectuados en el marco de este Proyecto.

Los resultados, se exponen en los documentos gráficos e informes correspondientes.

1.2.) Específicos

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

a) Se redefinieron unidades integrantes del Cuaternario antiguo y del Basamento Cristalino.

b) Se actualizó la Columna Estratigráfica del Departamento

c) Se elaboró el primer banco de datos de sitios con indicios, depósitos y yacimientos de recursos minerales del Departamento.

d) Se deslindaron áreas con diferente favorabilidad minera para la exploración de recursos minerales no metálicos, metálicos y materiales para la industria de la construcción.

2) JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El conocimiento geológico y minero de una región, expresado mediante documentos gráficos y memoria explicativa, constituye una información significativa para su utilización en el campo de la investigación geológica básica y aplicada. Además, provee información de base para resolver y explicar

problemas relacionados con ciencias y disciplinas afines a la Geología, como son la Hidrogeología, la Geotecnia, las ciencias del medio ambiente y de otros recursos naturales.

De lo expuesto, se subraya la importancia del nivel de conocimiento geológico de una región y sus connotaciones en las diversas disciplinas de las geociencias.

En la investigación básica, constituye una síntesis importante para abordar nuevos trabajos académicos, con el objeto de aportar información científica novedosa a fin de conducir al mejoramiento del conocimiento geológico de la región en estudio.

En el campo de la geología aplicada se establece una primera aproximación acerca de la potencialidad de los recursos minerales del Departamento. Aquí revisten especial importancia los que están estrechamente relacionados con el aprovisionamiento de materia prima a la industria de la construcción y materiales para su uso industrial como lo son: las arcillas para relleno sanitario y fabricación de ladrillos y ticholos, la piedra para cementación y ornamento, las arenas y gravas para mezclas en morteros, los balastos para relleno en la base y súbbase de obras de infraestructura y los calcáneos para su utilización en la fabricación de cales y otros insumos. El deslinde de áreas potenciales para estos recursos constituye un primer avance de manera de establecer reservas para las próximas décadas.

En el campo de la hidrogeología es posible distinguir con mayor claridad la distribución de las zonas no acuíferos de los acuíferos. El trabajo contribuye a establecer las áreas más probables de recarga de los sistemas acuíferos y la localización de las zonas favorables para la obtención del recurso. Por otra parte en caso de efectuar obras de alumbramiento de agua, será posible conocer previamente los tipos de materiales a atravesar y sus espesores.

En el campo de la geotécnica, el mapa geológico al proveer la distribución de los diferentes tipos de rocas, proporciona de manera indirecta, la distribución espacial de los suelos y ciertos parámetros acerca de las propiedades mecánicas de los mismos como son: grado de excavabilidad, penetrabilidad, resistencia, asentamiento y grado de expansión. Por otra parte,

el mapa proporciona la información de las probables áreas de préstamo de materiales para obras civiles.

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

Finalmente, la disponibilidad de los mapas geológicos y de recursos minerales del Departamento, forma parte de los documentos temáticos necesarios para llevar a cabo 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 DI.NA.MI.GE. y la Facultad de Ciencias (Universidad de la República).

Los recursos humanos están conformados por: Profesionales, Técnicos y Personal Auxiliar de la Di.Na.Mi.Ge. (1) Docentes del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias, (2) Estudiantes Becarios de la Licenciatura de Geología contratados por el Proyecto (3) y Estudiantes Colaboradores Honorarios de la misma Licenciatura (4).

La coordinación del Proyecto está a cargo de los Ing. Agr. Jorge Spoturno (1, 2) y Pedro Oyhantçabal (2). Para su ejecución participan además: Dr. César A. Goso (2), Javier Techera (1), Richard Arriguetti (1), y Helena Baraldi (1), Natalie Aubet (3), Sandra Cazaux (3), Sebastián Huelmo (2), Ethel Morales (1) y Judith Loureiro.

4) AGRADECIMIENTOS

Al señor Decano de la Facultad de Ciencias, Dr. Ricardo Erlich, a los ex Directores de la Dirección Nacional de Minería y Geología del Ministerio de Industria, Energía y Minería, Drs. Julio César Jauregui y Carlos Soares De Lima, por haber impulsado y ejecutado el acuerdo de cooperación técnica entre ambas instituciones.

Al actual Director de la Dirección Nacional de Minería y Geología Ing. Felipe Puig, por haber continuado con el apoyo al Convenio y al Proyecto.

Al Fondo "Clemente Estable" del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación y Cultura por haber aprobado la financiación parcial de este Proyecto.

Sin el apoyo y el aporte de estas instituciones no hubiera sido posible la realización de este Proyecto.

5) MATERIALES

5.1) Documentos Cartográficos

Para la realización del trabajo se contó con los siguientes documentos cartográficos:

- Mapas Planialtimétricos a Escalas 1/ 50.000 del Servicio Geográfico Militar, en adelante SGM, correspondientes a las Hojas: que se detallan en la Figura N° 1.
- Fotoplanos a escala 1/ 50.000 del SGM de las hojas equivalentes a los Mapas Planialtimétricos 1/ 50.000.
- Mapas Planialtimétricos a Escala 1/100.000 del SGM correspondientes a las siguientes Hojas: Montevideo, Canelones, Florida, Sarandi Grande, Libertad, San José, Ismael Cortina.
- Fotografías Aéreas a escalas 1/ 40.000 y 1/ 20.000 del SGM.
- Fotoíndices de fotografías aéreas 1/ 40.000 y 1/ 20.000 del SGM.
- Imágenes Satelitales Landsat a escala 1/ 100.000.

Los mapas planialtimétricos, Escala 1/100 000 y 1/50 000 se utilizaron para el levantamiento de la información geográfica, topográfica y toponímica y para su utilización como base de soporte para las cartas geológicas y de recursos minerales.

Las fotografías aéreas y las imágenes satelitales, fueron utilizadas para realizar estudios de fotolectura, fotoanálisis y fotointerpretación geológica y minera así como 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 y campo y para el reconocimiento general de las principales estructuras.



Figura Nº 1. Mapa de distribución de las Hojas Topográficas a escala 1/50.000 del S.G.M. correspondientes al Departamento de San José y áreas adyacentes.

Los fotoíndices e imágenes satelitales fueron necesarios para efectuar reconocimientos geológicos regionales así como para la localización e individualización de las bandas de fotos aéreas.

5.2) Apoyo Logístico

Para las tareas de campo se contó con vehículos doble tracción provistos por la Facultad de Ciencias y la DINAMIGE.

Para las tareas de análisis físico de muestras, se contó con el apoyo del laboratorio de DINAMIGE.

La preparación de cortes petrográficos y descripción de secciones delgadas se realizó con el equipamiento del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias.

Para el ploteo, digitalización de los mapas y elaboración de informes, las instituciones que integran el acuerdo mantuvieron a disposición el equipamiento informático necesario y solicitado.

6) CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL DEPARTAMENTO

El departamento de San José, se localiza la región sur - suroeste del Uruguay, se tomó como baricentro el capital departamental siendo sus coordenadas el siguiente: latitud 34.19.49., longitud 56.42.08.

El mapa de la Figura 2 esquematiza los principales aspectos de la geografía departamental

Posee una superficie de 4992 Km.². Su población es de 96664 habitantes con una densidad promedio de 19,4 habitantes/Km.2 en las áreas urbanizadas. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas 1998.

El clima es de tipo templado la temperatura media anual es de 17,2° C y la precipitación media anual de 1189,9 l/m². Fuente: Dirección General de Meteorología.

Las regiones vecinas son: por el Oeste el Departamento de Colonia, por el Norte el Departamento de Flores por el Este los Departamentos de Florida Canelones y Montevideo y por el Sur el Río de la Plata.

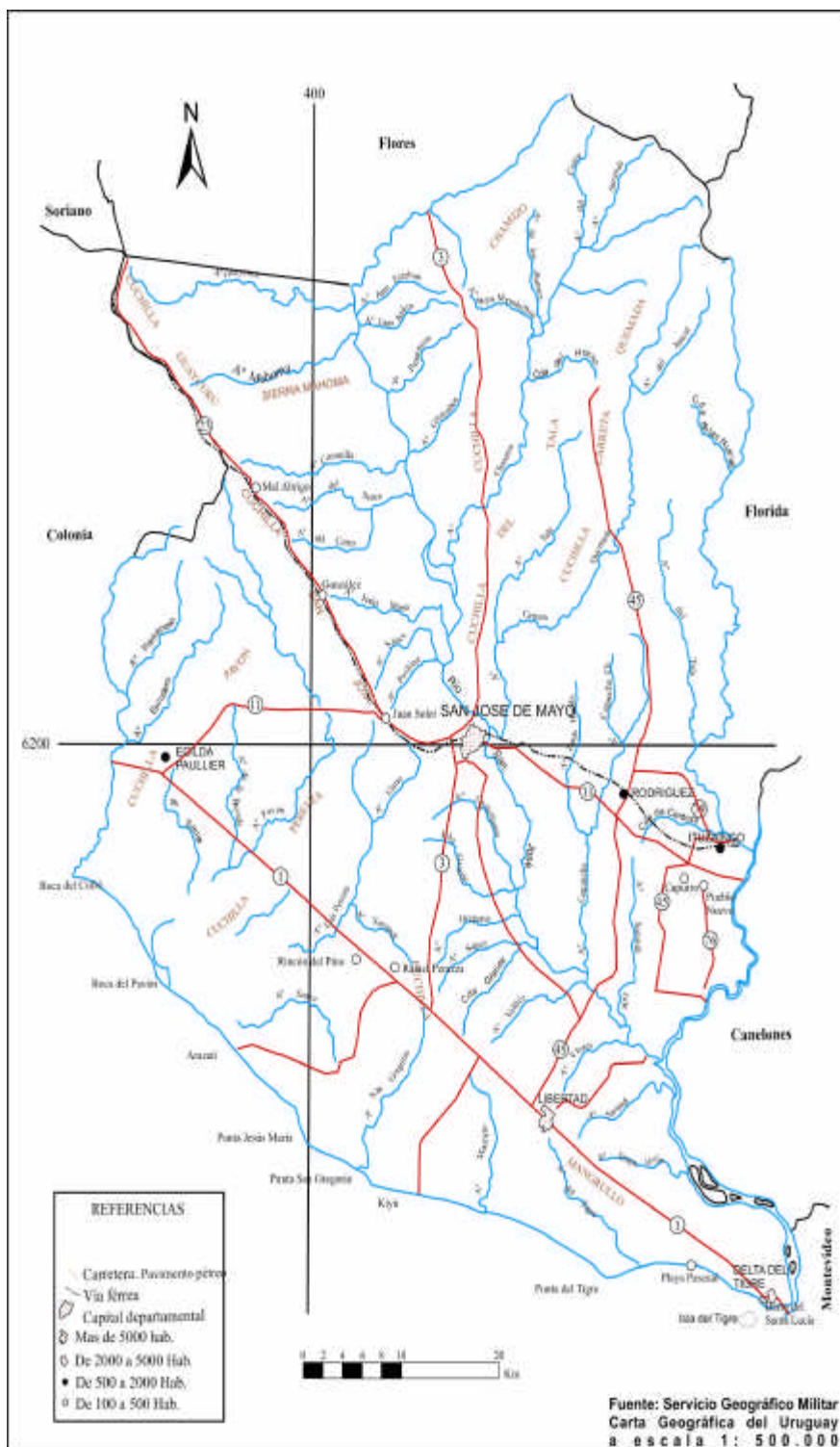


Figura 2. Mapa geográfico del Departamento de San José.

Las zonas limítrofes son: con el Departamento de Colonia, el Arroyo Cufre y las cuchillas de Cufre y Guaycurú. Con el Departamento de Flores, la línea recta de dirección Este - Oeste entre la localidad de Ismael Cortinas y el Río San José; el Arroyo San Gregorio y una porción de la Cuchilla Grande Inferior. Con el Departamento de Florida el Arroyo de la Virgen y la porción inferior del Río Santa Lucía Chico. Con los Departamentos de Canelones y Montevideo el Río Santa Lucía.

La fisiografía, se caracteriza por un sistema de lomadas, comúnmente denominadas cuchillas, que en general son uni y multidireccionadas. Estas lomadas generan cuencas y subcuencas de diferente orden.

Según el Mapa de la Figura 2 se reconocen dos cuencas: el sistema Río de la Plata y el sistema Santa Lucía - San José; estando separadas por el interfluvio de las cuchillas: Guaycurú, San José y Mangrullo. Esta divisoria ingresa al departamento desde el Noroeste en la localidad de Ismael Cortina, continúa hacia el Sureste hasta la ciudad de San José, luego toma rumbo al Sur hasta el empalme, entre Ruta Nº 3 y Ruta Nº 1, a partir de dicha área toma dirección suroeste finalizando en la localidad de Rincón de la Bolsa, confluencia del Río de la Plata con el Río Santa Lucía.

Dentro del sistema Río de la Plata, se puede reconocer dos subcuencas: La subcuenca suroeste y la subcuenca sureste ambas separadas por la divisoria de Mangrullo y su continuidad Arazatí hacia el Río de La Plata.

La subcuenca suroeste presenta una red de drenaje de dirección general norte a noreste, los cursos más importantes tienen sus cabeceras en las ladera sur occidental de las divisorias de Guaycurú y San José, está representada por los arroyos: Cufre, Pavón y Luis Pereira, separados por los respectivos interfluvios denominados: Pavón, Cufre y Mangrullo.

La subcuenca sureste, presenta una red de drenaje con dirección norte - sur a noroeste su cabecera es la Cuchilla de Mangrullo y la red de drenaje está representada por los arroyos: San Gregorio, Mauricio y Del Tigre.

El sistema Santa Lucía es el de mayor extensión, ocupa las regiones sureste, centro y norte – noreste del Departamento, los principales colectores son el Arroyo de La Virgen y el Río San José.

El Arroyo de La Virgen, que constituye el límite con Florida, tiene una dirección norte sur, y el subsidiario más importante en su porción occidental es el Arroyo del Tala, cuya dirección es paralela a la del curso principal.

El Río San José es el curso de agua más importante, abarca la cuenca de mayor área. Su cauce, ligeramente recto, atraviesa el Departamento en diagonal con dirección noroeste desde su desembocadura en el sureste hasta su curso medio a superior en el límite nor. – noroeste del Departamento, dando lugar a dos porciones de cuenca.

La porción oeste de la cuenca, del San José es recortada por varios cursos de agua, ligeramente rectilíneos y dirección general este - oeste, sus vertientes se originan en la falda noreste de las cuchillas Guaycurú y San José. Estos cursos de agua están representados por los siguientes arroyos Guaycurú, Mahoma, Coronilla, Del Sauce, Del Cerro, Jesús María, Sauce y Pachina. El interfluvio más importante de estas cuencas es la Sierra de Mahoma, de dirección este – oeste, comprendida entre el arroyo del mismo nombre y el Arroyo Coronilla.

La porción este de la cuenca del Río San José, comprende la mayor área, es cortada por numerosos cursos de agua con dirección predominante noreste. Desde el punto de vista de su longitud se pueden agrupar en dos categorías:

Cursos de hasta 10 Km.. de largo que nacen en la ladera oeste de la Cuchilla de Chamizo (de dirección nor. - noreste), se trata de los arroyos, Juan Esteban, Pantanoso, y Guayabo.

Cursos de agua de hasta 60 Km. de longitud que tienen varios subsidiarios especialmente a partir de su curso medio a superior y que tienen sus vertientes en las cuchillas de Chamizo y Grande Inferior, se trata de los arroyos: San Gregorio, Chamizo, Carreta Quemada, Cagancha y Sarandi Grande. Todos con dirección general nor. - noreste y drenaje hacia el sur.

Desde el punto de vista topográfico, el promedio de altitud regional corresponde a un entorno de 75 y 100 metros con un valor mínimo de cota cero a nivel del Río de la Plata y valores máximos superiores a los 150 metros en las cuchillas de Guaycurú, Grande y Sierra Mahoma.

7) GEOMORFOLOGÍA

En el departamento se reconocen cuatro regiones geomorfológicas: Región I Faja Costera, Región II Planicies, Región III Lomadas, Región IV Serranías.

7.1) Región I Faja Costera

Se trata de una faja continua situada entre la desembocadura del Río Santa Lucía en la porción sureste y la desembocadura del Arroyo Cufre en el suroeste del Departamento, comprende una longitud total de unos 90 kilómetros y un ancho variable, que va desde algunas decenas de metros hasta varios kilómetros. La magnitud de variación del ancho de esta faja, está directamente relacionada con los rasgos morfológicos implantados que dependen estrechamente de los procesos costeros pasados y presentes que han operado, sobre la región, particularmente desde principios del Pleistoceno hasta el actual.

La línea externa de la costa es una faja de playa, tiene una dirección oeste - noroeste, con características rectilíneas a amplias y débiles ensenadas que alternan con salientes poco pronunciadas.

Desde el punto de vista morfofisiográfico se pueden distinguir dos tipos de costa.

Una costa destructiva caracterizada por la presencia de acantilados o barrancas de altura variable entre 5 y 25 metros, algunas de ellos en proceso de edafización y otros activas. Una sección transversal a la costa, de sur a norte, muestra los siguientes elementos morfológicos:

a) Zona de playa de baja pendiente, con arenas medias cuarzosas de ancho variable entre 50 y 200 metros.

b) Zona de barranca, con alternancia de áreas con coluvionamiento parcialmente estabilizado y desarrollo de suelo incipiente y áreas con coluvionamiento activo en fase destructiva debido a la fuerte abrasión marina, provocada por los vientos provenientes del sector sur.

c) Zonas de terrazas antiguas y/o terrenos ondulados del terciario y cuaternario, con buen desarrollo edáfico, escaso y parcial recubrimiento de arenas eólicas, ubicados en las zonas inmediatas al borde de las barrancas.

Este tipo de costa se reconoce muy bien, de este a oeste, en las siguientes áreas: Entre Punta del Tigre y Punta San Gregorio, aproximadamente 27 Km. de longitud y entre el primer acceso a Puerto Arazatí y la desembocadura del Arroyo Pavón, aproximadamente 12 Km. de longitud.

Una costa constructiva caracterizada por la acumulación de sedimentos y ausencia de procesos destructivos. Una sección transversal de sur a norte de esta costa, presenta los siguientes rasgos morfofisiográficos:

a) Zona de barras de arenas subacuáticas longitudinales y paralelas a la costa.

b) Zona de barra de playa en gran parte subaérea caracterizada por procesos de acumulación de arena y su removilización eólica parcial.

c) Zona de barras de playa más antiguas cubiertas total o parcialmente con acumulaciones de dunas.

d) Zona de bañados y/o acumulaciones decantativas, con un sustrato caracterizado por depósitos, holocénicos de origen marino litoral y acumulaciones parciales de dunas eólicas.

d) Zona de paleobarranca de abrasión marina antigua estabilizada, parcialmente cubiertas por dunas eólicas.

e) Zona de terrazas antiguas y/o terrenos ondulados de edad terciario - cuaternario, con buen desarrollo de suelo y presencia de acumulaciones importantes de dunas en áreas localizadas.

Este tipo de costa es reconocible, de este a oeste, en las siguientes áreas de la faja: entre la barra del Río Santa Lucía y la Punta del Tigre,

aproximadamente 20 Km. de longitud; entre la Punta San Gregorio, y la entrada a Arazatí, aproximadamente 17 Km. de largo; entre la desembocadura del Arroyo Pavón y Boca del Cufre, aproximadamente 10 Km. de largo.

Una primera conclusión relacionada con la costa de abrasión y de acumulación, muestra que las áreas de acumulación exceden a las de abrasión en 8 Km..

7.2) Región II Planicies

Están asociadas a los cursos fluviales, su orden de magnitud guarda relación directa con el tamaño del curso de agua. En buena parte, la presencia de este tipo morfológico está estrechamente relacionada con la característica del sustrato geológico que la acompaña, por lo general los materiales sedimentarios del tipo arcilloso y limoso, son los que generan un gran desarrollo superficial de las terrazas, por el contrario, los terrenos cristalinos desarrollan valles angostos entallados en la roca con terrazas incipientes y recortadas con escaso desarrollo areal.

Desde el punto de vista topográfico y en función de la cota del nivel de agua se reconocen dos tipos de planicies: Planicies fluviales muy bajas y Planicies fluviales bajas.

7.2.1) Planicies fluviales muy bajas

Estas planicies no superarían los 5 metros de altitud. Se reconocen dos tipos: las fluviales propiamente dichas y las del tipo estero - pantanosas.

En el primer caso, el área más representativa es la terraza del sistema Río Santa Lucía – Río San José que se inicia desde el curso inferior del Río Santa Lucía y se extiende a lo largo de los mismos por el curso medio y superior.

Dicho plano se acota entre los dos entalles de abrasión inmediatos al curso de agua. En ese paisaje, domina la dinámica fluvial actual, genera registros caracterizados por procesos acumulativos y destructivos. Las

primeras, son básicamente barras de arenas y gravas, meandros y depósitos decantativos de arcillas y limos. Los segundos están caracterizados básicamente por procesos de abrasión que actúan sobre la barranca de la planicie superior y los depósitos de barra recientes, generando un rejuvenecimiento del paisaje materializado por la creación de nuevos canales y el cierre de otros así como la ampliación del valle debido a la remoción de las paredes laterales. Ejemplos similares también se reconocen en los sistemas fluviales subsidiarios del Río San José y en los valles de los arroyos Pereyra, San Gregorio, Mauricio, Pavón y Cufre de la cuenca del Río de La Plata.

Las planicies estero pantanoso ocurren de manera localizada dentro del sistema de paisaje, que se manifiesta asociado al curso inferior de arroyos y cañadas que desembocan en la costa del Río de La Plata. La generación del bañado ocurre entre las barras de arena o dunas de la costa, y las zonas de lomadas y/o terrazas del continente. De esta manera la barra litoral genera el represamiento y débil escurrimiento superficial, este proceso permite el desarrollo de un sistema de bañado. A modo de ejemplo se conocen los bañados de los arroyos Cufre Pavón Pereira, San Gregorio y Mauricio y el propio sistema del Río Santa Lucía en el entorno de su desembocadura.

