

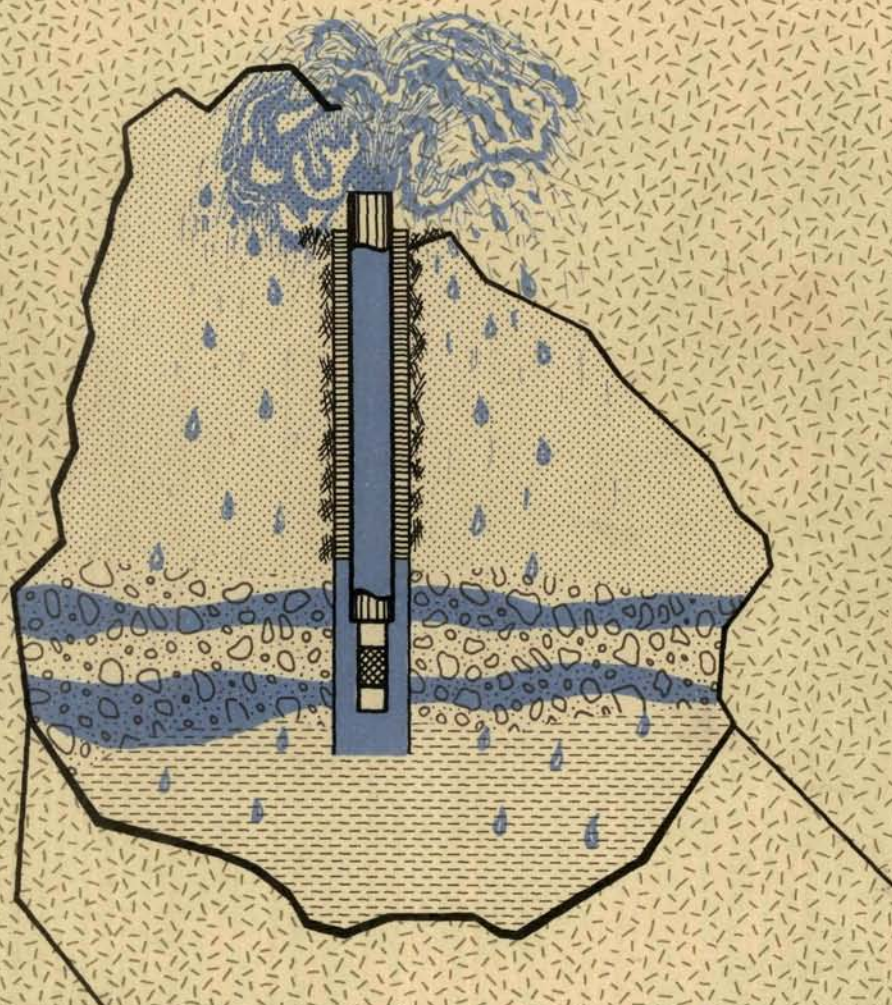


REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA

DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA

DIVISIÓN AGUAS SUBTERRÁNEAS



***..ELEMENTOS DEL CICLO HIDROLÓGICO  
..MEMORIA EXPLICATIVA CARTA  
HIDROGEOLOGICA***

Escala 1:2.000.000

1986





# REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
DIRECCION NACIONAL DE MINERIA Y GEOLOGIA  
DIVISION AGUAS SUBTERRANEAS

## ELEMENTOS DEL CICLO HIDROLOGICO

CARTA HIDROGEOLOGICA A ESCALA 1:2000.000  
Texto Explicativo

### Equipo de trabajo:

Heinzen, W. (Coordinador)  
Veloza, C. (Director Div. Aguas Subterráneas)  
Carrión, R.  
Cardozo, L.  
Mandracho, H.  
Massa, E.

### Colaboraron:

Serrentino, C.  
Cayssials, R.  
Panario, D.  
Montaño, J.

Diseño, tramado, separación  
de colores y armado  
Diseño Carátula  
Dactilografiado

Alicia Risso  
Baldomiro Basanta  
Liliana Cestau

0000727

Montevideo, setiembre de 1986



## **FE DE ERRATAS**

- 1) En la Pág. 30, debajo del título **AGUAS SUPERFICIALES**, debió figurar:

Tomado de — “AGUA: RECURSOS Y NECESIDADES DEL URUGUAY” - Informe de la OFICINA DE PLANEAMIENTO Y PRESUPUESTO - 1976.

- 2) Página 28 - Fig. 2.3-6:

Isoyeta, ubicada entre las Ciudades de Fray Bentos y Colonia del Sacramento dice “1000”, debe decir “60”.



# INDICE

	Pág.
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>5</b>
1.1 Objetivos del mapa .....	5
1.2 Metodología de trabajo .....	5
1.3 Equipo de trabajo, colaboradores y agradecimientos .....	5
1.3.1 Equipo de trabajo .....	5
1.3.2 Colaboradores .....	5
1.3.3 Agradecimientos .....	5
<b>2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PAIS</b>	<b>7</b>
2.1 Geomorfología del Uruguay .....	7
2.1.1 El marco estructural .....	7
2.1.2 Características del modelado de las regiones morfoestructurales .....	10
2.2 Suelos .....	12
2.2.1 Clasificación morfogenética .....	12
2.2.2 Orden de suelos saturados lixiviados .....	15
2.2.3 Orden de suelos desaturados lixiviados .....	15
2.2.4 Orden de suelos halomórficos .....	16
2.2.5 Orden de suelos hidromórficos .....	16
2.2.6 Uso actual de los suelos .....	16
2.2.7 Uso potencial de los suelos .....	18
2.2.8 Conclusiones .....	20
2.3 Síntesis climática .....	21
2.4 Aguas superficiales .....	30
2.4.1 Registros disponibles .....	30
2.4.2 Cuencas hidrográficas y regímenes de escurrimiento .....	30
2.4.3 Calidad de las Aguas Superficiales .....	30
2.5 Geología .....	33
<b>3. CONTENIDO DEL MAPA: HIDROGEOLOGIA</b>	<b>39</b>
3.1 Provincias Hidrogeológicas .....	39
3.2 Leyenda del mapa y descripción general de las diferentes Unidades Acuíferas consideradas .....	41
<b>4. INCIDENCIA DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL ABASTECIMIENTO PUBLICO</b>	<b>63</b>
4.1 Generalidades .....	63
4.2 Consideraciones Geológicas .....	63
4.2.1 Acuíferos Fisurados .....	63
4.2.2 Acuíferos Porosos .....	64
4.3 Abastecimiento .....	64
<b>5. IDENTIFICACION DE AREAS SEGUN EL GRADO DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS</b>	<b>67</b>
5.1 Areas con mejores posibilidades de explotación .....	67
5.2 Areas sobre-explotadas .....	67
5.3 Areas donde existe interés por intensificar la explotación .....	67
5.4 Areas que requieren mayor estudio .....	67
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>69</b>







# **1. INTRODUCCION**

## **1.1 OBJETIVOS DEL MAPA**

El objetivo del presente trabajo fue el de contribuir con nuestro aporte a la elaboración de la Carta Hidrogeológica de América del Sur, cuya confección fue señalada como objetivo inmediato por la División Ciencias del Agua de la UNESCO.

Este esfuerzo de síntesis nos permitió hacer un balance del nivel actual de los conocimientos en el tema de las aguas subterráneas en nuestro país; de los aciertos y las carencias que debemos aún superar para la elaboración de la Carta Hidrogeológica a escala 1:500.000 a la que estamos abocados.

Como se comprenderá los límites impuestos por la escala del presente trabajo, han hecho imposible la representación de toda información disponible, gran parte de la cual ha quedado sin ser expresada.

## **1.2 METODOLOGIA DE TRABAJO**

La metodología aplicada para la confección de la presente Carta, se representa en el siguiente esquema de trabajo:

- a) Recopilación de información disponible en gabinete a saber:
  - Carta Geo-Estructural 1:2.000.000.
  - Carta Geológica 1:500.000.
  - Archivo de perforaciones efectuadas por DINAMIGE.
  - Revisión de archivo de análisis de aguas de la División Laboratorios de DINAMIGE.
- b) Chequeo de campo de los datos del archivo.
- c) Análisis de la información disponible y síntesis de la misma.
- d) Confección de mapa.
- e) Redacción del Texto Explicativo.

## **1.3 EQUIPO DE TRABAJO, COLABORADORES Y AGRADECIMIENTOS**

### **1.3.1. Equipo de Trabajo**

Este trabajo fue llevado a cabo por la División Aguas Subterráneas, de la Dirección Nacional de Minería y Geología del Ministerio de Industria y Energía, en el cual participaron: Ing. Agrn. Carlos Velozo (Director de la División Aguas Subterráneas); Hidrogeólogo Walter Heinzen (Responsable Técnico y Coordinador); Ing. Agrn. Luis Cardozo; Bach. Roberto Carrión, Prof. Héctor Mandracho e Ing. Agrn. Enrique Massa.

Asimismo, se contó con el invalorable apoyo de los laboratorios de la DINAMIGE a cargo de la Ing. Qco. Helena Amstrong y la Dra. Pilar Rodríguez.

La realización gráfica fue efectuada por la Sra. Alicia Risso y el Sr. Baldomiro Basanta y el dactilografiado por la Srta. Liliana Cestau.

### **1.3.2. Colaboración técnica**

- Lic. Carlos Serrentino, Director de la Dirección de Climatología y Documentación de la Dirección Nacional de Meteorología.
- Ing. Agrn. Ricardo Cayssials, Jefe del Departamento de Uso, Manejo y Conservación de Suelos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- Ing. Agrn. Daniel Panario, Profesor de Geomorfología de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Universidad de la República.
- Lic. Jorge Montañó, Encargado Sección Estudios Hidrogeológicos de la Administración de las Obras Sanitarias del Estado (OSE). Profesor de Hidrogeología, Facultad de Humanidades y Ciencias.

### **1.3.3. Agradecimientos**

Agradecemos el apoyo brindado por UNESCO, el cual permitió llevar a buen



término este documento, que hizo posible la realización de giras de consultoría de los Sres. Albert Mente y Hugo Bitesnik, y en especial a los Sres. Nelson Da Franca (Especialista de Programa, División de Ciencias del Agua) y Christiaan Gischler (Hidrólogo Regional).



## 2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PAIS

### 2.1. GEOMORFOLOGIA DEL URUGUAY (Ing. Agron. Daniel Panario \*)

#### 2.1.1 El marco Estructural

El modelado del relieve en el Uruguay asume diferentes características en función fundamentalmente del marco estructural preexistente debido a que lo reducido de su territorio y la inexistencia de accidentes geográficos de importancia permiten asumir un clima relativamente uniforme para toda su superficie en cada período que se analice.

Las grandes regiones morfoestructurales son caracterizables por los eventos tectónicos mayores, y dentro de cada región por la naturaleza de las rocas existentes, que son las que le confieren a cada unidad de paisaje un perfil característico.

##### 2.1.1.a Cuenca sedimentaria del Noreste

En la región N y NE existe una cuenca sedimentaria de origen Gondwánico en la que emergen rocas cristalinas (Isla Cristalina de Rivera) la que es cortada hacia el borde oeste por ríos, alguno de los cuales se originan en Relictos del frente de cuesta, lo que permitiría suponer que su emersión podría no ser anterior a los derrames basálticos.

##### 2.1.1.b Cuesta basáltica

Los principales eventos estructurales son en la Región NW la basculación de los derrames basálticos de Arapey (de edad cretácica) lo que le confiere a la región una estructura en cuesta con frente al E.

Estos derrames recubren sedimentos de la cuenca precitada.

##### 2.1.1.c Cuenca sedimentaria del Litoral Oeste

Está compuesta por sedimentos potentes de areniscas cretácicas y sedimentos terciarios con delgados recubrimientos cuaternarios.

Esta cuenca sedimentaria está también vinculada a la tectónica cretácica, posiblemente concordante con la basculación de la cuesta basáltica.

##### 2.1.1.d. Cuenca sedimentaria del Suroeste

Al Sur Oeste existe otra Cuenca sedimentaria de menor importancia que las anteriores, tanto por su extensión territorial, como por la potencia de sus sedimentos fundamentalmente materiales del terciario y cuaternario potentes.

##### 2.1.1.e Fosa tectónica del Santa Lucía

Al sur se ubica la fosa tectónica del Santa Lucía seguramente la más importante de las fosas cretácicas en la zona continental del territorio, desde el punto de vista de la potencia de los sedimentos cretácicos terciarios y cuaternarios que presenta.

##### 2.1.1.f Fosa tectónica de la Laguna Merín

Al Este existe otra fosa de similar edad de comienzo del evento, la cual presenta, sin embargo, en su parte continental sedimentos terciarios como materiales más antiguos, lo que hizo suponer un origen terciario para la misma, hecho que sumado a las características geomorfológicas que presenta hace suponer se haya mantenido activa hasta períodos relativamente más recientes que la del Santa Lucía y otras de menor envergadura existentes entre ambas, como Valle Fuente, Valle Aiguá, etc.

##### 2.1.1.g Región Centro Sur

La región centro sur está ocupada por rocas del escudo Brasileño que se han mantenido relativamente estables al menos desde el cretácico. Esta

---

\* Ing. Agron. Daniel Panario. Profesor de Geomorfología de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Universidad de la República.



estabilidad relativa, así como las características de los sistemas morfoclimáticos imperantes desde ese período le han conferido al paisaje un aspecto “senil” que motivó fuera descripta por J. Chebataroff como “penillanura cristalina” respondiendo a las interpretaciones genéticas de la época.

#### **2.1.1.h Sierras del Este**

Está compuesta por un complejo de plegamientos emergidos y otros alzamientos de los cuales el más antiguo es sin duda el macizo de Carapé, que funciona como principal divisorio de aguas en la región, dado que las vías de drenaje que en él nacen, cortan otros accidentes, incluso cuarcíticos como la Sierra de la Ballena y Las Cañas.

#### **2.1.1.i Colinas y Lomadas del Este**

Entre las sierras del Este y la fosa tectónica de la Laguna Merín existe un sistema de colinas y lomadas de base cristalina con recubrimientos cuaternarios cuya génesis podría estar parcialmente vinculada a la tectónica que dio origen a la fosa.

La naturaleza de los sedimentos, su nivel de diagénesis, la resistencia de los materiales consolidados o cristalinos al intemperismo y el potencial morfogenético de cada una de estas regiones son los factores responsables de su perfil geomorfológico.



# MAPA GEOMORFOLOGICO

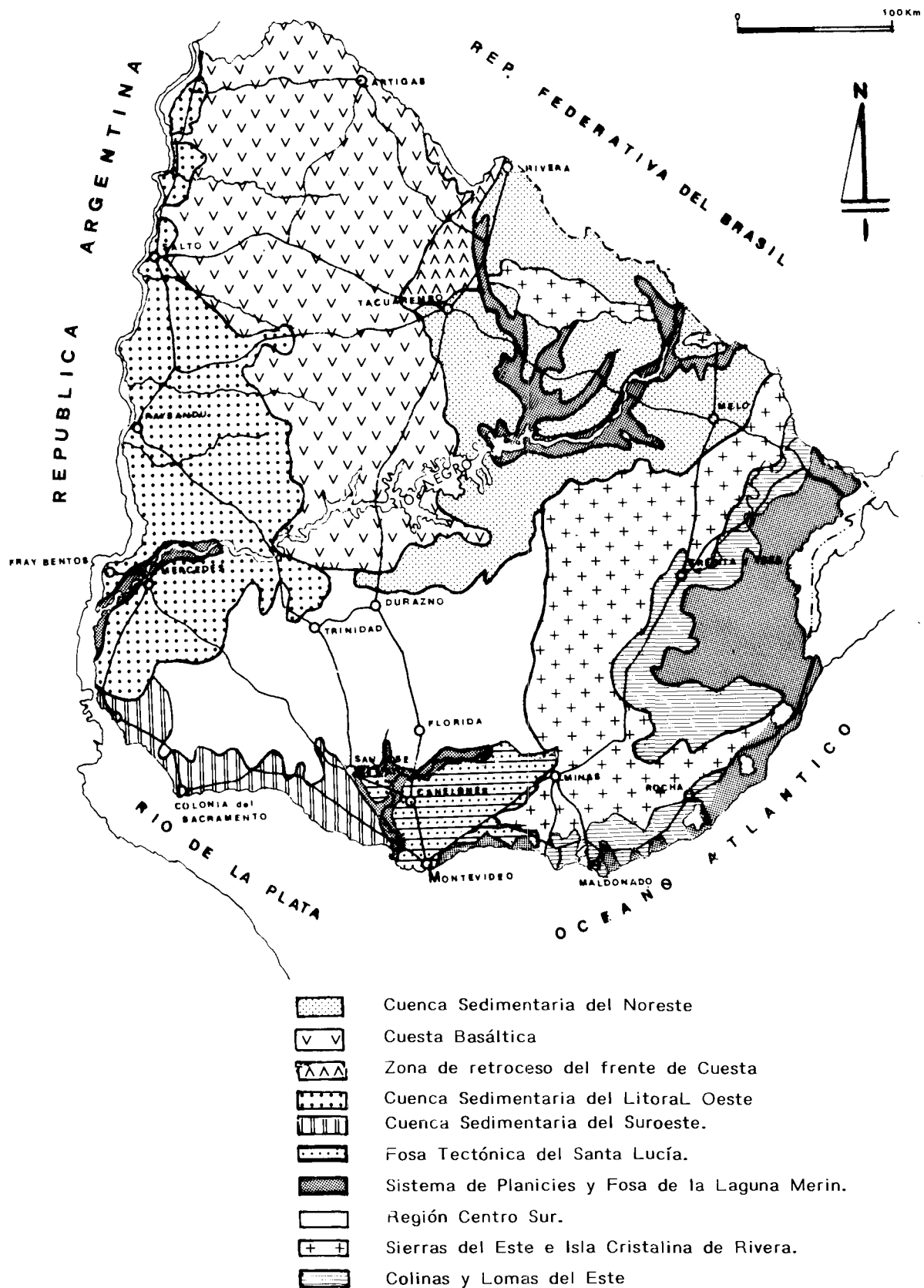


FIG. 2.1-1



## **2.1.2 Características del modelado de las regiones morfoestructurales.**

### **2.1.2.a Cuesta basáltica**

Las características de las lavas con una dominancia de estructuras horizontales y la resistencia de la roca fresca al entalle favorecen en la región la preservación de formas aplanadas, generadas por los procesos de modelado, lo que ha motivado muchas dudas en relación al origen morfoclimático de estas formas.

No obstante cuando una menor resistencia al intemperismo lo permite, se generan lomadas, colinas y sierras sin parte superior aplanada. Algunas elevaciones mayores (Cerro Tavieso) no presentan esta característica.

En aquellas regiones en que las coladas tienen un cierto buzamiento al ser cortadas por el plano de erosión, aparecen en superficie con límites relativamente paralelos, lo que en general se acepta como prueba suficiente del origen erosivo de las formas.

Excepción hecha de zonas de acumulación de alteritas, los suelos son superficiales lo que favorece un retroceso de laderas del tipo cóncavo, característica de la dominancia de la erosión, sobre procesos de pedogénesis y reptación.

Algunas de las altiplanicies de acumulación (glacis) se encuentran levemente disectadas generando interfluvios de lomadas suaves (Recta de Cunha).

### **2.1.2.b Cuenca sedimentaria del Noreste**

La Cuenca Sedimentaria Gondwánica se encontraba estabilizada en lo referente a recepción de materiales desde períodos anteriores a los que modelaron la mayor parte del paisaje, lo que permitió se expresaran los procesos en función de la resistencia de los materiales preexistentes. La no ocurrencia de procesos de acumulación posteriores de importancia, permite suponer que el potencial morfogenético de la región, no varía significativamente durante el cuaternario, que es cuando se producen los principales entalles del relieve y por ello está compuesto principalmente de lomadas fuertes y colinas.

Gran parte de las principales vías de drenaje nacen en relictos del frente de cuesta descrito o en la Sierra de Rios, por tanto es secundario el rol que le cupo a las elevaciones de la isla cristalina de Rivera en el modelado de la cuenca.

### **2.1.2.c Cuenca sedimentaria del Litoral Oeste**

Al igual que la anterior esta cuenca recibió solo delgados aportes de sedimentos durante el cuaternario y por tanto también las vías de drenaje entallaron más profundamente que en las fosas tectónicas del sur y suroeste.

La frecuente existencia de capas de distinta dureza en los sedimentos formados por pavimentos de bloques, resultantes de anteriores retrocesos de escarpas de los que quedan muy pocos relictos como el Cerro del Clavel, o pequeñas elevaciones de arenisca de Asencio, o caliches calcáreos horizontales con bordes escarpados, cuando preservan una superficie de extensión suficiente, generan interfluvios de lomadas (camino de la Cuchilla). Cuando esta superficie es menor, colinas tabulares, y cuando el retroceso de las escarpas permitió la generación de un paisaje por debajo de los mismos, formando valles de lomadas, en general sin mucha expresión de superficie, como las existentes en el Departamento de Río Negro (Mellizos) Cuencas de Sanchez Grande y Chico, Quebracho, etc.

### **2.1.2.d Cuenca sedimentaria del Sur Oeste**

Esta región ha funcionado como cuenca de recepción de sedimentos hasta períodos relativamente recientes (cuaternario medio superior).

La actual disección de este paisaje no condice con su potencial morfogenético ni con la fragilidad de los materiales que le conforman, lo que hace suponer pueda haber sido sometida a alzamiento tectónico hasta períodos muy recientes.

Apoyan esta hipótesis la existencia de líneas de paleocosta y albuferas colmatadas sensiblemente por encima del nivel actual del mar, aparición de formaciones marinas (Camacho) muchos metros por encima de su correlativo en Argentina (Paraná), etc., arroyos aún con capacidad de excavación en materiales no consolidados, marinos cuaternarios, a niveles superiores a los que aparecen en el resto del territorio, etc.



Este alzamiento es posible que se extienda en forma discontinua hacia el Este al menos en una delgada franja costera.

#### **2.1.2.e Fosa Tectónica del Santa Lucía**

La fosa tectónica del Santa Lucía funcionó como cuenca de recepción de sedimentos muy activamente hasta el cuaternario inferior.

Esto significa que en este período, no poseía potencial morfogenético y con posterioridad, el mismo no fue muy acentuado, lo que condiciona un paisaje compuesto mayoritariamente por lomadas de pendientes suaves, excepción hecha de los bordes de la fosa.

#### **2.1.2.f Fosa de la Laguna Merín**

El paisaje de esta región es prácticamente plano en razón de su casi nulo potencial morfogenético; la deposición de sedimentos cuaternarios y holocenos en la misma, se da mayoritariamente en forma de terrazas de recubrimiento eventualmente escalonadas, lo que permite apreciar al menos cuatro niveles de llanuras separadas por desniveles, que varían desde unos pocos metros hasta algunos centímetros.

#### **2.1.2.g Región Centro Sur**

Los períodos áridos que se suceden con cortas interrupciones durante la mayor parte del terciario y el cuaternario inferior, deben haber condicionado el paleopaisaje a un pedimento con algunas elevaciones, característico de los aplanamientos en rocas cristalinas.

Durante el cuaternario inferior recibió recubrimientos de alteritas provenientes de la zona de sierras, recubrimientos éstos que se preservan en los interfluvios principales.

Con posterioridad este pedimento es fuertemente disectado, proceso favorecido por la alteración profunda producida quizás durante los óptimos climáticos del cuaternario inferior e inclusive procesos más antiguos.

Esta disección produce un relieve de colinas y lomadas fuertes, interrumpido por interfluvios de lomadas y lomadas suaves en las zonas de acumulación cuaternaria más potentes.

#### **2.1.2.h Región de Sierras**

Representa el paisaje con mayor energía de relieve existente, no obstante lo cual, algunas sierras presentan la parte superior aplanada reflejando procesos de aplanamiento muy antiguos, algunos de los cuales podrían ser ubicados en el cretácico y otros de sierras con menor elevación, en el terciario.

Este conjunto de elevaciones que presenta una dirección SW-NE debe haber funcionado como zona montana que talló los pediplanos y glaciares en el escudo y aportó gran parte de los materiales de relleno de la fosa de Santa Lucía y de la Laguna Merín.

En su interior existen zonas de hundimiento tectónico que generan valles de lomadas (Valle Fuentes, Valle Aiguá).



## 2.2 SUELOS (Ing. Agrn. Ricardo Cayssials)

El Uruguay posee una gran diversidad de tipos de suelo, cada uno de los cuales es fruto de la interacción específica de determinadas condiciones climáticas, geológicas, topográficas, biológicas y temporales. Esta diversidad edáfica se explica en gran medida por la variabilidad de la litología del material madre así como por la topografía local y el drenaje.

El ecosistema uruguayo es propicio para una amplia gama de alternativas productivas, siendo el país uno de los mejores dotados de la región latinoamericana en cuanto a hectáreas útiles/habitante (6 hás/hab).

