

ESTUDIO SOBRE LA REHABILITACION DE TIERRAS EN EL VALLE DE VIEDMA

ARGENTINA

INFORME FINAL Volumen II ESTUDIOS BASICOS



PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO
ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION



VOLUMENES DEL INFORME FINAL

Volumen I - Informe general

Contiene los antecedentes del Proyecto, sus objetivos y finalidades y su desarrollo en el cuadro de la descripción fisiotopográfica del área, con las conclusiones y recomendaciones generales que más detalladamente están especificadas en los capítulos de los estudios básicos, agropecuarios, técnicos de riego y económico-sociales resumidos ordenadamente en este volumen.

Volumen II - Estudios básicos

Está dividido en tres partes: la primera se refiere a los estudios hidrogeológicos del Valle, haciendo referencia también a las aguas subterráneas y su balance hídrico; la segunda a los estudios edafológicos, clasificación y diferenciación de suelos en base a series, aptitud al cultivo, salinidad y alcalinidad. La tercera parte comprende el informe de estudios agroclimatológicos.

Volumen III - Agricultura

Contiene las conclusiones sobre las posibilidades de desarrollo hortícola del Valle, encontradas en los ensayos llevados a cabo en la Estación Experimental del Proyecto y en los estudios de los productos de la zona.

Volumen IV - Ganadería

Comprende un análisis de las posibilidades forrajeras de la zona y su uso.

Volumen V - Riego e ingeniería

Informe sobre la determinación de las relaciones locales agua-planta-suelo con métodos teóricos y prácticos, los probables aportes y efectos de la napa freática sobre los suelos agrícolas y las raíces de los cultivos, el tipo y separación de drenes, el funcionamiento del sistema de riego, los métodos de riego, y esboza los aspectos legales y administrativos. Detalla los fundamentos en que se basa el proyecto de la red de riego y desagüe, las condiciones preexistentes y su desarrollo, e incluye el plan de ejecución de las obras, el análisis de sus costos y la recuperación de suelos ensalitrados.

Volumen VI - Estudios socioeconómicos

Este es un informe sobre la población rural, sus factores sociológicos, la ocupación y el rédito; sobre tenencia de la tierra, colonización, aspectos legales y finanzas; calcula la rentabilidad de las estructuras agropecuarias y las posibilidades de industrialización y comercialización de sus productos.

ESTUDIO SOBRE LA REHABILITACION DE TIERRAS EN EL
VALLE DE VIEDMA

A R G E N T I N A

INFORME FINAL

Volumen II

ESTUDIOS BASICOS

Informe preparado para
el Gobierno de Argentina
por
la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
en su carácter de Organismo Ejecutivo del
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO
ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

Roma, 1969

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la exposición del material que contiene, no implican, por parte de las Naciones Unidas, ni de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno concerniente a la condición jurídica o constitucional de cualquier país, territorio o zona marítima citada, ni respecto a la delimitación de sus fronteras.

FAO. Informe al Gobierno de Argentina sobre la rehabilitación de tierras en el Valle de Viedma, Roma, 1969, 181 páginas, 8 mapas. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Informe No 7 FAO/SF:72/ARG 11.

RESUMEN

En el presente volumen del Informe Final se consignan los resultados obtenidos por los expertos del Proyecto encargados de efectuar los estudios básicos tales como Hidrogeología, en los elementos geológico y de aguas - particularmente las subterráneas, suelos y Agroclimatología - a fin de determinar las condiciones, características y propiedades naturales existentes en la región.

La Parte I contiene los estudios hidrogeológicos y está constituida por los informes de tres expertos. En el Capítulo 1 se relatan los trabajos hechos dentro del Valle Inferior del Río Negro, que comprendieron la realización de perfiles transversales a intervalos de 10 km desde el Océano Atlántico hasta la Bocatoma en el extremo interior de la región, la toma de muestras de pozos y ensayos de bombeo con mediciones de depresión y recuperación a fin de conocer las características hidrológicas de los acuíferos. El laboratorio químico del Proyecto efectuó análisis de las muestras de agua. Se hicieron cálculos del coeficiente de transmisibilidad de los acuíferos y se efectuaron diez perfiles de los que se da una descripción litológica detallada.