Estos bañados, presentan una napa de agua permanente, el aporte principal es el agua de lluvia que proviene del escurrimiento superficial de las respectivas cuencas. Por otra parte se plantea como hipótesis el aporte de agua subterránea que proviene de la descarga del sistema acuífero Raigón. Ocasionalmente, vientos que provienen del Sur pueden provocar ingreso de agua de mar, a través de los canales de acceso de los respectivos cursos de agua, generando una subida del nivel de base y el represado de las aguas del continente.

7.2.2) Planicies fluviales bajas

Estas planicies se ubican en los valles de los cursos de agua, entre el entalle de la planicie baja y el sistema ondulado. En general tienen su mayor expresión entre las cotas de 5 y 20 metros sobre el nivel del mar. Presentan una configuración longitudinal paralela y subparalela al curso de agua en su

porción inferior y media, hacia la porción superior se angostan, acuniándose en las cercanías de la cabecera. La parte interna de estas planicies se encuentra ligeramente disectada y con suave pendiente general hacia el curso de agua. Cuando es cortada por sistemas fluviales importantes, se reconocen fuertes entalles, que generan formas barrancosas.

Debido a la nula o escasa pendiente, a la ocurrencia de suelos pesados con baja permeabilidad, el escurrimiento y la infiltración es prácticamente nula, en consecuencia, se generan áreas de encharcamiento temporario donde la eliminación de agua se opera durante los períodos de estiaje por evaporación y evapotranspiración.

La presencia de: suelos con buena fertilidad natural, pendientes bajas y cursos de agua permanente y semipermanente motivó que muchas de estas áreas fueran objeto de su uso para la actividad agrícola y pastoril.

Con relación a la vegetación, en las áreas inmediatas a los principales cursos de agua y donde la influencia antrópica fue menor, se reconoce una importante vegetación arbustiva de monte indígena que alterna con especies de gramíneas lo que configura un sistema paisajístico de tipo parque y bosque galería.

7.3) Región III Terrenos Ondulados

Dentro del paisaje ondulado del Departamento se pueden distinguir dos padrones fisiográficos: un padrón representado por lomadas suaves con tendencia a la peneplanización y un padrón caracterizado por terrenos ondulados

7.3.1) Lomadas suaves

Corresponde aquí al sistema de paisaje que se reconoce de una manera bastante regionalizada en la mitad sur y centro del Departamento. Se trata de lomadas que van desde suave a moderadamente onduladas, alargadas, con interfluvios extensos, planos a ligeramente convexos, laderas con pendientes

planas muy suaves de tipo simétricas y asimétrica, valles muy extensos de tipo plano. El conjunto presenta frecuentes glaciares de acumulación de tipo coluvionar y aluvionar en laderas y valles respectivos. Las altitudes máximas para esta región comprenden las cotas 40 y 50 metros.

7.3.2) Terrenos Ondulados

Este tipo morfológico se reconoce en el noreste norte y noroeste del Departamento, donde la presencia de basamento cristalino imprime una morfología de paisaje característica.

El área de basamento cristalino corresponde a un sistema de lomadas de tipo plano cóncavo y cóncavo convexo.

En el primer caso las lomadas poseen los interfluvios aplanados o con suave disección, laderas aplanadas con pendiente moderada y valles con terrazas angostas. Tanto los interfluvios como las laderas presentan facies eluviales y coluviales sobre las cuales se instala una gran cubierta de suelo, localmente existen en las zonas de ladera media y baja afloramientos rocosos aislados, la ocurrencia de los mismos pone en evidencia procesos erosivos en la última fase de aridez y anterior a la edafización. Las lomadas pueden ser uni a multidireccionadas dependiendo este factor, en buena medida del tipo de sustrato litológico.

En el segundo caso la lomada presenta interfluvios plano convexos a convexos, laderas plano convexas, de pendiente moderada y valles cóncavos a plano cóncavos. Los interfluvios y laderas pueden poseer eluvionamiento y coluvionamiento parcial y localizado, ocurrencia de afloramientos en la parte media y basal de las laderas, los valles son angostos con afloramientos aislados y escaso aluvionamiento. Las lomadas pueden ser unidireccionales cuando el sustrato se caracteriza por rocas con metamorfismo y/o deformación y multidireccionales en el caso de rocas magmáticas particularmente granitos y metabasaltos con escasa y nula deformación.

7.4) Región IV Serranías

Se trata de microrregiones serranas que se encuentran en núcleos de tamaño diverso inmersos en el conjunto de los terrenos ondulados, conformando un paisaje diferente propio y de resalte en el contexto morfofisiográfico. En este sistema, el sustrato está caracterizado por litologías de composición granítica donde los afloramientos son abundantes y poseen una morfología de bochas ligeramente redondeadas a alargadas, de tamaño variable de orden métrico, agrupadas y aisladas, casi siempre con vegetación natural, arbórea y arbustiva asociada. Las regiones serranas más significativas son la Sierra de Mahoma y de Mal Abrigo y los Cerros de San José, y Tía Josefa.

8) BIBLIOGRAFÍA

Dirección General de Meteorología (1996). Anuario de Estadísticas. Montevideo - Uruguay.

Instituto Nacional de Estadísticas (1996). Anuario de Estadísticas. Montevideo - Uruguay.

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

Servicio Geográfico Militar (1971). República Oriental del Uruguay Carta Geográfica Escala 1/500 000.

MAPA GEOLÓGICO Y DE RECURSOS MINERALES DEL DEPARTAMENTO DE SAN JOSÉ A ESCALA 1/100.000

Memoria Explicativa

Capítulo II **GEOLOGÍA**

AUTORES

Jorge Spoturno ^(1, 2)

Pedro Oyhantçabal ⁽¹⁾

Natalie Aubet ^(1, 3)

Sandra Cazaux ⁽³⁾

(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.

INDICE

1) PRESENTACIÓN	5
2) METODOLOGÍA DE TRABAJO	6
3) CONTEXTO GEOLÓGICO	7
4) GEOLOGÍA DEL ÁREA	10
4.1) Estratigrafía	10
4.2) Geología Descriptiva	10
4.2.1) Paleoproterozoico	10
4.2.1.1) Paraneises y Anfibolitas de Arroyo de los Álamos	10
4.2.1.2) Formación Montevideo	11
4.2.1.3) Formación Paso Severino	12
4.2.1.3a) Zona de predominancia de metasedimentos	13
4.2.1.3b) Zonas de predominancia de metavulcanitas básicas	13
4.2.1.3c) Zonas con predominancia de metavulcanitas ácidas	14
4.2.1.4) Metagabro de Cerros Negros	15
4.2.1.5) Rocas Miloníticas	16
4.2.1.5.1) Zona de Cizalla Cufre- Puntas de Cañada Tabárez	16
4.2.1.5.2) Zona de Cizallamiento Arroyo Pavón- Ecilda Paullier	16
4.2.1.6) Magmatismo Sin-Tarditectónico	17
4.2.1.6.1) Granito de Cerro Albornoz	17
4.2.1.6.2) Granito de Mal Abrigo	17
4.2.1.6.3) Granitos de Cañada de Sauce y Cañada Miranda	17
4.2.1.6.4) Complejo Granítico Jesús María	17
4.2.1.6.5) Complejo Granítico Arroyo San Gregorio	20
4.2.1.6.6) Granito de Cerro San José	21
4.2.1.7) Magmatismo Post Orogénico	21
4.2.1.7.1) Granito de Mahoma	21

4.2.1.7.2) Granito de Arroyo de la Virgen	22
4.2.1.7.3) Granito de Cufre	22
4.2.1.7.4) Granito Cerro Carreta Quemada	22
4.2.1.7.5) Granodiorita de Paso Cames	23
4.2.1.7.6) Granodiorita del Arroyo Guaycurú	23
4.2.1.7.7) Granito de Tía Josefa	23
4.2.1.7.8) Complejo Intrusivo de Puntas del Arroyo Carreta Quemada	24
4.2.1.7.9) Gabro Carreta Quemada	24
4.2.1.7.10) Gabro de Mahoma	25
4.2.1.7.11) Gabro de Tía Josefa	25
4.2.1.8) Rocas derivadas del Metamorfismo de Contacto	25
4.2.1.8.1) Corneanas	25
4.2.1.9) Actividad Filoniana	26
4.2.1.10) Magmatismo Extensional	26
4.2.1.10.1) Diques de Microgabro	26
4.2.1.11) Geología Estructural	27
4.2.2) Mesozoico	28
4.2.2.1) Cretácico Inferior	28
4.2.2.1.2) Formación Migues	28
4.2.2.2) Cretácico Superior	29
4.2.2.2.1) Miembro del Palacio o Paleosuelo del Palacio	30
4.2.5) Cenozoico	31
4.2.5.1) Oligoceno	31
4.2.5.1.1) Formación Fray Bentos	31

4.2.5.2) Mioceno	36
4.2.5.2.1) Formación Camacho	36
4.2.5.3) Mio-Plioceno	39
4.2.5.3.1) Formación Raigón	39
4.2.5.4) Pleistoceno	43
4.2.5.4.1) Formación Libertad	43
4.2.5.4.2) Formación Chuy	46
4.2.5.4.3) Formación Barrancas	49
4.2.5.4.4) Formación Dolores	50
4.2.5.5) Holoceno	52
4.2.5.5.1) Formación Villa Soriano	52
4.2.5.5.2) Reciente y Actual	54
4.2.5.5.2.1) Depósitos Eluviales	54
4.2.5.5.2.2) Depósitos Coluviales	54
4.2.5.5.2.3) Depósitos Fluviales	55
4.2.5.5.2.4) Depósitos de Bañado	56
4.2.5.5.2.5) Depósitos de Playa	56
4.2.5.5.2.6) Depósitos de Dunas	57
5) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1) PRESENTACIÓN

El mapa geológico del Departamento de San José a Escala 1/100.000, constituye la primera edición de un documento gráfico completo de esta división política.

El primer trabajo cartográfico fue realizado por Goso H. et al. (1966) inédito, con motivo del plan nacional de relevamiento geológico llevado a cabo en el marco del Programa de Estudios y Levantamiento de Suelos de los Ministerios de Ganadería y Agricultura, de Industria, Energía y Minería y la Universidad de la República. El trabajo a Escala 1/100.000 comprendió las Hojas San Gregorio y Cagancha del S.G.M. En este trabajo, por primera vez, se separan los depósitos terciarios de la Formación Raigón de los sedimentos cuaternarios de la Formación Libertad.

Los trabajos cartográficos, en esta región, continuaron entre los años 1986 y 1988, con motivo de la ejecución del Proyecto titulado: "Estudio de los Acuíferos de la Cuenca del Río Santa Lucía" que tuvo como marco el Acuerdo de Cooperación entre el Centro Internacional de Investigación y Desarrollo de Canadá (CIID) y la DINAMIGE. En ese Proyecto, que desarrolló diversas actividades, los trabajos cartográficos se relacionaron principalmente con el mapeo 1/100.000 de los terrenos sedimentarios del sur del departamento de San José y de la zona oeste de Canelones (ver Cuadro 1 y Figura 1 del Capítulo I: Introducción). Por otra parte, a partir de datos de testigos de perforaciones se realizaron estudios de subsuperficie de la geología y estratigrafía de la Formación Raigón.

Los trabajos más recientes, que datan de la década de los 90', fueron realizados en el marco del Proyecto Carta Geológica del Uruguay a escala 1/100.000, que se llevó a cabo entre la Di.Na.Mi.Ge. y la Universidad de la República. La unidad de mapeo fue la Hoja Cartográfica 1/50.000 del S.G.M., los criterios de mapeo fueron esencialmente lito y cronológicos. En el Departamento las hojas cartográficas mapeadas fueron: Los Cerrillos – La Barra, Guaycurú, Santa Lucía y Cardal, las dos primeras fueron publicadas las restantes se encuentran como documentos inéditos (véase Cuadro 1 y Figura 1 del Capítulo I: Introducción).

Los resultados de este proyecto permitieron la separación de nuevas unidades geológicas particularmente del paleoproterozoico y del cuaternario.

Proyecto	Hoja Cartográfica	Autores	Año
1) Carta geológica 1/100.000, Convenio Di.INa.Mi.Ge. - UdelAR	Cardal	<i>Spoturno J.; Oyhantçabal P.; Muzio R.; De Souza S.</i>	1989
1)	Santa Lucía	<i>Spoturno J.; De Souza S.</i>	1989
1)	Los Cerrillos - La Barra	<i>Coronel N.; Veroslavsky G.; Goso C.</i>	1990
1)	Guaycurú	<i>Garat, I.</i>	1990
2) Proyecto CIID Canadá	Cagancha	<i>Spoturno J.; Medina E.; Ledesma J.; Arrighetti R.</i>	1986
2)	Punta Jesús María	<i>Spoturno J.; Medina E.; Ledesma J.; Arrighetti R.</i>	1987
2)	Santa Lucía	<i>Spoturno J.; Medina E.;</i>	1986
2)	Los Cerrillos	<i>Spoturno J.; Medina E.</i>	1987
2)	San Gregorio	<i>Spoturno J.; Medina E.; Da Silva J.; Arrighetti R.; Pérez M.</i>	1987

Cuadro 1. Esquema de distribución de las áreas mapeadas del Departamento que resultaron del Proyecto de Cooperación con Canadá y del Convenio con la Universidad.

CIID (Centro Internacional de Investigación y Desarrollo) – Canadá; UdelAR (Universidad de la República)

El trabajo actual que se expone gráficamente y en la memoria explicativa, presenta, en un documento único, la geología actualizada del Departamento, partiendo de los trabajos cartográficos desarrollados anteriormente y de los nuevos aportes de este proyecto.

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 existentes en el Departamento de San José.
- Foto lectura, fotoanálisis y fotointerpretación geológica de imágenes satelitales y fotografías aéreas.
- Trabajo de campo con el objeto de reconocer, separar y describir las unidades geológicas reconocidas por 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 los sondeos, la fotointerpretación y los trabajos de campo.
- Construcción de perfiles estratigráficos y secciones geológicas regionales de las unidades geológicas sustantivas.
- Digitalización de los documentos gráficos y redacción de Memoria Explicativa.

3) CONTEXTO GEOLÓGICO

En el Departamento de San José, básicamente se reconocen rocas cristalinas, de edad Paleoproterozoica y materiales de origen sedimentario de edad Cenozoica.

Las rocas del Paleoproterozoico, se reconocen, de manera regional, hacia la mitad norte y en forma localizada en el oeste y suroeste del Departamento. Estas rocas, forman parte de lo que, regionalmente, Preciozzi F. et al. (1979) denominaron Zócalo del Río de la Plata, unidad definida en la región centro y sur del Uruguay que se caracteriza por poseer: cinturones metamórficos de grado bajo y medio, intrusiones asociadas y materiales granítico-néisicos.

Posteriormente, Bossi J. et al. (1993), redefinen esta región y asignan el término: Terreno Piedra Alta, a los materiales rocosos del Paleoproterozoico que se sitúan al oeste de la Cizalla Sarandi del Yí- Piriápolis (Figura 1).

A partir del Jurásico, el continente es objeto de una intensa tectónica, cuyo evento global está materializado por la fracturación, el fallamiento y la subsiguiente deriva. En el sur y este del país se registran múltiples evidencias, particularmente la

ocurrencia de importantes depresiones como las de Santa Lucía, Laguna Merim, Aiguá - Lascano y otras menores.

La tectónica profunda asociada a la generación de estos depocentros, provocó una intensa actividad volcánica seguida de un espeso relleno sedimentario que continuó por lo menos hasta principios del Terciario Superior.

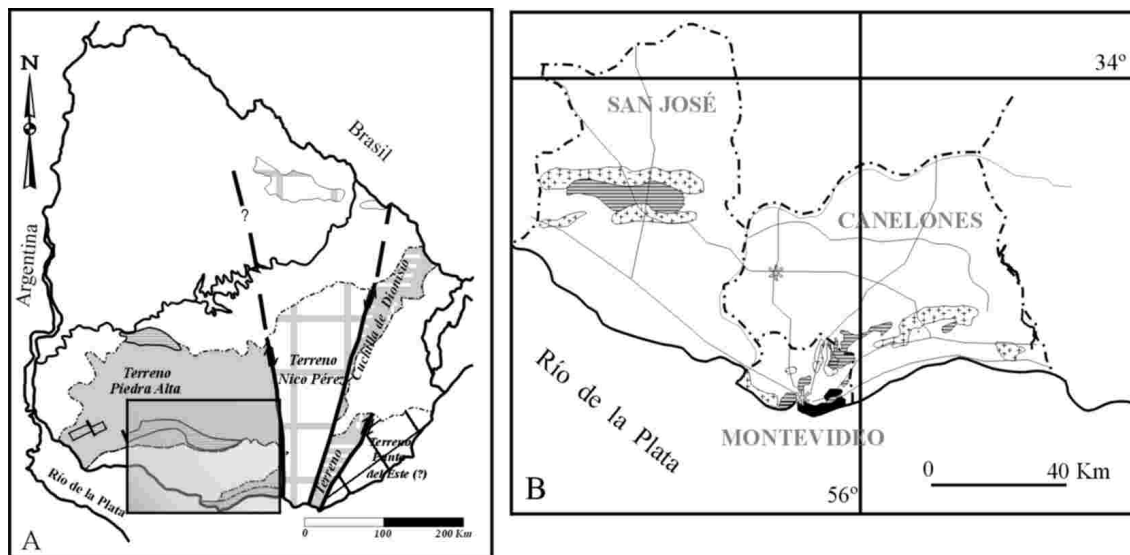


Figura 1. A) Representación gráfica del contexto tectonoestratigráfico regional. B) Distribución geológica esquemática de las unidades estratigráficas Proterozoicas del suroeste del Uruguay. (Tomado de Oyhantçabal et al., 2003).

La Cuenca de Santa Lucía, situada en su mayor parte en los Departamentos, de Canelones y San José, reconocida por primera vez por Jones J. (1956), constituye el registro más importante acerca de la ocurrencia del evento.

La porción aflorante de la cuenca, posee una geometría aproximadamente romboidal de 150 Km. de largo por 45 Km. de ancho, abarca una superficie de 10500 Km.² estando dispuesta según un eje longitudinal de dirección N60/70. Los valores máximos de profundidad registrados, se encuentran en un entorno de 2000 a 2450 metros en los sondeos de las localidades de Sauce y Castellanos del Departamento de Canelones y de unos 800 metros en el sondeo de Rincón de la Bolsa del Departamento de San José (Bossi J. 1966; De Santa Ana H. et al., 1994).

Está limitada, al norte y al sur por el basamento Paleoproterozoico del Terreno Piedra Alta, por el este con la falla Sarandi del Yí- Piriápolis, en tanto que por el oeste se plantean dos hipótesis. La primera, que se encuentre abierta y que tenga posibles conexiones con la Cuenca del Salado en la Argentina (Malumián et al., 1983; Uliana y

Biddle, 1988; Tavella y Wright, 1996). La segunda, que el Alto de Martín García se interpondría entre ambas cuencas (Urien et al., 1981).

Con relación a los registros de actividad volcánica de edad Jurásica, en esta cuenca, estos se reconocen en afloramientos situados en el noreste del Departamento de Canelones y en áreas marginales presentando estructuras de tipo filoniano y filones capa, en profundidad se observan de forma indirecta en los testigos de diversas perforaciones como en Sauce y Castellanos, donde estas lavas se reconocen cerca del fondo, e inmediatamente encima del contacto con el basamento cristalino.

Los registros de materiales sedimentarios, de edad esencialmente Cretácica y Terciaria, son los que cubren la mayor parte del área del Departamento de Canelones y el Sur del Departamento de San José.

Las Formaciones cretácicas prácticamente no tienen registros de superficie en San José a excepción de algunos pequeños afloramientos situados en la margen derecha del Río Santa Lucía, frente a la localidad de Aguas Corrientes en Canelones. En profundidad, los únicos datos se reconocen en el sondeo de Rincón de la Bolsa donde los sedimentos cretácicos alcanzan un espesor de 700 metros y están caracterizados por sedimentitas de la Formación Migues que se asocian a un sistema continental de tipo fluvial y lacustrino.

Con relación al Terciario, estos depósitos predominan ampliamente en el sur y centro del Departamento. Está materializada por tres Formaciones que completan el relleno de la cuenca y que por otra parte ocurren como depósitos transgresivos en el interior del continente. La base de la secuencia corresponde a un sistema continental árido y sus depósitos ocurren en depresiones tectónicas y/o antiguos entalles del post-cretácico.

El techo del terciario se inicia con episodios marino transgresivo durante el Mioceno y culmina con un proceso de continentalización a partir del Mio-Plioceno. Estas secuencias se reconocen muy bien en el Sur del Departamento con espesores que se acuñan de sur a norte.

Los sedimentos del Cuaternario, se corresponden con procesos relacionados a cambios climáticos y sus consecuencias vinculadas con las variaciones eustáticas del nivel del mar. Los depósitos de origen marino ocurren con frecuencia en las regiones costeras del Río de la Plata y desembocadura de los principales cursos de agua. Los sedimentos de origen continental se asocian a las áreas interfluviales, laderas y a los valles de los principales cursos de agua.

4) GEOLOGÍA DEL ÁREA

4.1) Estratigrafía

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).

4.2) Geología Descriptiva

4.2.1) Paleoproterozoico

4.2.1.1) Paraneises y Anfibolitas de Arroyo de los Álamos

Esta Unidad se ha reconocido en el campo bajo dos modalidades. Fueron observados y mapeados dos cuerpos, separables a la escala de trabajo, uno en los alrededores del Arroyo de los Álamos, al norte del Departamento y otro en el noreste del Departamento, inmediatamente al norte del Granito de A° de la Virgen, corresponde a lo que Preciozzi F. et al. (1985) separaron como Anfibolitas de Berrondo. Se observaron también litologías asignables a esta Unidad como xenolitos y megaxenolitos asociados a los granitos deformados de Ismael Cortinas y al Complejo Intrusivo de Arroyo San Gregorio.