Como rasgos más comunes entre los diversos tipos de suelo presentes en nuestro territorio se debe mencionar: el alto contenido de materia orgánica, la presencia de un horizonte B textural a profundidad variable en la mayoría de los suelos aptos para cultivos anuales y el pH ligera a moderadamente ácido en los horizontes superficiales.

Desde el punto de vista hidrológico, el suelo es un recurso natural complejo que actúa como captor y almacenador del agua de lluvia así como filtro natural de los acuíferos y napas freáticas. Su rol hidrológico es multivalente dentro del ciclo biogeoquímico del agua de ahí que en esta caracterización de síntesis de los suelos existentes en Uruguay se haga especial consideración a sus propiedades físicas vinculadas con la temática del agua; (permeabilidad, capacidad de almacenaje, riesgo de sequía, etc.).

### 2.2.1 Clasificación morfogenética

La actual clasificación de suelos empleada en Uruguay es de carácter morfogenética debido a que su estructura jerárquica prioriza los aspectos morfológicos sin olvidar los procesos de formación.

La ubicación de un determinado tipo de suelo dentro del sistema de clasificación surge de la presencia y/o ausencia de horizontes diagnósticos, lo que permite luego inferir su génesis y evolución.

Dicho sistema reconoce seis órdenes con sus respectivos grupos y divisiones menores.

#### 2.2.1.a Orden de suelos poco desarrollados

Incluye a todos los suelos que carecen de horizonte diagnóstico subsuperficial de origen iluvial.

En este orden podemos encontrar todos los suelos superficiales (Litosoles) de la región basáltica y del Basamento Cristalino del Uruguay; así como los suelos aluviales (Fluviosoles) localizados en las áreas aledañas a las vías de drenaje; o los suelos desarrollados en materiales coluvionales (Inceptisoles) en zonas de sierras y colinas o los suelos de texturas arenosas (Arenosoles) desarrolladas en las dunas costeras, de nuestro país.

Desde el punto de vista hidrológico los suelos superficiales almacenan muy poca agua (menor a 100 mm) siendo su riesgo de sequía muy alto (ver Carta de Burgos y Corsi, W. 1978). (Fig. 2.2.-1).

Por el contrario, los demás suelos profundos del orden son buenos almacenadores de agua (mayores a 400 mm) dependiendo su permeabilidad de su textura y estructura dominante.

#### 2.2.1.b. Suelos Melánicos

En esta categoría se incluyen todos los suelos que presentan un horizonte diagnóstico superficial melánico, es decir que poseen una camada muy apta para el desarrollo vegetal.

Se trata de los suelos que ocupan mayor extensión en nuestro territorio y presentan la mayor fertilidad natural, así como la productividad más elevada.

Comprende dos grandes grupos:

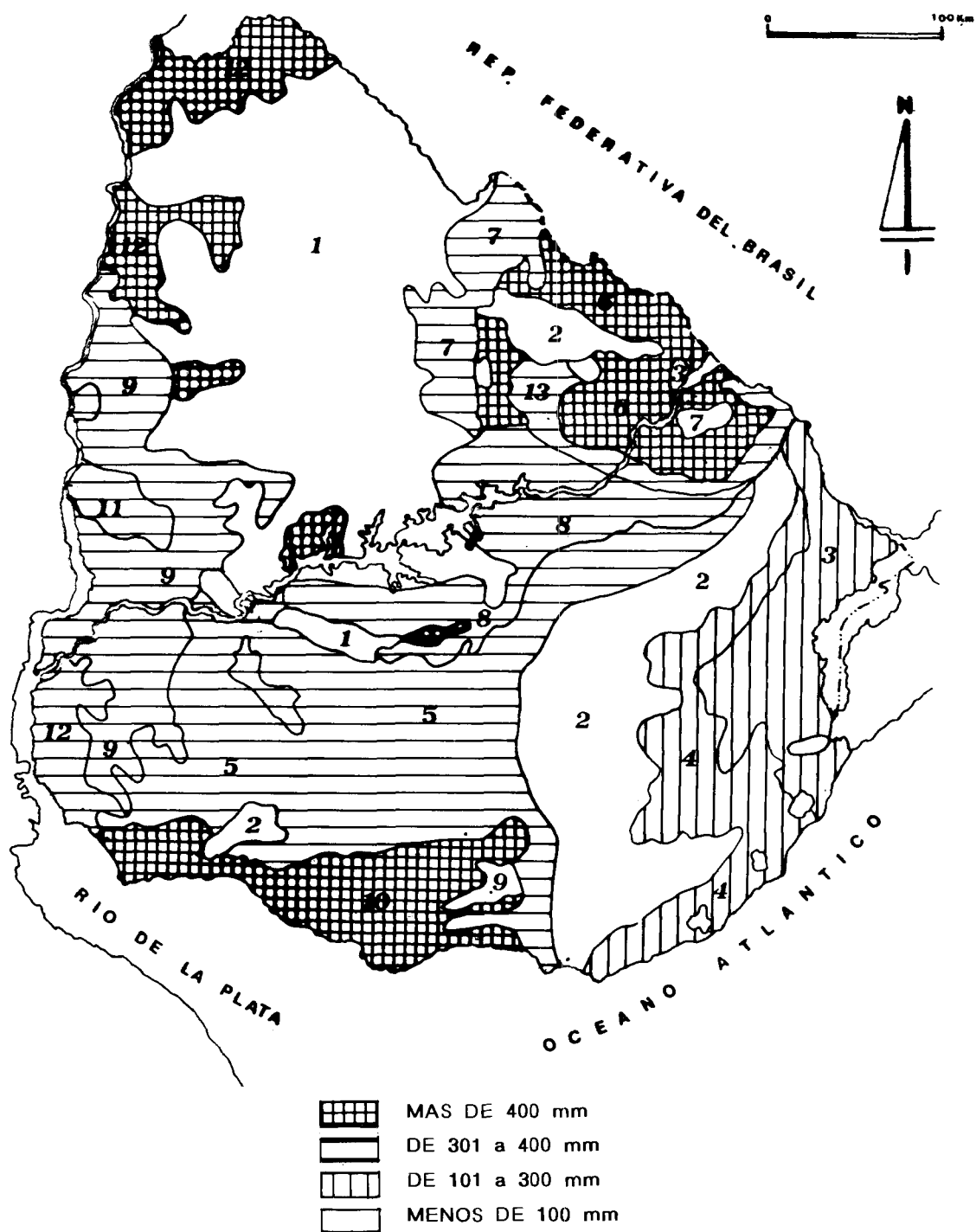
##### 2.2.1.b.i Los Brunosoles distribuidos en todo el país, ocupando posiciones de lomadas, laderas y algunas planicies altas bien drenadas, presentan un grado de diferenciación textural significativa, sin llegar a ser abrupta ni superior a tres (3) en su relación al contenido de arcilla de los horizontes A y B.

Se trata de suelos moderados a profundos con una capacidad de almacenaje de agua medio a alto (entre 100 - 300 mm.), siendo su riesgo de sequía no

---

\* Ing. Agrn. Ricardo Cayssials, Jefe del Departamento de Uso, Manejo y Conservación de Suelos - Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.





CAPACIDAD DE ALMACENAJE Y ZONAS DE USO Y MANEJO DE LOS SUELOS CIDE 1962.

FUENTE: Burgos J.J. y Corsi W. (1978)

FIG 2 2 - 1



## ZONAS DE CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE AGUA TOTAL EN EL SUELO

ZONAS DE USO Y MANEJO DE LOS SUELOS - C.I.D.E. - 1963		AREA (Há)	%	CAPACIDAD DE ALMACENAJE MM
14	1 Suelos predominantes superficiales sobre Basaltos	3.500.000	21	75
	2 Suelos predominantes superficiales sobre Cristalino	1.900.000	11,3	50
	3 Suelos de texturas medias y mal drenaje	850.000	5	200
	4 Suelos profundos de texturas medias con mal drenaje	1.300.000	8	250
	7 Suelos profundos de textura liviana con subsuelo de permeabilidad media	570.000	3,4	300
	5-8-9 Suelos profundos y medios profundos de texturas medias a algo pesadas	5.920.000	35,3	350
	11-13 Suelos profundos de textura pesada, con permeabilidad lenta	2.660.000	15,7	400
	6-10			



muy importante. Su permeabilidad es media a baja debido a la presencia de un horizonte B textural (arcilloso). Una vez saturado el horizonte A, el suelo pierde su capacidad de aceptar más agua de lluvia, debido a la baja permeabilidad del horizonte subsuperficial, de ahí que si bien pueden ser suelos profundos desde el punto de vista hidrológico funcionan como superficiales frente a lluvias de alta intensidad.

A pesar de presentar valores bajos de permeabilidad, esto no significa que no se produzcan infiltraciones profundas.

- 2.2.1.b.ii Los Vertisoles son suelos de texturas pesadas con alta proporción de minerales arcillosos expansivos (esmedtitas). Se localizan en posición de casquete, muchas veces con doble perfil (suelos de oleadas) o en posición de ladera baja o aun de valles aluviales en la zona de suelos profundos del Basalto.

Son suelos de alta fertilidad natural, de difícil laboreo, permeabilidad media a baja y alta capacidad de almacenaje (mayor a 400 mm.) de ahí su bajo riesgo de sequía.

## 2.2.2. Orden de suelos saturados lixiviados

En este orden se incluyen todos los suelos donde el proceso de lixiviación mecánica intensa y prolongada ha generado la formación de un horizonte argilúvico muy desarrollado.

Se trata de suelos lixiviados pero la saturación en bases se mantiene elevada gracias a que las pérdidas por lavado son compensadas por los procesos de meteorización de los minerales primarios del material madre.

Se reconocen dos grandes grupos:

- 2.2.2.a. Los Argisoles agrupan a los suelos del orden que no presentan horizonte eluvial continuo (A<sub>2</sub>). Se los localiza en muchas zonas del país asociados a topografías aplanadas o en materiales madre más propensos a la traslocación de arcilla (Ej. Formación Raigón, Asencio, Alteración del Basamento Cristalino, etc.).

Desde el punto de vista hidrológico con suelos de drenaje interno imperfecto debido a la baja permeabilidad del horizonte argilúvico, de ahí que si bien presentan un solum por lo general superior a 50 cm. casi siempre funcionan como {suelos superficiales, dado que una vez saturado el horizonte A el suelo no tiene capacidad de aceptar más agua de lluvia, y el agua escurre en superficie.

Su riesgo de sequía es medio a bajo debido a su profundidad y textura (entre 100 - 300 mm.).

- 2.2.2.b. Los Planosoles por el contrario agrupan a los suelos del orden que presentan horizonte eluvial continuo (A<sub>2</sub>). Se los puede encontrar en todo el país, siempre asociados a condiciones topográficas propicias (aplanadas o plano cóncavas).

Se trata de suelos de máxima diferenciación textural, con drenaje interno imperfecto, que durante los meses de invierno por lo general presentan malas condiciones de aereación en la base del horizonte A, lo cual impide el buen desarrollo del sistema radicular, muchas veces provoca muerte de parte de las raíces que allí están instaladas.

El riesgo de sequía de estos suelos es muy variable pero en general acusa déficit durante los meses de verano debido a que el suministro depende casi exclusivamente del horizonte A, pues no son muchas las raíces que pueden explorar el horizonte B.

## 2.2.3 Orden de suelos desaturados lixiviados

En este orden se ubican todos los suelos que han sufrido un importante lavado de bases, siendo los suelos de más baja fertilidad natural pero pueden ser muy aptos para uso forestal.

Comprenden dos grandes grupos: a) los Luvisoles y b) los Acrisoles.

Su localización geográfica se concentra en la zona de suelos arenosos de Tacuarembó y Rivera.

Se trata de suelos profundos, de fácil laboreo, con alta capacidad de almacenaje de agua (superior a 400 mm.), de buena infiltración y drenaje externo.

Su riesgo de sequía no es alto, no obstante dan buena respuesta al riego en algunos cultivos hortícolas como papa o maíz.



#### 2.2.4 Orden de suelos halomórficos

En este orden se agrupa a los suelos que tienen o han tenido altos contenidos de sodio intercambiable.

Casi siempre se los ubica en posición de laderas bajas o formando parte de los suelos de planicie.

De acuerdo al grado de presencia de sodio se los dividen en tres grandes grupos: Solonetz, Solonetz solodizado y Solod.

Son suelos de fertilidad baja a muy baja (Solonetz y S. solodizados) de permeabilidad muy baja.

Cuando el sodio ha desaparecido del perfil (Solod) son suelos muy aptos para el cultivo de arroz.

#### 2.2.5 Orden de suelos hidromórficos

En este orden se incluyen todos los suelos cuya génesis está fuertemente influenciada por la presencia de una napa de agua de carácter fluctuante o más o menos permanente.

Cuando la napa freática fluctuante afecta una parte del perfil da lugar al gran grupo de los Gleysoles, mientras que cuando se trata de una zona de inundación permanente o casi permanente da lugar a los Histosoles (Bañados).

Se trata pues de suelos localizados siempre en posiciones topográficas bajas.

#### 2.2.6 Uso actual de los suelos

##### 2.2.6.a Uso Actual

El uso de la tierra en Uruguay ha estado fuertemente condicionado por su inserción en el comercio internacional de productos agropecuarios.

Las ventajas comparativas de nuestro ecosistema para la producción de carne y lana marcaron en forma trascendente el uso del espacio territorial de nuestro país y aun hoy día siguen dominando a nivel global, destinándose más del 85% de nuestros suelos al uso pecuario mixto de vacunos y lanares. Este rasgo dominante y específico del Uruguay responde a razones históricas y socio-económicas particulares de nuestro país, que ha sufrido un desarrollo deformado y dependiente de los países centro.

Al inicio de la década de 1970 el Dr. Griffin realizó un trabajo de caracterización del Uso de la Tierra en Uruguay (Fig. 2.2-2) que reconoce las siguientes tres macro-zonas de uso:

**AGRICOLA.** Ocupa el 20% del territorio y su uso está destinado a productos agrícolas que son o bien consumidos dentro del mercado interno o bien son exportados al exterior.

Esta macro-zona agrícola es subdividida en tres áreas de acuerdo a los distintos usos de la tierra dominantes:

A) Sub-zona de huertos y viñedos localizada en el sur del país, dentro del área de influencia directa de la capital, ocupa aproximadamente un 1% del total del territorio. Los rubros productivos más importantes son la uva de vino y mesa, así como frutales de hoja caduca manzanos, duraznos, peras, ciruelos.

También se plantan hortalizas que son vendidas en el mercado capitalino y otros puntos del país

El tamaño promedio de los predios es menor a 20 hás., siendo mayoritariamente menores a 10 hás.. Varios autores han caracterizado a estas unidades productivas como de producción familiar debido al fuerte peso de la mano de obra de ese origen.

B) Sub-zona de cultivos intensivos, esta área ocupa aproximadamente el 5% del total del país. Se extiende al NE en parte de los departamentos de Lavalleja y Maldonado, ocupa gran parte del departamento de Canelones y sur del departamento de San José.

Más del 50% del área maicera del Uruguay se localiza en esta sub-zona, existiendo además cultivos de remolacha azucarera, tomate, cebolla, pepinos, etc.

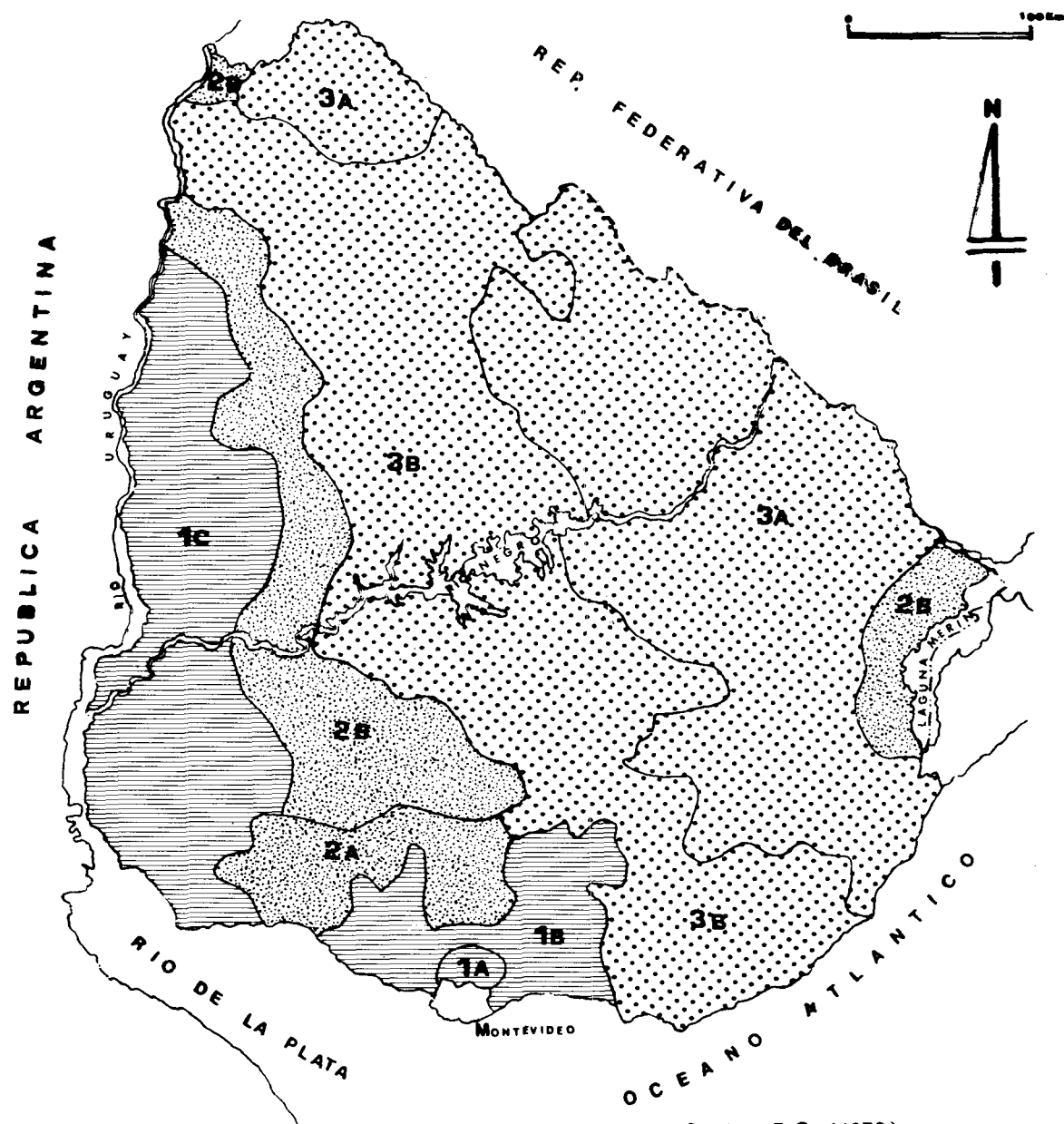
La superficie promedio es superior a la sub-zona de huertos y frutales oscilando entre valores de 20 - 50 hás.

C) La sub-zona cerealera ocupa aproximadamente el 15% del total del país, localizándose en el Litoral Oeste formando una banda de ancho variable desde el departamento de Colonia hasta Paysandú sobre la margen izquierda del Río Uruguay.

El cultivo dominante es el trigo acompañado por girasol, sorgo, lino, cebada y recientemente también algo de soja.



# USO DE LA TIERRA



Fuente: Griffin E.C. (1972)

## AGRICOLA



- A Huertas-Viñedos
- B Intensiva
- C Cereales

## AGRICOLA GANADERA



- A Lechera
- B Cerealera - Ganadera

## GANADERA



- A Ovina
- B Bovina

FIG. 2.2.-2



El tamaño promedio crece de sur a norte desde valores de 100 - 120 hás. en Colonia hasta más de 400 en Paysandú.

**AGRICOLA GANADERA.** Abarca aproximadamente un 20% del total de tierras del país, incluyendo diferentes áreas que van desde una sub-zona con un fuerte peso de la lechería hasta sub-zonas cañeras y arroceras (Bella Unión y Laguna Merín).

Se reconocen dos sub-zonas:

A) Sub-zona lechera: abarca aproximadamente el 5% del total del país, centrando su ubicación en parte de los departamentos de San José y Colonia.

Esta sub-zona presenta una alta dotación ganadera y una importante superficie de cultivos forrajeros.

El tamaño de los predios es menor a 300 hás., siendo en promedio del orden de 120 hás.

B) Cerealera-Ganadera: constituye una franja de ancho variable que actúa como un integrado entre el área típicamente cerealera y la región ganadera. Cubre aproximadamente el 15% del total del país siendo el tamaño de las explotaciones de 500 - 1000 hás., con una tendencia al incremento de Oeste a Este.

Como dos áreas disgregadas particulares, tenemos la zona cañera y el área arroceras, donde el uso del suelo alterna o comparte ambos rubros agrícolas con la ganadería.

**GANADERA:** Abarca aproximadamente un 60% del área total del país, cruzando el país en forma diagonal de NW a SE.

Se reconocen dos sub-zonas: la ganadera-ovina y la ganadera-vacuna de acuerdo a la composición del rodeo.

A) Ganadera-Ovina: abarca aproximadamente el 33% del total del país, formando una banda de ancho variable que en forma diagonal de NE-SE cruza el territorio.

Esta sub-zona presenta los mayores valores en la relación ovina-bovina, la cual se justifica en parte por la dominancia de suelos superficiales.

En la mayoría de los establecimientos se practica una ganadería extensiva cuyos rasgos más remarcables son los grandes tamaños y la escasa subdivisión de potreros.

La densidad de la población rural es de las más bajas del país oscilando en valores del orden de 1 hab/km<sup>2</sup>.

B) Ganadera-Bovina: ocupa aproximadamente el 30% del total del territorio cubriendo de norte a sur una ancha franja fronteriza con el Brasil.

La mayor proporción del vacuno en parte se justifica por la presencia de suelos más profundos y aptos para uso pastoril.

La sub-zona también practica una ganadería extensiva y presenta una muy baja densidad de población rural.

## 2.2.7 **Uso potencial de los suelos** (Fig. 2.2.-3)

De acuerdo a los estudios interpretativos realizados por Cayssials y Alvarez (1980), tomando como referencia la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (1976), el país presentaría el siguiente panorama:

### 2.2.7.a **Tierras principalmente agrícolas**

Incluye las tierras de suelos profundos del Litoral, Sur, Este y NE y Centro del país, donde las asociaciones de familias de suelos tienen más del 75% de su superficie arable.

La calidad de los suelos es muy variable desde suelos excelentes hasta marginales para la agricultura de cultivos anuales.

Un 20% del total del país caería dentro de este orden de aptitud. Una buena proporción del área ya habría realizado agricultura mientras que algunas tierras del Este y NE todavía serían vírgenes.

### 2.2.7.b **Tierras agrícolas-ganaderas**

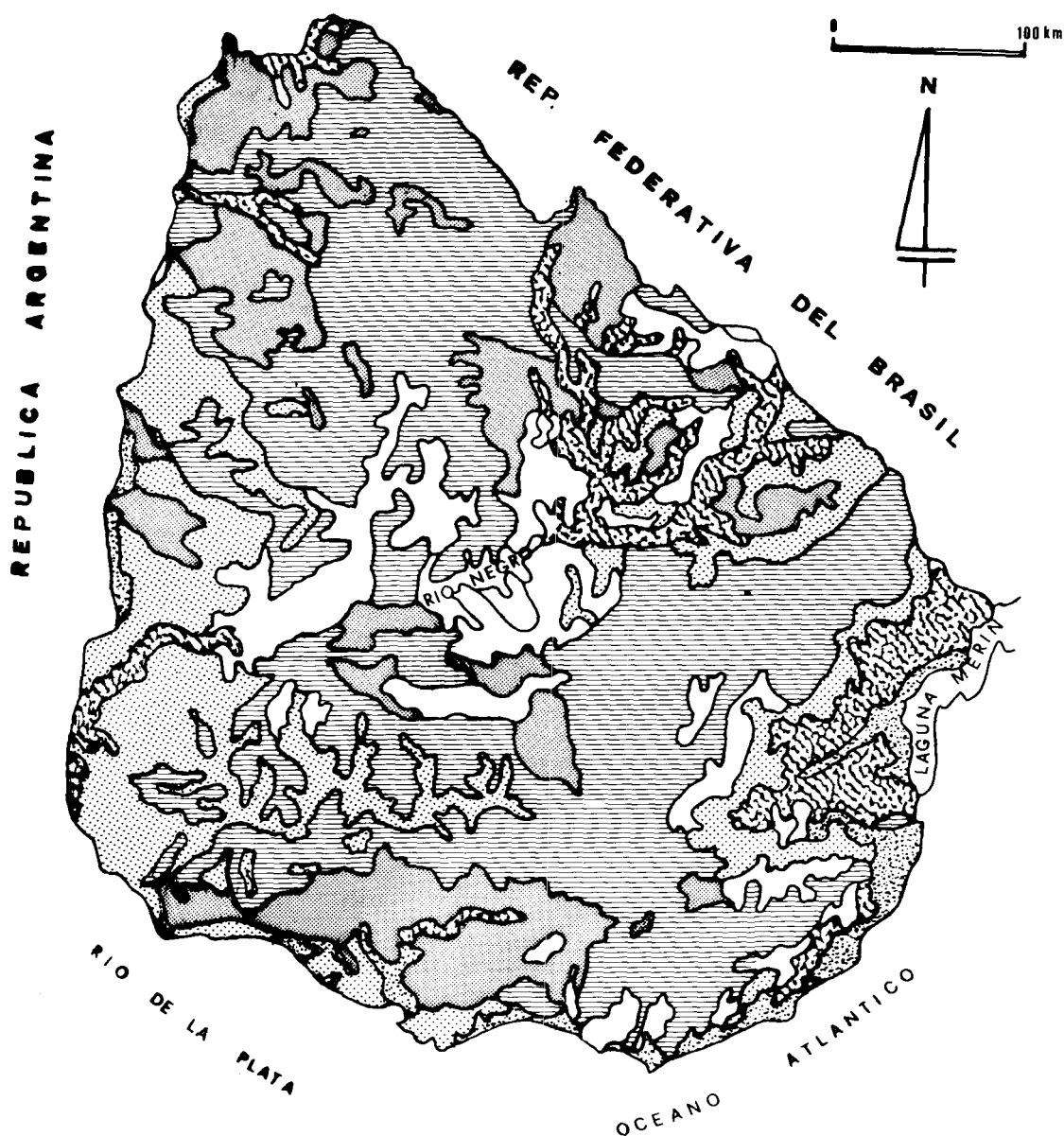
En esta categoría se agrupa a todas las tierras pertenecientes a unidades de suelo que presentan entre 50 - 75% de su superficie arable.