El Capítulo 2 es el informe de una inspección geológica centrada en la Primera Etapa pero que de manera general abarcó la región entera, y que tuvo entre otras finalidades la de determinar la posibilidad de efectuar el drenaje de los sobrantes del riego hacia un acuífero inferior, posibilidad que con el estudio quedó descartada. La inspección comprobó que hay una predominancia de salinidad en los suelos y en las aguas subterráneas de la región, condición que será necesario tener presente en relación con el riego y los cultivos que éste ha de servir. Se estudian las formaciones geológicas de la región constituidas por la rionegrense y rodados patagónicos y el aluvión del Río Negro y se identifican y describen las salinas, que pueden ser una fuente de sulfato y carbonatos de sodio para fines industriales.

Las aguas subterráneas son objeto del Capítulo 3, el cual se refiere a las investigaciones llevadas a cabo para definir sus características y condiciones considerando la relación entre esas aguas y el riego y drenaje de la región. Se ha llegado a la conclusión que esta región es semejante a una cuenca de drenaje interno, no obstante estar atravesada por el Río Negro, y que contiene un depósito de agua en exceso de los $12,3 \times 10^8$ m³, cuya mayor parte se halla en una zona que tiene una capa de granulometría muy fina y de variable permeabilidad. Las aguas de este y otros depósitos subterráneos se hallan en un estado próximo al equilibrio, con leve cambio de carga. Es muy variable la calidad de las aguas del valle: las de la superficie del río son excelentes pero se llega al otro extremo en las salinas, que contienen aguas que pueden llamarse salmueras. La mayor parte del agua que se halla bajo el piso del valle tiene un contenido de sólidos disueltos de 11 700 partes por millón, mientras que en los depósitos colgados y semicolgados la cifra corre entre 2 000 y 5 000 ppm y en los pozos que están en conexión hidráulica con el río oscila entre 280 y 740 ppm.

La Parte 2 contiene el estudio detallado de los suelos con miras a determinar las zonas que pueden aprovecharse para una agricultura bajo riego. Dentro de lo posible se realizaron observaciones hasta una profundidad de 3 m, pero en todos los casos se examinaron muy detenidamente las condiciones de salinidad y alcalinidad, por ser características predominantes de estos suelos. El estudio se dividió en dos partes, a saber: la Primera Etapa de 8 773 ha, con levantamiento detallados de 1:20 000, y el resto del valle, 63,246 ha, a nivel semidetallado de 1:50 000. Los suelos fueron clasificados y cartografiados según su origen genético y morfología y se agruparon en cinco clases de aptitud para la agricultura bajo riego. En general tienen buenas aptitudes para estos fines pero habrá que considerar limitaciones debidas a la napa freática salina; la salinización y alcalinización, actuando de abajo hacia arriba, ejercen su efecto sobre los suelos hasta distancias variables desde la superficie pero rara vez afectan todo el perfil, de modo que gran parte del área podrá cultivarse de inmediato sin exigir mayor trabajo de recuperación.

El estudio de suelos va acompañado de un Apéndice que corresponde al estudio de los realizados en la Estación Experimental; en anexos figuran mapas de suelos, de aptitud para el riego y de salinidad y alcalinidad.

Los estudios agroclimatólogicos están contenidos en la Parte 3. En ella se concluye que las condiciones climáticas de la región son favorables para la agricultura propia de una zona templada fría, en base a las observaciones realizadas sobre la radiación solar, el régimen térmico, la humedad relativa, el régimen de vientos, la precipitación y la evapotranspiración potencial. Demuestra que la nubosidad en primavera y verano es moderada y que por lo mismo se cuenta con abundante luz solar, y que la temperatura es propicia para una amplia variedad de cultivos por crear un agroclima térmico más moderado que el de otras zonas continentales. El riesgo de heladas en el Valle de Viedma se presenta menor que en el resto del país, si bien será necesario tener presente las heladas de otoño y primavera, sobre todo en el mes de octubre.