En la región ubicada al norte del Granito de A° de la Virgen la secuencia de anfibolitas se intercala con granito deformado de grano medio, biotítico - muscovítico.

La exposición de estas litologías es muy mala, observándose en ambos casos casi exclusivamente en cunetas y canteras. La importante alteración y edafización de las mismas dificultan su cartografía.

Integran esta Unidad un conjunto de micaesquistos, paraneises anfibólicos y paranfibolitas. La presencia de clinopiroxeno en la paragénesis de las anfibolitas sugiere condiciones de metamorfismo de grado alto (facies anfibolita superior - granulita).

4.2.1.2) Formación Montevideo

Siguiendo a Oyhantçabal P. et al. (2003) se integran en la Formación Montevideo las litologías supracorticales con metamorfismo de grado medio aflorantes en el Departamento, atribuidas en trabajos anteriores (Preciozzi F. et al., 1985) a la Formación San José.

Esta Formación se desarrolla como una faja discontinua de dirección dominante E-W que se extiende desde el Arroyo Cufre (límite departamental con Colonia) hasta el lineamiento Cañada Tabárez. Esta faja, es interrumpida por granitoides asociados al Complejo Intrusivo Arroyo Jesús María, el Granito Arroyo Tala Chico y el Granito Cufre. El límite norte lo constituye el lineamiento Cufre-Mal Abrigo, que la coloca en contacto tectónico con la Formación Paso Severino.

Las litologías de esta unidad desarrollan escasos a nulos afloramientos, pudiendo observarse casi exclusivamente en cunetas y en zanjas de erosión, siempre en avanzado estado de meteorización. Este aspecto, unido al importante desarrollo de suelo dificulta su reconocimiento cartográfico. Los afloramientos en el área de esta unidad, se asocian fundamentalmente a *stocks* y diques graníticos y pegmatíticos, emplazados en estas rocas metamórficas.

Hacia el Sur, los registros de esta Formación, que se desarrollan desde el Sur de la ciudad de San José hasta la localidad de Ecilda Paullier, se interrumpen por el sistema de fallas normales del labio norte de la cuenca cretácica de Santa Lucía. Por otra parte, en la región sur, la Unidad aparece tanto intercalada con granitoides, como en xenolitos de dimensiones decamétricas a kilométricas.

Las litologías dominantes son micaesquistos normalmente muy biotíticos, frecuentemente con granate y ocasionalmente con estaurolita, reflejando condiciones de metamorfismo de grado medio. Estos suelen conservar bastante bien la estratificación original. En las inmediaciones de varias intrusiones graníticas es frecuente además la formación de aureolas de contacto con andalucita.

Asociados a los micaesquistos ocurren paraneises de grano fino, biotíticos, compuestos fundamentalmente por plagioclasa, cuarzo y biotita.

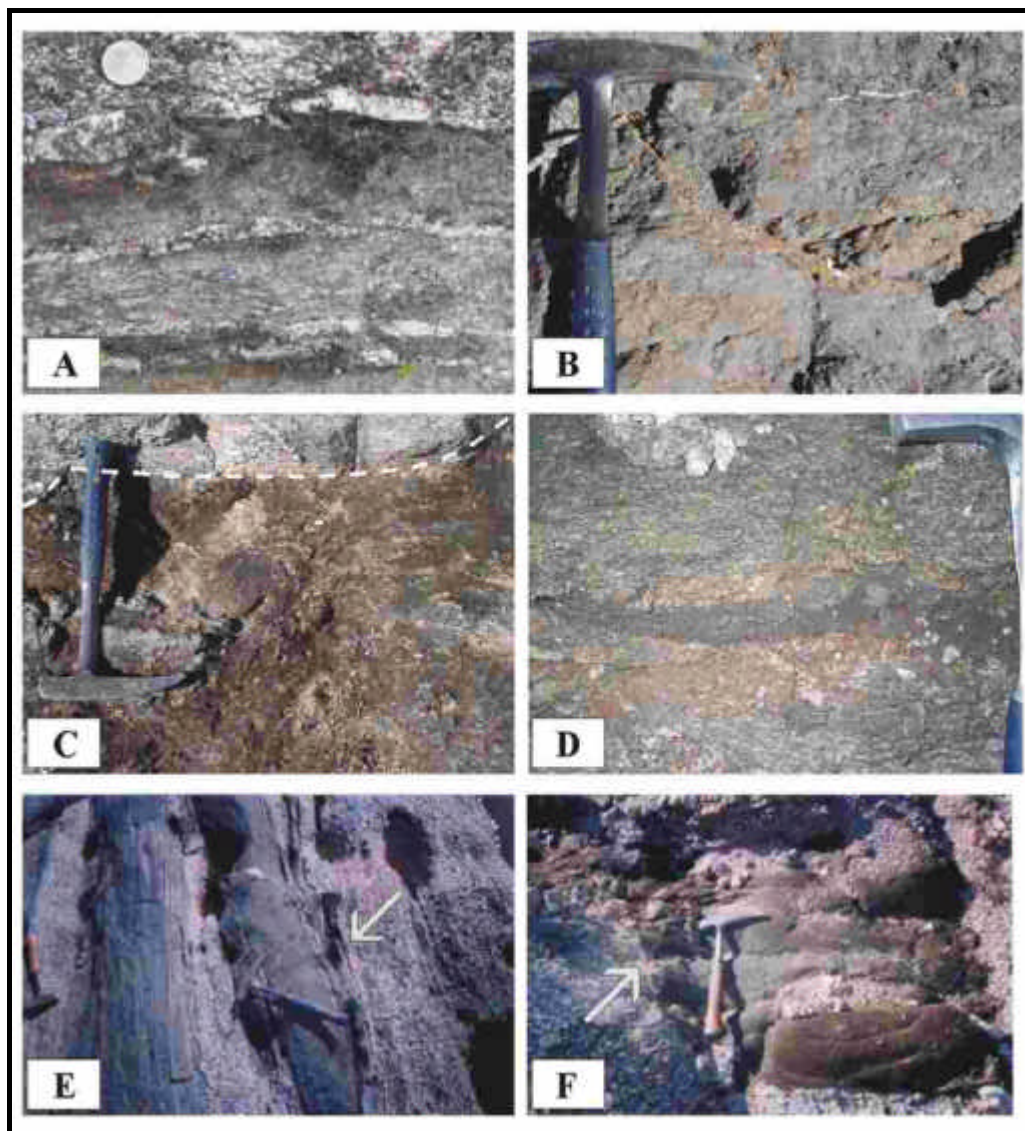


Figura 2. Formas de ocurrencia típica de las paraderivadas de Formación Montevideo en el Departamento de San José. **A)** paraneises biotíticos; **B)** micaesquistos con granate. **C, D, E y F)** muestran las relaciones de contacto discordantes entre los metasedimentos y los intrusivos del Complejo Arroyo Jesús María. Obsérvese como en **D y E)** los eventos deformacionales paralelizaron las foliaciones secundarias ambos litotipos generando concordancia estructural, en tanto que en **C y F)** ocurre el caso contrario, estando los xenolitos (y su correspondiente foliación) oblicua a la S_{n+1} de los granitoides deformados.

4.2.1.3) Formación Paso Severino

Fernández A. et al. (1965 *in*: Bossi, J. et al., 1965) define esta unidad litoestratigráfica, en tanto que Ferrando L. y Fernández, A. (1971) indican que la Formación está integrada por rocas de las secuencias pelítica, básica y raramente calcárea.

Se trata de una secuencia volcano-sedimentaria, afectada por metamorfismo de grado bajo.

En el Departamento se reconocieron cuatro bloques separados por fallas de desplazamiento. El efecto de la tectónica asociada a ese fallamiento se manifiesta en el arqueamiento, con concavidad hacia el noreste, de la foliación de las litologías asociadas a la Formación.

Durante el relevamiento cartográfico se reconocieron en el Departamento tres zonas con predominancia de diferentes litotipos:

4.2.1.3a) Zona de predominancia de metasedimentos

El área de afloramiento constituye una faja de rumbo dominante 320-330°, que se desarrolla entre el Arroyo de la Virgen y la Cañada Tabárez. Está compuesta fundamentalmente por esquistos sericíticos y en forma subordinada por metalimolitas, metareniscas muy finas, pizarras carbonosas y rocas metavolcánicas subordinadas. La paragénesis de los esquistos sericíticos corresponde a cuarzo + sericita + clorita + biotita. En la porción ubicada al Este del Gabro del A° Carreta Quemada se reconocen metabasaltos, ocasionalmente amigdaloides, que en las cercanías del intrusivo se transforman en corneanas básicas de grano muy fino.

4.2.1.3b) Zonas de predominancia de metavulcanitas básicas

Se reconocieron tres subzonas: la primera se ubica en los alrededores de la Localidad de Mal Abrigo; la segunda en las cercanías del Paraje Mahoma y la tercera en puntas del Arroyo Guayabo.

Las metavulcanitas básicas desarrollan afloramientos con abundante diaclasamiento determinando fragmentos poligonales.

Se trata de metalavas básicas son de grano fino, masivas, afaníticas, a veces fuertemente vacuolares y amigdaloides. Asociadas a estas metalavas ocurren rocas metabásicas de grano medio a grueso, que podrían asociarse a diabasas o metagabros.

Mineralógicamente están constituidas por actinolita, albita, clorita, cuarzo, epidoto y esfeno conformando paragénesis típicas de facies esquistos verdes (Figura 3). En algunos casos (por ej. sobre el Paso Mahoma), estas metabásicas presentan biotita y un intercrecimiento intersticial fino cuarzo-feldespático, además de plagioclasa, clorita y epidoto.

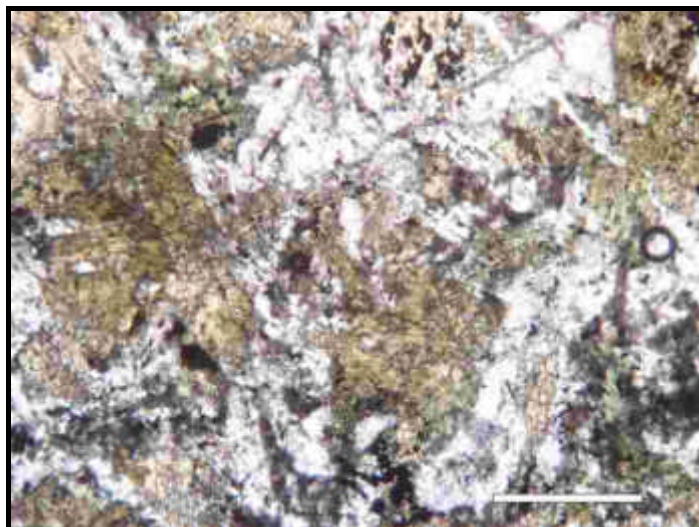


Figura 3. Microfotografía de metalavas básicas. Véase la paragénesis: actinolita + albita + clorita + epidoto, típica de metamorfismo en facies esquistos verde. Escala: longitud de la barra 1mm.

4.2.1.3c) Zonas con predominancia de metavulcanitas ácidas

Se reconocieron dos sub-zonas principales: la primera casi paralela a la Ruta N° 23 al sur de Guaycurú, mientras que la segunda se desarrolla en las cercanías del cauce inferior del Arroyo Coronilla y al sur del cauce inferior del Arroyo Guayabos.

Desde el punto de vista composicional, las metadacitas son la litología dominante. Presentan fenocristales de plagioclasa y/o cuarzo de hasta 1 mm en una matriz félsica compuesta de cuarzo + feldespato +/- anfíbol (actinolita) +/- biotita +/- sericita +/- epidoto +/- carbonato +/- clorita + opacos. Estas metavulcanitas dacíticas parecen corresponder mayormente a facies piroclásticas (metatobas, Figura 4) mientras que los más masivos pueden corresponder a facies lávicos.

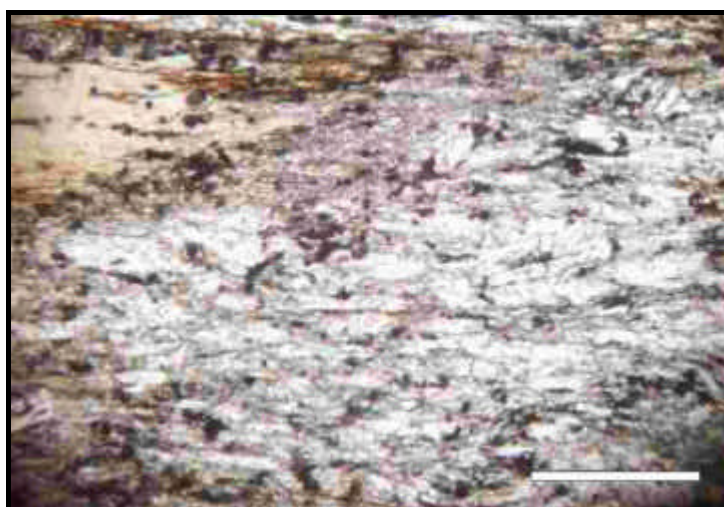


Figura 4. Microfotografía de Metatobas de la Formación Paso Severino. Escala: longitud de la barra 1mm. (LN x 10).

Se señala la ocurrencia de pequeños niveles de formaciones de Hierro Bandeado (BIF's), generalmente asociados a rocas metavolcánicas.

En puntas de la Cañada de la Arena (afluente del A° Chamizo) se detectó la ocurrencia de una roca con matriz de granulometría arena, variable desde fina a gruesa, en la que se observan "cantos" de cuarcita y leucogranito (algunos de ellos deformados). En la matriz se observan "ojos" de cuarzo que sugieren un origen probablemente vulcanoclástico para esta litología. Mineralógicamente la matriz está compuesta por cuarzo, clorita, carbonato, sericita y turmalina.

4.2.1.4) Metagabro de Cerros Negros

Se trata de un cuerpo de leucogabros, gabros y piroxenitas, con un marcado bandeo composicional de dirección 320-330°/vertical.

Este complejo intrusivo fue afectado por deformación y metamorfismo de bajo grado, es cortado al sur por la zona de cizalla Cufre-Mal Abrigo y al este por la zona de cizalla de Guaycurú. Intrusiones graníticas posteriores como el Granito de Cufre (hacia el oeste) y el granito de Mal Abrigo (hacia el norte), limitan el área expuesta de este Complejo a aproximadamente 100 Km.², de los cuales solamente un 10% corresponden al Departamento de San José mientras que el resto del Complejo se ubica en el Departamento de Colonia.

La deformación queda evidenciada a escala macroscópica por la disposición vertical del bandeo composicional, mientras que a escala microscópica se evidencia por frecuentes maclas ahusadas y torcidas en las plagioclasas e importante fracturación con neoformación de clorita y epidoto.

El metamorfismo de grado bajo se expresa en la uralitización del piroxeno y en el relleno de clorita de las microfracturas.

Coronel et al. (1990) señalan para este cuerpo intrusivo la siguiente secuencia de litologías de este a oeste: i) predominancia de términos mesócratas (fundamentalmente gabros, melagabros y piroxenitas), ii) predominancia de términos leucócratas (leucogabros y anortositas), iii) alternancia de términos leucócratas (leucogabros y anortositas) a melanócratas (melagabros y piroxenitas) y iv) bandeo decimétrico a métrico de leucogabro, anortosita y gabro.

Las litologías dominantes son los leucogabros con textura claramente cumular de plagioclasa (labrador), olivino, y ortopiroxeno, mientras que el clinopiroxeno suele ser post-cumular. Existen leucogabros olivínicos y no olivínicos (estos últimos suelen

presentar escaso cuarzo intersticial). Los tamaños de grano son variables desde fino a muy grueso.

4.2.1.5) Rocas Miloníticas

4.2.1.5.1) Zona de Cizalla Cufre- Puntas de Cañada Tabárez

Esta zona de cizalla afecta a las sucesiones metamórficas de las formaciones Montevideo y Paso Severino, a las que pone en contacto a través de una zona de alta deformación. Asimismo, varias intrusiones graníticas sintectónicas (Granito Albornoz, Granito Cañada Miranda y Granito Arroyo del Sauce) ocurren asociadas a esta discontinuidad.

Se trata de una zona de cizalla de aproximadamente dos kilómetros de ancho y cuarenta kilómetros de largo. El extremo occidental está interrumpido por la intrusión del Granito de Cufre y el extremo oriental por la zona de Cizalla Cañada Tabárez de dirección nor-noroeste. Las direcciones de la foliación milonítica son variables; La zona entre el límite departamental con Colonia y 4 Km. al Este de la Ruta Nº 23, se caracteriza por direcciones Este-Oeste con buzamiento dominante al Sur. La zona siguiente hacia el Este de la anterior y hasta la Ruta Nº 3, se caracteriza por direcciones de la foliación milonítica 060° , con buzamientos variables entre 60° y 70° hacia el Sur. Por último, la zona entre Ruta Nº 3 y Cañada Tabárez se caracteriza por direcciones Este-Oeste.

Los indicadores cinemáticos sugieren que esta zona de cizalla es dextral, con una componente de cabalgamiento hacia el Norte.

4.2.1.5.2) Zona de Cizallamiento Arroyo Pavón- Ecilda Paullier

Esta zona de cizalla afecta fundamentalmente a granitoides (alrededores de Arroyo Pavón y Cañada del Sauce). Constituye el contrafuerte del borde oeste de la Cuenca de Santa Lucía.

Afecta a granitoides de grano medio a grueso con textura francamente milonítica. La foliación posee orientación $270-275^{\circ}/80^{\circ}$ N a 70° S. La mineralogía es cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, biotita, muscovita y ocasionalmente granate. Aparecen asociados diques de aplita y pegmatita con biotita.

4.2.1.6) Magmatismo Sin-Tarditectónico

4.2.1.6.1) Granito de Cerro Albornoz

La geometría del cuerpo es concordante con la dirección de la zona de cizalla Cufre-Mal Abrigo, por lo que se deduce que el emplazamiento y la deformación de esta intrusión están controlados por la actividad de esa zona de cizalla.

Se trata de un granito protomilonítico, con plagioclasa subautomorfa, feldespato alcalino, biotita y cuarzo. Presenta desarrollo de textura mortero en la que el cuarzo recristalizado conforma una matriz de aspecto "sacaroide". La foliación milonítica es 080-100° vertical.

4.2.1.6.2) Granito de Mal Abrigo

Se trata de una intrusión sintectónica a la Zona de Cizalla dextral de Guaycurú de dirección 320°. El borde noreste de la intrusión está afectado por este lineamiento, desarrollando texturas miloníticas con foliación 330°/90. Mineralógicamente está constituido por cuarzo, microclina, plagioclasa (con síntomas de deformación: maclas torcidas) y muscovita. Es frecuente la abundancia de minerales secundarios como nidos de sericita, carbonato y ferriestilpnomelano.

4.2.1.6.3) Granitos de Cañada de Sauce y Cañada Miranda

Se trata de dos cuerpos alargados en dirección este-noreste, subparalelos a la Zona de Cizalla Cufre-Mal Abrigo. Petrográficamente son granitos leucócratas de grano medio, biotíticos – muscovíticos, con plagioclasa y feldespato alcalino. Es frecuente el desarrollo de textura protomilonítica a milonítica. Asociada a la deformación se desarrolló alteración expresada en cloritización y epidotización a la que en ocasiones se asocian sulfuros.

4.2.1.6.4) Complejo Granítico Jesús María

Es el macizo granítico más extenso del Departamento, abarcando desde el Oeste al Este las regiones de Ecilda Paullier, Ruta Nº 23 y Río San José, hasta la Ruta Nº 45, donde los afloramientos se interrumpen en el Lineamiento Cañada Tabárez. El límite Norte de este macizo está constituido por metamorfitos de la formación Montevideo y la zona de Cizalla Cufre – Mal Abrigo.

Es un complejo heterogéneo donde pueden reconocerse al menos 3 facies petrográficas: i) granito porfiroide, biotítico, a megacrystales de feldespato alcalino; ii) granito equigranular de grano medio a grueso, biotítico, iii) granodiorita biotítica con plagioclasa, feldespato alcalino y hornblenda subordinada.

Es frecuente en este Complejo la presencia de megaxenolitos y xenolitos de paraneises y micaesquistos de la Formación Montevideo.

En algunas zonas las litologías de este complejo están afectadas localmente por deformación, la que se manifiesta en incipiente foliación protomilonítica y en la orientación preferencial de biotitas y feldespatos (Figura 5).

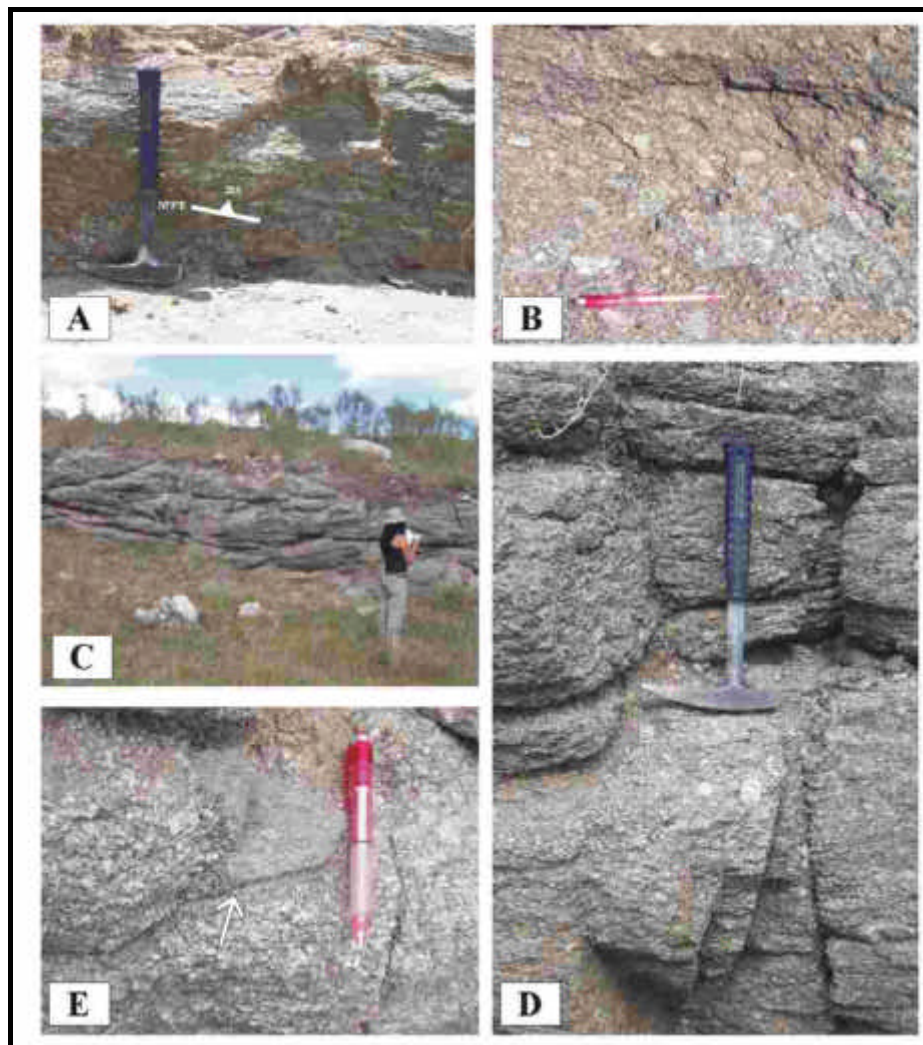


Figura 5. Complejo Granítico Arroyo Jesús María. **A)** Se identifican las actitudes estructurales del intrusivo. Obsérvese los bajos buzamientos de los planos de foliación (S_{n+1}) Estas estructuras subhorizontales han sido interpretadas como ocasionadas por fenómenos compresivos de escala regional. **B)** Granitoides porfíricos con fenocristales de feldespato alcalino levemente orientados según eje mayor. **C y E)** Detalle de afloramiento. **D)** Xenolito de paraneis biotítico de grano fino.