Las superficies significativas estarían cubriendo zonas del Norte, Sur y Noreste del país, cubriendo aproximadamente un 10% del área total del país.

Los sistemas agrícola-ganaderos permitirían aumentar considerablemente los niveles actuales de producción.



# USO POTENCIAL DE LOS SUELOS



## REFERENCIAS








-  Principalmente Agrícola.
-  Agrícola-Pastoril
-  Pastoril-Agrícola.
-  Pastoril arrozable.
-  Pastoril.
-  Forestables y/o Reserva
-  Flora y Fauna.

FIG: 2.2.-3

Fuente: Cayssials R.; Alvarez C.(1983)



#### **2.2.7.c Tierras pastoril-agrícolas**

Incluye todas las tierras pertenecientes a unidades de suelo que al menos tienen 25% de su superficie arable.

Su localización geográfica se concentra en algunas zonas del centro, Sur, Este y NE del país, ocupando aproximadamente un 10% de la superficie total del país.

La complementación ganadera-agrícola permitiría dinamizar en forma trascendente las actividades del sector.

#### **2.2.7.d. Tierras principalmente pastoriles**

Incluye todas las tierras de unidades de suelo que poseen menos del 25% de su área total arable.

Su expresión cartográfica ocupa amplias zonas del Basalto y áreas del Cristalino, abarcando aproximadamente el 41% de la superficie total del país.

Las principales limitantes de estos suelos, el escaso arraigamiento y la muy baja capacidad de retención de agua.

Las posibilidades de mejoramiento están orientadas a proteger y mejorar las pasturas naturales mediante mejoramientos del tapiz (fertilización e introducción de leguminosas) conjuntamente con técnicas de pastoreo racional (empotramientos, rotación de potreros, aguadas, etc.).

#### **2.2.7.e Pastoril-Arozables**

Agrupar a las tierras pertenecientes a unidades de suelo que por sus características morfológicas y su localización en planicies son muy aptas para el cultivo de arroz pudiéndose diseñar un sistema de producción que alterne la producción arrocería con la ganadería intensiva.

Este tipo de tierra se concentra en las planicies del Este y la Laguna Merín, así como en el sistema de terrazas de los ríos Tacuarembó, Río Negro, Uruguay, Cuareim y Santa Lucía.

Ocupan aproximadamente un 8% del total de la superficie del país.

#### **2.2.7.f Forestable y/o reserva de flora y fauna**

Agrupar a tierras de las unidades que solo tendrían suelos aptos para forestación y/o es recomendable que se destinen como zonas de reserva de la Biósfera.

Las dunas costeras junto con las áreas de bañados que integran este orden de aptitud ocuparían aproximadamente menos del 2% del total del país.

#### **2.2.8 Conclusiones**

El Uruguay posee un amplio margen de posibilidades de intensificar el aprovechamiento de su ecosistema, gracias en gran parte a la potencialidad de uso de sus suelos, hoy día subutilizados.

Ese incremento sustancial en el aprovechamiento se podrá lograr en la medida que se planifique integralmente al país en base a las cualidades y limitantes de los recursos naturales disponibles.

Una nueva dimensión y crecimientos sustancialmente mayores se podrían lograr en la producción agro-industrial si en particular se diseñara un uso más integral y racional del recurso agua, que en particular permitiera el desarrollo de cultivos agrícolas bajo riego. El aporte de las aguas subterráneas en esta perspectiva, podría ser de indudable valor.



## 2.3. SINTESIS CLIMATICA (Lic. Carlos Serrentino \*)

- 2.3.1 El Clima de una región dada representa un síntesis del comportamiento histórico aislado y global de los elementos climatológicos seleccionados para tal fin.
- 2.3.2 En contraposición a ello las situaciones meteorológicas diarias no permiten inferir mayor información que la prognosis de situaciones atmosféricas conexas en un entorno de horas luego de registradas aquellas.
- 2.3.3 Al abordar el clima del Uruguay debe entenderse claramente la causalidad del mismo como resultado de sucesivos estados de equilibrios dinámicos entre los componentes del Sistema Climático (atmósfera - biota - criosfera - océanos - vegetación - continentes) cuya interacción es permanente aún cuando —a priori— la distancia entre los mismos suponga lo contrario.
- 2.3.4 El conocimiento del comportamiento de los componentes del Sistema Climático debe ser tal que permite —en virtud de los años de información meteorológica disponibles— establecer además del estado medio, las fluctuaciones alrededor del mismo que posibilite la explicación, el control e inferencia de anomalías climáticas no esperadas estadísticamente.
- 2.3.5 El disponer de información meteorológica representativa en las escalas temporales y espaciales necesarias representa el principal desafío de la climatología. Nuestro país dispone de unos cien años de observaciones meteorológicas organizadas, llevadas a cabo por la institución oficial responsable —la actual Dirección Nacional de Meteorología— incrementándose durante tal período la densidad de estaciones meteorológicas y por ende la densidad de observaciones meteorológicas horarias.
- 2.3.6 La compleja interacción entre los componentes del Sistema Climático en nuestro país determina que los comportamientos de los diferentes elementos climatológicos (presión - temperatura - precipitación - viento - radiación solar) sea cambiante y en alguno de ellos —como el caso de la precipitación— sea fuertemente aleatorio en escalas de tiempo diarias, mensuales estacionales y de año en año.
- 2.3.7 Las recomendaciones internacionales sugieren la elaboración de estadísticas climatológicas —como las que lucen en la Tabla— con no menos de diez años de información meteorológica como extensión temporal mínima de las series de datos para el tratamiento de los elementos climatológicos con excepción de la precipitación para cuya serie se necesita disponer como mínimo de no menos de 30 años de información pluviométrica.
- 2.3.8 Los valores climatológicos que de esa manera sean obtenidos se denominan normales y caracterizan climáticamente al área donde los mismos fueron generados originalmente.
- 2.3.9 Del análisis de los mapas que han sido incorporados como anexos podríamos observar en el caso de la temperatura por un lado el efecto moderador de nuestra zona marítima y oceánica con efectos orográficos mínimos al tiempo que en la zona norte y noreste del país trasluce —como es lógico suponer un comportamiento netamente continental.
- 2.3.9.a Del mismo modo en los mapas pluviométricos puede observarse un gradual incremento en dirección S-N del agua precipitada.  
En el análisis particular de este parámetro meteorológico deben considerarse los mecanismos dinámicos atmosféricos y los transportes de masas de aire que recorren nuestro país asociados cada una de ellas con diferentes características físicas.
- 2.3.10 Aun cuando han sido identificadas determinadas variaciones entre nuestra zona costera y aquella estrictamente continental, las mismas no ameritan —cuando se trata de brindar información general acerca de nuestro clima— el establecimiento de distintas clases de clima en nuestro país.

---

\* Lic. Carlos Serrentino, Director de la Dirección de Climatología y Documentación de la Dirección Nacional de Meteorología.



2.3.10.a El Uruguay posee en líneas generales un clima templado lluvioso (Köppen  $C_{fa}$  a  $C_w$ ).

2.3.10.b Dependiendo del uso de la información climática —no obstante— se podría, acotando la escala espacial, identificar tipos climáticos más específicos.



# CARTA TERMOMETRICA NORMAL ANUAL ( Período 1951 - 1980 )

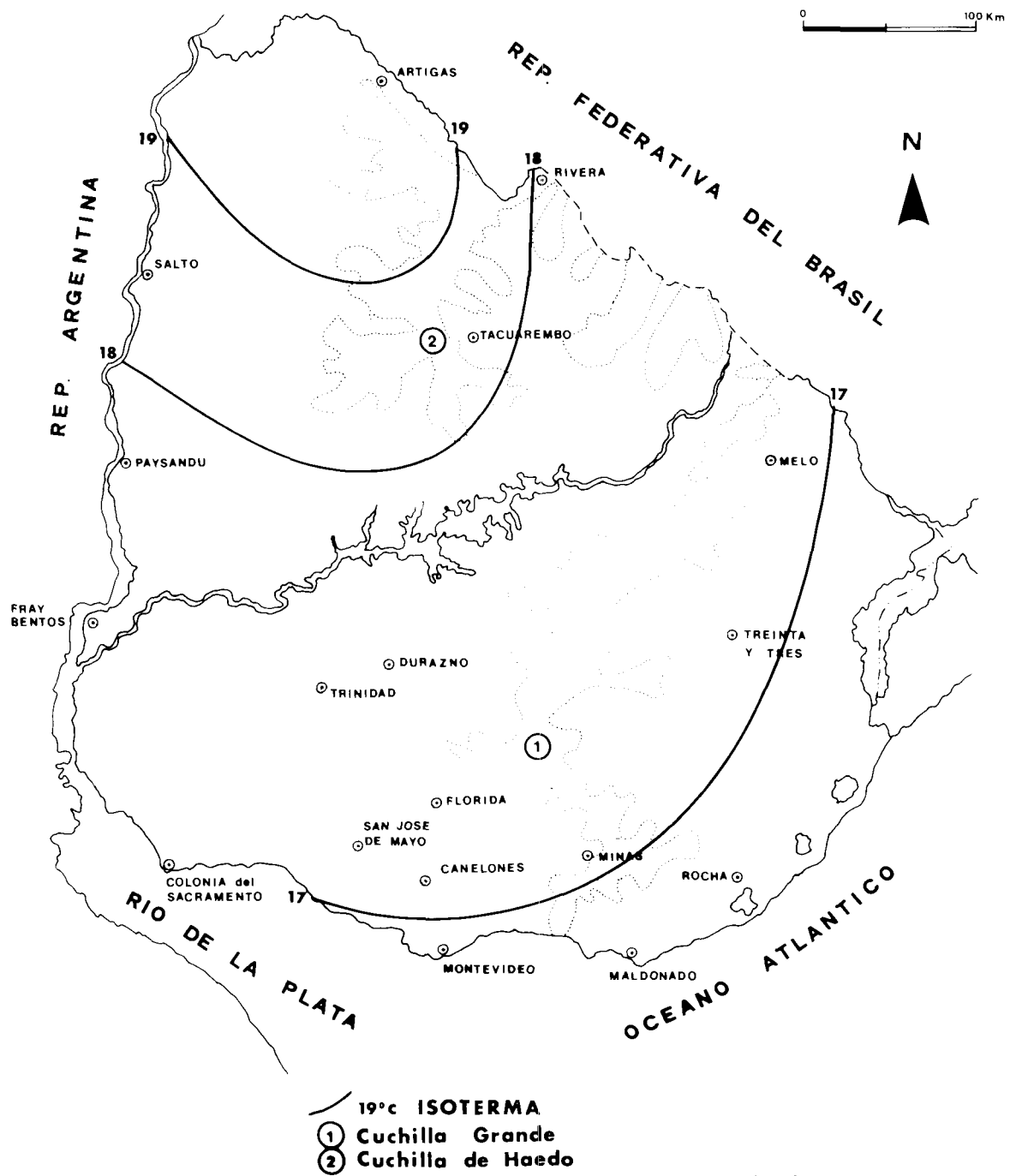


FIG. 2.3.- 1



**CARTA TERMOMETRICA NORMAL DEL  
MES DE ENERO**  
( Período 1951 - 1980 )

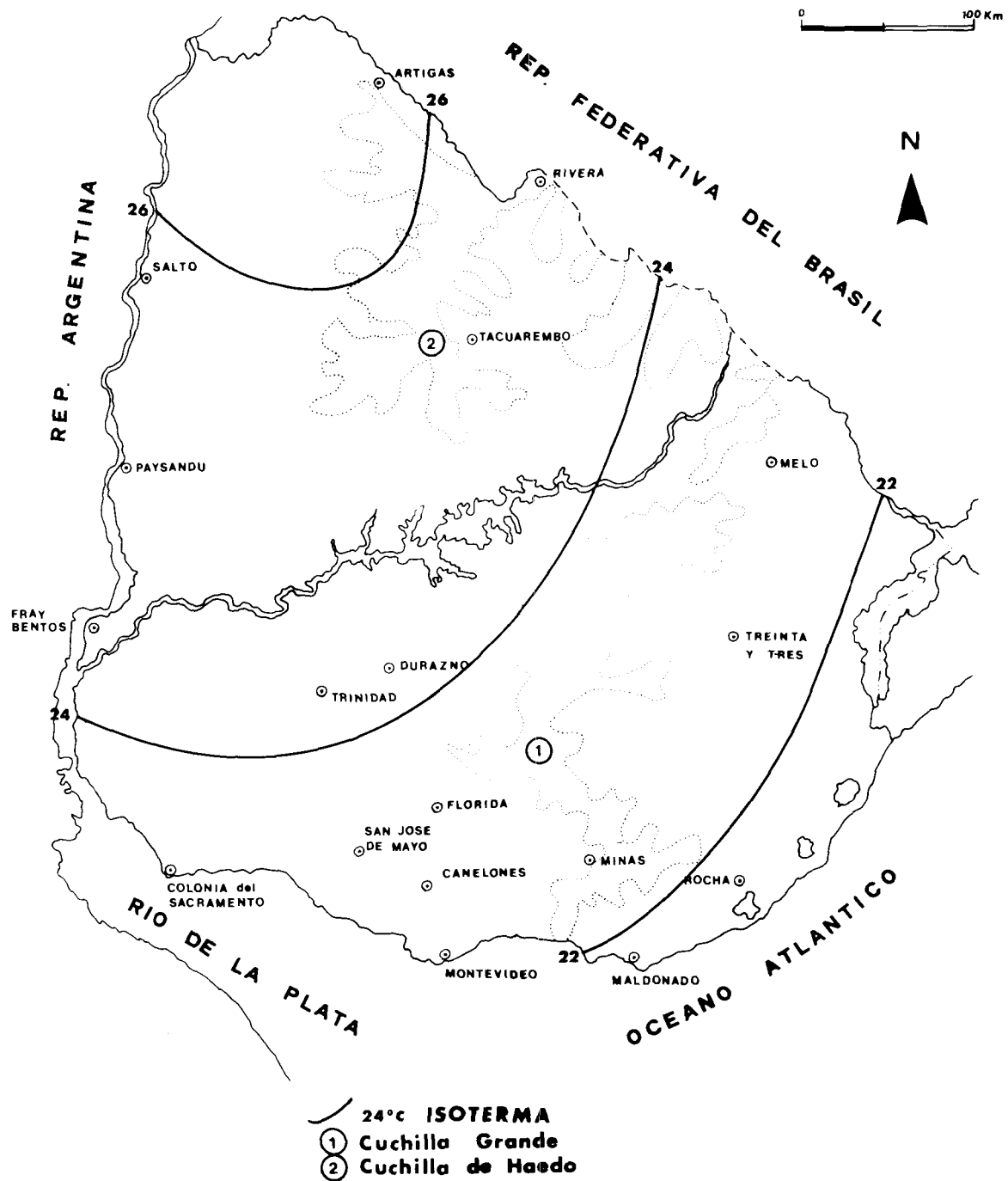


FIG. 2.3.2



# CARTA TERMOMETRICA NORMAL DEL MES DE JULIO

Período 1931-1980

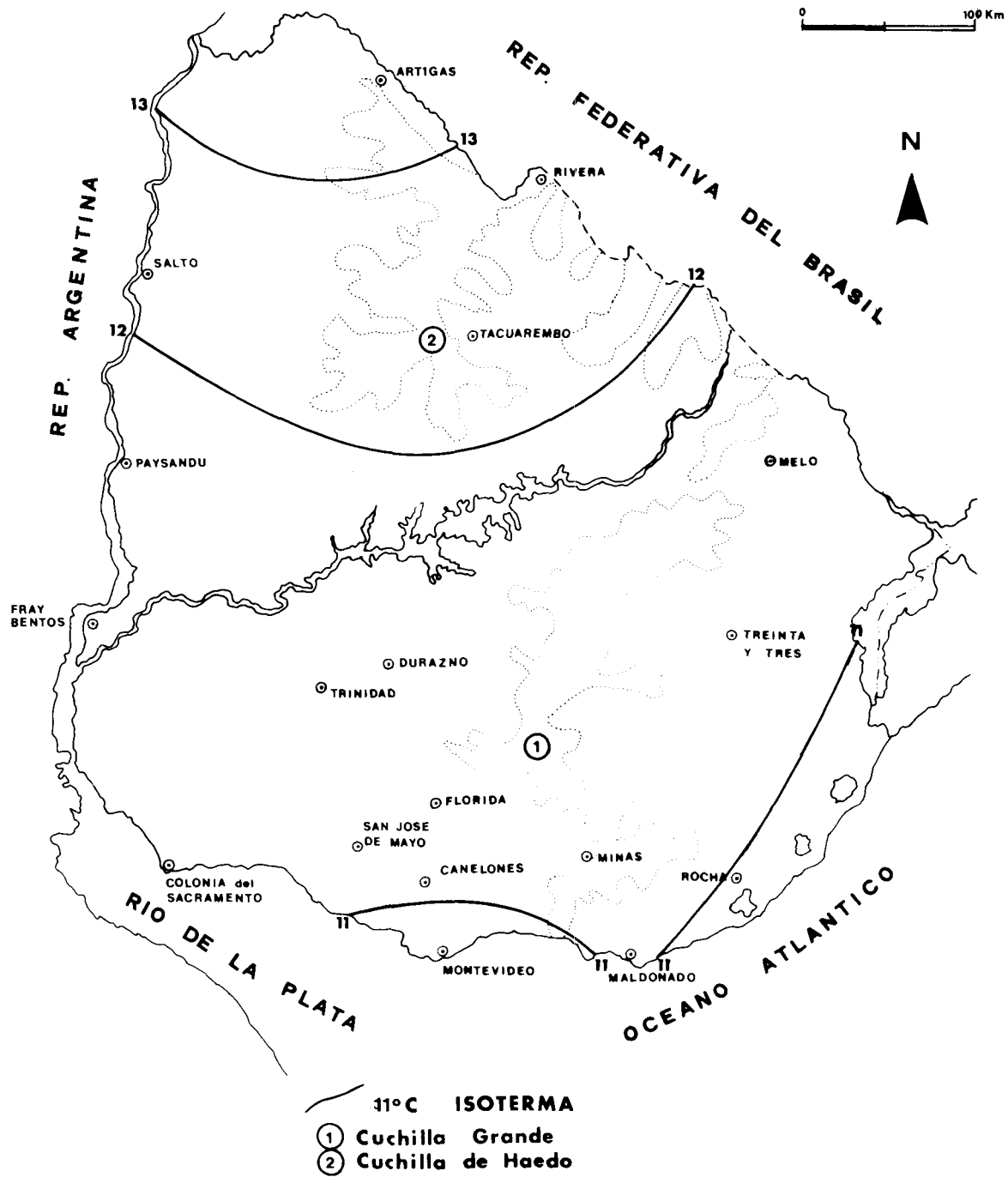


FIG. 2 3-3



# CARTA PLUVIOMETRICA NORMAL ANUAL

( Período 1951 - 1980 )