La humedad relativa, por motivos topográficos locales, acusa variaciones muy leves y los valores generales se consideran muy satisfactorios, configurando un ambiente bastante seco, favorable para la sanidad de la mayoría de los cultivos que sean de ciclo primaveral-estival, aunque ello significará un mayor consumo de agua de riego. Los vientos, por su velocidad y frecuencia, crean condiciones más bien negativas, cuyos efectos, confirmados en el curso de ensayos realizados en 1965/66 en la Estación Experimental, se manifiestan en daños a los cultivos arbóreos y herbáceos en su follaje, flores y frutos como también en daños e, incluso, la destrucción de las plántulas, siendo necesario considerar también la erosión eólica, lo cual hará imprescindible la implantación de cortinas rompevientos que se estudian más adelante.

La precipitación es moderada y las lluvias no presentan peligro de perjuicio para las obras de riego ni de provocar arrastre de suelos, al mismo tiempo que en otoño e invierno con suficientes para los cultivos de esa estación. Pero en la estación primaveral-estival son escasas e irregulares, por lo cual el riego es absolutamente indispensable. La dotación correspondiente de agua dependerá también de la evapotranspiración potencial que ha sido estudiada en base a las fórmulas de varios investigadores. Acompaña al informe de Agroclimatología un Apéndice en que se consignan informaciones adicionales, una descripción de las instalaciones y de los cómputos meteorológicos realizados en la Estación Experimental y una comparación entre cortinas rompevientos de distintos tipos. Concluye con una enumeración de los cultivos aconsejados para la zona por diversos autores y de aquellos que allí se observan en la actualidad.

El Informe sobre los Estudios Básicos ha sido preparado en base a los trabajos realizados y al correspondiente material presentado por los expertos y técnicos asignados al Proyecto cuyos nombres figuran a continuación:

HIDROGEOLOGIA

J.B. Auden (FAO)
Glenn L. Brown (FAO)
Amílcar Galván

SUELOS

Paulo Guerra (FAO)
Héctor T. Masotta

AGROCLIMATOLOGIA

Juan Arroyo

AGRADECIMIENTOS

Los Expertos y Técnicos que han realizado los Estudios Básicos cuyos resultados se comunican en este Volumen expresan su agradecimiento por la colaboración y asistencia que recibieron en el cumplimiento de sus misiones de parte de las personalidades, instituciones y colegas nombrados a continuación:

S.E., el Gobernador de la Provincia de Río Negro

El Instituto de Desarrollo del Valle Inferior (IDEVI)

La Dirección del Proyecto

La Dirección de la Sección de Suelos

El Laboratorio Químico

El Ing. Juan Arroyo

El Ing. M. Gutiérrez Frías

El Ing. Héctor T. Masotta

I N D I C E

	<u>Página</u>
PRIMERA PARTE -- ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS	1
Capítulo 1 -- GEOLOGIA DE LA REGION	2
1. Introducción	2
Conclusiones	2
Métodos de trabajo	2
2. Geología	3
Descripción general	3
Descripción de perfiles	3
3. Hidrología	5
4. Descripción Litológica	9
Capítulo 2 -- GEOLOGIA DE LA PRIMERA ETAPA	17
1. Introducción	17
Conclusiones	17
Recomendaciones	17
2. Descripción del Valle del Río Negro	19
General	19
El Río Negro	20
Precipitación	20
3. Salinas	21
Su distribución	21
Su ubicación altimétrica	21
Sus propiedades químicas	23
Su origen	23
4. Formación Rionegrense y Rodados Patagónicos	24
Disposición	24
Agua subterránea	25
Rodados patagónicos	25
5. Aluvión del Río Negro	25
Disposición	25
Zonas de aluvión	26
Consideraciones generales	27
Permeabilidad	27
6. Superficie Piezométrica	28
El problema de la "Cubeta"	28
Influencia del Río Negro	31
Estación Experimental	31
Comentarios	31