Caracterización Petrográfica

Estas litologías presentan típica textura hipidiomórfica granular desarrollando ocasionalmente texturas granolepidoblásticas (Figura 6 y 7). Mineralógicamente se componen de ortosa + oligoclasa + cuarzo + microclina + biotita + hornblenda ± apatita ± clorita ± epidota ± rutilo.

El cuarzo anhédrico, de tamaño de grano que no supera 1mm, presenta extinción ondulante y ocasionales uniones triples. El feldespato corresponde a: a) Ortosa en fenocristales de hasta 4mm, euhédricos a subeuhédricos con macla de Carlsbad y frecuente desarrollo de texturas de tipo mirmequítica; b) Microclina con macla típica en dos poblaciones: como fenocristal subeuhédrico (de hasta 2mm) y en cristales pequeños (menor a 0.5mm) anhédricos como inclusión en las ortosas y disperso junto con los cristales más finos y c) Plagioclasa de tipo oligoclasa en cristales euhédricos y subeuhédricos de tamaño que no supera 1.5mm. Maclas de albita y periclina como las más comunes. Se detalla textura granofírica por intercrecimiento de cuarzo y feldespato alcalino (ortosa).

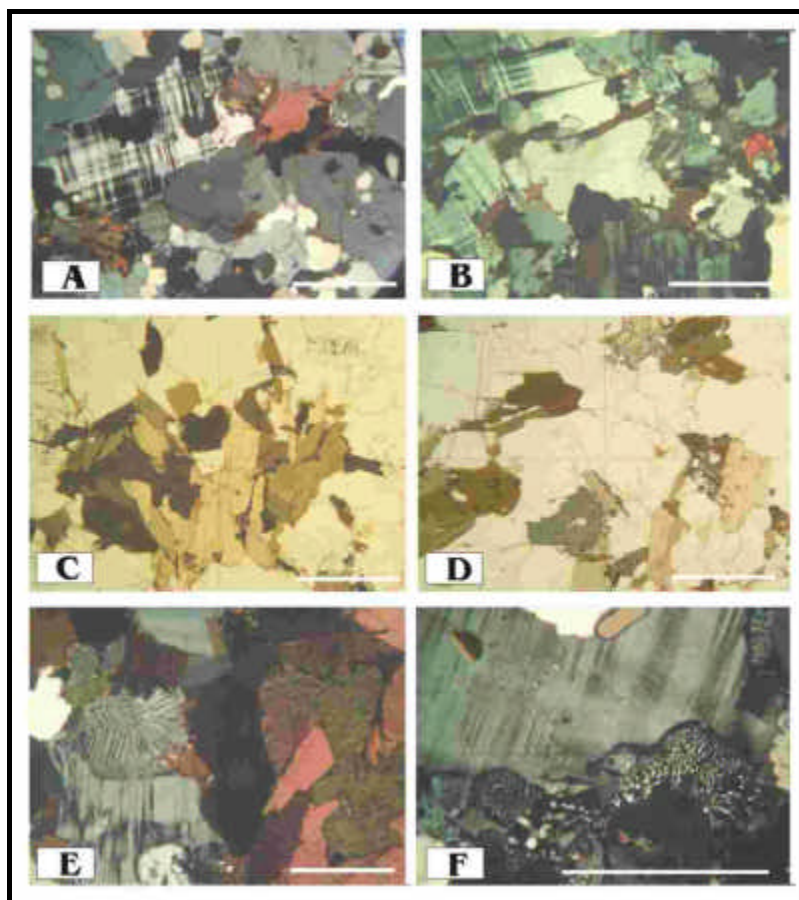


Figura 6. Microfotografías de preparos petrográficos. **A y B)** LP (x50). Vista general mostrando la mineralogía característica. Nótese la textura hipidiomórfica y la morfología de los cristales. **C y D)** LN (x50). Detalle de los minerales ferromagnesianos (biotita y hornblenda) y sus relaciones de contacto. **E)** LP (x50). Textura mirmequítica. **D)** LP (x50) intercrecimiento granofírico). Escala: longitud de la barra 1 mm.

Los ferromagnesianos están representados por biotita y anfíbol de tipo hornblenda. La biotita se presenta como cristales en general euhédricos de hasta 2mm, agrupados y dispersos, con frecuentes inclusiones de apatita. El anfíbol siempre pleocroico (castaño a verde claro) se presenta comúnmente, en secciones transversales rómbicas a subrómbicas mostrando clivaje perfecto según (110). Secciones paralelas a (010) muestran bordes irregulares. No supera los 1mm de tamaño. La clorita se presenta como producto de la alteración de las biotitas, siempre asociada a sus bordes. Como producto de alteración de las

plagioclasas aparece epidoto en agregados cristalinos inferiores a 0.5mm. Apatito euhédrico a subeuhédrico (en secciones prismáticas hexagonales) y rutilo (subeuhédrico) son los accesorios más frecuentes.

Petrográficamente este complejo se define como integrado por granodioritas a granitos.

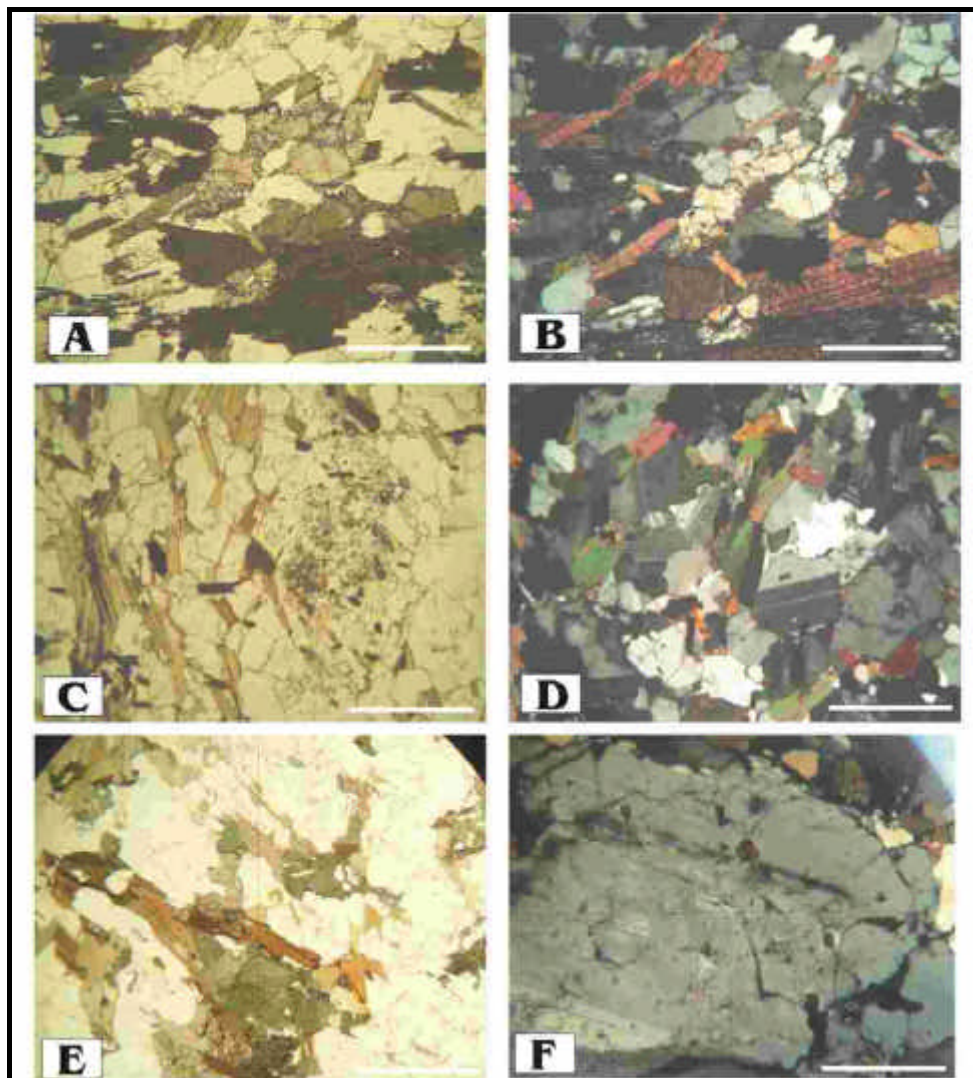


Figura 7. Microfotografías de preparados petrográficos. **A, B y C)** ilustran textura granolepidoblástica, en litologías del Complejo Granítico, marcada por las asociaciones minerales oligoclasa + ortosa + cuarzo + biotita + hornblenda + clorita ± epidoto ± microclina. **D, E y F)** Nótese: la disminución de grano respecto a preparados de la Figura 6, el aumento en el contenido de plagioclasa y el tipo extinción en los cristales de cuarzo. **E)** Detalle de feldespato (ortosa) con inclusiones de microclina. Escala: longitud de la barra 1mm. **A, C, y E)** (LN x 5); **B y D)** (LP x 5); **F)** (LP x 10).

4.2.1.6.5) Complejo Granítico Arroyo San Gregorio

Es un extenso macizo granítico desarrollado en el extremo noreste del Departamento, que probablemente se extienda hacia los Departamentos de Florida y Flores. En su borde Sur, hace intrusión en la Formación Paso Severino, en los granitos

deformados de Ismael Cortinas, y en los paraneises, micaesquistos y anfibolitas de la Unidad A° Los Álamos. Por otra parte, en el sur es intruído por el Complejo de Puntas del Arroyo Carreta Quemada y por el gabro y la granodiorita de Tía Josefa.

Se trata de un complejo heterogéneo donde pueden reconocerse al menos 3 facies petrográficas: i) granito biotítico de grano medio isótropo ii) leucogranito de grano fino a medio biotítico, iii) granodiorita de grano medio, rica en biotita y anfíbol.

Es frecuente en este Complejo la presencia de megaxenolitos y xenolitos de paraneises y micaesquistos de la Unidad A° Los Álamos.

4.2.1.6.6) Granito de Cerro San José

Corresponde a un granito, biotítico-muscovítico, compuesto por microclina, plagioclasa y cuarzo con fluorita como accesorio frecuente. Un facies leucócrata, muscovítico y de grano más fino presenta un claro destaque geomorfológico, dando lugar al Cerro San José, mientras que en los alrededores del Cerro es frecuente un granito a 2 micas, con plagioclasa y microclina.

4.2.1.7) Magmatismo Post Orogénico

4.2.1.7.1) Granito de Mahoma

Se trata de una intrusión elíptica de aproximadamente 8 x 4 Km. con el eje mayor dispuesto según una dirección aproximada 060°. Muestra un importante destaque geomorfológico en la región, caracterizada por desarrollo topográfico positivo y abundantes afloramientos en forma de bochas, constituyendo un clásico “mar de piedras”.

Petrográficamente se define como un granito equigranular de grano medio, de color variable desde rosado claro a rojizo. Está compuesto por microclina mesopertítica, biotita con pleocroísmo fuerte en tonos de verde amarronado y plagioclasa. Una importante influencia de procesos tardimagmáticos se evidencia en la abundancia de fluorita, muscovita secundaria (producto de la desferrificación de la biotita) y calcita. El análisis de las características petrográficas sugiere un granito de afinidad alcalina emplazado a escasa profundidad. Presenta con frecuencia enclaves máficos ricos en biotita y anfíbol, de geometrías elipsoidales y dimensiones que normalmente no superan los 10 cm.

4.2.1.7.2) Granito de Arroyo de la Virgen

Esta intrusión se ubica en el extremo noreste del Departamento de San José, continuando la mayor parte del área aflorante en el Departamento de Florida. Ha sido estudiado en detalle por Preciozzi (1989). Según este autor, el cuerpo principal corresponde a una granodiorita de grano grueso, biotítica, de color gris. Este facies es que aflora en el Departamento de San José.

La textura de la granodiorita es de grano grueso a plagioclasas subautomorfas. Está compuesta por plagioclasas con epidotización y filitización y microclina peritítica xenomorfa. El cuarzo es xenomorfo y aparece en dos generaciones de tamaño. La biotita tiene pleocroísmo en tonos de verde. Los accesorios más frecuentes arcón, esfeno y opacos son los accesorios más frecuentes.

4.2.1.7.3) Granito de Cufre

Este macizo se localiza en el borde oeste del Departamento, teniendo su mayor distribución en el vecino departamento de Colonia. Hace intrusión en rocas metamórficas de la Formación Montevideo.

Según Preciozzi (1989) esta intrusión es petrográficamente heterogénea, pasando desde granitos a granodioritas. Las texturas varían desde equigranular a heterogranular y porfiroide. Mineralógicamente está compuesto por oligoclasa subautomorfa, generalmente epidotizada y/o filitizada, microclina xenomorfa a subautomorfa y peritítica. El cuarzo es normalmente muy abundante y suele aparecer en dos generaciones. El ferromagnesiano más frecuente es biotita y ocasionalmente anfíbol. Los accesorios son apatito, esfeno y opacos. Son comunes los enclaves microgranulares.

4.2.1.7.4) Granito Cerro Carreta Quemada

Esta intrusión fue definida por Schipilov et al. (1998). Se trata de un pequeño macizo de aproximadamente 4 Km.², que desarrolla una morfología que contrasta con la de los alrededores. Los afloramientos se manifiestan de manera abundante conformando pequeñas cerrilladas.

Se trata de leucogranitos biotíticos de grano medio a fino, de color rosado, pudiendo corresponder a facies más diferenciados del Complejo Puntas del Arroyo Carreta Quemada. Se ha cartografiado en forma separada en razón del buen contraste

de relieve, densidad de afloramiento y textura en foto aérea, entre este macizo y el resto del Complejo.

4.2.1.7.5) Granodiorita de Paso Cames

Esta intrusión se desarrolla al este del Lineamiento Cañada Tabárez y posee escasa expresión superficial dado que hacia el Sur y el Este se encuentra cubierta por sedimentos cenozoicos correspondientes a las Formaciones Libertad y Raigón.

La litología dominante es una granodiorita de grano medio, de color gris, pobre en cuarzo, con plagioclasas subautomorfas y abundante biotita. Presenta xenolitos de la Formación Paso Severino y enclaves básicos de geometría elipsoidal de 15-18 x 12 cm., Con eje mayor de orientación 015-020°. Asociados aparecen facies de leucogranito de grano medio a fino, biotítico, con muscovita fina probablemente secundaria.

4.2.1.7.6) Granodiorita del Arroyo Guaycurú

Esta intrusión fue definida por Garat, I. (1990). Se trata de un *stock* de aproximadamente 10 Km.² que se desarrolla en el extremo norte del Departamento de San José formando parte del sustrato del valle del curso medio del Arroyo Guaycurú. Determina afloramientos en bochas, de hasta 2-3 metros de diámetro.

Según el autor citado, petrográficamente corresponde a una granodiorita de grano medio, equigranular, de color gris, compuesta por microclina peritítica, oligoclasa, biotita, esfeno, epidoto y apatito.

4.2.1.7.7) Granito de Tía Josefa

Esta intrusión fue definida por Preciozzi F. et al. (1985) y se ubica en la zona centro norte del Departamento de San José. La región de mayor afloramiento se sitúa en las cabeceras del Arroyo Pantanoso, en su margen derecha, en las Sierras de Tía Josefa, mientras que hacia el sureste, este macizo desarrolla escasos afloramientos.

Se encuentra emplazado por el sur y el este en la Formación Paso Severino, mientras que hacia el norte intruye relictos de Paso Severino. Por otra parte hacia el suroeste limita con el gabro de Tía Josefa.

Petrográficamente dominan tonalitas y granodioritas hornblendo-biotíticas de color gris y grano medio. Están compuestas por plagioclasas subautomotas zoneadas, de composición media An_{35} y núcleo saussuritizado, escasa microclina intersticial, biotita con pleocroísmo Y-Z marrón, X: amarillo amarronado y por hornblenda subautomorfa con pleocroísmo Z: verde azulado, Y: verde, X: amarillo verdoso.

4.2.1.7.8 Complejo Intrusivo de Puntas del Arroyo Carreta Quemada

Este complejo, definido en este trabajo, incluye una asociación de rocas granodioríticas y tonalíticas, con ocurrencias menores de gabros, que se desarrollan ocupando un área de aproximadamente 140 Km.² en el noreste del Departamento de San José.

Los afloramientos son escasos y muestran importante alteración, dificultando el reconocimiento petrográfico. La mayor parte del área presenta además una espesa cobertura de suelo. Por las razones mencionadas suelen estar más expresados, desarrollando afloramiento, los diques aplíticos y graníticos que recortan a este Complejo.

Un afloramiento de este Complejo, estudiado petrográficamente resultó ser una tonalita constituida por plagioclasas automorfas, zoneadas de 5-6 mm, biotita con pleocroísmo marrón rojizo y abundantes inclusiones de rutilo, epidoto y cuarzo.

4.2.1.7.9) Gabro Carreta Quemada

Según Schipilov et al. (1998), ocupa una superficie de aproximadamente 40 Km.². Está en contacto hacia el Sur y Este con litologías de la Formación Paso Severino y hacia el Oeste y Norte con un conjunto de litologías granodioríticas y tonalíticas que corresponden a lo que en este trabajo hemos denominado Complejo Gabro-Tonalita - Granodiorita de Puntas del Arroyo Carreta Quemada. El Gabro Carreta Quemada, constituiría desde nuestro punto de vista uno de los facies de este complejo, cartografiado de forma separada.

Schipilov et al. (1998), señalan que predominan los gabros hornbléndicos, con texturas poiquilíticas y a veces cumulares.

Por otra parte, durante este relevamiento hemos reconocido, en el borde sureste de este gabro, corneanas derivadas del metamorfismo de metalavas básicas de la Formación Paso Severino.

4.2.1.7.10) Gabro de Mahoma

Se trata de un cuerpo de gabro que aflora en una superficie de aproximadamente 45 Km.² e intruye en los metamorfitos de la Formación Paso Severino, que en esta región esta representada fundamentalmente por metalavas básicas. Los estudios geofísicos desarrollados por Mari et al. (1990) indican una geometría tabular, con una potencia que alcanzaría los 2000 m.

Ha sido estudiado detalladamente, desde el punto de vista petrográfico, por Oyhançabal P. et al. (1990), quienes señalan que las litologías dominantes son gabronoritas, a veces olivínicas, con incipiente bandeado composicional, buzante al suroeste.

La asociación mineral dominante es labradorita y ortopiroxeno (hipersteno a eulita) cumulares, clinopiroxeno y anfíbol primario post-cumulares, biotita y apatito accesorios. Los opacos principales son ilmenita, pirrotina (con desmezcla de pentlandita), magnetita y calcopirita.

Es frecuente la presencia de venillas de anfíbol en fracturillas, correspondiente a episodios tardi-magmáticos y de xenolitos de la roca caja (fundamentalmente corneanas básicas).

4.2.1.7.11) Gabro de Tía Josefa

Esta intrusión de gabro se ubica en la región centro-norte del Departamento, entre la Ruta N° 3 y el Río San José. Se encuentra emplazada entre las rocas metamórficas de la Formación Paso Severino hacia el Sur y el Complejo Granítico de Arroyo San Gregorio hacia el Norte. Desarrolla muy escasos afloramientos, generalmente en las zonas bajas, mientras que en la zona de los Cerros de Pereira, donde se observan lineamientos bien estructurados de dirección 300° y buena densidad de afloramiento, se reconocen corneanas derivadas fundamentalmente de metabasaltos.

4.2.1.8) Rocas derivadas del Metamorfismo de Contacto

4.2.1.8.1) Corneanas

Asociadas a las intrusiones de gabro de Mahoma, Tía Josefa y Carreta Quemada, se desarrollan corneanas (principalmente básicas), correspondientes al facies de las corneanas piroxénicas. La mineralogía de estas rocas está constituida

por plagioclasas, clino y ortopiroxeno, hornblenda parda, olivino y sulfuros diseminados. La textura es granoblástica de grano muy fino y los piroxenos suelen desarrollar textura en criba. La distribución superficial de estas corneanas, particularmente en el gabro de Mahoma, alcanza un ancho kilométrico bordeando la intrusión. También es frecuente la ocurrencia de estas corneanas, como posibles xenolitos, dentro del cuerpo.

La geometría tabular del Gabro de Mahoma, postulada por Mari et al. (1990), sugiere un sill subhorizontal, probablemente con bajo ángulo de contacto con la roca caja lo que podría explicar la importante expresión superficial de la aureola de corneanas.