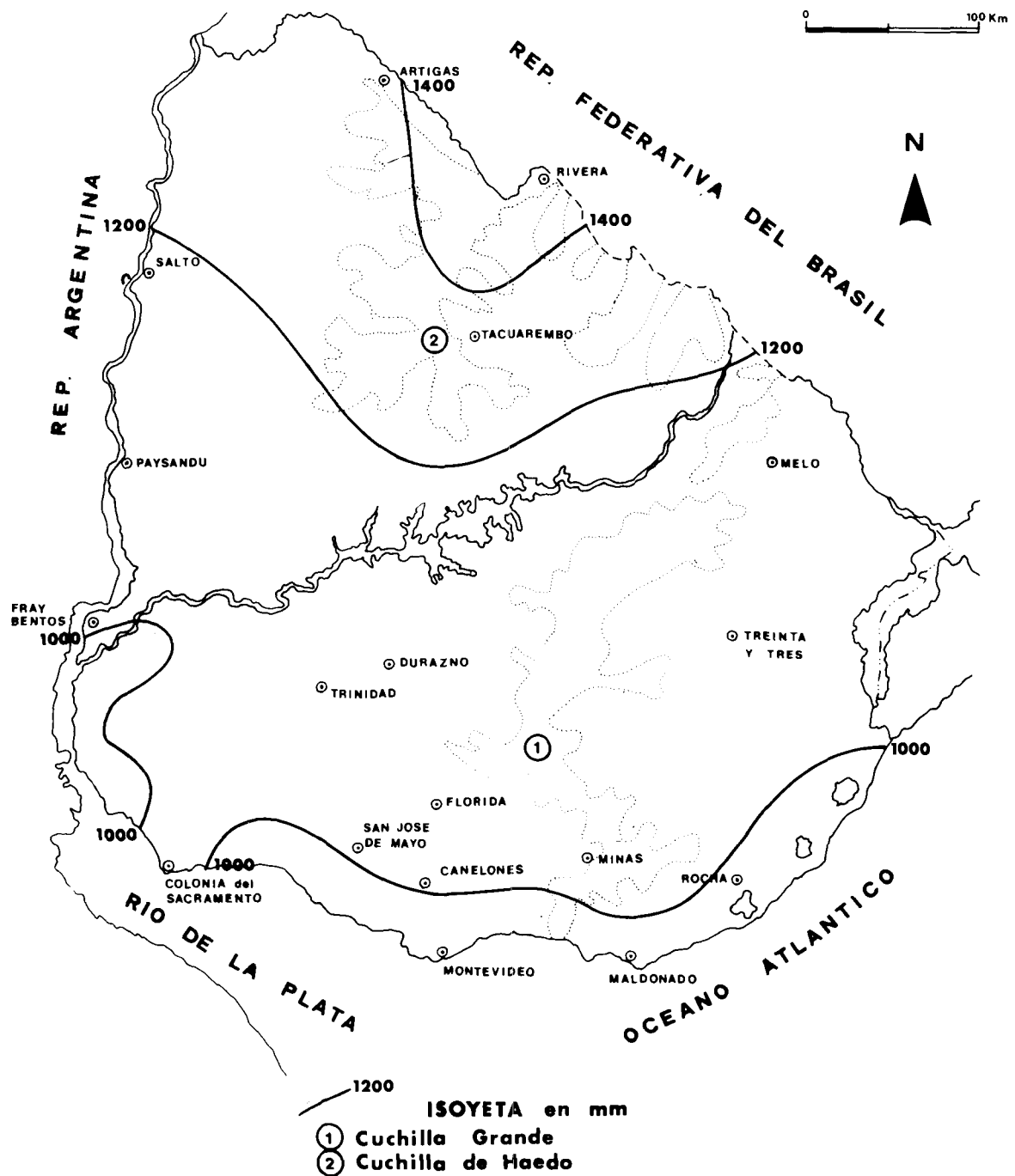


FIG 2.3-4



**CARTA PLUVIOMETRICA NORMAL**  
**MES DE ENERO**  
 ( Período 1951 - 1980 )

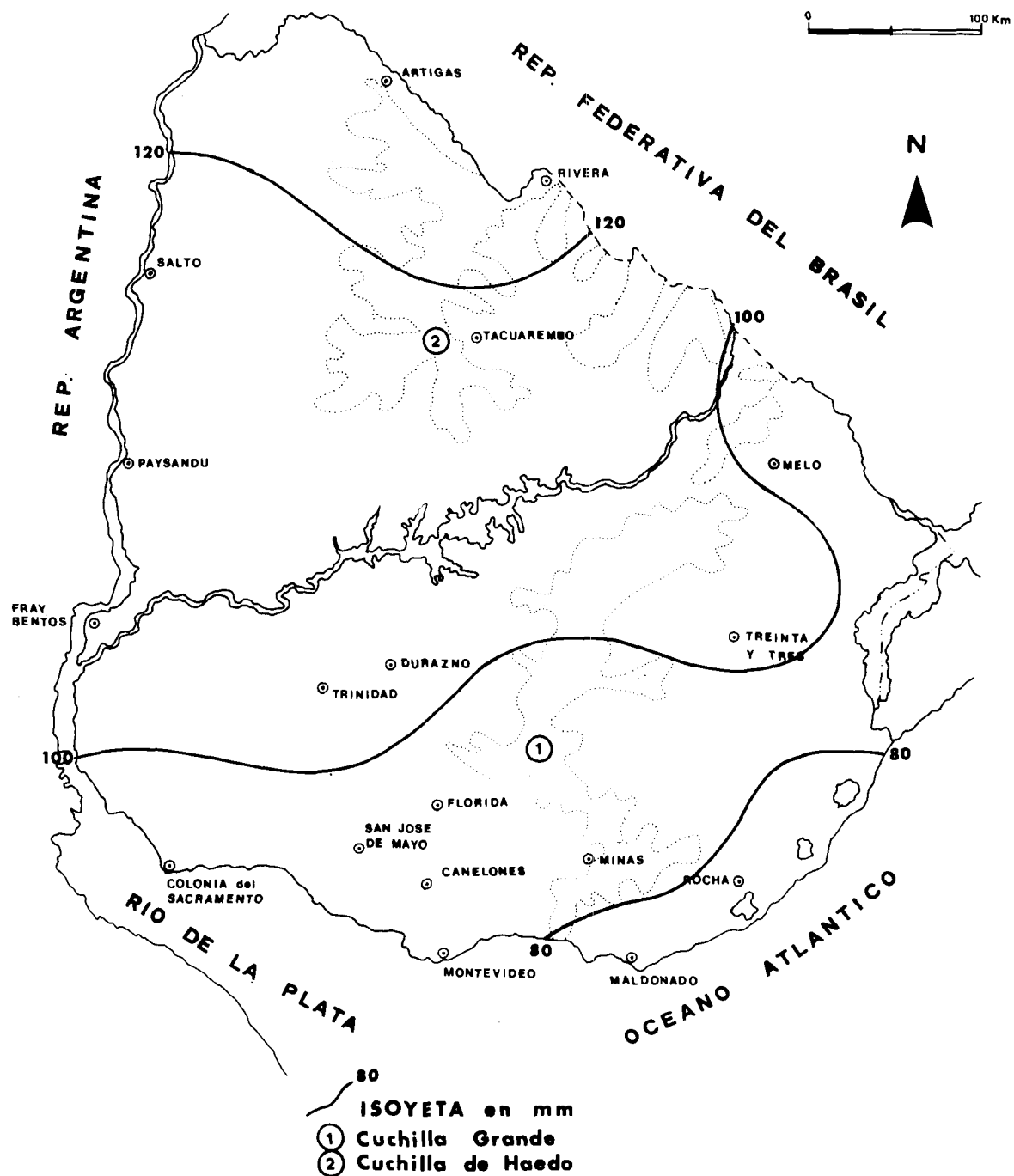


FIG 2.3-5



**CARTA PLUVIOMETRICA NORMAL DEL  
MES DE JULIO**  
(Período 1951 - 1980)

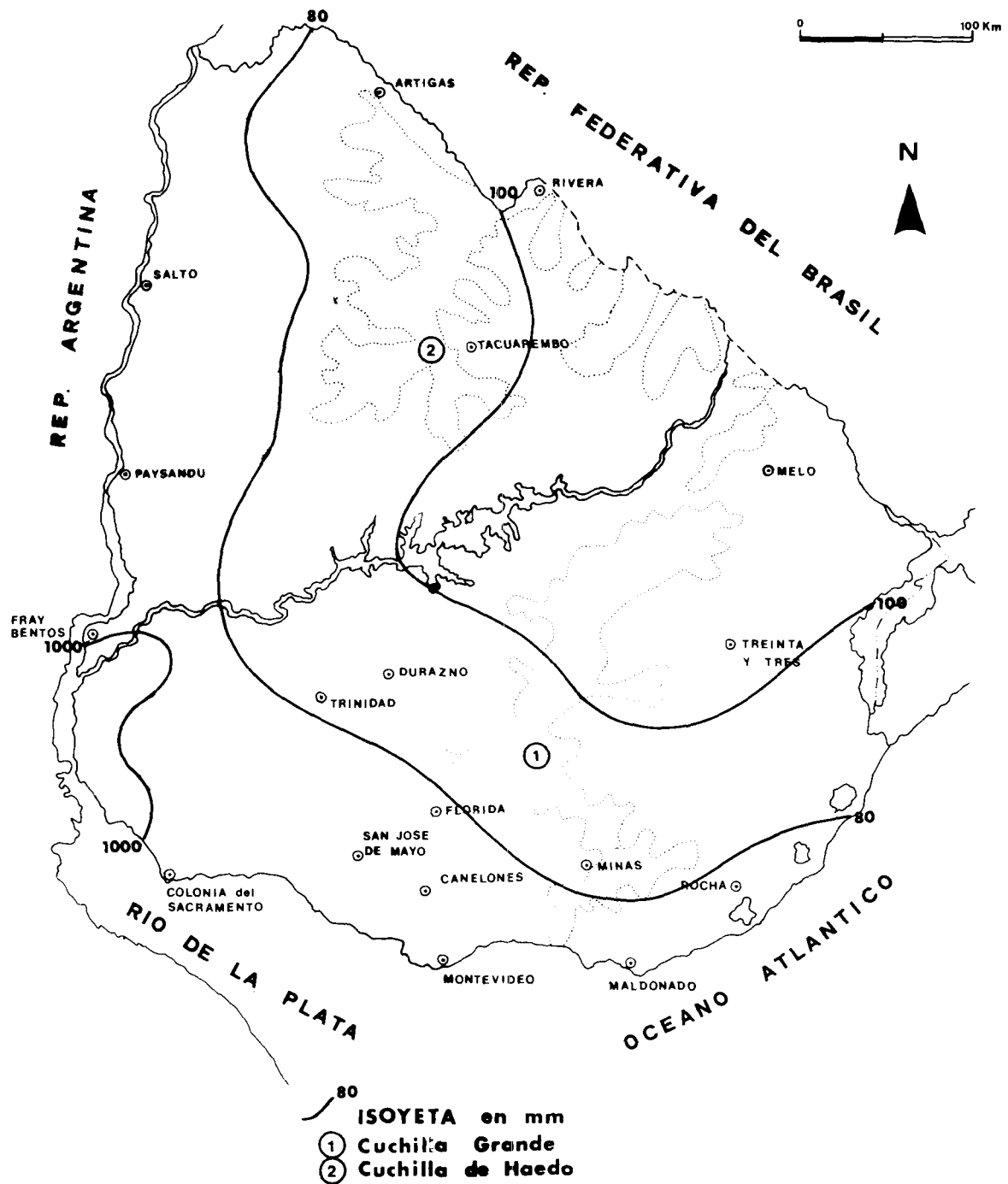


FIG 23-6



Estación Meteorológica PRADO  
 Latitud: 34°. 51' 07" S  
 Longitud: 56°. 12' 04" W  
 Altitud: 16,27 m.  
 Período: 1946-1970

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
$\bar{T}$	28.8	22.3	20.5	16.9	14.0	11.4	10.8	11.4	13.2	15.6	19.1	21.2	16.6
$\bar{P}$	758.1	759.1	760.6	762.1	763.0	763.5	764.4	763.8	763.2	762.3	760.2	759.0	761.6
$\bar{RR}$	93.9	93.9	100.4	97.9	89.9	98.3	69.9	82.2	81.8	85.2	90.5	77.0	1.060.9
$\bar{V}$	16	16	15	14.	13	14	14	15	16	16	16	17	15
dd	SE	SE	NE	NE/ENE NNW	NNE NNW	NNE	NE	NE/NNE	NE	SE	ESE	NE	NE

Estación Meteorológica ARTIGAS  
 Latitud: 30°. 23' 09" S  
 Longitud: 56°. 30' 06" W  
 Altitud: 120,88 m.  
 Período: 1946-1980

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
$\bar{T}$	26.2	25.5	23.4	18.7	15.8	13.6	13.3	14.9	16.6	18.9	22.0	24.7	19.5
$\bar{P}$	757.9	758.8	760.2	762.1	763.0	764.1	764.1	763.7	762.6	761.3	759.5	758.2	761.3
$\bar{RR}$	128.7	126.9	143.4	129.9	96.2	104.6	100.8	84.2	105.9	141.1	111.7	128.5	1.401.8
$\bar{V}$	10	11	10	10	9	9	10	11	12	12	12	11	10
dd	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
* $\bar{RS}$	460	410	378	300	226	154	213	275	316	377	464	525	342

#### Referencias:

$\bar{T}$ : Temperatura media mensual (°C)  
 $\bar{P}$ : Presión atmosférica media mensual (mm de Hg)  
 $\bar{RR}$ : precipitación media (mm)  
 $\bar{V}$ : velocidad media del viento (Km/hora)  
 dd: Dirección más frecuente del viento (rumbo)  
 $\bar{RS}$ : radiación solar global (calorías/cm<sup>2</sup> día), año 1984.



## 2.4 AGUAS SUPERFICIALES

### 2.4.1 Registros disponibles

El Ministerio de Obras Públicas toma observaciones de niveles de agua en 42 ríos o arroyos, 6 lagunas y 1 en el Océano Atlántico.

Dispone de 104 escalas, 6 registradores de nivel (mareógrafo) y 6 de presión o burbuja.

Se ha aforado en 45 estaciones, disponiéndose de hidrógrafos y curvas de permanencia en 57 sitios. De las estaciones de aforo se han obtenido curvas de gastos - altura en 45 emplazamientos.

Los primeros registros datan de 1899 (Paysandú) pudiéndose catalogar de continuos, los datos de 30 escalas y discontinuos 74.

Se puede considerar que la cobertura de información no es homogénea por cuanto la zona litoral y Norte tiene menos datos que la Sur.

### 2.4.2 Cuencas hidrográficas y regímenes de escurrimiento

El gasto específico en cuencas nacionales de superficies entre 2.000 y 8.000 Km<sup>2</sup>, oscila entre 10 y 12 lts/seg/Km<sup>2</sup>. El Río Negro en Palmar (63.000 Km<sup>2</sup> y el Río Uruguay en Salto 239.000 Km<sup>2</sup>) tienen valores de 11.5 y 12 respectivamente.

De acuerdo a ello, se estima un escurrimiento medio anual, para todo el país, de 65.000 millones de metros cúbicos, lo que permite calcular un coeficiente medio de escurrimiento de 0.35.

Las cuencas principales son:

—Laguna Merín ..... 31.120 Km<sup>2</sup>

—Río Uruguay ..... 45.970 Km<sup>2</sup> (en Uruguay)

—Río de la Plata ..... 32.210 Km<sup>2</sup>

El río interior más importante es el Río Negro que cruza el país de NW a SE y cuya cuenca en nuestro territorio abarca 68.450 Km<sup>2</sup>, un 40% de la superficie de todo el país. Los demás ríos tienen cuencas del orden de 10.000 Km<sup>2</sup>, siendo el más importante por su situación geográfica el Santa Lucía (13.150 Km<sup>2</sup>) afluente del Plata en el Sur del país y fuente de abastecimiento principal del área metropolitana. Las variaciones anuales muestran, en general, gastos de crecida en otoño e invierno y de estiaje en verano, llegando en años críticos a valores prácticamente nulos.

En general se aprecia una frecuencia de altas aguas extraordinarias de 5 al 10% y de las bajas extraordinarias entre 80% y 90%.

### 2.4.3 Calidad de las Aguas Superficiales

Casi sin excepción son aceptables para riego teniendo en cuenta sus distintas características de sanidad, y consumo doméstico con tratamiento adecuado de bajo costo.

Para la industria es preciso corregir en ciertos períodos la agresividad y en el caso de ciertas industrias es naturalmente necesario reducir color, turbiedad y contenido salino.

Durante ciertos períodos del año existen altas concentraciones de algas (especialmente MELOSIRA) en todos los ríos y lagunas del país. Este es un importante problema en el tratamiento de las aguas superficiales.

La contaminación de las aguas superficiales es reducida salvo en algunos puntos del área metropolitana (cuencas del Río Santa Lucía y Río de la Plata). En particular algunas aguas de ciertos cursos como los arroyos Pando, Carrasco y Miguelete, son de difícil tratamiento por sus características y alto grado de contaminación.

Hay un importante problema de contaminación local en la costa del Río de la Plata originado por los desagües de la ciudad de Montevideo.

#### 2.4.3.a Cuenca del Río Uruguay

Son de bajo contenido iónico, de relativamente baja dureza y alcalinidad, de color y turbiedad elevado en ocasiones.

Con excepción del color y la turbiedad, el resto de los parámetros físico-químicos son adecuados, sin transformación, en toda la gama de valores, para consumo humano y animal. Para usos en agricultura son aguas de óptima calidad, así como para abrevaderos de ganado. Su SAR es 0 y sus aguas son de clase S1C1.

Respecto a las posibilidades en la industria en gran parte del tiempo las



aguas son aptas para sistemas de enfriamiento sin necesidad de tratamiento con excepción de corrección de agresividad.

Durante ciertos períodos del año existen altas concentraciones del ALGA MELOSIRA y otras que es prevalente no solo en este río, sino en todos los demás y en las lagunas del país.

Esta alga constituye el mayor problema de tratamiento de las aguas del Río Uruguay, pero el costo de los tratamientos no es alto y el agua es en general apropiada para todo uso.

#### 2.4.3.b Cuenca del Río Negro

El agua superficial de esta cuenca es de mediano contenido iónico y óptima calidad para riego, con un SAR próximo a 1 y una dosificación S1C1. El uso en la industria papelera (existente y proyectado) requiere la reducción de color y turbiedad y también de los valores máximos de dureza.

Habitualmente el agua tiene dureza adecuada para cualquier proceso, con un contenido de magnesio de alrededor del 25 partes p.m. que no interfieren en general en los procesos de fabricación.

En cambio el calcio debe ser reducido a menos de 35 ppm como  $\text{Ca}^{++}$ .

Para la fabricación de papel el agua puede ablandarse con solamente cal hidratada no necesitándose el uso de carbonato de sodio de alto costo, pudiéndose utilizar también arcillas intercambiadoras de procedencia nacional (MONTMORILLONITICAS).

La única excepción es el control del plancton pues aquí también aparece la Melosira y la Euglena.

Para la industria siderúrgica con posibilidades de establecerse se utilizaría una gran proporción del agua para enfriamiento sin necesidad de hacer recirculación dadas las enormes posibilidades del actual lago del Río Negro.

Teniendo en cuenta que el agua puede tener en grandes periodos condiciones adecuadas de turbiedad y dureza, el tratamiento se reduciría al control de micro-organismos.

#### 2.4.3.c Cuenca del Río de la Plata

El Río Santa Lucía, el Arroyo Pando y todos los afluentes del Plata en general presentan valores relativamente altos en cloruros o salinidad, por la penetración del agua salina, que obligan a estudios zonales más detallados para su utilización con fines de riego.

Casi todas las ramas industriales del área metropolitana, en donde está el 90% de la producción nacional, consumen agua de OSE (del Río Santa Lucía). El agua promedio tratada de Montevideo tiene un contenido iónico total de 5.e e.p.m. y sus parámetros físico-químicos son adecuados para consumo humano o animal e industrial con las correcciones del caso.

El máximo de color, se produce excepcionalmente, siendo el promedio de 11 unidades, así como el del hierro cuyo promedio es de 0,2 ppm como  $\text{Fe}^{++}$ .

El uso de esta agua en calderas de alta presión y en sistemas de enfriamiento de cierto tipo es peligroso sin un tratamiento especial por su elevado contenido de sílice y dureza relativamente alta, aparte de que el promedio de oxígeno disuelto alcanza a 8,2 ppm como  $\text{O}_2$ .

Esta agua tiene normalmente índice de Langelier negativo con valor absoluto mayor a 0,5 que unido a otros índices mecánicos e hidráulicos, produce serios inconvenientes por su posible ataque a superficies metálicas.

El agua del arroyo Pando es quizá la de más difícil tratamiento en el país. Es indiscutible que el saneamiento de la cuenca aguas arriba de la ciudad de Pando está indicado pero, sin perjuicio de ello, es posible que sea necesario una coagulación cuidadosa con agregado de sulfato de alúmina, precoloración, sílice activada, algún polielectrolito, seguida de sedimentación y filtración.

Se hace notar que el alga MELOSIRA vuelve a ser prevalente especialmente en la subcuenca del Río Santa Lucía (Laguna del Bote, Florida) donde se encontró un valor de más de 43.000 unidades standard de área por m.l. siendo el "bluming" formado por Melosira y Volvok.

En la Laguna del Sauce, que abastece a Punta del Este y adyacencias, se ha encontrado ANABAENA (más de 7.000 U.S./m.l.) y MELOSIRA (más de 10.000 U.S./m.l.) lo que constituye el principal problema de tratamiento en este caso.

En el embalse del Canelón Grande cuya agua es necesaria en frecuentes ocasiones durante el verano para el abastecimiento de agua cruda a la planta de Montevideo, se encontraron cerca de 2.000 U.S./m.l. de ANACYSTIS.



#### **2.4.3.d Cuenca del Océano Atlántico**

Unicamente se poseen valores del agua cruda del arroyo San Carlos siendo de acuerdo a sus características óptimas para riego, con un SAR de 1.8 y una categoría S1C1.

Un tratamiento con coagulación, sedimentación, filtración y cloración vuelve el agua adecuada para consumo humano.

No se prevén usos industriales de importancia para esta agua, aunque con el tratamiento indicado el agua será, en frecuentes y extensos períodos adecuada para un alto número de procesos.

#### **2.4.3.e Cuenca de la Laguna Merín**

El agua del Río Olimar es SI-CI y la del Río Tacuarí SI-CII ambas aceptables para riego, aunque mejor la del primero.

Las aguas del Río Tacuarí son de más difícil tratamiento requiriendo dosis de sulfato de alúmina altas o aun rebajar la alta alcalinidad del agua cruda con ácido sulfúrico.



## **2.5. GEOLOGIA**

Tomado de la leyenda explicativa de la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000; publicada por DINAMIGE en el año 1985.

### **SINTESIS ESTRATIGRAFICA DE LA GEOLOGIA URUGUAYA**

FANEROZOICO  
CENOZOICO  
CUATERNARIO  
HOLOCENO

ACTUAL (Q) Sedimentos limo-arcillosos, arenosos, a veces conglomerádicos (aluviones y coluviones), depósitos de turbas.

Arenas fluviales, costeras y eólicas. Sedimentación mixta a predominancia continental.

FORMACION VILLA SORIANO (Qvs) Sedimentos arenosos a gravillosos, con lechos intercalados de cantos, arcillas y limos de color gris. Sedimentación mixta.

#### **PLEISTOCENO**

FORMACION DOLORES (Qd) Lodolitas y areniscas arcillosas muy finas, de colores pardos. Sedimentación continental, relacionada a fenómenos eólicos y de coluviación, con formación de flujos de barro, que se redepositan en las zonas topográficamente más bajas.

FORMACION LIBERTAD (Ql) Lodolitas, loess y fangolitas con porcentaje variable de arenas y arcillas, de color pardo a pardo rojizo. Sedimentación continental peridesértica.

FORMACION CHUY (Qch) Sedimentos arenosos, arcillo-arenosos finos a medios de color blanco amarillento a rojizo. Sedimentación marina.

FORMACION LAS ARENAS (Qla) Arenas finas y medias de selección regular, de colores blanco, amarillo y rojo. Sedimentación continental.

Arenas indiferenciadas.

TERCIARIO  
PLIOCENO

FORMACION RAIGON (Tr) Areniscas finas a conglomerádicas, mal seleccionadas, con estratificación cruzada y paralela, de color blanco amarillento. Presenta intercalaciones de arcillas verdes. Sedimentación fluvial a fluviodeltaica.

FORMACION SALTO (Ts) Areniscas finas a medias de color rojizo con intercalaciones de niveles fangolíticos y conglomerádicos. Estructura lenticular, de estratificación cruzada y/o paralela. Sedimentación fluvial.

FORMACION PASO DEL PUERTO (Tpp) Areniscas finas a conglomerádicas, mal seleccionadas, masivas, con intercalación de niveles arcillosos de colores pardos y rojizos. Sedimentación continental fluvio-torrencial.

#### **MIOCENO**

FORMACION CAMACHO (Tc) Areniscas (y arenas) finas a gruesas, mal seleccionadas, masivas y de estructura lenticular, de colores rosados a gris verdosos, con arcillas verdes y lumaquelas grises intercaladas. Sedimentación marina.

#### **OLIGOCENO**

FORMACION FRAY BENTOS (Tfb) Areniscas muy finas y loess, con porcentaje variable de arena fina, a veces muy arcillosas, masivas, de color naranja. En



la base desarrolla niveles lodolíticos, fangolíticos y brechoides. Sedimentación continental peridesértica.

### **MESOZOICO CRETACICO SUPERIOR**

FORMACION ASENCIO (KSa) Areniscas finas, bien seleccionadas, arcillosas, masivas, de colores blanco y rosado. Presenta procesos secundarios de ferrificación y silicificación, de color rojo herrumbre, con intercalaciones de calizas. Sedimentación continental desértica.

FORMACION MERCEDES (KSm) Areniscas medias a conglomerádicas, mal seleccionadas, arcillosas, con estratos silicificados, de estratificación cruzada, de colores blanco y rosado. Presenta intercalaciones de conglomerados, lutitas y calizas. Sedimentación continental fluvio torrencial.

FORMACION GUICHON (KSg) Areniscas finas a medias, bien seleccionadas, estratificación cruzada y/o paralela, de color rojizo. Excepcionalmente niveles conglomerádicos. Sedimentación continental clima árido.

Cretácico Superior Indiferenciado.

### **INFERIOR**

FORMACION MIGUES (KIm) Areniscas finas a medias, arcillosas y/o calcáreas, estratificadas, de colores rojizos. Lutitas negras y pardas e intercalaciones de niveles conglomerádicos polimícticos. Sedimentación continental de fosa tectónica.

FORMACION AREQUITA (Kla) Riolitas, dacitas y micropegmatitas, con estructura en derrame o filones.

FORMACION VALLE CHICO (Klvch) Sienitas, microsienitas y pórfidos traquíticos

CONGLOMERADO DE LA CALIFORNIA (KIlc) Brechas y conglomerados polimícticos sinbasálticos asociado a litologías limoarenosas de color pardo amarillento.

FORMACION ARAPEY (Klar) Lavas básicas del tipo basaltos toleíticos con estructura en coladas. Presenta intercalaciones de areniscas eólicas.

### **JURASICO**

FORMACION PUERTO GOMEZ (Jpg) Lavas básicas de diversas texturas, fundamentalmente derrames subacuáticos

### **JURASICO-TRIASICO**

FORMACION TACUAREMBO (JTRt) Miembro Superior: areniscas finas a medias bien seleccionadas, algo arcillosas, con estratificación cruzada de tipo eólico, de color rojizo. Sedimentación continental desértica.

Miembro inferior: areniscas finas a medias, arcillosas de colores blanco y rosado, con intercalaciones de lutitas y limolitas grises y verdes, masivas o con estratificación cruzada de bajo ángulo. Sedimentación fluvial de planicie de inundación.

### **TRIASICO**

FORMACION CUARO (TRc) Efusivas hipabisales básicas, con estructura en filones y filones capa.

Basaltos mesozoicos indiferenciados.

### **PALEOZOICO PERMICO SUPERIOR**

FORMACION YAGUARI (PSy) Miembro Superior: areniscas finas a gruesas de selección variable, con intercalaciones de niveles arcillo-arenosos, lutitas,



calizas, limolitas y conglomerados. Estratificación cruzada y paralela de colores rojo, pardo y violáceo.

Miembro inferior: Limolitas, areniscas muy finas y lutitas micáceas, de estratificación laminar paralela. Colores pardo, violáceo, gris, verde y rojizo. Sedimentación fluvio estuarina.