Página

7.	Naturaleza Química del Agua Subterránea	32
	Análisis y cálculos realizados	32
	ITALCONSULT (1960) sobre suelos	32
	Aguas subterráneas	32
	Conductividad	34
	Conductividad estacional	34
	Ubicación de la salinidad	35
8.	El Problema del Drenaje	35
	Drenaje hacia acuíferos subyacentes	35
	Drenaje hacia la cubeta	36
	Drenaje hacia la arenisca	36
Capítulo 3 - AGUAS SUBTERRANEAS		37
1.	Introducción	37
	Propósito del estudio	37
	Conclusiones	37
	Recomendaciones	39
2.	Descripción del Area de Investigación	39
	Ubicación general	39
	Breve descripción del Proyecto	40
3.	Geología	41
	General	41
	Unidades geológicas	41
4.	Hidrología del Agua Subterránea	44
	Piezómetros existentes y pozos de agua	44
	Isolíneas de nivel del agua subterránea	44
	Programa explorativo actual	46
	Datos de Permeabilidad	46
	Depósitos de agua subterránea	47
	Recarga de agua subterránea	48
	Extracciones de agua subterránea	48
	Ecuación del agua subterránea	49
5.	Calidad del Agua	50
	General	50
	Calidad del agua del Río Negro	50
	Calidad del agua en relación con las diferentes unidades geológicas	51
	Descarga del agua de drenaje	51
	Temperatura del agua subterránea	51
	Fuentes de agua potable	51
6.	Drenaje	53
	Drenaje superficial	53
	Drenaje subsuperficial	53

	<u>Página</u>
SEGUNDA PARTE - ESTUDIO EDAFOLOGICOS	55
Capítulo 4 - SUELOS	56
1. Introducción	56
General	56
Descripción de la región	57
Fisiografía, relieve y erosión	57
Geología y geomorfología	58
Climatología	61
Vegetación	61
Uso actual de la tierra	62
2. Métodos de Trabajo	62
Métodos de gabinete y de campo	62
Métodos de laboratorio	63
Los mapas	65
3. Suelos	66
Origen y evolución de los suelos	66
Clasificación de los suelos	68
Descripción de las series y fases	73
4. Clasificación de Suelos según Aptitud para Riego	74
Métodos usados	74
Clases y subclases de aptitud para riego	76
Aptitud cultural de las clases de tierras	79
5. Interpretación de la Información Analítica y de Campo	80
Fertilidad natural	80
Salinidad y alcalinidad	80
Características físicas de los suelos	82
Recuperación de los suelos	84
6. Otros Trabajos	84
Carta de salinidad y alcalinidad de la Primera Etapa	84
Mapa de suelos de la Estación Experimental	85
Carta detallada en 1:20 000 de las Etapas VI-A y VI-B	85
TERCERA PARTE - ESTUDIOS AGROCLIMATOLOGICOS	87
Capítulo 5 - AGROCLIMATOLOGIA	88
1. Radiación, Insolación (Heliofanía) y Nubosidad	88
Radiación solar	88
Insolación (Heliofanía)	94
Nubosidad	100
2. Régimen Térmico	100
Temperaturas medias mensuales	103
Temperaturas en el Valle de Viedma	124
Análisis y comparación con otras regiones	126