4.2.1.9) Actividad Filoniana

Existe una importante actividad filoniana que recorta todas las unidades del Basamento Cristalino. Desde el punto de vista de su geometría se reconocen variadas formas: diques, venas y apófisis. Las dimensiones son variables desde métricas a kilométricas. Petrográficamente se reconocen cuatro tipos: pegmatitas, microgranitos, aplitas y cuarzos hidrotermales. Las pegmatitas pueden tener feldespato blanco y/o rosado, a veces en intercrecimiento gráfico con cuarzo. En la zona central de la pegmatita con frecuencia aparece cuarzo lechoso. El accesorio más frecuente es biotita aunque existen también pegmatitas muscovíticas con láminas de hasta 10 cm. Y con granate.

Los microgranitos y las aplitas son leucocráticos y generalmente muscovíticos. La mayoría ocurren en diques, con potencia no superior al metro.

Los cuarzos hidrotermales ocurren como venas, variando la coloración desde cuarzos grises ahumados, blancos lechosos e incoloros hialinos. Localmente a estas venas de cuarzo se asocian otros minerales, como sulfuros, micas, epidoto, turmalina y excepcionalmente metales nativos.

4.2.1.10) Magmatismo Extensional

4.2.1.10.1) Diques de Microgabro

Se trata de un enjambre de diques máficos verticales de dirección 060°. La potencia es variable entre 5 y 40 m. Son rocas de grano fino a medio y color gris oscuro con grado variable de fracturación. Petrográficamente corresponden a microgabros compuestos por plagioclasa de composición aproximada An_{55} ,

clinopiroxeno (augita, pigeonita y excepcionalmente ortopiroxeno), escaso anfíbol uralítico, biotita e ilmenita. Con variable abundancia aparece micropegmatita intersticial (intercrecimiento cuarzo-feldespático) junto a apatito.

Caracterización Petrográfica

Se trata de microgabros con texturas microporfírica. Mineralógicamente compuestos por labradorita + augita + pigeonita \pm anfíbol \pm biotita \pm ilmenita \pm apatita.

La plagioclasa de composición aproximada An_{55} , se presenta en cristales euhédricos que no superan comúnmente los 0.3mm (medidos según eje mayor).

Predominancia de clinopiroxeno, de grano fino euhédrico a subeuhédrico, de tipo augita y pigeonita. Excepcionalmente se encuentran ortopiroxenos de tipo hipersteno en cristales pequeños (inferiores a 0.3mm).

Se desarrollan ocasionalmente microfenocristales de labradorita y augita de tamaño de hasta 2mm (Figura 8).

Escaso anfíbol subeuhédrico se observa siempre asociado a los piroxenos evidenciando su origen secundario (uralítico). Biotita de grano fino, subeuhédrica, aparece también como producto de alteración piroxenos asociado a los anfíboles.

Como accesorios se destaca la presencia de ilmenita con bordes de leucoxeno y apatita en secciones hexagonales. Intercrecimiento secundario cuarzo-feldespático (micropegmatita intersticial) aparece junto al apatito.

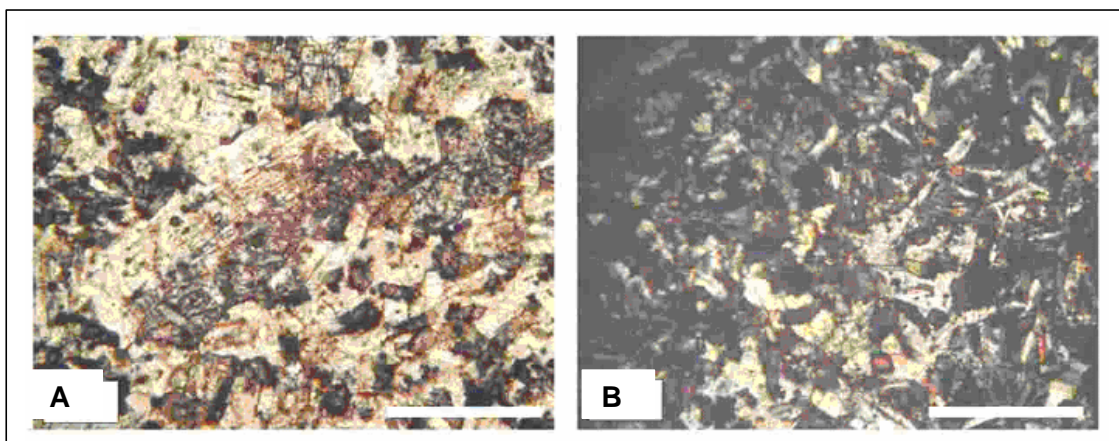


Figura 8. Microfotografías de preparados petrográficos. **A)** (LN x 50). Detalle de microfenocristales de labradorita. **B)** (LN x 50). Textura subofítica (piroxenos ocupan espacios entre cristales euhédricos de plagioclasa). Escala: longitud de barra 1mm.

4.2.1.11) Geología Estructural

La estructura geológica del Basamento del Departamento de San José está condicionada por dos direcciones de cizallamiento transcurrente que conforman los principales lineamientos estructurales del área.

Estos lineamientos transcurrentes son:

i) Zonas de cizalla de dirección variable entre 060° y 090° , sinestrales y con una componente de cabalgamiento hacia el norte. Ejemplos de esta familia de zonas de

cizalla son de Norte a Sur: la zona de cizalla Cufre-Mal Abrigo y la zona de cizalla del A° Pavón.

ii) Zonas de cizalla de dirección variable entre 320° y 340°, dextrales, la posible componente de cabalgamiento es desconocida, pues no se han encontrado exposiciones en las que sea posible observar lineaciones de estiramiento o indicadores cinemáticos. Ejemplo de esta familia de zonas de cizalla son de Este a Oeste: Cañada Tabárez, Cañada del Cerro y Guaycurú.

Constituyen una extensa faja arqueada que se desarrolla desde la margen occidental del lineamiento Cañada Tabales, con dirección 060°, hasta el sur de Ismael Cortinas, donde adquiere dirección 340° y es interrumpida por los granitos intrusivos de Ismael Cortinas.

4.2.2) Mesozoico

4.2.2.1) Cretácico Inferior

4.2.2.1.2) Formación Migués

Se trata de depósitos de origen sedimentario, esencialmente detríticos. Jones G. (1956) reconoce por primera vez estos depósitos en la región oriental del Departamento de Canelones, definiendo un conjunto de tres facies detríticas. Bossi J. (1966) reúne las tres facies y le atribuye el rango de Formación.

Según Preciozzi F. et al. (1985), se trata de una secuencia integrada por conglomerados, areniscas y limolitas cuya sedimentación se vincula a condiciones de relleno continental en una estructura tipo graben vinculada al momento de inestabilidad tectónica del desarrollo de la cuenca del Santa Lucía.

Teniendo en cuenta el mapeamiento geológico, las Formaciones Cretácicas prácticamente no afloran en el Departamento, tampoco existe una densidad de perforaciones que permita demostrar la distribución en profundidad de la unidad, si bien sería altamente probable que las secuencias cretácicas tengan una cierta continuidad por debajo de los sedimentos del Cenozoico.

El único registro directo de profundidad son los testigos del sondeo situado en la localidad de Rincón de la Bolsa en el sureste del Departamento. Según Bossi J. 1966 los depósitos de Migués se sitúan por debajo de la Formación Fray Bentos, entre los 95 y 800 metros de profundidad con un espesor de 705 metros, la perforación no alcanzó el Basamento cristalino por lo que sería de esperar un espesor aún mayor. Bossi J. 1966 resume la sucesión litológica de la siguiente manera: Entre 95 y 497

metros, areniscas con tamaño de grano variable, desde finas a conglomerádicas interestratificadas; entre 497 y 570 metros, amplio predominio de fracciones finas (limos arenosos con materia orgánica de colores oscuros y areniscas finas muy arcillosas de colores rojizos); desde los 570 metros al final del sondeo, se suceden fracciones arenosas a conglomerádicas y conglomerados, localmente con intercalaciones de rocas limosas y limolitas de color pardo.

Según Bossi J. et al. (1988), la composición mineralógica de estos materiales se reparte de la siguiente manera: cuarzo 50%, feldespatos 40%, epidoto 3%, hornblenda 3%, calcita 2%, biotita 2%. Se trata de materiales cuya composición es predominantemente arcósica, el carbonato de calcio, además está presente como cemento, en algunos niveles.

Los colores en las areniscas, materiales groseros y algunos niveles de detritos finos, son de tonalidades claras y rojizas. Dentro de las tonalidades oscuras predominan las coloraciones grises y verdosas especialmente en las secuencias pelíticas y areniscosas finas.

Según la descripción del sondeo, de Rincón de la Bolsa, se destaca la presencia de dos importantes ciclos de sedimentación detrítica y grosera, entre 95 y 497 metros y entre 570 y 800 metros, con un ciclo de sedimentación detrítica fina, situado entre los dos anteriores.

En la sedimentación grosera se observa la inmadurez del depósito, a través del alto grado de angulosidad de los clastos, la presencia de minerales inestables y el predominio de coloraciones oxidantes. Estos parámetros, ponen en evidencia, una sedimentación rápida, bajo transporte, alto grado de soterramiento, alta energía comparable con sistemas deposicionales continentales, fluviales en regiones cercanas a las cabeceras y en momentos de alta inestabilidad tectónica.

Por otra parte intercalado con la secuencia detrítica grosera ocurre un evento deposicional de detritos finos pelitas y areniscas muy finas de coloraciones grises y verdes de unos 40 metros de espesor, esta secuencia estaría marcando un sistema de tipo lacustrino acompañado de un período de relativa calma y condiciones tectónicas de cierta estabilidad.

4.2.2.2) Cretácico Superior

Se reconocen aquí dos tipos litológicos, que tradicionalmente se agrupaban dentro de la Formación Asencio y que por otra parte ambos se asociaban a los

miembros Palacio y Yapeyú.(Bossi J.,1966; Bossi et al., 1988; Preciozzi F. et a.,1985).

4.2.2.2.1) Miembro del Palacio o Paleosuelo del Palacio

Según Goso C. (1999) se incluye, bajo esta denominación, a un conjunto de litologías predominantemente arenosas que muestran la actuación de intensos procesos de ferrificación y que se incluye dentro de la Formación Mercedes; que según Bossi, J. (1966), Bossi et al. (1988) y Preciozzi F. et al. (1985) corresponden al Miembro Palacio de la Formación Asencio.

Ambas acepciones coinciden con las caracterizaciones litológicas de campo por lo que aquí se considera indiferente utilizar cualquiera de las dos.

En el departamento de San José la zona de reconocimiento se restringe a pequeños afloramientos aislados cubiertos parcialmente por la vegetación y por sedimentos modernos que se ubican en la margen occidental del curso inferior del Río Santa Lucía frente a la localidad de Aguas Corrientes. A nivel de afloramiento, la alta cementación por hierro, le otorga a estos materiales gran tenacidad, por otra parte, su diaclasado define cuerpos rocosos del tipo carapacho y formas geométricas regulares de orden decimétrico

La litología, comprende areniscas finas, cuarzosas y cuarzo-feldespáticas, subredondeadas, con abundante cemento ferruginoso (óxido de hierro), lo que le imprime una alta tenacidad y color rojo herrumbre. En ocasiones se preservan las geometrías estratales. Son bastante frecuentes las concreciones centimétricas. El espesor de los carapachos no es conocido en esta área, se estima que el mismo no sobrepase los 4-5 metros.

En subsuperficie no se observan carapachos de esa naturaleza sin embargo, se reconoce muy bien la Formación en el sondeo de Paso Belastiquí, entre las cotas 50 y 20 metros, donde se observan areniscas de grano fino y fino a medio, cuarzosas de color blanquecino y con matriz arcillosa que de acuerdo a las definiciones de Bossi J. (1966), Bossi J. et al. (1988) y Preciozzi F. et al. (1985) corresponde con el miembro Yapeyú de la Formación Asencio.

4.2.5) Cenozoico

4.2.5.1) Oligoceno

4.2.5.1.1) Formación Fray Bentos

Se trata de depósitos sedimentarios de origen continental, conocidos en el país desde el siglo pasado. Fueron definidos con criterio litoestratigráfico por Goso, H. (1965).

El mapeo de superficie demuestra que la unidad aflora de forma discontinua en la región. Por lo general se observa cercana a las zonas de borde de la cuenca de Santa Lucía, en contacto o muy cerca del basamento cristalino. En la zona suroeste y oeste se reconoce formando parte de las laderas medias de los Arroyos Cufre y Pavón. En la zona central al Sur de la ciudad de San José formando parte del sustrato del valle del Río San José En el Este como parte del sustrato aflorante del curso medio de los arroyos de La Virgen, Del Tala y con menor frecuencia en el Carreta Quemada. La región de mayor continuidad es la que ocurre en la ladera inferior y valle de los ríos San José y Santa Lucía, en el primer caso entre su desembocadura y las cercanías de la ciudad de San José y para el segundo caso desde la desembocadura con el Río San José hasta unos pocos kilómetros al Sur de la Ruta N° 11.

Desde el punto de vista morfológico, cuando existe una distribución areal relativamente importante, la formación desarrolla lomadas del tipo cóncavo convexo a plano convexo con pendientes moderadas. Hacia el valle del Río Santa Lucía especialmente en la margen Este del río se observan formas barrancosas degradadas y discontinuas, posiblemente esta morfología se relacione con la generación de un escarpe de abrasión provocado por la ingresión marina del mar de Camacho en el Mioceno superior.

En profundidad la Formación Fray Bentos tiene una buena distribución areal, los registros de testigos de perforaciones, demuestran que la unidad se desarrolla en forma continua en la porción occidental de la cuenca de Santa Lucía formando la parte más importante del relleno terciario de esa cuenca. La paleotopografía del techo de esta unidad es la que de alguna manera ha constituido el control de la sedimentación del Terciario superior y Cuaternario. El mapa batimétrico del sur del Departamento, (Figura 9) construido con los datos de 18 sondeos, que cortan el techo de la Formación, muestra la disposición topográfica actual, donde se reconocen tres grandes regiones.

La región central, es un alto morfológico que se dispone groseramente longitudinal, de dirección general NW-SE, situado entre las Puntas del Arroyo Pereira y

la localidad de Cerrillos en el Departamento de Canelones. Posee cotas superiores a los 30 metros y presenta un entalle transversal, NE-SW que coincide con la porción del valle del Río Santa Lucía situada entre la desembocadura del Río San José y la localidad de Santa Lucía.

La región litoral, es una extensa depresión, situada al sur del alto central y abierta hacia el Río de la Plata denominada Depresión del Sur. Se ubica entre la cota de 10 metros, en el límite con el alto y -42 metros en la zona de Kiyú, el conjunto muestra una ligera pendiente topográfica hacia el sur y suroeste.

La región norte es una leve depresión comprendida entre el alto central al Sur y el contrafuerte del basamento al Norte denominada depresión Norte. Por lo general, se ubica entre las cotas de 10 y 30 metros con paleopendientes que van desde oeste-noroeste al este - sureste. Por otra parte esta depresión en su porción esta - noreste tiene continuidad lateral expresada por un entalle longitudinal, que coincide con el valle del Río Santa Lucía.

Hacia el Norte del paralelo de la ciudad de San José la unidad ocurre de forma discontinua. En profundidad se la reconoce ocupando pequeños microvalles de dirección sur- norte, sin continuidad lateral.

Con relación al espesor la Formación Fray Bentos muestra gran variabilidad, esta variación se encuentra entre 80 y 10 metros, tal como se señala en los sondeos de Rincón de la Bolsa (Ruta N° 1, Km. 24 y CONAPROLE (Ruta N° 1, Km.70), respectivamente. Si bien no hay información de subsuperficie, se estima que los mayores espesores se encontrarían hacia la zona interna de la cuenca, con disminución en las áreas marginales.

Desde el punto de vista litológico, la unidad no difiere significativamente de lo descrito en las observaciones de campo efectuadas para el departamento de Canelones según el informe: Mapa Geológico y Memoria Explicativa del Departamento de Canelones de este proyecto (Spoturno J. et al., 2004).

A modo de resumen se reconocen, en orden decreciente, los siguientes tipos: areniscas finas y muy finas, loess con arena fina y fracción arcilla subordinada, areniscas finas con fracción gravilla dispersa, limolitas mas o menos arenosas, areniscas medias a gravillosas areniscas conglomerádicas a conglomerados.

El color rosado a rosa anaranjado de estas litologías y la cementación carbonática son también elementos diagnósticos importantes de la unidad. La presencia de carbonato como cemento, aumenta la tenacidad de la roca y varía la tonalidad de rosado muy pálido a casi blanco.

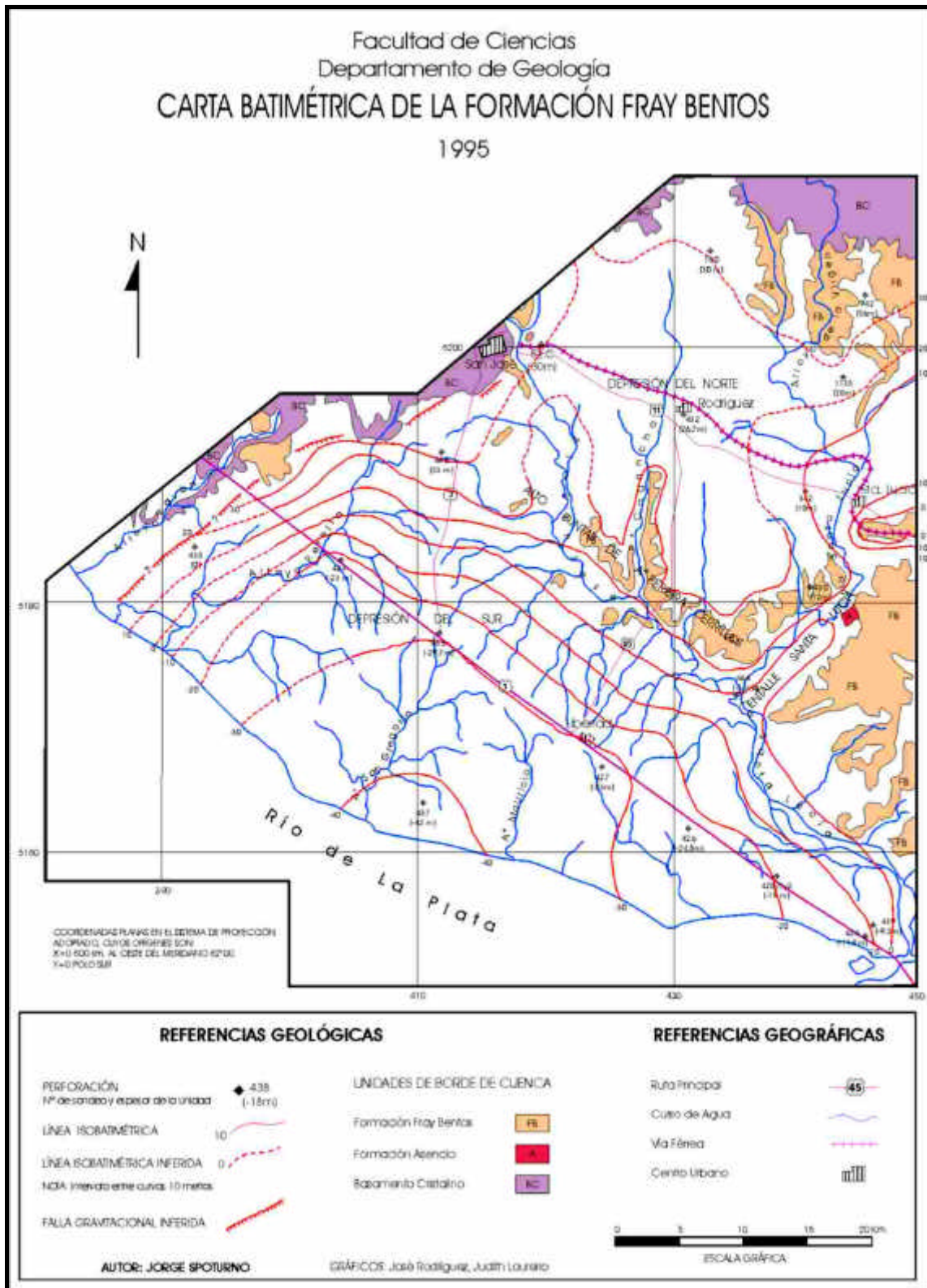


Figura 9. Mapa batimétrico de la Formación Fray Bentos en la porción sur del Departamento de San José. (Tomado de Spoturno, 1990).

Desde el punto de vista estratigráfico, de un modo general se reconocen las siguientes asociaciones: los niveles conglomerádicos, limolíticos, fangolíticos y

areniscas medias a gruesas, se disponen hacia la base de la secuencia, los niveles arenosos finos con clastos, en la parte media, y las areniscas finas y loess se alternan en la parte media y superior de la secuencia.

Desde el punto de vista paleontológico no se conocen registros fósiles de la Unidad en el departamento.

Las litofacies observadas son similares a las que ocurren en el Departamento de Canelones se trata de una continuidad espacial y temporal de esta secuencia dentro del contexto de sedimentación de la depresión de Santa Lucía, por lo que se concluye que los procesos fueron similares lo que significa un sistema continental, árido a semiárido.

La base de la secuencia, muestra litologías con depósitos claramente asociados a condiciones húmedas y sub-húmedas: areniscas con estratificaciones cruzadas y acanaladas, (depósitos fluviales) limolitas, (depósitos de planicies de inundación – barriales) conglomerados y fangolitas (depósitos de flujo gravitacional).

La parte media y superior muestra niveles de areniscas finas bastante bien clasificada que alternan con episodios limosos loésicos con frecuentes niveles de carbonatación y coloraciones rosadas que demuestran un incremento de las condiciones de aridez y procesos relacionados a la deposición eólica.

Caracterización Petrográfica

Se definen a continuación las características petrográficas de las litofacies más gruesas de la Formación Fray Bentos.