### **MEDIO**

FORMACION PASO AGUIAR (PMpa) Limolitas y areniscas muy finas, arcillosas, con estratificación paralela y cruzada muy fina de colores gris y verde. Sedimentación marina epicontinental.

FORMACION MANGRULLO (PMm) Limolitas, lutitas, lutitas pirobituminosas y niveles calcáreos, de estructura masiva y/o estratificada laminar, de colores gris y negro. Sedimentación marina epicontinental.

FORMACION FRAILE MUERTO (PMfm) Limolitas y areniscas finas, micáceas, finamente estratificadas de tipo entrecruzado, de colores gris a blanco grisáceo. Sedimentación marina nerítica.

PERMICO MEDIO INDIFERENCIADO (PM)

### **INFERIOR**

FORMACION TRES ISLAS (Piti) Areniscas finas a conglomerádicas, de selección regular, arcillosas, masivas, estratificación ondulante y cruzada, de color blanco amarillento. Se intercalan limolitas y lechos carbonosos. Sedimentación litoral.

### **CARBONICO PERMICO**

FORMACION SAN GREGORIO (CPsg) Limolitas, fangolitas, lutitas várnicas y tillitas, de colores variables. Se intercalan conglomerados y areniscas gravillosas de selección regular, arcillosas y masivas, de color gris y blanco amarillento. Sedimentación fluvio-torrencial y glacial.

### **DEVONICO INFERIOR**

FORMACION LA PALOMA (DIlp) Areniscas finas a medias, arcillosas, micáceas, masivas y/o con estratificación paralela fina de color violáceo. Se intercalan lechos gravillosos. Sedimentación litoral fluvial.

FORMACION CORDOBES (DIc) Areniscas muy finas y lutitas caoliníticas, micáceas, de colores gris y ocre. Se intercaban niveles fosilíferos y yeso. Sedimentación marina.

FORMACION CERREZUELO (DIce) Miembro Superior: areniscas finas y medias, arcillosas, micáceas de selección variable, masivas o con estratificación cruzada, de colores pardo y rojo. Se intercalan niveles lutíticos, gravillosos y conglomerádicos.

Miembro Inferior: Areniscas gravillosas o conglomerádicas, estratificación cruzada, de color blanco amarillento.

Se intercalan lutitas caoliníticas y areniscas muy finas. Sedimentación fluvial.

### **CAMBRO-ORDOVICICO**

FORMACION PIEDRAS DE AFILAR (EOpa) Cuarcitas, areniscas, con estratificación cruzada y marcas de onda, lutitas, pizarras, conglomerados y calizas. Ambiente de sedimentación de plataforma. Se desconoce la correlación que pueda existir entre esta formación y el Grupo Barriga Negra. En ambos casos su ubicación estratigráfica es tentativa.

### **CAMBRICO**

FORMACION SIERRA DE ANIMAS (Esa) Riolitas, riolitas porfíricas y granófiros, con estructura en derrame o filones.



## CAMBRO-PRECAMBRICO SUPERIOR MODERNO

### GRANITOIDES TARDIPOSTECTONICOS (gt)

—Leucogranitos de grano grueso, generalmente isoenomórficos a biotita y/o hornblenda.

—Leucogranitos de grano fino a medio a muscovita, de color rosado.

—Granitos de grano grueso, hornblendobiotíticos a veces heterogranulares.

—Granitos porfiroides a biotita y/o hornblenda

—Granodioritas de grano grueso, hornblendo-biotíticas.

1) Guazunabí, 2) Policlínica, 3) Yerbal, 4) Olimar Grande  
5) María Albina, 6) A°. de los Molles, 7) Treinta y Tres, 8) José P. Varela, 9) Pueblo Sauce, 10) Polanco, 11) Marmarajá, 12) Minas 13) A°. Mataojo, 14) Pan de Azúcar, 15) Aiguá, 16) Santa Teresa, 17) Ptas. Martín Soroa, 18) Garzón, 19) Cerro de las Palmas, 20) Illescas, 21) Rosell y Rius, 22) La Paz, 23) Barriga Negra, 24) Sauce, 25) Cerro Partido, 26) A°. del Soldado, 27) Campamento, 28) A°. Gutiérrez.

### GRUPO BARRIGA NEGRA

—Conglomerados de granulometrías variables.

—Calizas, siltitos, siltitos calcáreos, con intercalaciones de niveles de arenisca.

—Areniscas, arcosas, cuarcitas e intercalaciones de niveles conglomerádicos.

### PROTEROZOICO PRECAMBRICO SUPERIOR MODERNO

FORMACION SIERRA BALLENA ( $\in P \in sb$ ) Esencialmente constituida por cataclasitas de naturaleza variada.

### GRUPO LAVALLEJA - ROCHA ( $\in P \in Air$ )

Secuencia volcano sedimentaria: filitas sericíticas, cloritosas, cuarzosas y grafitosas. Cuarcitas, calizas, dolomitas, metaareniscas, metaconglomerados. Metavulcanitos básicos e intermedios (**predominantemente**) y metavulcanitos ácidos.

Secuencia de metamorfismo medio: esquistos cuarzo feldespáticos y anfibólicos, leptinitas, micaesquistos, neises y mármoles.

FORMACION PASO DEL DRAGON ( $\in P \in A \in pd$ ): Secuencia metamorfismo medio integrada por: micaesquistos, anfibolitas y esquistos de naturaleza variada.

### COMPLEJO NEISICO MIGMATITICO ( $\in p \in A$ )

—Ortoneises ácidos y básicos, neises **cuarzo feldespáticos y anfibólicos**, anfibolitas, leptinitas y esquistos de **naturaleza variada**.

—Rocas relacionadas espacial y/o genéticamente a granitos metamórficos: migmatitas oftalmíticas, cinteadas, granuladas y anatexitas. Las migmatitas suelen intercalarse con ortonaises y granitos.

GRANITOS SINTECTONICOS (E INDIFERENCIADOS) Granitos heterogranulares, gruesos, porfiroblásticos, de texturas variadas. Pueden desarrollar mineralogías más básicas. Metagranitos y granitos orientados.

### MEDIO

### GRANITOIDES TARDIPOSTECTONICOS (GT)

—Lucogranitos de grano medio a grueso, isoxenomórficos a biotita y/o hornblenda.

—Granitos de grano grueso a porfiroides biotíticos y/o a dos micas.

—Granitos de grano fino a biotita.

—Granodioritas de textura **granuda**, hornblendo-biotíticas.

—Microgranodioritas biotíticas.

Dioritas de grano medio a grueso.

1) Co. de las Cuentas, II) Arévalo, III) Cerrezuelo, IV) Isla Mala, V) A°. de la Virgen, VI) Tía Josefa, VII) Co. San José, VIII) Co. Albornoz, IX) Mahoma, X) Mal Abrigo, XI) Cufre, XII) Pichinango, XIII) A°. Navarro, XIV) A°. Colla, XV), Cda.



Algarín, XVI) A°. de las Conchas, XVII) A°. Ptas. del A°. San Juan, XVIII) Río San Salvador, IXI) A°. Miguelete, XX) A°. Marincho, XXI), A°. Malo, XXII) Carpintería, XXIII) A°. Grande, XXIV) A°. Minero, XXV) Las Flores, XXVI) Amarillo, XXVII) Vichadero, XXVIII) Co. Chato.

FORMACIONES PASO SEVERINO-CERRO DE SAN JUAN ( $p \in C$ ) Rocas de muy bajo metamorfismo: pizarras, filitas, cuarcitas, metaarcosas, metalavas ácidas y básicas. Excepcionalmente calizas, dolomitas y talco esquistos.

FORMACION ARROYO GRANDE ( $p \in C$ ) Cuarcitas, cuarcitas feldespáticas, muscovíticas y metaconglomerados. Metalavas básicas y anfibolitas. Excepcionalmente cloritoesquistos.

FORMACION SAN JOSE ( $p \in C$ ) Micaesquistos a estaurolitagránate, neises granatíferos, cuarcitas, leptinitas, metalavas ácidas y básicas y anfibolitas.

FORMACION MONTEVIDEO ( $p \in C$ ) Neises oligoclásicos, anfibolitas, micaesquistos y cuarcitas micáceas.

FORMACION VALENTINES ( $p \in C$ ) Neises oligoclásicos, cuarcitas magnetito-anfibólicas, anfibolitas, piroxenitas y migmatitas. Se intercalan granitos.

FORMACION PAVAS ( $p \in C$ ) Anfibolitas de grano fino a medio, neises anfibólicos y graníticos. Cloritoesquistos y micaesquistos e intercalaciones graníticas.

COMPLEJO BASAL ( $p \in C$ ) Neises muscovíticos y/o biotíticos, neises anfibólicos y anfibolitas. Ortoneises ácidos y básicos, cuarcitas, leptinitas y esquistos. Migmatitas de texturas variadas predominando las oftalmíticas y granudas. Frecuente intercalación de rocas graníticas. Metamorfitos profundos (granulitas).

GRANITOS INDIFERENCIADOS ( $p \in C$ ) Granitos calco alcalinos de grano medio a porfiroide, generalmente hornblendo-biotíticos; leucogranitos de grano medio a grueso; granodioritas hornblendo-biotíticas; metagranitos y granitos orientados.

Rocas Metamórficas de bajo grado (Rivera) ( $p \in C$ )

Ectinitas indiferenciadas. (Zócalo de la Isla Cristalina de Rivera) ( $p \in C$ )







### **3. CONTENIDO DEL MAPA: HIDROGEOLOGIA**

#### **3.1 PROVINCIAS HIDROGEOLOGICAS**

Nuestro país en la división de provincias hidrogeológicas del continente, aprobada en la segunda reunión de coordinación para la elaboración del Mapa Hidrogeológico de América del Sur, se encuentra formando parte de la Provincia Hidrogeológica del Paraná, del Escudo Meridional y de la Provincia Costera.

Esta última está integrada fundamentalmente por dos cuencas pericratónicas: la del Río Santa Lucía y la de la Laguna Merín; además de los sedimentos costeros propiamente dichos.

La provincia del Escudo Meridional está integrada por el zócalo de edad Cambro-Proterozoica, que cubre las regiones centro-sur, centro-este y sureste del territorio nacional.

Finalmente, la provincia hidrogeológica del Paraná es el apéndice sur-oriental de la cuenca del Río Paraná. Dentro de esta área en la zona norte emergen el zócalo cristalino de Cuñapirú-Vichadero y el de Aceguá (Preciozzi et al. 1985) en un entorno de rocas sedimentarias y, hacia el oeste, basaltos.

Como se expresa en el ítem. 3.2 y a los efectos de una mejor organización del esquema hidrogeológico del país, se adoptó el criterio de separación en unidades hidrogeológicas.



# MAPA DE PROVINCIAS HIDROGEOLOGICAS

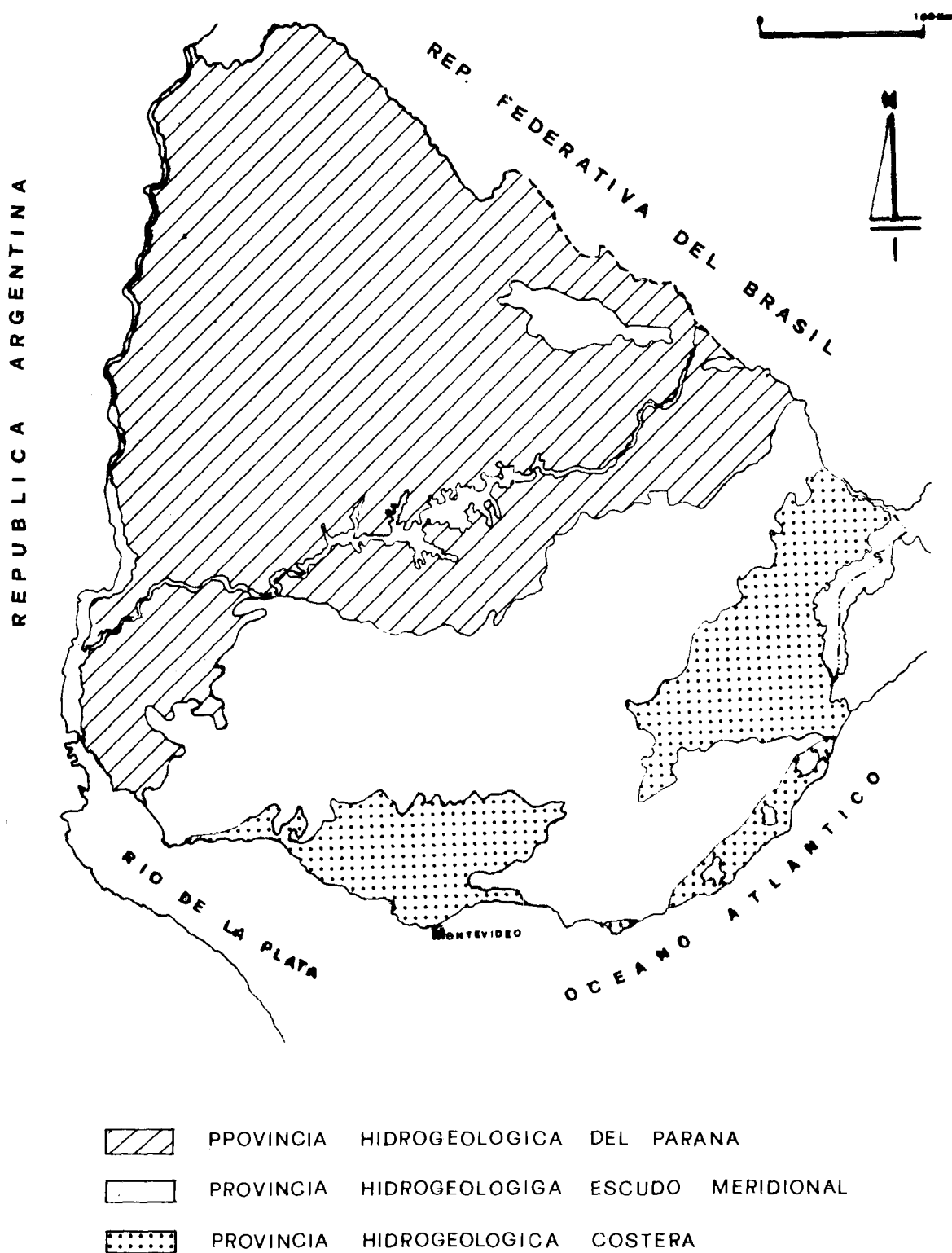


FIG. 3.1-1



### 3.2 LEYENDA DEL MAPA Y DESCRIPCION GENERAL DE LAS DIFERENTES UNIDADES ACUIFERAS CONSIDERADAS

En un intento de síntesis que se adaptara a la escala del mapa, se efectuaron las separaciones hidrogeológicas con carácter preliminar. Estas separaciones deberán, sin duda, ser ajustadas en la próxima publicación de la Carta Hidrogeológica a escala 1:500.000 que tenemos planteada como objetivo.

El nivel actual de nuestros conocimientos hizo que se aplicaran criterios flexibles de clasificación de unidades acuíferas, en las que se han manejado simultáneamente o alternativamente parámetros litológicos e hidrodinámicos.

Concientes de las dificultades que significan la realización de una Carta Hidrogeológica por primera vez en el país, pero seguros de su importancia, a través de este esfuerzo de síntesis se agrupan todos los conocimientos acumulados en el país sobre hidrogeología. Sometemos este trabajo a la crítica de los interesados en el tema.

Enumeramos seguidamente cada una de las categorías en general, efectuando un breve estudio de cada una de las unidades hidrogeológicas que consideramos más importantes.

#### A. EN ROCAS POROSAS CON IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA GRANDE A PEQUEÑA

**Unidades Geológicas:** Cuaternario (Q); Villa Soriano (Qvs); Chuy (Qch); Las Arenas (Qla); sedimentos marinos costeros con intercalaciones de sedimentos continentales (Qsmcc).

—Acuíferos continuos de extensión local a semirregional, libres y semilibres. Constituidos por sedimentos arenosos de finos a conglomerádicos, no consolidados. Permeabilidad variable. Calidad química del agua generalmente buena, a excepción de los Qsmcc. Pozos poco profundos (menores a 35 m.) excepto en los SMCC que pueden superar los 50 m.

De este primer grupo tomaremos algunos aspectos característicos de la más importante de ellas que es la Unidad Chuy (Qch).

Sus estratos más destacados por su rendimiento hidrogeológico se ubican en zona sureste del país (costa Atlántica). No son conocidas las isopacas de la formación, cuya potencia máxima conocida a través del estudio de perforaciones es de 52 metros.

En la figura N° 3.2.-1 damos el detalle de una perforación promedio, así como aspectos constructivos de la misma realizada en esta unidad hidrogeológica.

En el cuadro N° 3.2-1 se exponen los resultados del análisis físico-químico de dicha perforación.

En la figura N° 3.2.-2 se puede ver la clasificación de aptitud de aguas para riego, que resultan de los análisis físico-químicos de siete perforaciones realizadas en la mencionada Unidad Hidrogeológica, tres de ellas correspondientes a la ciudad de Río Branco y cuatro realizadas en la ciudad de Chuy.

Los puntos 1,2,3, y 4 corresponden a cuatro muestras tomadas en las perforaciones N° 663, 1243, 1296 y 1338 (en todos los casos nos referimos al N° de orden de perforaciones en DINAMIGE) respectivamente de la ciudad de Chuy. Mientras que los puntos 5,6, y 7 corresponden a análisis de perforaciones de la misma Unidad Hidrogeológica Chuy, pero tomadas de las perforaciones N° 1310/1 a 3 respectivamente de la ciudad de Río Branco.

Como conclusión primaria de los resultados obtenidos a través del diagrama de clasificación de aguas para riego tenemos que: las muestras 1,2,3,4 y 6 dan un peligro de salinización del suelo medio y el peligro de alcalinización del suelo bajo (C2-S1).

En tanto que para la muestra 5 el peligro de salinización del suelo es bajo y el de alcalinización del suelo también es bajo (C1-S1).

La muestra N° 7 nos da un peligro de salinización del suelo medio, y el peligro de alcalinización del suelo es medio también (C2-S2).

Esto demuestra que en general son aguas aptas para riego.



DEPARTAMENTO: **ROCHA** LOCALIDAD: **Chuy**

PERFIL DE LA PERFORACION N° 1238

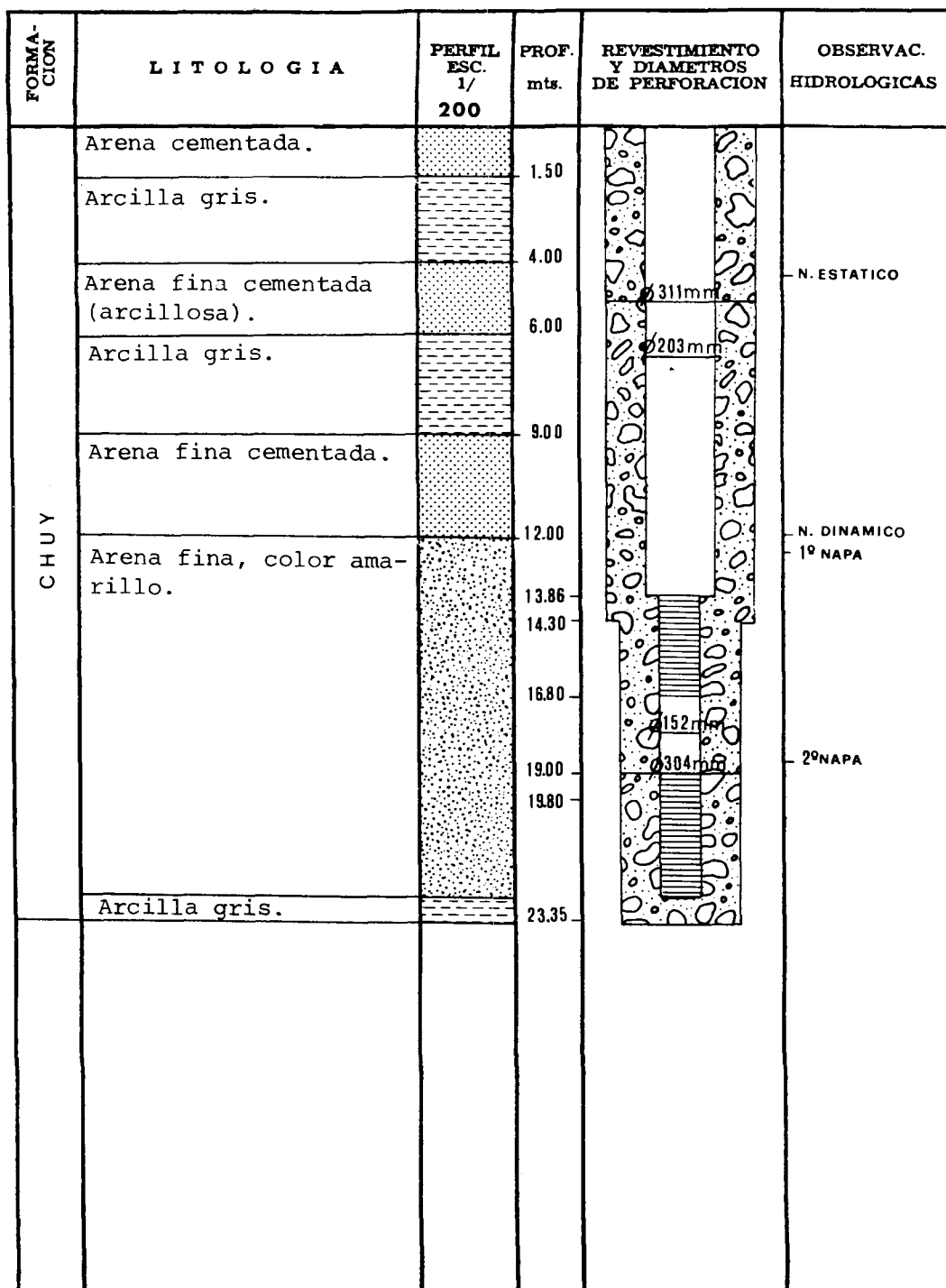


FIG. 3.2.-1



# ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA

Perforación: N° 1338

Ubicación: Ciudad de Chuy, Dpto. de Rocha

Aspecto Límpida  
 Color Incolora  
 Olor Inodora

pH. 7.14  
 Cond. espec. 590 umhos/cm

		MILIGRAMOS POR LITRO
ALCALINIDAD	(fenolftaleína) en $\text{Ca CO}_3$	0.00
	(heliantina) " $\text{Ca CO}_3$	93,8
CLORUROS	" $\text{Cl}^-$	96.0
	total " $\text{Ca CO}_3$	89.2
DUREZA	permanente " $\text{Ca CO}_3$	66.0
	temporaria " $\text{Ca CO}_3$	23.2
FLUORUROS	$\text{F}^-$	1.23
NITRATOS	" $\text{NO}_3^-$	0.79
NITRITOS	" $\text{NO}_2^-$	0.00
NITROGENO	amoniacal " $\text{NH}_4^+$	0.05
	alubinoideo " $\text{NH}_4^+$	0.15
OXIGENO CONSUMIDO	" O	1.21
SULFATOS	" $\text{SO}_4^{--}$	64.9

			MILIGRAMOS POR LITRO
RESIDUO SECO a 180° C			340
SILICE	en	en $\text{SiO}_2$	24.0
HIERRO	"	" $\text{Fe}^{+++}$	0.24
ALUMINIO	"	" $\text{Al}^{+++}$	0.00
CALCIO	"	" $\text{Ca}^{++}$	20.20
MAGNESIO	"	" $\text{Mg}^{++}$	38.8
MANGANESO	"	" $\text{Mn}^{++}$	0.00
POTASIO	"	" $\text{K}^+$	6.00
SODIO	"	" $\text{Na}^+$	78.0
BORO	"	" $\text{B}^{+++}$	-
OXIGENO DISUELTO	"	" O	-
ANH. CARBONICO LIBRE	"	" $\text{CO}_2$	-
TURBIDEZ	"	" $\text{SiO}_2$	-

Cuadro 3.2-1



# DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO

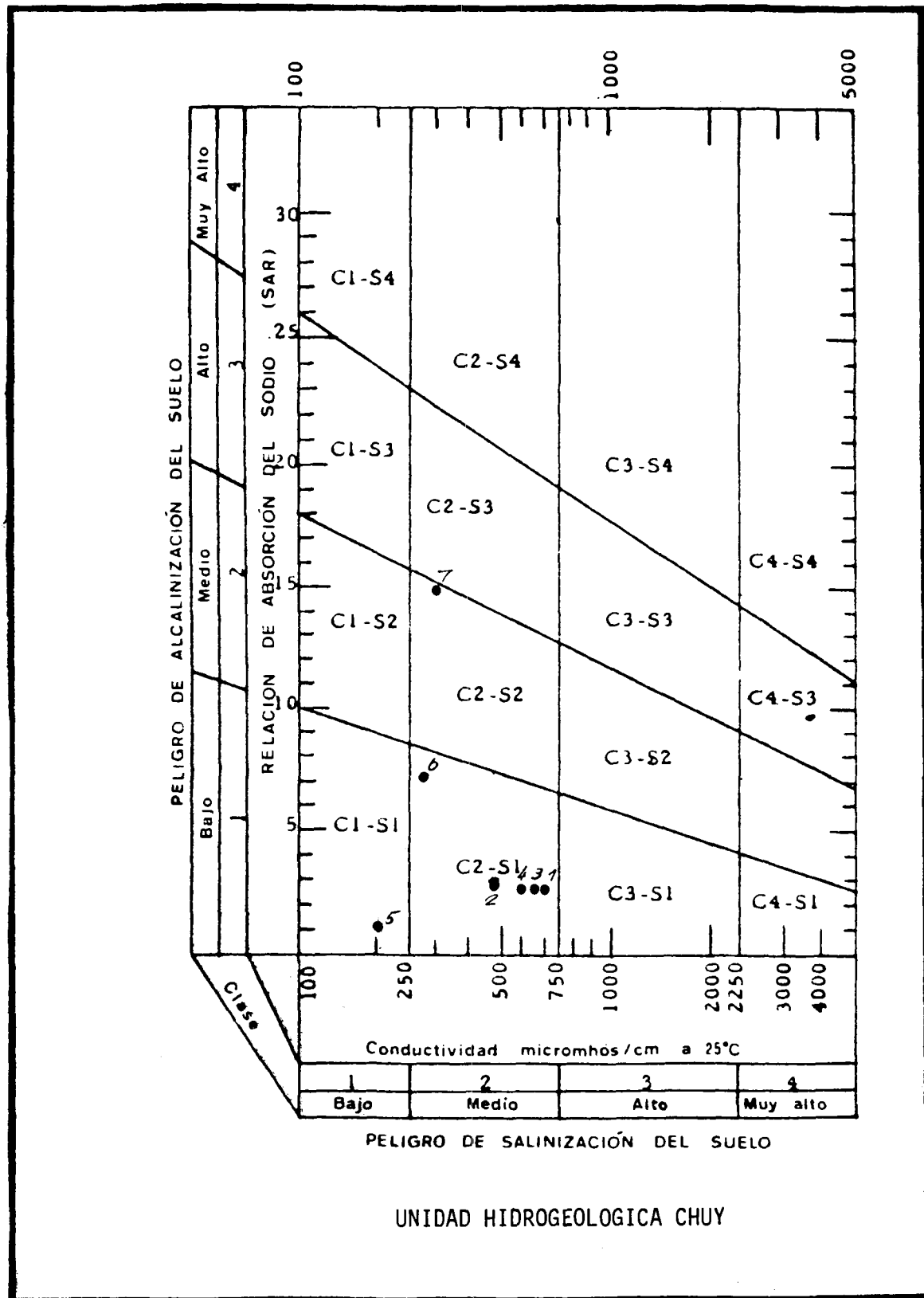


Fig.3.2.-2



**Unidades geológicas:** Raigón (Tr); Salto (Ts); Puerto (Tpp); Camacho (Tc).

—Acuíferos continuos, de extensión variable, generalmente libres y semi-confinados. Constituidos por sedimentos arenosos de finos a conglomerados, generalmente no consolidados. Permeabilidad variable. Calidad química del agua buena. Pozos poco profundos (menos de 50 m.)