	<u>Página</u>
3. Humedad Relativa	155
Observaciones realizadas	155
Análisis y comparación con otras regiones	155
Importancia agrícola y conclusiones	156
4. Régimen de Vientos	156
Observaciones realizadas	156
Análisis y comparación con otras regiones	159
Importancia agrícola y conclusiones	165
5. Precipitación	168
Observaciones realizadas	168
Análisis y comparación con otras regiones	168
Granizo	169
Importancia agrícola y conclusiones	173
6. Evapotranspiración Potencial	173
Dotaciones de riego	173
GLOSARIO	177
LISTA DE COLABORADORES	178
BIBLIOGRAFIA	179
ANEXO 1 - PROGRAMA DE TRABAJO PARA ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS DETALLADOS	(en volumen aparte)
ANEXO 2 - DETALLE DE LOS ESTUDIOS EDAFOLOGICOS	"
ANEXO 3 - DATOS CLIMATOLOGICOS	"
ANEXO 4 - ESTUDIOS SOBRE FERTILIDAD DE SUELOS	"

LISTA DE ILUSTRACIONES

	<u>Página</u>
MAPAS	
1 Principales salinas de la zona de Viedma	22
2 Croquis de las unidades sedimentarias en el aluvión del Río Negro	en la bolsa
3 Croquis de las lomas y tres combas de meandros	"
4 Plano de los reconocimientos geológicos típicos y ubicación de pozos seleccionados	"
5 Etapas de desarrollo	"
6 Ubicación de la Provincia de Río Negro y Valle de Viedma	102
7 Ubicación de las estaciones meteorológicas del Valle de Viedma	127
8 Algunas temperaturas mínimas registradas en varios puntos del Valle y en Patagones	148
FIGURAS	
1 Temperatura media, agosto	104
2 " " septiembre	105
3 " " octubre	106
4 " " noviembre	108
5 " " diciembre	109
6 " " enero	110
7 " " febrero	111
8 " " marzo	113
9 " " abril	114
10 " " mayo	115
11 " " junio	116
12 " " julio	117
13 Amplitud anual de los valores medios mensuales de temperatura °C	119
14 Fecha media de la primera helada	141
15 Fecha media de la última helada	142
16 Índice criokindinoscópico de las primeras heladas	145
17 Índice criokindinoscópico de las últimas heladas	146
ESQUEMAS	
1 Sección geológica transversal del Valle de Viedma	45
2 Ubicación de distintas formaciones geomorfológicas	59
3 Perfiles esquemáticos de las series de suelos	70
CARTAS	
1 Niveles isopiezométricos, junio 1965 y enero 1966	29

GRAFICOS

1	Variaciones de los niveles en los piezométricos y precipitación en la Estación Experimental	en la bolsa
2	Variación diurna de la fotosíntesis (en alfalfa) con relación a la intensidad luminosa	89
3	Valor de la fotosíntesis/intensidad luminosa	90
4	Comparación entre radiación calculada y radiación registrada	92
5	Radiación solar registrada sobre una superficie horizontal	93
6	Duración del día civil y del día astronómico	93
7	Horas de sol por año en distintas localidades	95
8	Porcentajes mensuales de horas de sol en relación con las posibles de algunos puntos del mundo	96
9	Porcentajes de horas de sol en relación con las posibles	99
10	Horas de sol efectivas mensuales	99
11	Nubosidad en tres localidades, distintos períodos	101
12	Nubosidad en cuatro localidades, 1901-1950	101
13	Temperatura máxima media, 1901-1950	120
14	Temperatura máxima media de Patagones comparada con la de otras localidades	121
15	Temperatura mínima media, 1901-1950	122
16	Temperatura mínima media de Patagones = 0	123
17	Amplitud media de la temperatura de Patagones = 0	123
18	Temperaturas medias mensuales registradas con termógrafo durante el año 1965	128
19 A	Temperaturas medias diarias, octubre 1965	129
19 B	Temperaturas medias diarias, noviembre 1965	129
20	Temperatura media, 1901-1950, cuatro localidades	130
21	Temperaturas medias mensuales, dos localidades en distintos períodos	131
22	Frecuencia media de días con heladas y temperatura mínima absoluta, 1951-1960	134
23	Frecuencia media de días con heladas y temperatura mínima absoluta, 1941-1950	135
24	Temperatura mínima media, 1951-1960, meses de marzo, abril, mayo y junio	138
25	Temperatura mínima media, meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre	139
26	Período libre de heladas, en días	143
27	Variación de la temperatura tomada cada dos horas, 21-26 julio 1965	149
28	Variación de la temperatura tomada cada dos horas, 2-6 noviembre 1965	150
29 A	Temperaturas mínimas diarias sobre un corte transversal al Valle, 21.8.1965 - 1.9.1965	151
29 B	Temperaturas mínimas diarias sobre un corte longitudinal al Valle, 21.8.1965 - 1.9.1965	152
30	Humedad relativa media mensual registrada en la Estación Experimental y en Carmen de Patagones	153