Se trata de ortoconglomerados moderadamente seleccionados, de baja madurez textural, con clastos sostenidos esencialmente por cemento de tipo carbonático (grano flotante). El esqueleto, de subanguloso a subredondeado, es de fracción grava fina a mediana y conforma un 40% de la muestra. Corresponde en su totalidad a fragmentos líticos de composición cuarzo policristalino y granito (granitos del Complejo Arroyo Jesús María) predominantemente. Debe señalarse el importante estado de preservación de los filosilicatos en los clastos de composición granítica lo que implicaría poco transporte y cercanía a la fuente. Se observan algunos clastos de paraderivadas (cuarzo esquistos milonitizados).

La matriz es de fracción arena en todos sus tamaños; sus proporciones no superan el 5% en toda la muestra razón por la cual se aduce resustitución por cementación secundaria (Cemento II) como relleno de espacios previamente ocupados por matriz (Figura 10). El estado de madurez es bajo y su composición es similar a la del esqueleto sumando la presencia de paraderivadas con sillimanita.

Tanto los clastos del esqueleto como de la matriz presentan bordes irregulares y ocasionalmente escamados.

Al menos dos generaciones de cemento fueron identificadas: una circungranular con cristales de carbonato (probablemente calcita esparítica) euhédricos de aproximadamente 1mm (probablemente temprano) bordeando el esqueleto y otra como cemento de segunda generación de grano más fino y extinción relativamente continua.

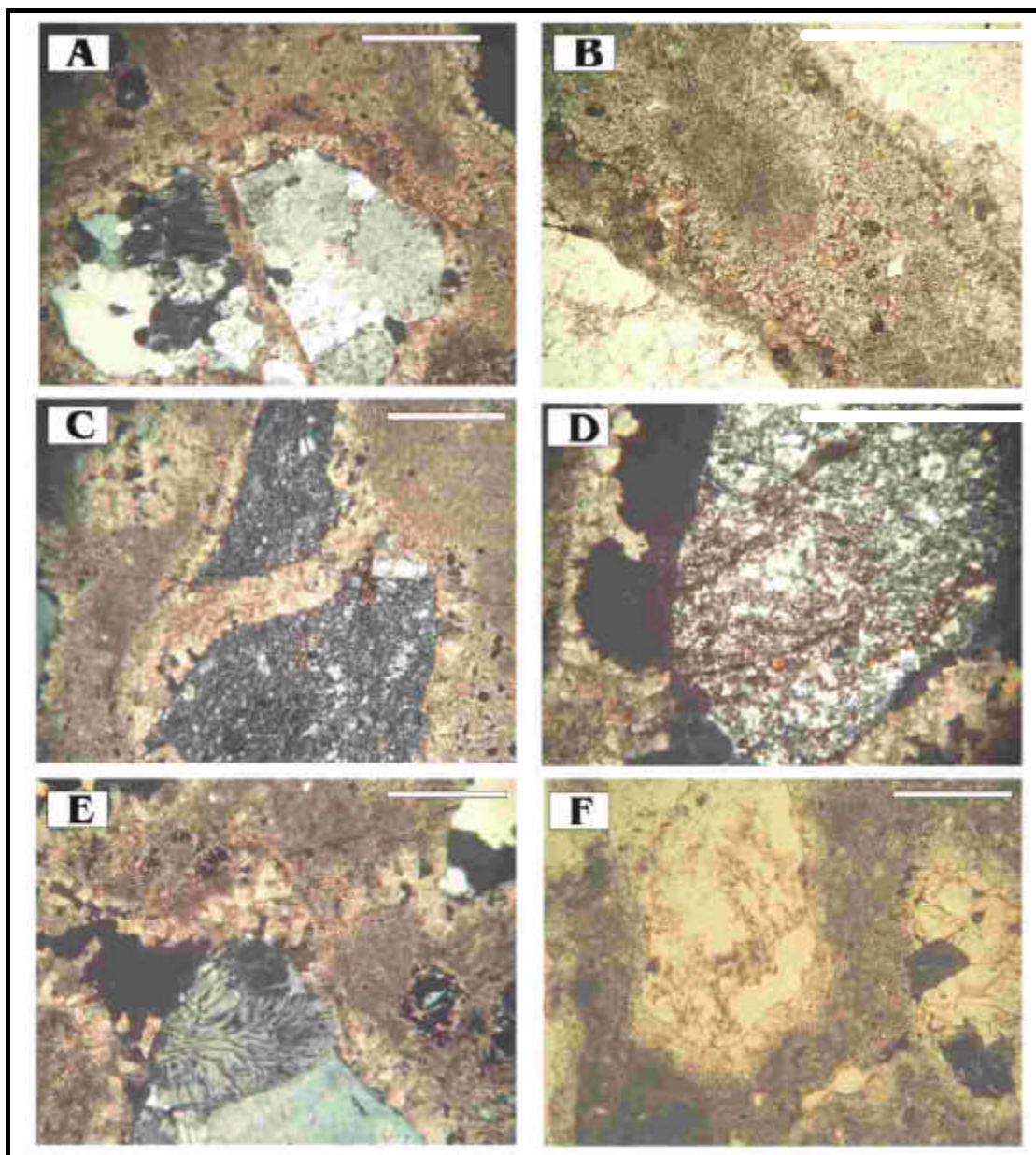


Figura 10. Microfotografías de preparado petrográfico. **A)** (LP x 50). Clastos de composición granítica como esqueleto en diamictitas cementados por carbonato (posiblemente calcita). **B)** (LN x 100). Detalle de las dos generaciones de cemento: 1º circungranular (esparítico – de grano grueso-) y 2º de grano fino sustituyendo matriz. **C)** (LP x 50). Clasto de paraderivada (cuarzo esquistoso). **D)** (LP x 100). Detalle de clasto de paraderivada. **E)** (LP x 50). Detalle de clasto de granito. Nótese la textura mirmequítica. **F)** (LN x 50). Detalle de clastos de granito preservando sin alterar los cristales de biotita y hornblenda. **A y C)** muestran crecimiento desplazante de carbonato. Escala: longitud de la barra 1mm.

Se observa fractura de clastos y relleno. Este fenómeno, conocido como crecimiento desplazante de carbonato, se produce cuando se fuerzan y quiebran los granos debido a las fuerzas de cristalización. El mismo indica cementación a poca profundidad siendo característico de calcretes (Scasso y Limarino, 1997).

4.2.5.2) Mioceno

4.2.5.2.1) Formación Camacho

Fue originalmente denominada, por Caorsi y Goñi (1958), como Areniscas Fosilíferas de Camacho, al estudiar el perfil en la cantera homónima, cercana a la localidad de Nueva Palmira (Departamento De Colonia). Goso H. (1965) la redefine con criterio litoestratigráfico como Formación Camacho.

En el Departamento de San José, la unidad fue reconocida por primera vez en Puerto Arazatí, se trata de afloramientos de lumaquelas arenosas. Cartográficamente, la Unidad no tiene representación areal, siendo cubierta casi en su totalidad por los depósitos de la Formación Raigón. En profundidad, al realizar perforaciones de estudios, en el marco del Proyecto Acuífero Raigón de CIID - Canadá (1987), en la zona sur del Departamento, la Unidad fue reconocida por primera vez, entre los estratos de las Formaciones Raigón y Fray Bentos.

A partir del análisis estratigráfico de los testigos de los sondeos (Figura 11), se observó que la Formación Camacho ocupa gran parte de la denominada Depresión del Sur (Spoturno J., 1995). Según Spoturno J. (1995) la unidad, presenta una disposición geométrica en forma de cuña, cuyos mayores espesores de 30 a 35 metros, ocurren hacia la zona suroeste (costa del Río de la Plata) en tanto que las áreas de menor potencia se localizan en el este –sureste en las zonas inmediatas a los valles de los ríos San José y Santa Lucía. (véase Figura 11).

Se trata de una disposición tridimensional coincidente con la paleotopografía de la Formación Fray Bentos que funcionó como piso de la sedimentación. Por otro lado siendo Camacho una transgresión marina, esta ocupó gran parte de la Depresión del Sur, actuando el alto de Puntas del Arroyo Pereira – Cerrillos como barrera y/o antigua línea de costa.

La ausencia de registros al norte del alto (Depresión Norte) y la ocurrencia de antiguas formas barrancosas entalladas en el Fray Bentos son una prueba de que la transgresión de Camacho no sobrepasó la barrera del mencionado alto.

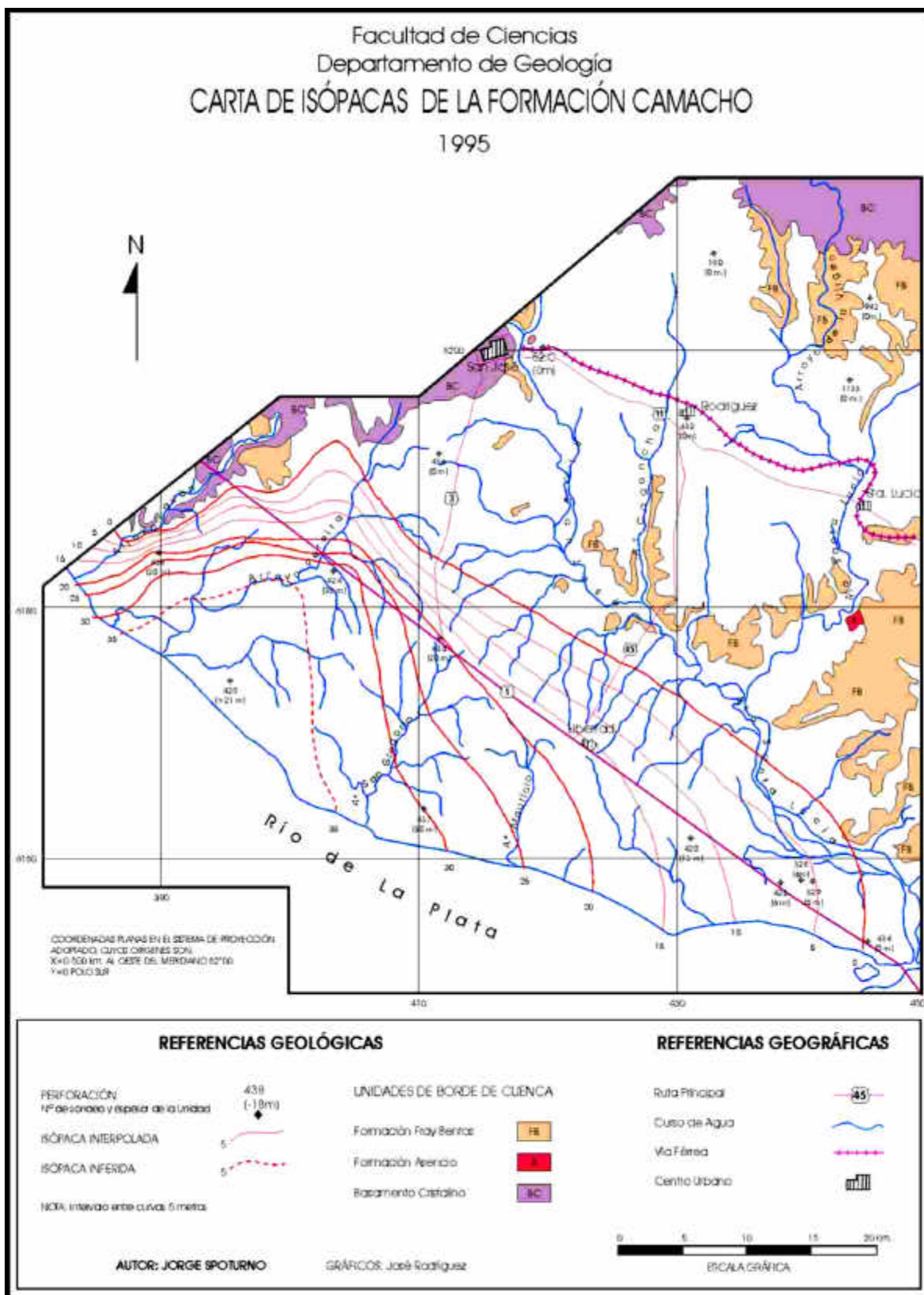


Figura 11. Mapa de isópacas de la formación Camacho en la región Sur del Departamento (Tomado de Spoturno, 1990).

Desde el punto de vista litológico, los datos de los testigos de los sondeos, son los que mejor ilustran la secuencia. Del análisis de los testigos de sondeos ubicados en la entrada oeste de Kiyú, (Escuela de Maquinaria 8 Ruta 1 Km. 40) y el Empalme de Ruta N° 1-Ruta N° 3 respectivamente, se pueden reconocer, de base a cima, las siguientes asociaciones litológicas:

Los primeros 20 -25 metros compuestos por:

- Limo-arcillitas y arcillitas gris verdosas a negras con cristales de sulfuros (pirita).
- Fangolitas con matriz limo-arcillosa (matriz soporte) y clastos, de moluscos bivalvos y arena de color gris oscuro a negro.

Se intercalan con las litofacies anteriores, esporádicos niveles centimétricos de lumaquelas con matriz arenosa fina de color agrisado.

Los 10 -15 metros superiores corresponden a sedimentos detríticos y bio-detríticos caracterizados por:

- Lumaquelas con matriz arenosa fina y media de tonos agrisados.
- Areniscas finas y muy finas, bien seleccionadas, cuarzosas, matriz arcillosa y cemento carbonático de regular a buena clasificación.
- Limonitas arenosas interestratificadas de tonos agrisados con bioturbación.

Del análisis estratigráfico regional de los sondeos, se observa que la facies limo-arcillosas tiene su mayor expresión en la porción basal y media de la secuencia y hacia la región mas distal. Por el contrario, las facies arenosas y biodetríticas, ocurren hacia la parte superior de la secuencia y en las porciones más proximales.

Desde el punto de vista estructural, las fracciones finas: arcillitas y limo-arcillitas exponen, en los sondeos, un carácter masivo y estratificado siendo la misma poco marcada y de tipo laminar- horizontal. En los niveles arenosos que ocurren en las porciones basales de la barrancas de Arazatí, según Pérez M. (1991) se indica la presencia de estratificaciones cruzadas de bajo ángulo, *sets* de truncamientos diversos, estructuras de tipo *herringbone*.

Desde el punto de vista paleontológico, la formación es muy rica en fósiles de origen marino y marino litoral.

Según Da Silva J. (1990) las poblaciones de microfósiles se caracterizan por: diatomeas, foraminíferos y briozoarios.

Los macrofósiles poseen también una excelente representación. La bibliografía al respecto es muy abundante: Figueiras y Broggi (1973), Sprechmann P. (1978); Mones A. (1979); Martínez S. (1987). De manera muy general y de acuerdo a lo señalado por los autores se puede señalar que las poblaciones más abundantes son las pertenecientes a las familias de moluscos y gasterópodos, todas ellas asociadas a un régimen de vida marina.

Determinaciones realizadas por Martínez S. (1994), a nivel de género y especie en afloramientos del litoral oeste del Uruguay; los bivalvos representan el 52,6% del total; los gastrópodos el 36,8% y los braquiópodos, equinoideos y crustáceos decápodos un 3,5% cada uno.

Teniendo en cuenta el conjunto de características litológicas estructurales, paleontológicas y paleofisiográficas de la unidad, se puede establecer que las condiciones de depositación se vincularon a un sistema con características marinas a marino litorales que se relacionan con la transgresión Entrerriana cronológicamente situada en el Mioceno Superior.

4.2.5.3) Mio-Plioceno

4.2.5.3.1) Formación Raigón

La Formación Raigón, fue definida por Goso H. (1965) que la separó de un conjunto incluido hasta ese momento como sedimentos Pampeanos (Caorsi J. 1957) dentro del Pleistoceno y Holoceno. Según la propuesta de Goso H. (1965) se trata de areniscas con granulometría variable de color blanco amarillento, con lentes y/o niveles de arcillas verdes y conglomerados.

La Unidad se encuentra ampliamente extendida en el Departamento tanto a nivel de superficie como en profundidad.

La región de mayor expresión es la que se localiza al sur del paralelo de la ciudad de San José, siendo la zona de afloramientos más importantes los que corresponden a las barrancas de abrasión de la costa del Río de la Plata especialmente las de San Gregorio, Kiyú, Mauricio y Ordeix.

Afloramientos menores ocurren en el interior particularmente en desmontes de rutas y canteras para la extracción de grava y arena, aún en la localidad de Raigón, sitio donde la Formación toma su nombre, ubicada unos 3 Km. al este de la ciudad de San José, las exposiciones no son demasiado significativas. Por otra parte la mayor parte de las perforaciones efectuadas en esa región cortan la unidad que está comprendida, en su mayor parte, entre la Formación Libertad, en el tope y las Formaciones Camacho y Fray Bentos en la base.

En la región situada al norte del paralelo de la ciudad de San José, la unidad se acuña hacia el norte, presenta con frecuencia desarrollo de estructuras lenticulares y ocupa microvalles o entalles encajados tanto en la Formación Fray Bentos como en rocas del Basamento Cristalino. En esta región los afloramientos son escasos y la unidad se reconoce por la ocurrencia de cárcavas o zanjas de cuneta, por el contrario en áreas de cobertura, se debe hacer uso de cateos mediante taladro helicoidal.

Desde el punto de vista de su distribución topográfica, esta unidad en superficie se desarrolla, entre las cotas de 20 y 0 metros con un intervalo de más menos 10 metros en la depresión del sur y entre cotas de 10 y 30 metros con un intervalo de más menos 5 metros en la depresión del norte (Figura 12).

Por otra parte, en la depresión del Norte los afloramientos ubicados en los paleovalles del Fray Bentos y del Basamento Cristalino es probable que se localicen a cotas superiores a los 30 metros.

A los efectos de una caracterización litológica práctica para su separación de la Formación por su base, con la Formación Camacho, se tomó como criterio, el inicio de la primera sedimentación arenosa grosera con cierta influencia continental.

Litológicamente la unidad se caracteriza por las siguientes tipos texturales: arcillas verdes, arenas finas y muy finas arcillosas verdes, arenas finas blancas, arenas medias blancas feldespáticas y cuarzo-feldespáticas, arenas gruesas y muy gruesas feldespáticas, gravillas gravas y cantos. Estos tipos se observan de modo frecuente en los afloramientos, casi siempre se presentan asociados dos o tres tipos texturales, de esta forma la Unidad adquiere características de Formación.

La angulosidad aumenta a medida que el tamaño de las fracciones es mayor de la misma forma ocurre con la presencia de feldespatos y el carácter polimíctico, su proporción es mayor a mayor tamaño.

La matriz por lo general es escasa, de tipo arcillosa en las fracciones mayores llega a ser clasto soportada.

El carbonato de calcio está presente en varias de las litologías. En las fracciones arcillosas se localiza en estado pulverulento de color blanco relleno pequeñas fracturas y zonas de resquebrajamiento, también suele ocurrir en pequeñas concreciones aisladas o en racimos en la masa arcillosa. En las fracciones arenas y niveles de grava se lo encuentra cementando con una estructura de banco lenticular de espesor métrico, dando lugar a conformación de tipo carapacho.

El color está en función del contenido de arcilla de las diferentes fracciones, presenta coloraciones verdes y grises en las fracciones más finas y blanquecinas en las fracciones gruesas.

De la observación de afloramientos y testigos de sondeos, a nivel regional, se pueden señalar variaciones importantes.

En la Depresión del Sur se observa que en la porción sur oeste predominan litologías de fracciones pelíticas y arenosas finas a medias en detrimento de las fracciones más gruesas; en la porción centro-este hay un franco predominio de las fracciones arenosas sobre los niveles pelíticos.

En la Depresión del Norte ocurren depósitos con características francamente más continentalizadas: arenas medias y gruesas a gravillosas con cantos, la ocurrencia de fracciones finas, pelitas y limolitas, se restringe a estructuras lenticulares características de relleno de canales abandonados.

En lo que tiene que ver con la geometría y arreglo de las estructuras primarias, la unidad en la Depresión del Sur, a pesar de su variabilidad textural, presenta un desarrollo de parasecuencias que gradan de forma decreciente hacia el tope. En perfiles individuales de barrancas, se observa la alternancia de ciclos de episodios arenosos y gravillosos que gradan hacia el techo a niveles más finos, muchos de ellos sin llegar a fracción arcilla. La observación lateral de las áreas de barrancas, muestra la presencia de cuerpos arenosos tabulares (barras), con varios sets granodecrecientes, que internamente presentan estratificación cruzada tabular plana y en artesa, por otra parte se observan también estructuras de corte y relleno características de abandono de canales. Diversas medidas de paleocorrientes indican direcciones en el entorno 210-270.