De esta Unidad Hidrogeológica tomaremos los aspectos más característicos de las Formaciones Raigón (Tr) y Salto (Ts) por considerarlas las más importantes del grupo.

### **RAIGON**

Esta Unidad se ubica en la zona sur del país, donde sus estratos más potentes tienen por límite Norte el basamento cristalino, al E el Río Santa Lucía Grande, al W el Arroyo Luis Pereira y el límite Sur es el Río de la Plata.

La potencia máxima encontrada de esta unidad ha sido en la localidad de Libertad en el Dpto. de San José, con 45 m. de espesor en la perforación N° 261.

En la figura N° 3.2.-3 se detalla una perforación promedio, así como aspectos constructivos de la misma, realizados en la Unidad Hidrogeológica en estudio.

En el cuadro N° 3.2-2 se exponen los resultados del análisis físico-químico de dicha perforación.

En la figura N° 3.2-4 se pueden ver seis análisis de diferentes pozos los cuales dan SAR promedio de 3,28, con un máximo de 5,78 y el mínimo en 0,19.

Se trata de aguas con medio a alto peligro de salinización del suelo y bajo riesgo de alcalinización del mismo. En general aguas aptas para riego pero, donde debe existir control de salinidad del suelo y a su vez drenaje adecuado (C2-S1 y C3-S1).

Parámetros hidrodinámicos hallados para este acuífero han dado valores promedio de 264 m<sup>2</sup>/día transmisividad y coeficiente de almacenamiento de  $6,5 \times 10^{-3}$  respectivamente.

Caudales específicos calculados para esta unidad han dado valores de 6,00 m<sup>3</sup>/h/m; estimándose en general superior 4 m<sup>3</sup>/h/m. Los pozos promedio explotados erogarán caudales de 15 m<sup>3</sup>/h.

### **SALTO**

Dentro de este grupo también tiene importancia la Unidad Acuífera Salto, fundamentalmente en la ciudad del mismo nombre y sus alrededores, ya que la potencia máxima del acuífero se da precisamente en esta área con alrededor de 25 metros.

Del estudio de cuatro análisis químicos, y luego de realizar el SAR, así como el diagrama de clasificación de aguas para riego tenemos: valor de SAR 0,3; aguas con riesgos medio de salinización del suelo y bajo riesgo de alcalinización del mismo (C2-S1 y C1-S1) según se puede apreciar en la figura N° 3.2-5.



DEPARTAMENTO: **SAN JOSE**LOCALIDAD: **Libertad**

## PERFIL DE LA PERFORACION N° 1331/2

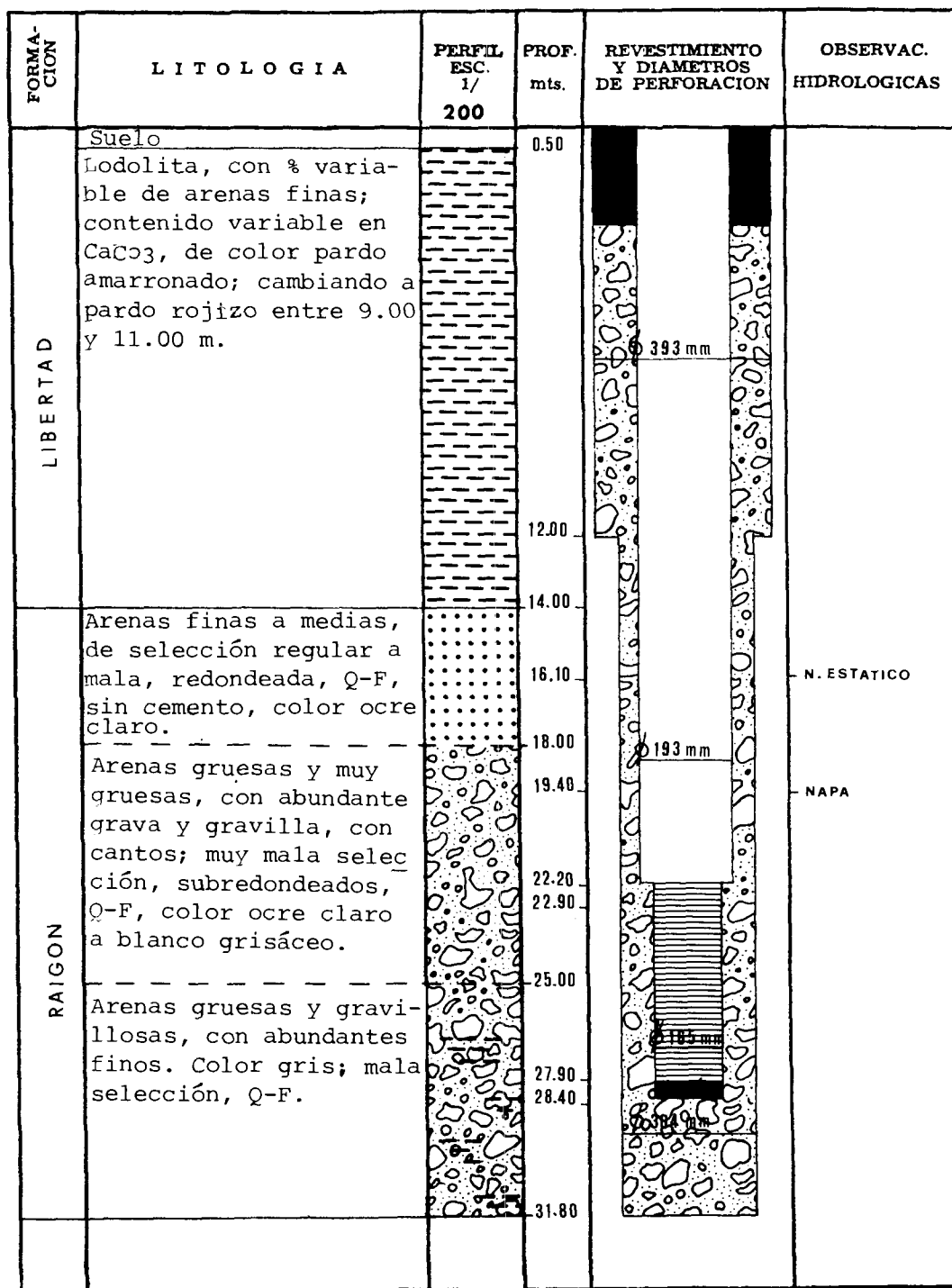


FIG 3.2 -3



# ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA

Perforación: N° 1331/2

Ubicación: Proximidades de Localidad de Libertad

Aspecto Límpido

pH. 7.49

Color Incolora

Cond. espec. 750 umhos/cm

Olor Inodora

		MILIGRAMOS POR LITRO
	(fenolftaleína) en $\text{Ca CO}_3$	0.00
ALCALINIDAD	(heliantina) " $\text{Ca CO}_3$	275
	" $\text{Cl}^-$	165
CLORUROS	total " $\text{Ca CO}_3$	228
	permanente " $\text{Ca CO}_3$	51
DUREZA	temporaria " $\text{Ca CO}_3$	177
	$\text{F}^-$	0.10
FLUORUROS	" $\text{NO}_3^-$	2.40
NITRATOS	" $\text{NO}_2^-$	-
NITRITOS	amoniacal " $\text{NH}_4^+$	0.00
NITROGENO	alubinoideo " $\text{NH}_4^+$	0.068
	" $\text{O}$	2.64
OXIGENO CONSUMIDO	" $\text{SO}_4^{=}$	8.97
SULFATOS		

RESIDUO SECO a 180° C

		MILIGRAMOS POR LITRO
		760
SILICE	en en $\text{SiO}_2$	25
HIERRO	" " $\text{Fe}^{+++}$	0.00
ALUMINIO	" " $\text{Al}^{+++}$	0.00
CALCIO	" " $\text{Ca}^{++}$	38.8
MAGNESIO	" " $\text{Mg}^{++}$	31.8
MANGANESO	" " $\text{Mn}^{++}$	0.00
POTASIO	" " $\text{K}^+$	2.9
SODIO	" " $\text{Na}^+$	200
BORO	" " $\text{B}^{+++}$	-
OXIGENO DISUELTO	" " $\text{O}$	-
ANH. CARBONICO LIBRE	" " $\text{CO}_2$	-
TURBIDEZ	" " $\text{SiO}_2$	-

Cuadro 3.2-2



# DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO

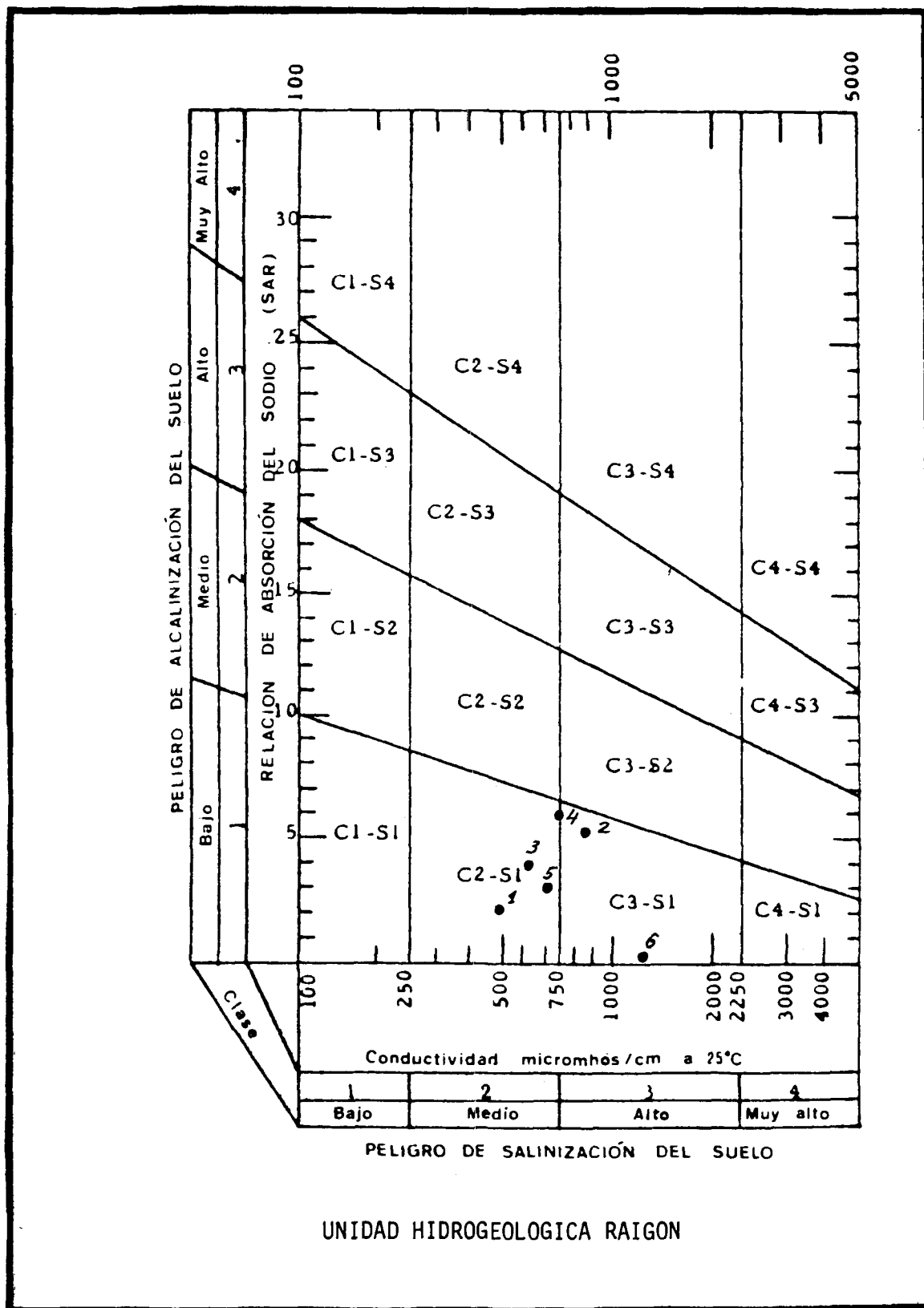


Fig.3.2.-4



# DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO

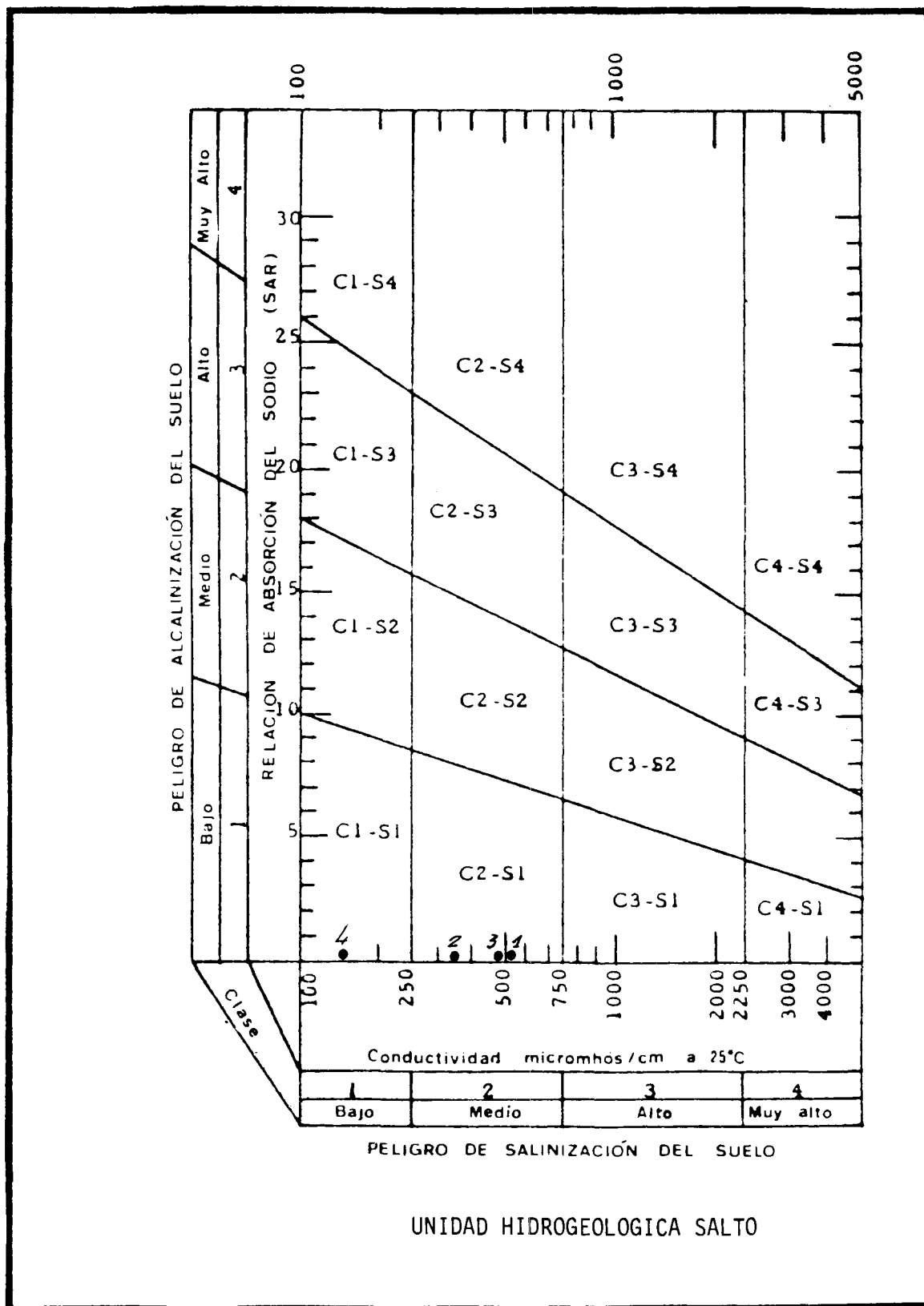


Fig.3.2.-5



**Unidad Geológica: Tacuarembó (JTRt)**

—Acuífero continuo de extensión regional, libre o confinado, constituido por sedimentos predominantemente arenosos finos a medios, de consolidación variable. Permeabilidad media a alta. Calidad química del agua buena. La profundidad de los pozos es variable según el acuífero esté libre o confinado (de 10 m. a 1.500 m. respectivamente).

Es esta la unidad acuífera más importante que ocurre en el país, tanto por la superficie que ocupa, 40.000 Km<sup>2</sup> aproximadamente, como por su potencialidad acuífera. Se corresponde con el acuífero Botucatu de Brasil, Misiones de Paraguay y Argentina. En nuestro país se limita por el norte con el Río Cuareim y al oeste el Río Uruguay, a la altura del paralelo de la ciudad de Paysandú, al este el meridiano que pasa por la ciudad de Rivera aproximadamente.

La potencia de estos estratos sedimentarios en el área aflorante se estima en un máximo de 200 m., llegando a valores conocidos entre 300 y 500 m. máximos en la región subyacente a los basaltos de Arapey.

En las figuras N° 3.2-6 y 7 se muestran descripciones y aspectos constructivos de diferentes perforaciones en el área aflorante de la unidad donde se puede apreciar claramente, tanto por la descripción litológica, como por la capacidad desde el punto de vista hidrodinámico dos regiones diferentes; la primera que se sitúa en lo que son las ciudades de Rivera y Tranqueras, donde se expone claramente el miembro superior de esta formación de origen continental desértico; y por otro lado, y en términos generales, al sur de Tranqueras donde se expone el miembro inferior de dicha unidad, cuya sedimentación es fluvial de planicie de inundación (ver ítem. geología).

Los parámetros hidroquímicos calculados permiten asegurar calidades de aguas inobjetables para todo tipo de uso.

Los valores de SAR determinados promedialmente son menores a 1, ubicándose en el diagrama de clasificación aguas para riego en C1-S1 y C2-S1 (Figura 3.2-8).

En el cuadro N° 3.2-3 exponemos un análisis químico de esta formación.

Los parámetros hidrodinámicos calculados son distintos para el área aflorante del acuífero que para la región con acuífero confinado, dando valores entre 20 y 60 m<sup>2</sup>/días de transmisividad, y caudales específicos superiores a 4 m<sup>3</sup>/h/m en la zona de afloramiento de Tranqueras-Rivera, bajando los mismos a valores menores de la mitad en los alrededores de Tacuarembó.

En el área confinada, en la ciudad de Artigas se han medido transmisividades 360 m<sup>2</sup>/día y caudales específicos superiores a los 10 m<sup>3</sup>/h/m.

El coeficiente de almacenamiento para esta área es del orden de 10<sup>-4</sup>.