	<u>Página</u>
31 Humedad relativa media, 1901-1950	157
32 Humedad relativa media, enero y julio 1965	158
33 Frecuencia de las direcciones del viento, 1951-1960	160
34 Direcciones prevalentes y duración media de vientos	161
35 A Direcciones prevalentes del viento, de enero a junio 1965	162
35 B Direcciones prevalentes del viento, de julio a diciembre 1965	163
36 Velocidad media mensual del viento, 1941-1950	164
37 Velocidad media mensual del viento, 1951-1960	164
38 Velocidad media mensual del viento en 1965	164
39 A Velocidades medias mensuales del viento en cada dirección	166
39 B Frecuencia anual de direcciones en escala de 1 000	166
39 C Velocidades medias mensuales de los vientos	166
40 Precipitación media mensual, 1901-1950	170
41 Precipitación media mensual, Estación Experimental y Carmen de Patagones	170
42 Frecuencia media de días con granizo, 1951-1960, en cuatro localidades	172
43 Radiación, temperatura, evapotranspiración potencial y duración de la luz solar en cuatro localidades	174
44 Evapotranspiración potencial	175

LISTA DE CUADROS

	<u>Página</u>
1. Areas de suelos salinos o alcalinos	19
2 Precipitación - Carmen de Patagones	20
3 Sales encontradas en evaporaciones continentales	23
4 Propiedades químicas del agua subterránea	33
5 Muestreo de pozos	34
6 Conductividad estacional	34
7 Permeabilidad relativa de varias unidades litológicas	47
8 Tipos de agua	50
9 Propiedades químicas del agua del Valle de Viedma	52
10 A Características principales de las series	71
10 B Características principales de las series	72
11 Clasificación de las tierras para riego	75
12 Clases de aptitud para el riego, en superficies	77
13 Sumas mensuales y anuales de las horas efectivas y porcentaje de los totales de horas de sol posibles	97
14 Frecuencia media de días con heladas y porcentajes de frecuencia en primavera y otoño; 1941-1950 y 1951-1960	136
15 Temperaturas mínimas medias, 1951-1960	140
16 Precipitación mensual y anual, Estación Experimental, 1965	168
17 Precipitaciones en la localidad de Viedma, 1928-1937	171

Parte I

ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS

Capítulo 1

GEOLOGIA DE LA REGION

1. Introducción

Conclusiones

Las características geológicas del Valle Inferior del Río Negro permiten diferenciar dos sectores: el occidental, con predominio de depósitos aluviales, y el oriental, con una sucesión de origen fundamentalmente marino.

En el sector occidental, la napa freática yace en sedimentos gruesos, gravas y gravillas con arena fina intercalada, mientras que en el oriental se la encuentra en la capa de arena fina gris. Además, en este sector existe en algunos pozos una acumulación de agua en la capa de arcilla gris que constituye una verdadera capa colgada.

Los ensayos de bombeo han permitido calcular valores de transmisibilidad variable, según las zonas y las características sedimentológicas de cada pozo que se detallan en el informe.

En la zona occidental la napa freática es, en general, químicamente apta para el consumo humano o animal. En la oriental, su contenido salino es tan elevado que resulta impotable, exceptuada la zona del cordón aluvial al norte del Bajo del Juncal.