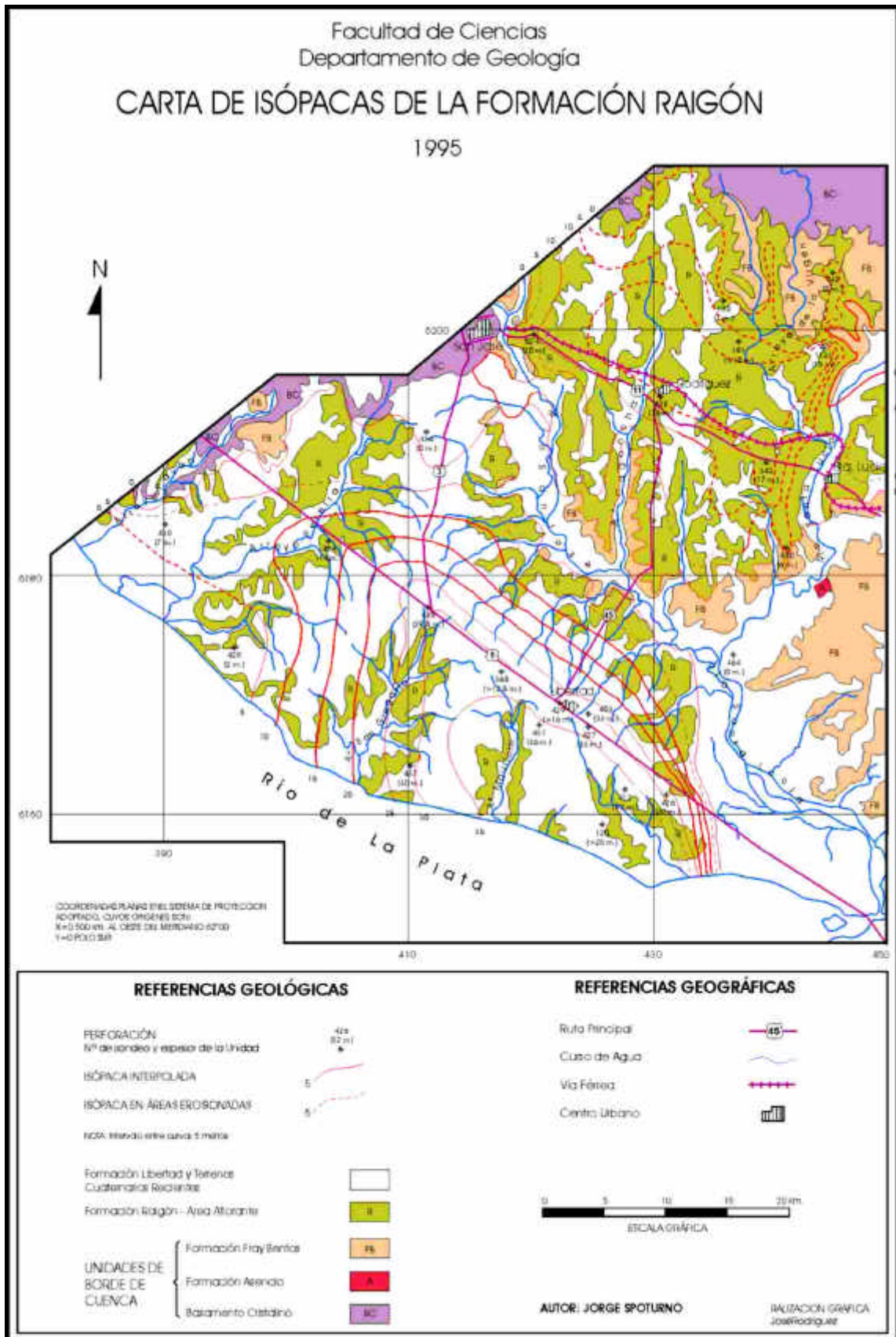


Figura 12. Mapa de isópacas de la Formación Raigón en la porción sur del Departamento de San José (Tomado de Spoturno, 1990).

De manera localizada, en afloramientos situados en barrancas del SW, hacia la base de la secuencia, se reconocen estructuras de sobrecarga en algunos casos con presencia de estratos volcados.

En la depresión del Norte y áreas más continentalizadas, la unidad presenta secuencias arenosas cada vez más groseras, con gradación normal, estratificaciones entrecruzadas y frecuentes figuras de canal muchos de ellos con rellenos arenosos y otros de canales y o depresiones abandonadas ocupadas por depósitos decantativos particularmente lentes de arcillas verdes con carbonato. Esta situación puede darse de manera repetitiva alternando por encima y en lateral, con nuevos ciclos tractivos.

Teniendo en cuenta el mapa de isópacas el espesor máximo de la unidad resulta de aproximadamente 36 metros en el sondeo 451 (Figura 12)

Desde el punto de vista genético, las características litológicas estructurales y paleogeomorfológicas de la unidad muestran que la misma de base a techo y en su lateral muestran un proceso evolutivo caracterizado por la finalización de sistemas de origen marino litoral (Formación Camacho) y la instalación de sistemas continentales de condiciones climáticas áridas y semiáridas.(Formación Raigón). Este proceso está materializado, en la Depresión del Sur, por la ocurrencia de una planicie costera que evoluciona a un proceso de continentalización con desarrollo de zonas canalizadas y barras de arena que se instalan en un nivel de la planicie costera.

En la depresión del Norte se pasa a un sistema continental con episodios fluviales materializado por depósitos arenosos groseros que pasan en sucesión granodecreciente a episodios arenosos más finos con asociaciones canalizadas y estructuras de corte y relleno de canales con episodios lenticulares de arcillas.

4.2.5.4) Pleistoceno

4.2.5.4.1) Formación Libertad

Fue definida por Goso, H. (1965), que la separó de un conjunto de sedimentos cuaternarios, que Caorsi y Goñi (1958) denominaban "Loess de Arazatí", término que había sustituido la denominación original de Pampeano.

En el departamento está ampliamente distribuida; de manera general se señalan tres grandes regiones: la región sur, la región central y la región norte.

La región sur va desde el paralelo de la ciudad de San José hasta la costa del Río de la Plata, la unidad se distribuye con una disposición de manto que tapiza gran parte de las unidades subyacentes, ocupa las zonas de interfluvios y laderas medias,

con entalles en áreas de laderas bajas y valles donde muchas veces se logran reconocer unidades mas antiguas o por el contrario son a su vez tapizados por sedimentos aluviales y coluviales recientes. Morfológicamente, genera un paisaje de lomadas plano convexas suavemente onduladas, con interfluvios alargados planos a plano convexos laderas planas con pendientes suaves y muy suaves, no mayor al 3%, valles amplios extendidos y planos.

La región central tiene su distribución inmediatamente al norte, noroeste y noreste de la ciudad de San José, la unidad ocupa buena parte las áreas de interfluvios principales, y sus respectivas laderas medias a altas conformando una morfología bastante similar a la región del sur, a excepción de las zonas donde las rocas del basamento subyacen directamente en esta unidad, generando un desarrollo morfo- topográfico algo mayor.

En la región norte, la unidad se distribuye de manera restringida y parcial en pequeños mantos discontinuos, en los interfluvios principales y sus respectivas laderas medias a altas, conformando una fisiografía de áreas aplanadas a ligeramente plano convexas, que se diferencian del resto del paisaje morfo-fisiográfico del basamento cristalino.

Desde el punto de vista edáfico, es la unidad que desarrolla la mayor parte de los suelos de la regiones del sur y centro sur y es la que aparece, en forma inmediata y con mayor frecuencia, por debajo del suelo.

Topográficamente, ocupa posiciones altimétricas muy variables: en la región sur entre 15 y 40 metros y en la región central y norte entre 40 y 75 metros.

La densidad de afloramientos es baja a muy baja, la mayor parte se restringe a la ocurrencia de cárcavas, en zonas de laderas, que no sobrepasan el 1,50 metro de profundidad. La excepción la constituye la zona costera donde los procesos de erosión de las barrancas muestran exposiciones de hasta 15 metros de espesor. Observaciones menores ocurren también en desmontes de rutas y caminos, cunetas e incluso en áreas cultivadas que presentan importante erosión laminar.

Litológicamente está integrada por materiales sedimentarios de granulometría fina: arcillitas, limo arcillitas y limos loésicos. La fracción arena ocurre con frecuencia como clastos de cuarzo y feldespato, dispersos en la matriz fina adquiriendo la roca el carácter lodolítico. Los perfiles de los testigos de sondeos, indican que las litologías limosas y arcillosas ocurren hacia la parte media y superior de la secuencia en tanto que las lodolíticas se disponen hacia la porción basal, cercanas al contacto con las formaciones arenosas del terciario y de las rocas cristalinas del proterozoico.

El carbonato de calcio aparece de manera frecuente en esta unidad, está expresado de diversas maneras: disperso como cemento y en agrupamientos en diversas formas: concrecional, muñecas y pequeños bancos irregulares en disposición subhorizontal.

En cuanto al color se aprecian tonalidades marrones y agrisadas. Los tonos marrones se observan muy bien en los afloramientos. Los agrisados se reconocen en los testigos de perforaciones y en afloramientos de las barrancas costeras; ocurren bajo forma de moteados, junto con los marrones y en proporciones variables. La presencia de carbonato de calcio, en sus diferentes formas, genera cambio de tonalidades, hacia términos más claros.

Con relación a sus estructuras internas, estos sedimentos son masivos con importante presencia de bioturbaciones: canales de vermes y restos de raíces humificadas.

El espesor de la unidad, es variable los espesores máximos, del orden de 25 a 30 metros, se reconocen a lo largo de la Ruta Nacional N° 1 entre la localidad de Libertad y el empalme con la Ruta Nacional N° 3. Espesores no superiores a los 3 a 5 metros se han observado en afloramientos de cárcavas al norte de la ciudad de San José.

Las observaciones de las perforaciones, en la región sur del departamento, muestran que el espesor mantiene una relación directa con la situación topográfica, por ejemplo, en las áreas de abundante cobertura de la unidad el espesor es mayor en los interfluvios principales de cotas superiores, sobrepasando los 20 metros de potencia, en tanto que las zonas de cotas intermedias a bajas los espesores se reducen a menos de 10 metros.

Genéticamente la unidad se vincula a un sistema continental coincidente con algunos de los momentos de las glaciaciones del cuaternario.

La presencia de limos loésicos evidencia condiciones frías de tipo estepario y con cierto desarrollo vegetativo.

Las arcillitas y limo arcillitas evidencian momentos mas templados con importante contenido de humedad y desarrollo vegetativo, las tonalidades marrones y grisáceas marcarían condiciones cambiantes de óxido reducción, posiblemente el incremento del espesor de la capa de agua y su baja movilidad genera un ambiente mas reductor, por el contrario, un menor contenido de agua y cierta movilidad estarían demostrando un ambiente mas oxidante. Por otra parte parece ser que los cambios de

coloración, especialmente en las áreas de afloramientos, sean debidos a efectos oxidantes secundarios.

Las facies lodolíticas evidencian procesos de removilización por flujo de barro con transporte de tipo gravitacional y subacuático.

Las relaciones de contacto, de la Formación, son de discordancia, en la base y en el techo. En la base, se apoya de manera indistinta en las Formaciones del Terciario, Cretácico y del Proterozoico. En el tope la unidad es discordante, a través de los registros de entalles de erosión, con las formaciones del Cuaternario medio y superior.

Desde el punto de vista paleontológico, a lo señalado como depósitos Pampeanos, donde forma parte la Formación Libertad, tradicionalmente se le ha atribuido una gran riqueza de fósiles, sin embargo, según Ubilla et al. (1999) en la práctica no ha sido verificado. Por otra parte, los mismos autores ofrecen una lista tentativa de mamíferos que podrían corresponder a la Formaciones Libertad, Raigón e incluso Dolores.

En el Departamento de San José la zona que en principio tendría mas posibilidades para la localización de un yacimiento fosilífero serían las barrancas costeras del Río de la Plata, en esta región, si bien se han reconocido hallazgos, no existe una información concreta acerca de su pertenencia a la Formación Libertad.

Desde el punto de vista cronoestratigráfico, Ubilla y Perea 1999, le asignan a la Formación Libertad, una edad Pleistoceno en sentido amplio.

4.2.5.4.2) Formación Chuy

La Formación Chuy fue definida por Goso, H. (1972). En el Departamento, presenta escasa expresión superficial, se localiza asociada a la faja costera del Río de la Plata, en el entorno de la desembocadura de los principales cursos de agua, formando parte de la terraza alta, debajo de la Formación Dolores, situándose por detrás de las barras del sistema costero moderno e inclusive es cubierta parcialmente por los médanos arenosos actuales y subactuales.

Las principales áreas aflorantes se reconocen en las barrancas de la zona norte y noroeste de la localidad de Rincón de la Bolsa. Algunas de estas áreas son objeto de explotaciones de arena por lo que el área de exposición es fácilmente reconocible. Otras áreas de la faja costera donde se reconoce la unidad, son los

entornos de la desembocadura de los principales cursos de agua como los: Arroyos Del Tigre, Mauricio, Pereyra, Pavón y Cufre.

En profundidad, esta unidad es fácilmente reconocible, al realizar cateos de corto alcance en la planicie superior, terraza más antigua, la unidad se reconoce luego de cortar tres a cuatro metros en promedio de material limo-arcilloso de la Formación Dolores.

Desde el punto de vista litológico, teniendo en cuenta las descripciones de testigos de sondeos, afloramientos naturales y areneras de la zona costera, esta unidad posee las siguientes asociaciones de la base al techo:

- Entre 4 y 10 metros, arenas blanquecinas y amarillentas, cuarzosas en sucesión granodecreciente partiendo desde niveles gravillosos y gruesos en la base hasta arenas finas con matriz arcillosa gris verdosa.
- Entre 6 y 12 metros, arcillitas y limo arcillitas de coloración gris verdosa con intercalaciones arenosas finas con matriz arcillosa gris verdosa hacia la porción superior.
- Entre 6 y 10 metros de arenas finas cuarzosas, que gradan, hacia el techo, en sucesión granocreciente, para arenas medias y gruesas cuarzosas y cuarzo feldespáticas blanco amarillentas. Esta porción corresponde al nivel de las arenas que se explotan para árido fino en la región de Rincón de la Bolsa.

Esta sucesión de la formación Chuy, está claramente representada en el Sondeo N° 328 del Km. 33 de la Ruta N° 1 (Fábrica Codalín, Spoturno J. et al., 2000) y que se expone gráficamente en la Figura 13.

Los niveles groseros y de arenas se disponen en estratos horizontales y en estructuras lenticulares, presentando desarrollo de estratificación cruzada de bajo ángulo. Las arenas muy finas, limos y arcillas son masivos y se intercalan en estructuras plano paralelas centimétricas, localmente en niveles de orden métrico horizontales

El análisis de los datos de los testigos de sondeos, mostraron que esta secuencia sedimentaria presenta espesores que van desde 32 m en el sector oeste suroeste y 14 m en el sureste. Por otra parte, desde el punto de vista de las relaciones estratigráficas con las demás unidades, en la base se apoya en discordancia erosiva en los depósitos de la Formaciones Camacho y Fray Bentos. En el tope es cubierta por los limos arenosos de la Formación Dolores.

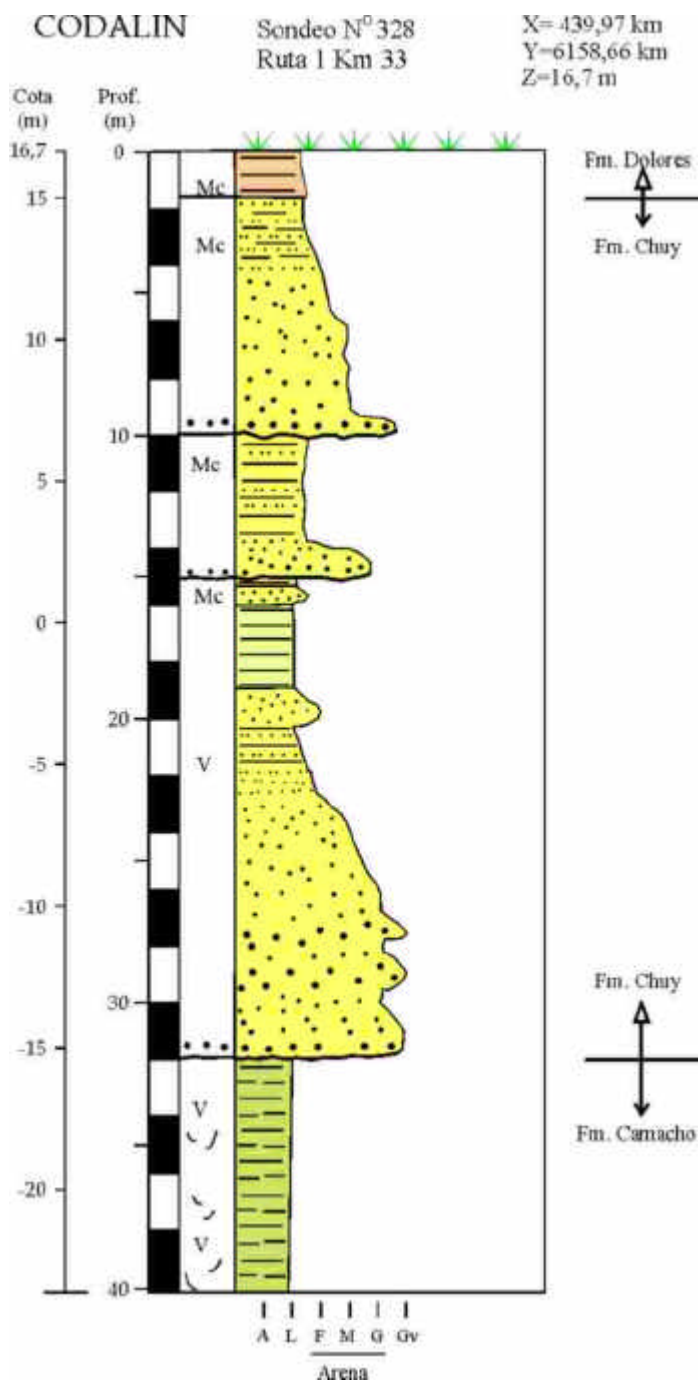


Figura 13. Perfil de sondeo ubicado en la Ruta N°1, Km. 33 correspondiente al ordenamiento estratigráfico de las formaciones Camacho, Chuy y Dolores.

Según los datos cartográficos y de sondeos parece ocurrir que la sedimentación de Chuy se acuña hacia el norte, por otra parte parece ser que esta sedimentación se encuentra rellenando antiguos entalles de erosión, excavados en las Formaciones Fray Bentos, Camacho, Raigón y Libertad.

Teniendo en cuenta esta disposición, cabe señalar que la unidad se corresponde con un episodio marino de tipo transgresivo cuya máxima profundidad estaría indicada por las litofacies pelíticas (reductoras) en tanto que las bajas profundidades están materializadas por la ocurrencia de las litofacies arenosas en porciones basales y hacia el tope de la sucesión.

Es altamente probable, que estos depósitos se vinculan con algunos de los momentos interglaciales del cuaternario medio El ascenso del nivel del mar provoca en las áreas costeras de baja topografía la acumulación de sedimentos arenosos de barras litorales con ocasionales acumulaciones de depósitos de tipo lacunar.

No se han observado registros fósiles de la unidad en el Departamento, en otras regiones del país, se reconocen restos de moluscos y foraminíferos que marcan su origen litoral.

4.2.5.4.3) Formación Barrancas

Se trata de un conjunto de sedimentos detríticos arenosos finos a muy gruesos y detríticos gravillosos hasta bloque de origen continental - fluvial, que fueron reconocidos por primera vez en el valle del Río Santa Lucía en el Departamento de Canelones y que fueron caracterizados, conforme criterios litoestratigráficos, como Formación Barrancas (Spoturno J. et al., 2004).

En el Departamento de San José, estos sedimentos ocupan parcialmente el subsuelo de la terraza superior que se localiza en el valle de los ríos Santa Lucía, San José y Santa Lucía Chico desde su curso medio a inferior hasta las cabeceras y curso inferior de sus afluentes.

Litológicamente, la descripción de varios perfiles de barrancas ha mostrado que esta unidad se caracteriza por las siguientes asociaciones: conglomerados de bloques y cantos, arenas gravillosas a conglomerádicas, arenas gruesas con gravilla. El conjunto se dispone en secuencias métricas granodecrecientes

Los conglomerados de bloques y cantos son polimícticos, de cuarzo pegmatita, granito y esquistos, matriz arenosa, clasto soportados con tamaño de hasta 10cm, subredondeados a subangulosos, localmente dispuestos en niveles imbricados, con grosera estratificación plano paralela y en sucesión granodecreciente estando estos en general en la base de la sucesión.

Las arenas gravillosas a conglomerádicas, son cuarzo feldespáticas, subredondeadas a subangulosas matriz soportada arenosa, se dispone en niveles

centimétricos plano paralela a entrecruzada con frecuentes estructuras de canal, se localizan hacia la parte media de la secuencia.

Las arenas gruesas con gravilla son cuarzo feldespáticas de coloración marrón claro con escasa matriz arcillosa, presentan cantos y bloques aislados. Son masivas y estratificadas y se disponen hacia el tope de la secuencia. Localmente se reconocen lentes y o niveles arcillosos de arcillas y limos junto con las arenas del tope.

Desde el punto de vista paleontológico, la bibliografía no registra asociaciones faunísticas en estos sedimentos.

Genéticamente se vincula a la unidad como un depósito de origen continental fluvial, pudiendo considerarse a esta unidad como formando parte del paleosistema del propio Río Santa Lucía.

Desde el punto de vista estratigráfico son cubiertos de manera parcial y en discordancia, por los depósitos limo-arcillosos a limo-arenosos de la Formación Dolores. En la base, se los puede localizar apoyados en discordancia erosiva sobre materiales sedimentarios antiguos del Terciario y Cretácico y sobre rocas cristalinas del Proterozoico.

4.2.5.4.4) Formación Dolores

Esta unidad fue definida por Goso H. et al. (1972), al estudiar el sistema de terrazas en la barra del Río San Salvador en el Departamento de Soriano. Según los autores, los criterios estratigráficos surgieron de elementos geomorfológicos, donde a partir de la separación de un sistema de tres terrazas se lograron identificar a su vez tres formaciones geológicas y que corresponden genéticamente a procesos temporales y espaciales diferentes. La Formación Dolores está expresada en la terraza mas alta, en los valles de los principales cursos de agua, ligeramente disectada, con cota comprendidas entre 10 y 20 metros sobre el nivel del mar. Los mejores ejemplos, del área de trabajo, se observan en los valles de los siguientes ríos: Santa Lucía Grande y San José y los Arroyos: Mauricio, Del Tigre, Pereyra, San Gregorio y Pavón y con menor expresión, en afluentes del Río San José como los Arroyos Chamizo, y Carreta Quemada.

Los afloramientos naturales no son comunes, las observaciones se restringen a las zonas de borde de terraza, en entalles de erosión importantes, otras observaciones, deben ser realizadas mediante ejecución de cateos con taladro helicoidal o similar.

El espesor de la unidad varía entre 3 y 10 metros, por lo general en su techo es cubierta con un horizonte de suelo bien desarrollado con Horizontes A y B bien diferenciados. En la base se apoya, en la mayor parte de los casos, de manera discordante en las formaciones Chuy y Barrancas y ocasionalmente en las formaciones Camacho, Raigón y Fray Bentos.

Desde el punto de vista litológico esta unidad se caracteriza por las siguientes asociaciones: loess, limo-arcillas, arcillas y fangolitas.