DEPARTAMENTO: RIVERA

LOCALIDAD: Rivera

## PERFIL DE LA PERFORACION N° 1226/7

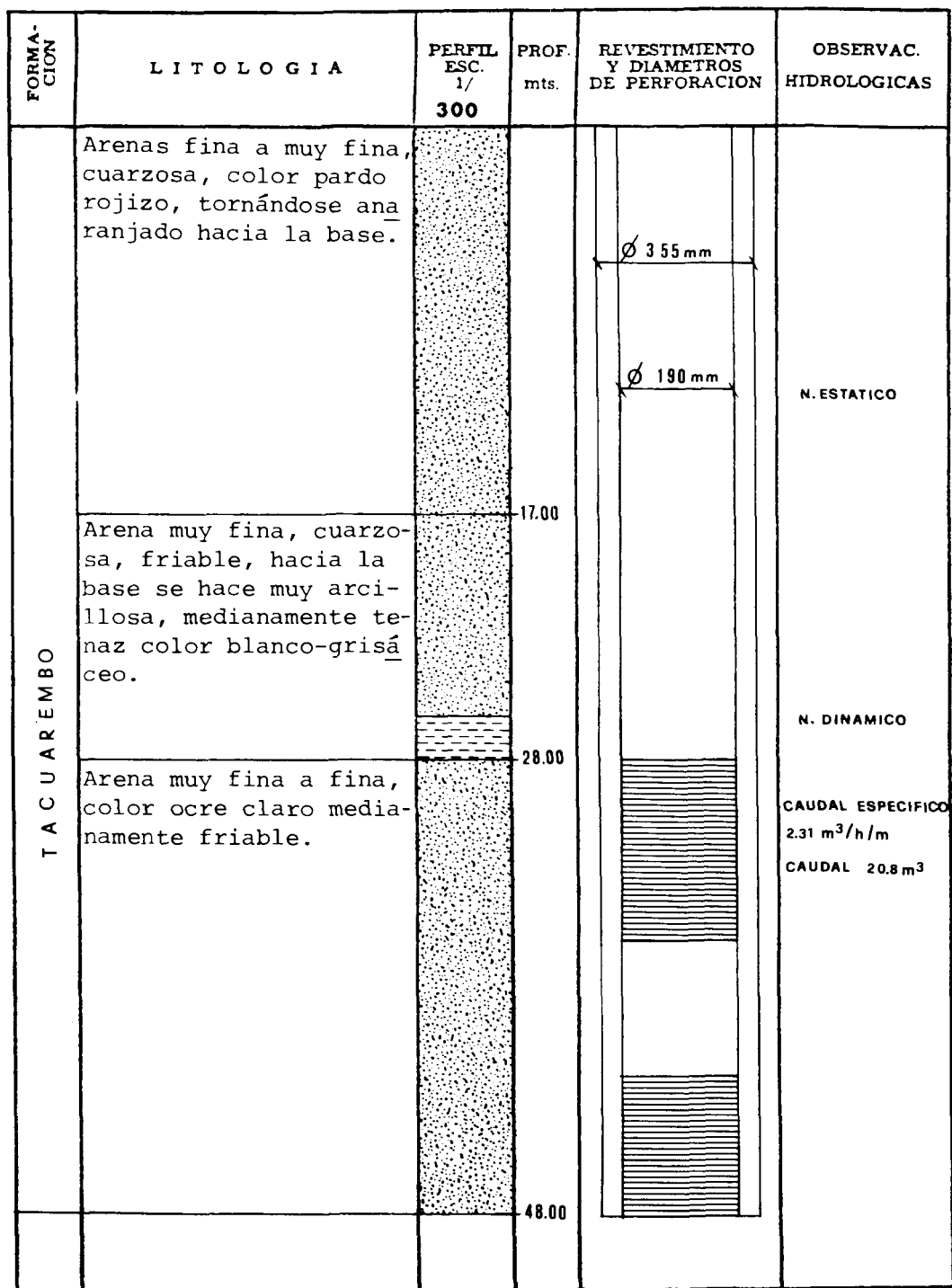


FIG 3.2 -6



## PERFIL DE LA PERFORACION Nº 1314

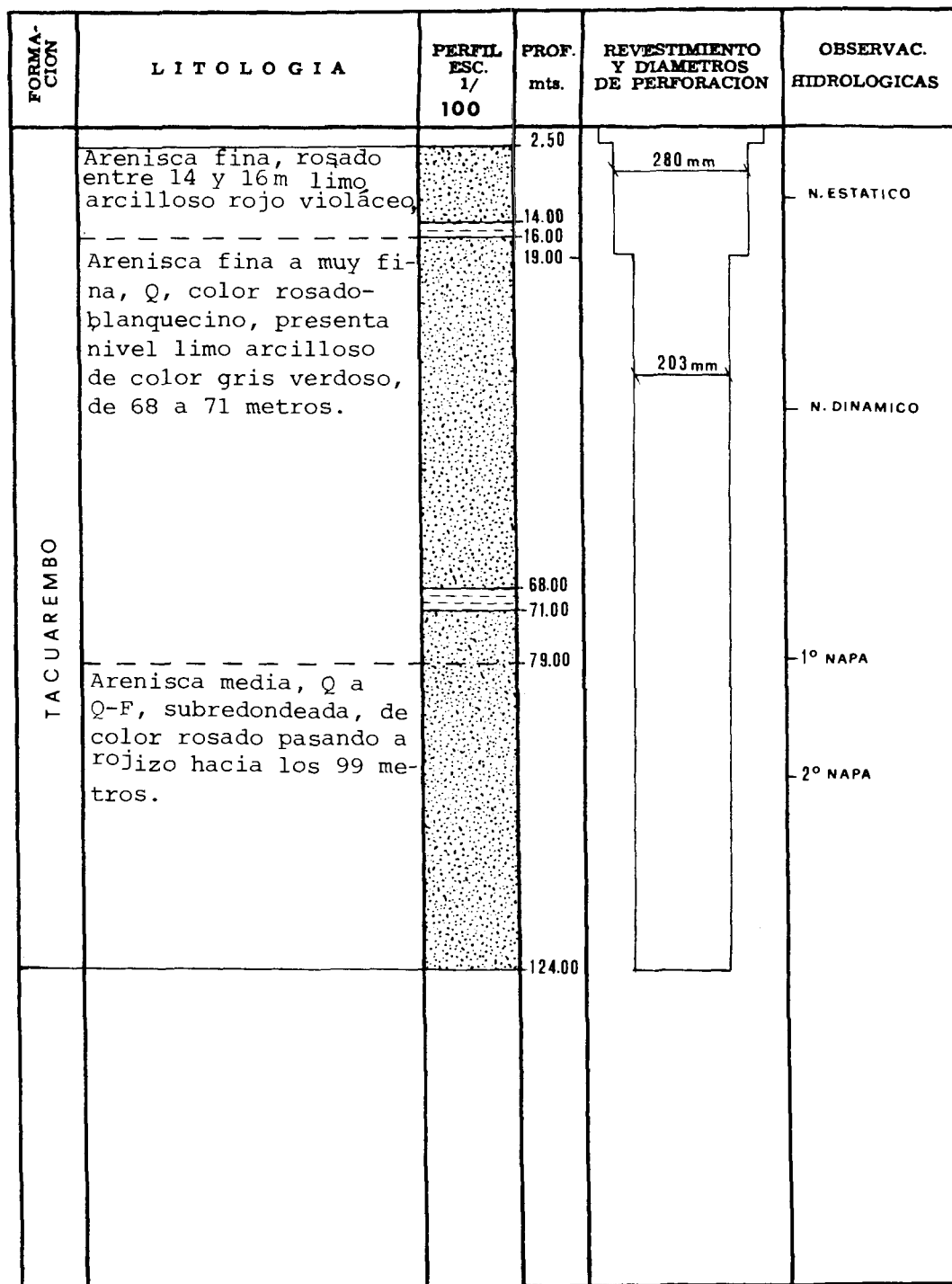


FIG 3.2-7



# DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO

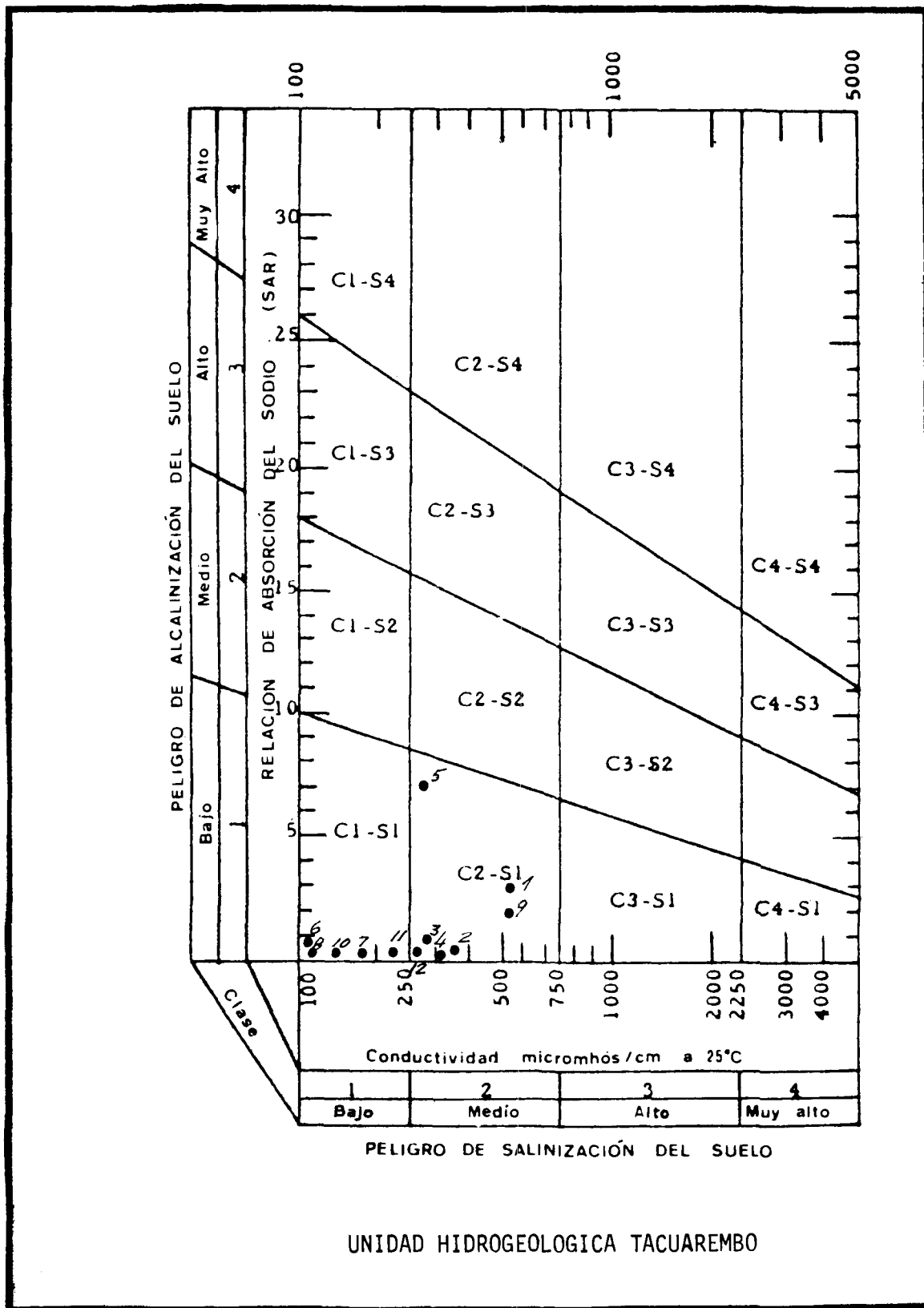


Fig.3.2.-8



# ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA

Perforación: N° 1226/5

Ubicación: Ciudad de Rivera

Aspecto Límpido

Color Incolora

Olor Inodora

pH. 6.9

Cond. espec. 100 umhos/cm

		MILIGRAMOS POR LITRO
ALCALINIDAD	(fenolftaleína) en $\text{Ca CO}_3$	0.00
	(hellantina) " $\text{Ca CO}_3$	79.0
CLORUROS	" $\text{Cl}^-$	45.0
	total " $\text{Ca CO}_3$	65.0
DUREZA	permanente " $\text{Ca CO}_3$	32.0
	temporaria " $\text{Ca CO}_3$	33.0
FLUORUROS	$\text{F}^-$	0.02
NITRATOS	" $\text{NO}_3^-$	3.5
NITRITOS	" $\text{NO}_2^-$	0.000
NITROGENO	amoniacal " $\text{NH}_4^+$	0.01
	alubinoideo " $\text{NH}_4^+$	0.09
OXIGENO CONSUMIDO	" O	0.88
SULFATOS	" $\text{SO}_4^{--}$	-

RESIDUO SECO a 180° C

	en	en $\text{SiO}_2$	MILIGRAMOS POR LITRO
SILICE			109
HIERRO	"	" $\text{Fe}^{+++}$	1.6
ALUMINIO	"	" $\text{Al}^{+++}$	0.35
CALCIO	"	" $\text{Ca}^{++}$	0.20
MAGNESIO	"	" $\text{Mg}^{++}$	2207
MANGANESO	"	" $\text{Mn}^{++}$	2.0
POTASIO	"	" $\text{K}^+$	-
SODIO	"	" $\text{Na}^+$	9.0
BORO	"	" $\text{B}^{+++}$	6.0
OXIGENO DISUELTO	"	" O	-
ANH. CARBONICO LIBRE	"	" $\text{CO}_2$	-
TURBIDEZ	"	" $\text{SiO}_2$	-

Quadro 3.2-3



**Unidad Geológica: Mercedes (KSm)**

—Acuífero continuo de extensión local a regional, libre o confinado; constituido por areniscas de selección variable de fina a conglomerádicas, siendo su consolidación variable. Permeabilidad media a alta. Calidad química del agua, generalmente buena. Profundidad de los pozos variable, según el acuífero esté libre o confinado desde pocos metros (20 m) hasta algo profundos (120 m) respectivamente.

**Unidad Acuífera Mercedes**

Se ubica en la zona litoral oeste del país en la cuenca cretácica. La potencia máxima, reconocida a través del estudio de perforaciones es de 80 m. en la ciudad Young, Dpto. de Río Negro.

En la figura N° 3.2.9 damos detalle de la perforación N° 1313/2.

En el cuadro N° 3.2.4 se exponen los resultados del análisis físico químico de dicha perforación.

En la figura N° 3.2.10 se puede ver la clasificación de aptitud de aguas para riego de acuerdo con el análisis físico-químico.

Como se puede apreciar en dicho diagrama el agua presenta riesgo de salinización del suelo medio y riesgo de alcalinización del suelo bajo (C2-S1).

No se han determinado parámetros hidrodinámicos para este acuífero.

Se puede estimar en primera instancia que este es un acuífero que potencialmente puede ser muy importante, razón ésta por la que la región requiere un estudio detallado.



## PERFIL DE LA PERFORACION Nº 1313/2

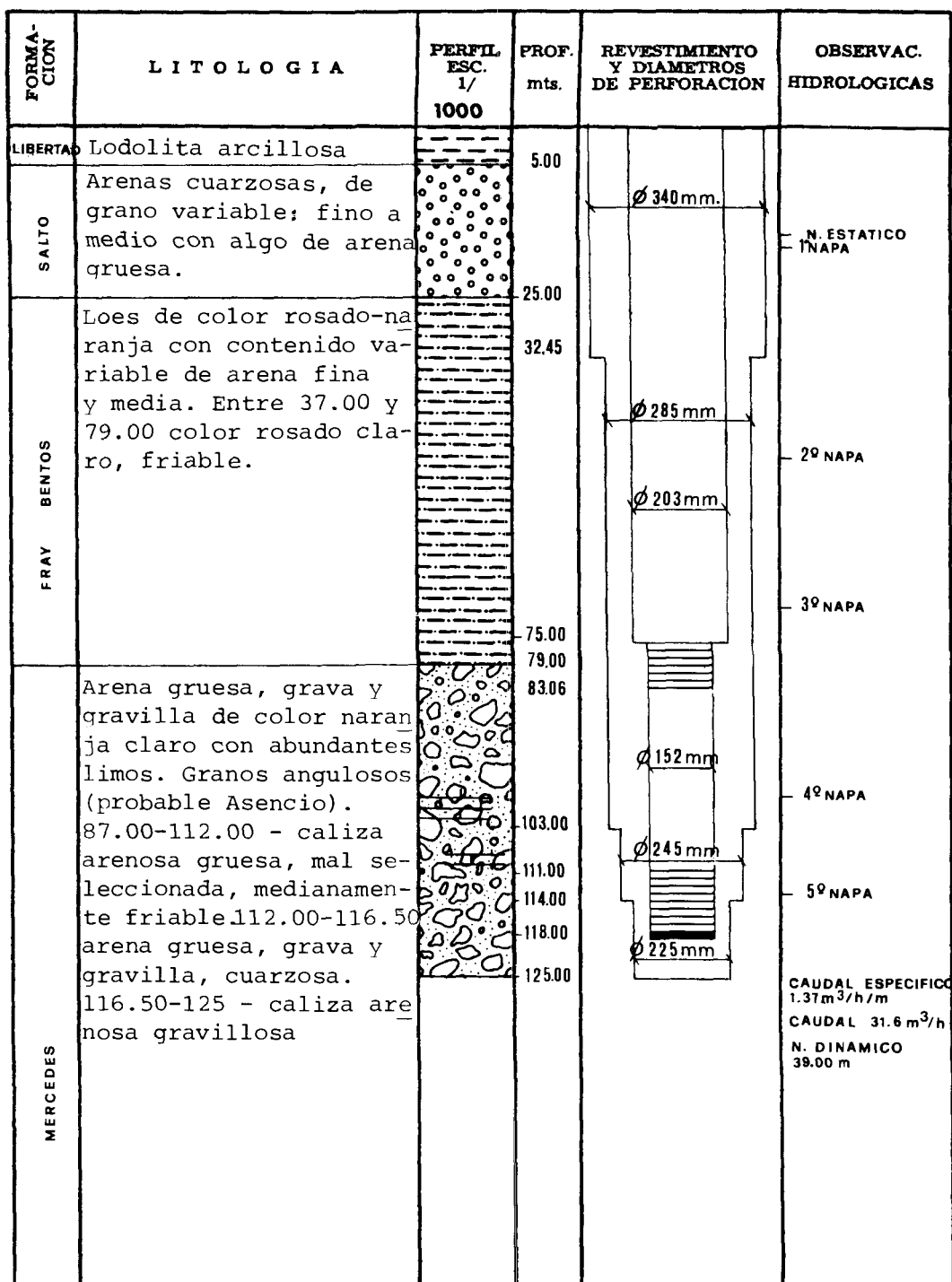


FIG. 3.2-9



# ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUA

Perforación: 1313/2

Ubicación: Tres Bocas

Aspecto Límpido  
Color Incolora  
Olor Inodora

pH. 7.6  
Cond. espec. 420 umhos/cm

		MILIGRAMOS POR LITRO
	(renolftaleina) en Ca CO <sub>3</sub>	0.00
ALCALINIDAD	(heliantina) " Ca CO <sub>3</sub>	257
CLORUROS	" Cl <sup>-</sup>	60
	total " Ca CO <sub>3</sub>	171
DUREZA	permanente " Ca CO <sub>3</sub>	22.0
	temopraria " Ca CO <sub>3</sub>	149
FLUORUROS	F <sup>-</sup>	0.69
NITRATOS	" NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00
NITRITOS	" NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.000
	amoniacal " NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.039
NITROGENO	alubinoideo " NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.092
OXIGENO CONSUMIDO	" O	1.13
SULFATOS	" SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	119

		MILIGRAMOS POR LITRO
RESIDUO SECO a 180° C		467
SILICE	en en SiO <sub>2</sub>	62.8
HIERRO	" " Fe <sup>+++</sup>	0.02
ALUMINIO	" " Al <sup>+++</sup>	0.12
CALCIO	" " Ca <sup>++</sup>	58.4
MAGNESIO	" " Mg <sup>++</sup>	6.1
MANGANESO	" " Mn <sup>++</sup>	0.0
POTASIO	" " K <sup>+</sup>	12.0
SODIO	" " Na <sup>+</sup>	65.0
BORO	" " B <sup>+++</sup>	-
OXIGENO DISUELTO	" " O	-
ANH. CARBONICO LIBRE	" " CO <sub>2</sub>	-
TURBIDEZ	" " SiO <sub>2</sub>	-

Cuadro 3.2-4



# DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO

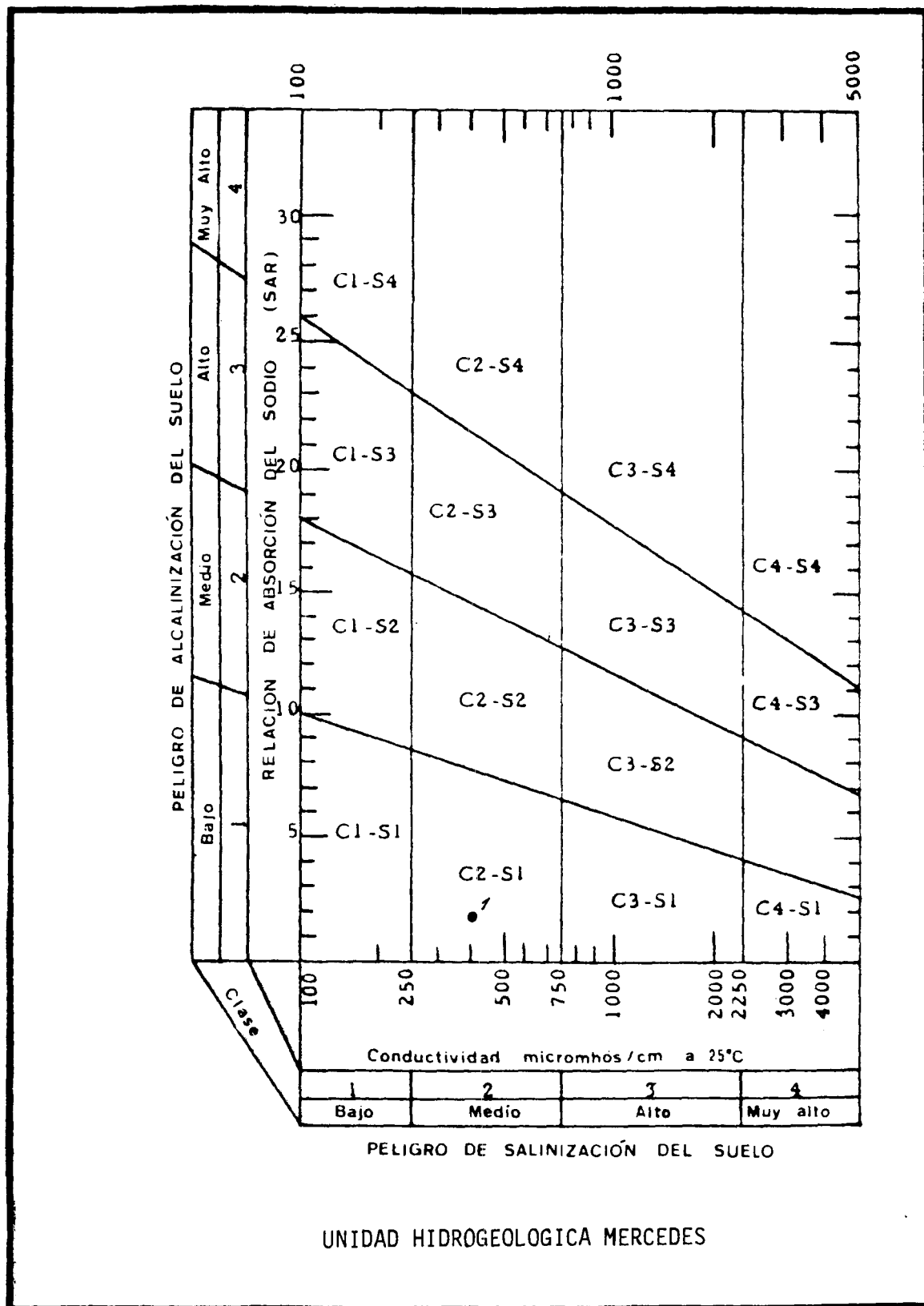


Fig.3.2.-10



**Unidades Geológicas:** Tres Islas (Plti); San Gregorio (CPsg); La Paloma (Dla); Cerrezuelo (Dlce).

- Acuíferos continuos de carácter local, a semi-regional libres o confinados, constituidos por areniscas de variable selección, generalmente consolidados. Permeabilidad media a baja con episodios arcillosos que la afectan. Calidad química del agua variable (de regular a muy mala). Profundidad de los pozos es variable, desde pocos metros (10 m) hasta profundos (1.000 m).

De este grupo analizaremos la unidad hidrogeológica Tres Islas (Plti).

#### **Unidad Acuífera Tres Islas**

Esta unidad cuando se encuentra libre presenta caudales específicos en general bajos y medios, y elevados contenidos en sales, con valores de 1.300 mg/l de residuo seco.

Cuando se encuentra confinado posee valores de caudal específico medios y la calidad química del agua es inferior aún a los casos de acuífero libre, más de 2.000 mg/l de residuo seco.

Se realizó la clasificación de agua para riego de tres perforaciones donde el acuífero está confinado en el Dpto. de Cerro Largo cuyos resultados son: C3S4 y C4S4 o sea muy alto riesgo de alcalinización del suelo y muy alto peligro de salinización del suelo, lo que hace que se considere estas aguas no aptas para el uso agrícola.

**Unidades Geológicas:** Asencio (KSa); Guichón (KSg);

- Acuíferos de extensión local a semi-regional; generalmente libre. Constituidos por areniscas de granulometría variable, de fina a media, generalmente consolidadas. Permeabilidad media a baja; ocurren lentes arcillosos, episodios de ferrificación y silicificación que la afectan. Profundidad de los pozos no mayor de 100 m.

Las citadas formaciones se ubican en el litoral oeste del país, en la cuenca cretácica.

La potencia de la Formación Asencio es variable entre 10 y 40 m.

La formación Guichón posee una potencia máxima observada en el estudio de perforaciones de la localidad del mismo nombre de 95 m.

La calidad química de las aguas en general indica que son aptas para riego, dando clasificaciones del tipo C2-S1 y C3-S1.

En cuanto a la productividad, cuando funciona como freático la Formación Asencio aparece como menos productiva, aumentando la misma cuando está confinado.

**Unidad Geológica:** Yaguarí (PSy)

- Acuífero de extensión local a semi-regional, libre o confinado. Constituido por areniscas finas y medias de selección variable, generalmente consolidadas. Permeabilidad media a baja. Ocurren lentes arcillosos y calizas. Profundidad de los pozos, cuando libres poco profundos (menor a 50 m), cuando cautivo superior a 100 m.

La formación Yaguarí se encuentra ubicada en el Noreste del país en la Cuenca Gondwánica.

La potencia de la formación es muy variable, si además consideramos que es de interés hidrogeológico, el miembro denominado Yaguarí superior varía desde algunos metros en las proximidades de Melo (Dpto. de Cerro Largo); a más de 500 m. en el área confinada.

Cuando el acuífero está libre el comportamiento desde el punto de vista de calidad de agua para riego da valores C2-S1 y C3-S1, con valores de residuo seco de 500 mg/l.

Si bien no hay determinaciones hidrodinámicas, en el Dpto. de Cerro Largo la productividad del acuífero es del orden de 0,07 m<sup>3</sup>/h/m.

En el Dpto. de Rivera la productividad tiene valores superiores a 0,5 m<sup>3</sup>/h/m aproximadamente.