Métodos de trabajo

Las tareas de campaña se realizaron en los meses de enero, febrero y parte de marzo de 1966. De acuerdo con lo establecido en el contrato estas labores consistieron en la realización de perfiles transversales cada 10 km desde el mar hasta la Bocatoma a los que se sumaron otros sondeos aislados en la zona de Cubanea, más la recolección de muestras de pozos y la ejecución de ensayos de bombeo con medición de depresión y recuperación, a fin de conocer las características hidrológicas de los niveles acuíferos.

Para la ejecución de los sondeos se empleó un equipo manual de los que se conocen como "pala vizcachera", salvo en aquellos casos donde las características del terreno (presencia de rodados o terrenos desmoronables) hicieron necesario emplear el equipo "Failing", con capacidad perforante de 150 m, propiedad de FAO. Para los ensayos de bombeo la experiencia demostró la necesidad de emplear una bomba a pistón, porque los equipos de bombeo del Proyecto no se adaptaban a los requisitos del ensayo.

Las muestras de agua que se obtuvieron de los pozos fueron sometidas a análisis por el Laboratorio químico del Proyecto. El análisis de la información así obtenida y la preparación del correspondiente informe constituyeron el trabajo de gabinete.

2. Geología

Descripción general

En el estudio de la napa freática del Valle de Viedma 1/ se han indicado las características geológicas generales de la zona y detallado las de las cercanías de dicha ciudad pero, para facilitar su conocimiento en este Informe, se repetirá parcialmente la información mencionada.

La sucesión estratigráfica aflorante en la zona es la siguiente: un paquete sedimentario con buen desarrollo areal que yace en posición subhorizontal, el rionegrense formado por areniscas de grano mediano a grueso de color gris violáceo con estratificación entrecruzada o diagonal muy carcada, de edad pliocena.

Sobre esta formación se apoya un manto de rodados de composición y tamaño variables, los rodados patagónicos, siempre redondeados, sin selección, en posición que a veces parece indicar superficies de estratificación. Este material está más o menos cementado por carbonato de calcio. Aunque todavía se discute sobre el origen y mecanismo de deposición de estos rodados, que en el ámbito patagónico tienen una distribución areal extraordinaria, los autores que de ellos se han ocupado, coinciden en referirlos al plioceno.

En las arenas del rionegrense, posiblemente en un proceso que comenzó antes de la acumulación de los rodados patagónicos, el río ha excavado su amplio valle. En el desarrollo de esta acción el Río Negro ha tenido etapas de erosión y acumulación que son consecuencias de movimientos de ascenso y descenso regionales y que han dado origen a terrazas de erosión de las que es posible diferenciar tres, y a la llanura de acumulación aluvial. Este estudio se refiere fundamentalmente a esa acumulación aluvial porque corresponde al área futura de riego.

Descripción de perfiles

Para completar el conocimiento geológico de la llanura, que parcialmente se reconoció en el trabajo de Aüer, y en otro anterior de los Expertos se efectuaron los diez perfiles mencionados en la introducción que se describen a continuación 2/:

Perfil I - I' - Salvo en las cercanías del río, donde en superficie aparece una capa arenosa fina algo limosa, referible a una acumulación fluvial reciente, el perfil resulta bastante uniforme. Arriba un limo castaño a marrón en general arcilloso con abundante calcáreo en forma de pequeños nódulos blanquecinos. Sigue luego una arena muy fina a mediana castaña, calcárea, micácea a muy micácea, en partes con rodados sueltos. Hacia abajo se pasa a un depósito de grava y gravilla de buen espesor, con arena fina intercalada semejante a la del nivel superior.

Perfil II - II' - En este perfil, en las zonas cercanas al río se observa un depósito de arena mediana a fina castaña, mientras que junto a la barda existe una capa de arena muy fina con rodados sueltos. Hacia abajo en ambos lugares aparece un espeso paquete de grava y gravilla con arena fina a mediana intercalada.

1/ GALVAN, A., "La Capa freática en la zona de Viedma", 1965.