Los loess son mas o menos arenosos con porosidad variable de coloración marrón oscuro, y agrisado con ocasionales moteados marrones la bioturbación es frecuente y está caracterizada por numerosos canales de vermes y restos de raíces humificadas, (rizolitos) la fracción arena es fina y muy fina, bien clasificada y de composición cuarzosa . Junto con los loess ocurren restos de paleosuelos de color más oscuro, arcillosos, regular a bien estructurados y con materia orgánica.

Los limo-arcillosos son masivas de color marrón con ocasionales clastos de cuarzo matriz soportados, el sedimento presenta una estructura compacta, cuando está seco y tiene abundante plasticidad en húmedo, las caras de deslizamiento son frecuentes.

Las arcillas son también masivas de color marrón presentando variable contenido de limo y clastos de arena dispersa, pueden pasar gradualmente en la vertical y horizontal a sedimentos limo-arcillosos.

Las fangolitas son masivas de matriz limo arcillosa presentan abundantes fracciones: arena, gravilla y grava, suspendidas en la matriz el sedimento es de color marrón oscuro y agrisado. Por lo general son masivos pero ocasionalmente presentan estructuras de sobrecarga y esbozos de estratificación por deslizamiento.

El carbonato de calcio es un componente común especialmente en los niveles arcillo limosos y fangolíticos. Se presenta como cemento distribuido de manera homogénea, en concreciones nodulosas de hasta 2 cm de diámetro y en formas irregulares

Genéticamente, la unidad se relaciona a un sistema continental árido-semiárido de tipo estepario con períodos mas húmedos y algo mas templados. Los depósitos de loess ilustrarían condiciones frías esteparias, mientras los fangos, arcillas y limo-arcillosos marcarían situaciones mas benignas con episodios de lluvias, mayor presencia de vegetación y frecuentes procesos de transporte y deposición por agua y efectos gravitacionales.

4.2.5.5) Holoceno

4.2.5.5.1) Formación Villa Soriano

Esta Formación fue definida por Goso, H. (1972), al estudiar la geología de las terrazas en los departamentos de Soriano y Rocha.

Se trata de sedimentos de muy baja consolidación, cuyo registro constituye la resultante de los procesos transgresivos durante el Holo-Pleistoceno.

En el Departamento de San José se encuentran asociados al área de la faja costera y en las planicies fluviales particularmente en el entorno de la desembocadura y curso inferior de los principales canales de drenaje que drenan al Río de la Plata.

Arealmente se la reconoce porque en el paisaje de valles aluviales conforma una terraza intermedia disectada por el sistema aluvial actual y que presenta, un desarrollo de suelo incipiente.

Desde el punto de vista topográfico se estima que la Formación está comprendida entre las cotas de -15 y 7 metros, tomando como referencia el *datum* del puerto de Montevideo.

En superficie se reconocen algunos afloramientos, por ejemplo: en entalles de erosión que se observan en las islas del curso inferior del Río Santa Lucía, en las zonas de Rincón de la Bolsa, y otras áreas de acumulación en la faja costera, gran parte de las barras longitudinales que ocurren paralelas a la línea de costa, constituyen depósitos de retroceso del sistema transgresivo regresivo de esta unidad

Desde el punto de vista litológico, presenta características similares a las observadas en la faja costera de los Departamentos de Canelones y Montevideo, de manera resumida se trata de sedimentos con baja a nula consolidación y variado desarrollo textural. Los tipos litológicos que ocurren con mayor frecuencia son los siguientes: limos, limos-arcillosos, arcillas, arenas finas y muy finas y arenas medias. Debido a su posición topográfica, casi siempre por debajo de una napa de agua, estos sedimentos se presentan saturados lo que explica en buena parte su baja consolidación.

Los términos finos, arcillosos y limosos presentan coloraciones gris y negro con tonalidades azuladas y verdosas, la presencia de materia orgánica parcialmente mineralizada, parece ser un componente importante dentro de dichas litologías, por otra parte, la salida de gas metano con relativa abundancia, al realizar cateos en dichos sedimentos, estaría demostrando condiciones reductoras y de transformación de la materia orgánica.

Los términos arenosos son de coloraciones claras blanquecinas, blanco amarillento y blanco grisáceo, en general las arenas son cuarzosas de buena a regular clasificación sin matriz ni cemento, con presencia de bioclastos sanos y partidos de moluscos bivalvos, que se disponen en niveles, lentes o también dispersos con relativa abundancia en la fracción arenosa. A propósito de los bioclastos también se encuentran, con menor frecuencia, en las fracciones finas, restos rotos, suspendidos en la matriz.

Desde el punto de vista estratigráfico básicamente la sucesión se dispone de la siguiente manera: en la base son arenas de regular a mala clasificación cuarzosas a cuarzo feldespáticas que evolucionan a niveles mejor clasificados de arenas medias y finas en una sucesión normal. Hacia la parte media se pasa a arenas finas y muy finas que evolucionan a horizontes métricos de arcillitas y limo arcillitas grises y verdes. En algunas áreas estos niveles pasan hacia el tope, a arenas finas y medias con disposición de barra longitudinal paralela a la línea de costa que se reconocen muy bien en el campo y en las imágenes fotográficas.

Con relación al espesor, el registro de los cateos efectuados, muestra que su espesor varía en un entorno entre 4 y 20 metros dependiendo este valor de la posición areal en que se realiza el cateo.

El registro paleontológico muestra la presencia de niveles y o lentes de abundantes restos de una fauna de moluscos: Bivalvos y Gastropodos así como Cnidarios, Bryozoos, Anélidos, Ostrácodos, Cirrípodos Equinodermos, Foraminíferos y peces (Figueiras y Broggi 1967). La mayor parte de los registros conocidos se observan en Rincón de la Bolsa, precisamente en la zona de barras litorales que ocurren paralela a la línea de costa en la zona situada entre la Ruta N ° 1 y la línea costera, desde el Km. 22 hasta playa Pascual.

Desde el punto de vista genético, los registros de estos sedimentos ponen de manifiesto que fueron depositados bajo condiciones litorales, producto del ascenso del nivel del mar que se verificó con motivo de un período interglacial durante el Cuaternario tardío. Los episodios arenosos de la base marcarían los primeros eventos transgresivos, los limos y arcillas de la parte media muestran la fase de máxima ingresión en tanto que las arenas superiores conformarían las barras de retroceso y la instalación del sistema actual del tipo isla barrera-*lagoon*.

4.2.5.5.2) Reciente y Actual

Se reconocen un conjunto de sedimentos cuyos depósitos, son el resultado de procesos que actuaron luego de la transgresión de la Formación Villa Soriano. Para su reconocimiento y separación de algunos de ellos, se tuvieron en cuenta criterios genéticos, básicamente se han caracterizado: depósitos de origen continental y depósitos litorales. Dentro de los depósitos continentales se distinguen: Eluviales Coluviales y Fluviales. Dentro de los depósitos litorales se reconocen: Bañado, Playa y Eólicos.

4.2.5.5.2.1) Depósitos Eluviales

Se trata de materiales diversos que se encuentran in situ y que se originan a partir de la alteración meteórica del material madre que subyace en forma inmediata a estos sedimentos.

Debido a su situación frecuente pero discontinua y relativamente restringida en el área no han sido representados en el mapa.

En general se localizan en áreas interfluviales ocupando la parte alta de las lomadas, conformando una fisiografía de lomadas y enmascarando parcialmente el padrón geomorfológico del sustrato que está constituido esencialmente por rocas del basamento cristalino paleoproterozoico. Por otra parte una característica común de estos materiales es el importante desarrollo de suelos de tipo vertisol, que producen, dado el estado de alteración de estos materiales.

Litológicamente son de composición variada aunque en su mayor parte derivan de productos de alteración meteórica e hidrotermal de muchas de las rocas del basamento, existe una relación directa de aparición de estos materiales en función del tipo de material madre. Por lo general las rocas de composición básica e intermediaria, que son las que se alteran con mayor frecuencia, son las que desarrollan mas áreas con depósitos de eluviones. Por el contrario, en las rocas de composición ácida como los granitos, su proceso de alteración es mucho mas restringido por lo que el desarrollo de eluviones en dichas áreas es menos frecuente.

4.2.5.5.2.2) Depósitos Coluviales

Se trata de materiales de bajo transporte, que ocurren asociados a las áreas de laderas, rellenan palodepresiones de superficies quebradas anteriores, propias de áreas disectadas en rocas del basamento cristalino. La fisiografía actual muestra la

ocurrencia frecuente de glacis de acumulación que rellenan antiguos entalles, y que generan laderas de superficie plana y pendientes moderas a suaves.

Las litologías son variables pero en general predominan materiales residuales (regolitos) groseros; las fracciones líticas son gravas, cantos y bloques de composición variable predominando los términos mas silíceos como cuarzo, pegmatita, cuarcita, y granitos leucocráticos. La selección es mala, clastos soportados, con escasa matriz arcillosa de coloración variable. Desde el punto de vista estructural presentan un arreglo granodecreciente desde términos muy groseros hasta fracción gravilla que puede repetirse en mas de un ciclo. El espesor varía desde algo mas de medio metro en las posiciones de ladera media a alta hasta 3-4 metros en las zonas de laderas bajas.

La posición estratigráfica muestra que en general reposan en un piso de basamento alterado y en el techo evolucionan a suelos medianamente desarrollados, constituyendo el material madre de buena parte del material edáfico de la región.

Genéticamente se vinculan a sistemas continentales áridos con períodos de lluvia de muy baja frecuencia pero de gran intensidad, permitiendo el desarrollo de procesos erosivos desde las zonas altas con arranque y transporte de los sedimentos por acción del agua y la gravedad. La deposición de los materiales mas gruesos ocurre en las zonas de laderas en tanto que los materiales mas finos son conducidos mas adelante, hacia los valles para depositarse en las planos aluviales.

4.2.5.5.2.3) 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. Los depósitos más importantes ocurren en el Sistema de los ríos Santa Lucía y San José. También se reconocen depósitos de estas características en los entalles de cursos menores que drenan directamente al Río de La Plata como los arroyos Del Tigre, San Gregorio, Pereyra, Pavón y Cufre.

Litológicamente presentan una gran variedad textural y composicional desde fracciones finas y medias: arcillas y limos arenas y gravillas, hasta agrupamientos de líticos gruesos del tamaño: clasto y bloque.

Los depósitos de líticos arenosos y groseros, por lo general se concentran en los valles de los cursos superior y medio del sistema fluvial y donde el área de aporte

está constituido por materiales terrígenos groseros. La geometría del depósito se caracteriza básicamente por sistemas de barras longitudinales recortadas o no por canales principales y subordinados y sistemas de meandros. Estos materiales están poco o nada consolidados, son de composición cuarzosa y cuarzo-feldespática de bajo redondeamiento, regular clasificación, clasto soportada y con desarrollo de estructuras de canal en acreción lateral granodecreciente. De manera subordinada, ocurren lentes y/o niveles de arcillas y barros, que por lo general están ocupando depresiones de canales abandonados.

Los depósitos arenosos finos y limo-arcillosos se concentran hacia la porción inferior de los principales cursos de agua, y en las redes de drenaje que se encuentran entallando rocas y sedimentos de líticos finos: arcillas y limos. Son de coloraciones agrisadas con moteados ocráceos ya que contienen abundante materia orgánica, localmente pueden observarse, delgados niveles y lentes de arenas y gravillas, intercalados con las pelitas.

4.2.5.5.2.4) Depósitos de Bañado

Estos depósitos, se localizan en las áreas de planicies muy bajas donde se reconocen dos tipos, los asociados a la faja costera, entre las barras de arena y los entalles de abrasión antiguos y los que se vinculan al plano del curso inferior del Río Santa Lucía, desde el límite con Montevideo hasta la desembocadura con el Río San José. Por lo general, estas áreas, presentan una napa freática permanente, por encima de la superficie.

Están constituidos por arcillas, limos y niveles de turba. Las arcillas y limos son sedimentos de color gris oscuro y negro con escaso contenido de arena muy fina y abundante materia orgánica. Ocasionalmente se observan algunos horizontes turbosos, por encima de niveles arcillo limosos, se trata de abundantes restos de vegetales de bañado que se encuentran en proceso de mineralización. Son de coloración gris amarronado y ocurren asociados casi siempre a zonas con abundante vegetación acuática.

4.2.5.5.2.5) Depósitos de Playa

Ocupan la porción más distal de la faja costera, están distribuidos de forma longitudinal y paralela a la línea de costa, presentan una gran influencia de las olas especialmente las generadas a partir del régimen de sudestadas. En el Departamento

de San José se disponen en una faja prácticamente continua a lo largo de toda la costa del Río de la Plata.

Estos sedimentos están compuestos por arenas finas hasta muy gruesas y gravilosas, blanco-amarillentas, cuarzo-feldespáticas, de regular a buena selección, con esporádicos clastos de naturaleza polimíctica cuyo grado de redondez varía desde anguloso a redondeado. Las arenas poseen estratificación plano-paralela, cruzada de bajo ángulo y *ripples*. Se estima que los mayores espesores de estas arenas están asociados a las áreas de acumulación de esta faja, que se indican en el capítulo de geomorfología.

4.2.5.5.2.6) 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 reciente y antiguo y terciario que ocurren en las áreas cercanas a la costa incluso pueden cubrir rocas del basamento.

Algunos de estos depósitos, especialmente los que se encuentran hacia el interior del continente, presentan procesos de fosilización con incipiente desarrollo de suelo.

Se trata de 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.

5) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bossi J. (1966). Geología del Uruguay. Colección Ciencias N°2. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República. Montevideo. Uruguay. 464 pp.-

Bossi J.; Navarro R. (1988). Geología del Uruguay. Tomo I (Edic. 1991). Departamento de Publicaciones Universidad de la República. Montevideo- Uruguay.

Bossi J.; Fernández A. y Elizalde G. (1965). Predevoniano en el Uruguay. Bol. Facultad de Agronomía. N° 78:1-84, Figs.1-29. Montevideo.

Bossi J. Preciozzi F. Campal N. (1993). Predevoniano en el Uruguay. Tomo I:Terreno Piedra Alta. MIEM-DINAMIGE. Montevideo- Uruguay.

Caorsi J. (1957). Mapa Geológico de la República Oriental del Uruguay. Escala 1/500 000. Inst. Geol. del Uruguay. Montevideo.

Caorsi, J. y Goñi J.C. (1958). Geología Uruguaya. Bol. Inst. Geol. Uruguay, 37:1-73, 1 mapa. Montevideo.

Coronel N. Techera J. (1990). Proyecto Mahoma – Guaycurú. Estudio de las posibilidades Mineras en los alrededores de Mahoma- Guaycurú, 276 pp.-. Informe Interno, DINAMIGE, Montevideo – Uruguay.

Da Silva J. (1990). Micropaleontología de las Formaciones Camacho, Raigón y Libertad del Departamento de San José- Uruguay. 1er Congreso Uruguayo de Geología; Tomo 2; 21-26 pp.-. Montevideo – Uruguay.

De Santa Ana H.; Goso C.; Muzio R.; Oyantçabal P.; Veroslavsky G. (1994). Bacia de Santa Lucía (Uruguai): Evolução tectono-sedimentar. Revista Geociências, 13 (1): 37-52. São Paulo. Brasil.

Ferrando L., Fernández A. (1972). Esquema tectónico crono-estratigráfico del predevoniano en Uruguay. An. XXV Congr. Soc. Brasil. Geol., 1: 199-210, figs.1-3.

Figueiras A. y Broggi J. (1973). Estado actual de nuestros conocimientos sobre los moluscos fósiles del Uruguay, III. Com. Soc. Malac. Uruguay, 3 (23-24):203-240. Montevideo.

Garat I. (1989). Carta geológica a escala 1/100 000 del Fotoplano Guaycurú. DINAMIGE – Facultad de Agronomía- Facultad de Humanidades y Ciencias Programa Carta Geológica Montevideo - Uruguay

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

Goso H. (1966). Carta Geológica de las Hojas San Gregorio y Cagancha a escala 1/100 000 - Departamento de San José. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Inédito

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

Hedberg, H. D. (1980). Guía Estratigráfica Internacional. U.I.C.G. Subcomisión Internacional de Clasificación Estratigráfica. Editorial Reverté. Barcelona.

Jones, G. (1956). Memoria Explicativa y Mapa Geológico de la Región Oriental del Departamento de Canelones. Bol. Inst. Geol. Uruguay, 34: 1-193, láms.1-42, figs., 1 mapa. Montevideo.

Malumian F.; Nullo F. E y Ramos V. (1983). The Cretaceous of Argentina, Chile, Paraguay y Uruguay. En Moullade, M. y Nairn, A. E. M. (Eds.) The Phanerozoic geology of the World. II: the Mesozoic. B.: 265-303. Elsevier. Amsterdam. Holanda.

- Mari C.; Costa E.; Infanzozzi C.; González C. (1990).** Estudio Geofísico regional en Sierra de Mahoma, San José. Actas 1er Congreso Uruguayo de Geología Tomo 2.145-150pp.-
- Martínez S. (1987).** Contenido malacológico de la Perforación 1394/4, departamento de San José - Facultad de Humanidades y Ciencias, Departamento de Paleontología. Informe interno – Montevideo.
- Martínez S. (1994).** Bioestratigrafía (invertebrados) de la Formación Camacho (Mioceno, Uruguay). Tesis Ph.D. 346pp. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Mones A. (1979).** Terciario del Uruguay. Síntesis Geopaleontológica. Rev. Fac. Hum. Cienc. (Cienc. De la Tierra) 1 (1): 1-27, 1 mapa. Montevideo.
- Oyhantçabal P.; Medina E. y Spoturno J. (1990).** Geología y petrología del Stock de Gabro del Arroyo Mahoma. Actas primer Congreso Uruguayo de Geología. 115 - 121pp.-
- Oyhantçabal P.; Spoturno J.; Aubet N., Cazaux S.; y Huelmo S. (2003).** Proterozoico del Suroeste del Uruguay: Nueva propuesta Estratigráfica para la Formación Montevideo y el Magmatismo Asociado. Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología. Publicación Especial Nº 1. II Taller Sobre la Estratigrafía del Precámbrico del Uruguay: 38-48pp.-
- Pérez M. (1991).** Sedimentología y Estratigrafía de las Formaciones Raigón y Libertad (Mio- Plioceno) del Sud Oeste de San José, Cuenca del Santa Lucía, Uruguay. Memorie, Univers. Du Québec- DINAMIGE.
- Preciozzi F. (1989).** Magmatismo Intrusivo de la Región Cufre - Mal Abrigo (Uruguay) Contribuciones a la Geología del Uruguay Nº 5. DINAMIGE. Montevideo, Uruguay.
- Preciozzi F. (1989).** Petrografía y Geoquímica del Macizo Granodiorítico de Arroyo de la Virgen. Contribuciones a la Geología del Uruguay Nº 6. DINAMIGE. Montevideo, Uruguay.
- Preciozzi F. ; Spoturno J. ; Heinzen W. ; (1979).** Carta Geoestructural del Uruguay Escala 1/2.000. 000. Instituto Geológico Ing. E. Terra Arocena, MIE. Uruguay.
- Preciozzi F. ; Spoturno J. ; Heinzen W. y Rossi P. (1985).** Memoria Explicativa de la Carta Geológica del Uruguay. Dirección Nacional de Minería y Geología - MIEM. Montevideo- Uruguay.
- Scasso, R. y Limarino, C. (1997).** Petrología y Diagénesis de Rocas Clásticas. Asociación Argentina de Sedimentología. Publicación Especial Nº 1. Talleres de Productora Gráfica Centenario. Buenos Aires, Argentina. 259pp.-

- Schipilov, A., Iardino, G., Bossi, J. y Piñeyro, D. (1998).** Gabros hornbléndicos Eo-proterozoicos del Cinturón San José. Uruguay. IV Reunión de Mineralogía y Metalogenia. Universidad Nacional del Sur: 309-316. Bahía Blanca. Argentina.
- Spoturno J. (1990).** Batimetría de la Formación Fray Bentos e Isópacas de las Formaciones Camacho Raigón y Libertad en la región Sur del Departamento de San José. Fac. de Ciencias – Departamento de Geología. Extraído de Proyecto Sistema Acuífero Raigón PRENADER - INYPSA (1995).
- Spoturno J. y Carrión R. (2000).** Geología e Importancia Geoeconómica de la Formación Chuy en la Región Sur-Oriental del Departamento de San José. Primeras Jornadas de Cenozoico en el Uruguay. Facultad de Ciencias. Montevideo- Uruguay.
- Spoturno J.; Oyhançabal P.; Goso C.; Aubet N.; Cazaux S.; Huelmo S.; Morales E. (2004).** Carta Geológica y Memoria Explicativa a Escala 1/50 000 del Departamento de Montevideo. CONICYT. Proyecto 6019 Fondo Clemente estable. Versión I CD.
- Sprechmann P. (1978).** The Paleocology and Paleogeography of the Uruguayan Coastal Area During the Neogene and Quaternary - Zitteliana 4: 3-72. München R.F.A.
- Tavella G. y Wright C. (1996).** Cuenca del Salado. En: Ramos V. y Túrlic M. (eds): Geología y recursos naturales de la Plataforma Continental Argentina. Relatorio del XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires. 95 -116 pp.-
- Ubilla M. y Perea D. (1999).** Quaternary vertebrates of Uruguay: biostratigraphic, biogeographic and climatic overview. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, 12.75-90. Balkema.
- Uliana M. y Biddle K. (1988).** Mesozoic – Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of Southern South America. Revista Brasileira de Geociencias. 18 (2):172-190. São Paulo. Brasil.
- U.N.E.S.C.O. – I.U.G.S. (2000).** Explanatory note to the International Stratigraphic Chart. Courtesy of the Division of Earth Sciences, UNESCO.16 pp.-
- Urien C.; Zambrano J. y Martins L. (1981).** The basins of southeastern South America (Southern Brazil, Uruguay and Eastern Argentina) including the Malvinas plateau and southern South Atlantic paleogeographic evolution. En Volkheimer W. y Musacchio E. (Eds.): Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur. Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico. Buenos Aires. Argentina.