**Unidades Geológicas:** Fray Bentos (Tfb); Migueles (KIm)

- Acuíferos locales semiconfinados, constituidos por arenas finas a medias, a veces consolidados. Permeabilidad media a baja. Calidad del agua variable. Pozos pocos profundos, siempre menores a 80 m.

En este grupo tenemos dos formaciones geológicas con características de acuíferos estrictamente locales.

La Formación Fray Bentos se desarrolla fundamentalmente en el litoral oeste del país suprayacente a los sedimentos cretácicos de esa región.

También se le encuentra en el sur ocupando áreas extensas en la fosa tectónica del Río Santa Lucía, así como también, en la fosa de la Laguna Merín.



Su potencia máxima varía desde 30 m. en Young, Dpto. de Río Negro; 50 m. en Colonia Tomás Berreta, Dpto. de Río Negro; 90 m. en Rincón de la Bolsá, Dpto. de San José (cuenca del Santa Lucía) y 90 m. en cuenca de la Laguna Merín, Dpto. de Treinta y Tres.

La Formación Cretácico Inferior Migués se desarrolla como un depósito de relleno de fosa tectónica, presentando espesores considerables que superan los 2.000 metros. Se le ubica en el sur del país en la fosa tectónica del Santa Lucía y en el este en la Cuenca de la Laguna Merín (60 metros de espesor).

Para Fray Bentos tenemos valores de residuo seco superiores a 500 mg/l, y con valores muy altos en cuanto a dureza de sus aguas.

Para Migués tenemos valores de residuo seco de 900 mg/l.

En cuanto a la productividad de estas unidades cuando portan agua lo hacen con valores que muy difícilmente superen 0,45 m<sup>3</sup>/h/m.

No se han realizado determinaciones de parámetros hidrodinámicos para ninguna de estas dos unidades.

## **B. EN ROCAS FRACTURADAS CON IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA MEDIA A PEQUEÑA**

### **Unidad Geológica: Arapey (Klar)**

- Acuíferos locales en área fracturadas y/o mantos de alteración, con presencia de inter-traps que aporta ocasionalmente mayores caudales. Constituidos por lavas básicas tipo basaltos toleíticos con estructura en coladas. Permeabilidad generalmente baja a media. Calidad química del agua buena en términos generales. Pozos de profundidad variable.

Esta unidad se ubica en la región noroeste del país, ocupando una superficie de casi un tercio del área total del mismo.

En general es un acuífero más o menos homogéneo en cuanto a la calidad química entre 350 y 500 mg/l de Residuo Seco.

En cuanto a su productividad y capacidad de recarga tiene todas las características de los acuíferos fisurados.

### **Unidad Geológica: Puerto Gómez (Jpg)**

- Acuíferos locales, en zonas de fracturas y/o mantos de alteración. Constituidos por lavas básicas de diversa textura, de derrames en fosas tectónicas, normalmente en medio subacuático. Permeabilidad baja. Calidad química del agua variable. Pozos de profundidad variable.

Se ubica en las fosas de Santa Lucía y de la Laguna Merín, al sur y este del país respectivamente. Presenta un comportamiento muy heterogéneo, tanto desde el punto de vista químico como de productividad, no existe en general mucha información de esta unidad por su escasa importancia como acuífero.

### **Unidades Geológicas: Cambro-Precámbrico Superior Moderno (EpEA).**

- Acuíferos locales, restringidos a áreas fracturadas, ocasionalmente presenta zonas de alteración. Se trata generalmente de rocas metamórficas. Permeabilidad generalmente buena.

### **Unidades Geológicas: Precámbrico Medio (pEC).**

- Acuíferos locales vinculados a áreas de alteración y/o fracturación. Se trata generalmente de rocas metamórficas. Permeabilidad baja. Calidad química del agua generalmente buena.

El Cambro-Precámbrico Superior Moderno y el Precámbrico Medio fueron separados como dos unidades diferentes debido a que en el primero, fundamentalmente, las posibilidades hidrogeológicas del mismo están restringidas a áreas de fracturación de la roca. En cambio, en el Precámbrico Medio además del fenómeno de fracturación es muy común el alumbrar agua de niveles importantes de alteración.

Desde el punto de vista químico es variable la calidad, dependiendo de la roca que es portadora del agua.

En el Precámbrico Medio merece un destaque especial el fenómeno hidrogeológico de Montevideo y su área de influencia, ya que el sistema de fracturación-alteración de este basamento permite erogar caudales superiores que han alcanzado 20-50 m<sup>3</sup>/h.



### **C. EN ROCAS POROSAS O FRACTURADAS CON IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA MUY PEQUEÑA O NULA**

**Unidades Geológicas:** Dolores (Qd); Libertad (Q1); formaciones pertenecientes al Pérmico Medio (PM); Cordobés (Dlc); Piedras de Afilar (Eopa).

- Acuíferos muy localizados. Encontrados en lentes arenosos finos y muy finos; calcáreos y conglomerados de matriz fina. Permeabilidad muy baja. Calidad química del agua variable. Profundidad de los pozos variable.

En este grupo se ubicaron todas las formaciones de origen sedimentario, fundamentalmente y que se considera no son acuíferos o lo son en una forma muy limitada.

**Unidades Geológicas:** Arequita (Kla); Valle Chico (Klv.ch.); Cuaró (TRc); Sierra de Animas (E.s.a); Sierra de los Ríos (E.s.r); Sierra Ballena (EpE.s.b); Grupo Lavalaja-Rocha (EpEAl.r); Paso del Dragón (EpEAp.d); Granitoides tardipostectónicos Cambro-Precámbrico Superior Moderno (g.t.); Granitoides tardipostectónicos, Precámbrico Medio (G.T.).

- Acuíferos prácticamente ausentes.

Se trata generalmente de rocas efusivas, intrusivas y macizos metamórficos.

Se ubican aquí todas las unidades que se consideran como macizos rocosos de escasa o nula posibilidad hidrogeológica.







## 4. INCIDENCIA DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL ABASTECIMIENTO PUBLICO (Lic. Jorge Montaña \*).

### 4.1 GENERALIDADES

La población del Uruguay es estimada en tres millones de habitantes, distribuyéndose en los 19 departamentos en que se divide el país. Concentrándose el 65% en la parte meridional, incluyendo su capital Montevideo con más de 1,5 millones de habitantes y los Departamentos de Canelones, San José y parte de Maldonado, el resto se distribuye en los 15 departamentos restantes.

El Abastecimiento Público es realizado por Obras Sanitarias del Estado y tiene dos sistemas diferentes: 1) para la capital, Montevideo; 2) para el interior del país.

El suministro para Montevideo se realiza con agua superficial mediante la represa de Aguas Corrientes, sobre el Río Santa Lucía en el Departamento de San José.

El abastecimiento para el interior del país con casi 1,5 millones de habitantes se realiza en base al agua superficial para capitales departamentales.

El agua subterránea se utiliza como complemento al suministro de algunas capitales departamentales y para satisfacer la demanda de pequeñas poblaciones.

El análisis del presente trabajo será enfocado a determinar la incidencia del agua subterránea en el abastecimiento público y más precisamente en el interior del país, por ser Montevideo abastecido con agua superficial.

### 4.2 CONSIDERACIONES GEOLOGICAS

#### 4.2.1 Acuíferos Fisurados

La mayor parte de la población del país se encuentra ubicada sobre acuíferos fisurados, constituidos en el Sur por granitos, neis, anfibolitas, etc. que conforman el Basamento Cristalino del Río de la Plata y en el NW del país por basaltos de la Formación Arapey (Cuadro 4.2.1).

**DISTRIBUCION DE LOS SERVICIOS DE O.S.E.**

Subsuelo	Número de Servicios	Región	Acuífero
Rocas cristalinas	54	Centro Sur	Líneas de fallas
Basaltos (Form. Arapey)	40	NW	Líneas de fallas
Devónico-Pérmico	12	Centro Norte	Permeabilidad media a baja
Jurásico	4	N	Permeabilidad alta
Cretácico	32	W	Permeabilidad media
Plio Pleistoceno	52	Sur Este	Permeabilidad media a alta
194			

**Cuadro 4.2.1.**

En la referida zona sur se concentra más del 77% de la población y se encuentra el 28% de los servicios abastecidos con agua subterránea.

Las captaciones no sobrepasan, generalmente, los 50 m. ya que a mayor profundidad es imposible encontrar fracturas o fallas portadoras de agua.

\* Lic. Jorge Montaña. Encargado de la Sección Estudios Hidrogeológicos de la Administración de las Obras Sanitarias del Estado (OSE). Departamento de Geología. Facultad de Humanidades y Ciencias, Prof. de Hidrogeología.



En el NW del país se encuentra localizado el 21% de los servicios abastecidos con agua subterránea.

Los derrames basálticos que constituyen esta área sobreyacen el extenso y excelente acuífero Tacuarembó.

Una alternativa de abastecimiento sería captar este acuífero, pero existe la dificultad de alcanzar profundidades entre 600 a 1200 m. y sólo se justifica económicamente su explotación para abastecer a capitales departamentales, pero no a poblados pequeños que constituyen la mayoría de los servicios.

Esta es la principal razón que alienta la decisión de captar el acuífero fisurado en esta zona.

#### **4.2.2 Acuíferos porosos**

##### **4.2.2.a Devónico-Pérmico**

Las Formaciones Geológicas que integran este grupo se desarrollan en la zona centro-NE del país, donde se encuentran emplazados solamente doce servicios de abastecimiento.

En general presentan características variables respecto a sus cualidades acuíferas, existiendo en algunos casos dificultades para alcanzar los caudales necesarios para satisfacer la demanda de determinadas poblaciones.

##### **4.2.2.b Jurásico-Triásico**

Sobre estos terrenos nos referiremos a la Formación Tacuarembó y dentro de la misma a la capa acuífera de origen eólico que constituye por su permeabilidad ( $1,2 \times 10^{-3}$  m/día), potencia y extensión el mayor reservorio de agua subterránea del país.

En la zona aflorante de este acuífero solamente se encuentran cuatro servicios, dos atienden las capitales departamentales de Rivera y Artigas (esta última la consideramos dentro de este grupo ya que la Formación comienza a 40 m. de profundidad) y dos atienden poblados del interior de los Departamentos de Tacuarembó y Rivera.

En la zona no aflorante (NW) desarrolla su mayor capacidad por ser donde se encuentra su mayor extensión y potencia, hasta el momento no es utilizado para abastecimiento público por las dificultades de su captación al tener que alcanzar profundidades entre 600 y 1200 m.

Por las dificultades en la captación (zona no aflorante) o por no existir casi servicios de abastecimiento en su zona aflorante, el acuífero es muy poco utilizado.

##### **4.2.2.c Cretácico**

Ocupan la mayoría del litoral uruguayo donde se ubica el 17% de los servicios.

Está constituido por acuíferos de permeabilidades media a baja, cuya capacidad es apreciable en la mayoría de los casos para satisfacer las demandas solicitadas, con bajos costos, ya que las captaciones no sobrepasan los 100 m. de profundidad.

##### **4.2.2.d Plio-Pleistoceno**

Se desarrollan estas formaciones sobre el sur y este del país, concentrándose el 27% de los servicios.

Tienen una importancia fundamental los servicios ubicados sobre la costa Atlántica que son responsables simultáneamente del abastecimiento de la zona balnearia y parte de la Industria Pesquera (La Paloma - Departamento de Rocha). Es importante en esta zona el manejo racional del recurso por los riesgos de contaminación por intrusión marina.

Son acuíferos de permeabilidad media a alta con excelentes rendimientos en el área y bajos costos de explotación ya que las profundidades de captación no sobrepasan los 150 m.

### **4.3 ABASTECIMIENTO**

Para abastecer al interior del país se suministra un total de  $5,73 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/mes, de los cuales  $4,6 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/mes (80%) son aportados por agua superficial y  $1,13 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/mes (20%) por agua subterránea.



El volumen total de agua se distribuye por intermedio de 194 servicios, 18 atienden a las capitales departamentales y 176 a localidades del interior de los departamentos. (Fig. 4.3-1).

De las 18 capitales, 15 se abastecen solamente con agua superficial y 3 (Salto, Artigas y Rivera) con sistema mixto, agua superficial y subterránea en la siguiente proporción.

<b>Ciudad</b>	<b>Agua superficial (m<sup>3</sup>/mes)</b>	<b>Agua subterránea (m<sup>3</sup>/mes)</b>
Artigas	205.650 (83%)	41.400 (17%)
Salto	466.968 (99%)	3.793 (1%)
Rivera	146.690 (63%)	86.093 (37%)

**Cuadro 4.3.1.**

Los resultados evidencian la decisión de satisfacer las demandas de las capitales departamentales con agua superficial por tres razones básicas: a) la mayoría de las mismas se ubican en las riberas de importantes corrientes superficiales; b) grandes demandas; c) desconocimiento de la capacidad de los importantes acuíferos del país.

Estas consideraciones, que en un principio primaron, cambian lentamente a consecuencia de la diferencia de costo en favor de la explotación de agua subterránea y la profundización en los estudios de los acuíferos, principalmente en el área N-NW (ciudades de Rivera, Salto y Artigas), que se corresponde con el área de influencia del acuífero Tacuarembó de características hidráulicas óptimas para satisfacer la demanda de cualquier población emplazada en su zona.

Las poblaciones del interior de los departamentos se distribuyen en muy pocos centros urbanos de importancia, la mayoría está constituido por núcleos urbano-rurales y rurales de escasa población. Este hecho elimina en la mayoría de los casos la factibilidad de abastecimiento por medio de aguas superficiales imponiendo la solución por medio de pozos.

Esta situación determina que de los 194 servicios que abastecen a las localidades del interior, solamente 36 (18%) se abastece con agua superficial y 158 (82%) con agua subterránea.

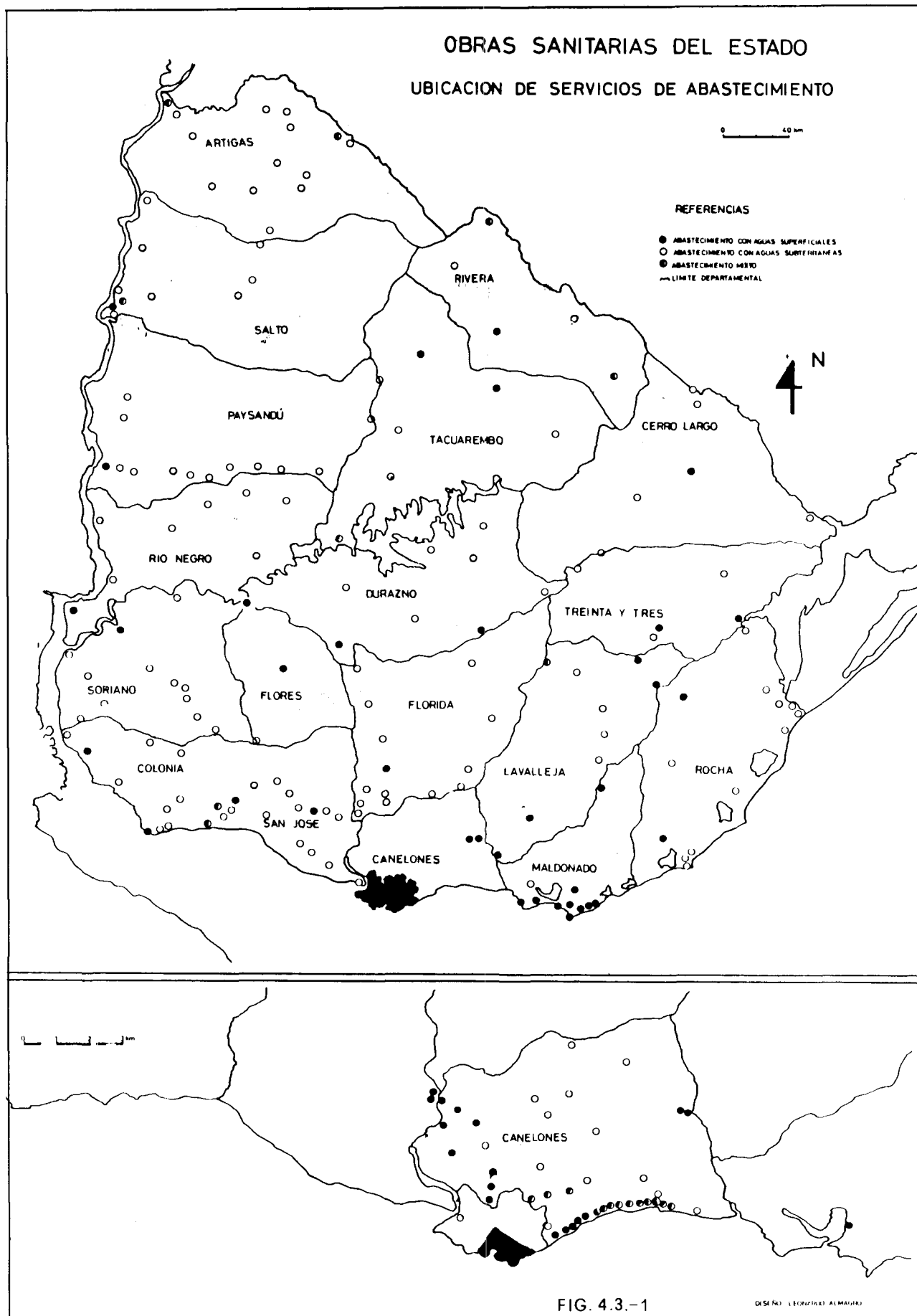
#### **CUADRO COMPARATIVO DE ABASTECIMIENTO DEL INTERIOR**

	<b>Abastecimiento con Agua Subterránea</b>	<b>Abastecimiento con Agua Superficial</b>
Servicios del interior del país	158 (82%)	36 (18%)

**Cuadro 4.3.2.**

Los resultados son concluyentes y establecen que la mayor incidencia del agua subterránea en el abastecimiento público se ubica en los centros urbanos del interior de los departamentos.







## **5. IDENTIFICACION DE AREAS SEGUN EL GRADO DE EXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS**

### **5.1. AREAS CON MEJORES POSIBILIDADES DE EXPLOTACION**

Sin duda que en este ítem se debe mencionar la Unidad Hidrogeológica Tacuarembó (Botucatú de Brasil) tanto en la región donde el acuífero se encuentra libre, como donde está confinado, fundamentalmente en esta última.

Otra área que posee buenas posibilidades de explotación es la que tiene que ver con la Unidad Raigón. Esta región está siendo objeto de un estudio detallado por parte de DINAMIGE.

### **5.2 AREAS SOBRE-EXPLOTADAS**

Si bien no hay un estudio concluyente, se considera que la zona costera del departamento de Canelones y en Punta del Este, en el departamento de Maldonado, son áreas que tienen una explotación intensiva no controlada y que debe ser objeto de un estudio, ya que se han dado casos alarmantes de intrusión salina, contaminando los acuíferos.

### **5.3 AREAS DONDE EXISTE INTERES POR INTENSIFICAR LA EXPLOTACION**

Existe un marcado interés a nivel de empresas privadas como del Gobierno de intensificar la explotación del Acuífero Infrabasáltico Tacuarembó en el Noroeste del país, con el objetivo de dedicar este recurso para el riego fundamentalmente.

### **5.4 AREAS QUE REQUIEREN MAYOR ESTUDIO**

Consideramos que en general se debe intensificar el estudio de los recursos hídricos subterráneos en todo el país, a efectos de tener una evaluación global del mismo, que permita planificar la explotación del agua subterránea a nivel nacional.







## 6. BIBLIOGRAFIA

Textos e informe consultados:

- Alvarez C. y Cayssials R.;** Aptitud de uso pastoril de los suelos del Uruguay. Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Boletín Técnico Nº 2 - 1979.
- Antón, D.;** Relaciones Geomorfológica del Norte del Uruguay. Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos. Montevideo - Uruguay - 1975.
- Antón, D.;** Relaciones existentes entre las superficies de afloramiento y los suelos del Uruguay. Simposio del Cuaternario del Uruguay. Melo - Uruguay - 1975.
- Arno, Kern;** Paleo paisajes e Basamento Pre-Histórico do Rio Grande do Sul. Estudos Ibero Americanos. Pontificia Universidade Católica de R.G.S. Instituto de Filosofia e Ciencias Humanas. Departamento de Historia Volumen VIII Nº 2 D - 1982.
- Bombim, M.;** Modelo paleoecológico evolutivo para o Neocuaternario da Região da Campanha Oeste do Rio Grande do Sul (Brasil) a Formação Tauro Passo, seu contenido fossilifero y a pedagones Pos-deposicional. Porto Alegre n 15 - P. 1-90 - 1976.
- Canstagnino, W.;** Informe sobre los Recursos Hidráulicos del Uruguay - CEPAL, Programa de los Recursos Naturales y Energía - 1966.
- Cayssials, R.;** Interpretación de los estudios básicos de suelos para su uso, manejo y conservación a nivel nacional. Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Boletín Técnico Nº 1 - 1979.
- Cayssials, R. y Alvarez, C.;** Interpretación agronómica de la Carta de Reconocimiento de los suelos del Uruguay. Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Boletín Técnico Nº 9 - 1983.
- Corsi, W.;** Características del Clima y de las Cuencas Naturales que influyen en los Procesos Hidrológicos en Uruguay. Memorias del Primer Taller de Investigación sobre Cuencas Experimentales. Montevideo - Uruguay - 1984.
- Corsi, W.;** Regionalización agroclimática de Uruguay para Cultivos. Ministerio de Agricultura y Pesca. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger, Est. Experimental la Estazuela. Miscelánea - 1982.
- Custodio, E.; Llamas, M.;** Hidrología Subterránea, Ediciones Omega, Barcelona - 1976.
- Chebataroff, J.;** Relieve y Costas, Nuestra Tierra. Montevideo - 1969.
- Da Franca, N.;** Informe de Consultoría en el Campo de la Hidrogeología al Instituto Geológico del Ministerio de Industria y Energía, República Oriental del Uruguay, Montevideo - 1976.
- Da Franca, N.;** Informe de Consultoría en el Campo de la Hidrogeología del Instituto Geológico del Ministerio de Industria y Energía, República Oriental del Uruguay, Montevideo - 1977.
- Durán, A.;** Los Suelos del Uruguay. Editorial Agropecuaria. Hemisterio Sur S.R.L. - 1985.
- Goso, H.;** Evolución actual del conocimiento sobre el cuaternario del Uruguay. Anais do XXVIII congreso. Sociedade Brasileira de Geologia, Brasil - 1974.
- Hem, J.;** Study and Interpretation of the Chemical. Characteristics of Natural Water; Washington, 1959.
- Heras, R.;** Recursos Hidráulicos, Síntesis Metodología y Normas, España - 1983.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de Sao Paulo.** Reconocimiento Hidrogeológico del Acuífero Tacuarembó entre Paysandú y Bella Unión; República Oriental del Uruguay, Sao Paulo - 1980.
- Iriondo, M. y Scotta, E.;** The Evolution of the Parana River delta Int. Symp. on Coastal Evolution in the Quaternary. Proceedings 405-418. San Pablo, Brasil - 1978.
- Logan, J.;** Interpretación de Análisis Químicos de Agua, Brasil, 1965.
- Mente, A. et al;** Mapa Hidrogeológico do Brasil escala 1:5.000.000, 1983.
- Ministerio de Agricultura y Pesca;** Primer Taller Nacional sobre Cuencas Experimentales: MAP/IICA/INC/CSU - Montevideo. Banco Central - 1983.
- Obras Sanitarias del Estado - O.S.E.** Distribución de Servicios de Abastecimientos - Montevideo - Uruguay 1986.



**Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Presidencia de la República Oriental del Uruguay.**  
*Breve informe preparado para presentar a la conferencia de Naciones Unidas sobre el agua a realizarse en 1976, Lima - Perú. Montevideo - 1976.*

**Organización de Estados Americanos;** *Cuenca del Río de la Plata, Estudio para su Planificación y Desarrollo. República Oriental del Uruguay, Cuenca del Río Santa Lucía. Desarrollo de los Recursos Hídricos. Washington - 1971.*

**Preclozzi, F.; Sportuno, J.; Heinzen, W.;** *Carta Geo-Estructural del Uruguay a escala 1:2.000.000*  
*Ministerio de Industria y Energía; Instituto Geológico Ing. Eduardo Terra Arocena, Montevideo - 1979.*

**Preclozzi, F.; Sportuno, J.; Heinzen, W.; Rossi, P.;** *Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000. Dirección Nacional de Minería y Geología, Ministerio de Industria y Energía, Uruguay - 1985.*

**Tahal Consulting Engineers Ltd.;** *Proyecto Agrícola de Riego Basado en la Perforación de Pozos Profundos. Montevideo - 1986.*

**UNESCO;** *Mapa Hidrogeológico de América del Sur; Informe de Progreso. Montevideo - 1985.*

**UNESCO;** *Ministerio de Transporte y Obras Públicas; Conservación y Mejora de Playas. Proyecto URU 73.007. Uruguay - 1979.*