2/ Véase detalles de la litología en el numeral 4 del presente capítulo. "Descripción litológica".

Perfil III - III' - En la parte superior de este perfil se observa un limo castaño calcáreo, en la zona cercana al río, mientras que junto a la barda este depósito está cubierto por una capa de limo gris con rodados sueltos. Por debajo aparece el paquete de grava y gravilla con arena intercalada.

Perfil IV - IV' - Este perfil es bastante uniforme, pudiéndose distinguir: en su parte superior, limo castaño en parte arenoso o arcilloso, calcáreo a muy calcáreo, que en las cercanías del río está cubierto por arena muy fina micácea marrón. En la parte inferior, grava y gravilla con arena fina intercalada.

Perfil V - V' - En este caso, las zonas cercanas al río tienen características que las diferencian del resto. Así aparece limo castaño grisáceo y limo arcilloso gris pardusco cubriendo arcillas grises de origen marino. Inmediatamente al sur, limo castaño en partes arenoso cubre la capa de grava y gravilla con arena fina a mediana intercalada. Por último, en las cercanías de la barda, arcilla algo limosa marrón se superpone a una capa de arena muy fina gris muy micácea.

Perfil VI - VI' - La parte superior de este perfil está compuesta casi totalmente por limo gris a castaño grisáceo, en parte arenoso o arcilloso, en general calcáreo; sigue un banco de arena muy fina castaña clara, en parte algo arcillosa y micácea. En las cercanías del río, el perfil continúa con limo algo arcilloso castaño rojizo, en partes calcáreo, con vidrio volcánico, en parte con intercalaciones de arcilla gris. Hacia la parte media del Valle aparece debajo una capa de arena muy fina castaña, con rodados sueltos. En todo el perfil la sucesión se continúa con un depósito bien desarrollado de grava y gravilla con arena fina intercalada. Por último, aparece limo castaño claro.

Perfil VII - VII' - En este perfil la parte superior está constituida por una capa de limo arcilloso gris calcáreo. Hacia abajo sigue una capa bien desarrollada de limo arcilloso castaño rojizo a marrón con manchas ocres, rojizas y negruzcas debidas a la presencia de óxidos de hierro y manganeso, con cristales de yeso bien desarrollados. En las cercanías del río, el perfil se continúa con arcilla gris y luego con una capa de turba. Fuera de esta zona aparece primero arcilla marrón con fragmentos de turba y luego arcilla gris, también con fragmentos de turba y a veces con rodados sueltos. Sigue en todo el perfil una capa de arena fina gris; limitada en la base por limo arcilloso gris claro.

Perfil VIII - VIII' - En la zona cercana al río, este perfil comienza con limo castaño claro calcáreo. En la parte media, continúa con una capa de arena muy fina castaña clara. Sigue en todo el perfil el limo arcilloso castaño rojizo a marrón, en parte calcáreo, con manchas ocres, rojizas y negruzcas y cristales de yeso bien desarrollados, ya mencionados. En algunos lugares se intercala hacia abajo arcilla marrón. Salvo en su parte media, el perfil se continúa con arcilla gris en parte, con tonalidades parduscas o verdosas, con fragmentos de turba, y a veces con cristales de yeso. En el pozo 4 aparece por debajo arena fina gris.

Perfil IX - IX' - Cerca del río este perfil comienza con limo algo arcilloso marrón. Sigue, en casi todos los sondeos, limo arcilloso castaño rojizo a marrón, en partes calcáreo, con cristales de yeso. Hacia abajo hay arcilla marrón en la zona cercana al río en partes con intercalaciones grises. También junto al río, aparece después arcilla gris en partes rojiza, con fragmentos de turba, mientras que en la parte media del Valle siguen sedimentos compuestos por alternancia de limos castaños rojizos con capas de arena fina castaña (sedimento variforme). En un sondeo de la parte media, hay luego arcilla limosa castaña con fragmentos de turba y cristales de yeso. En casi todo el perfil aparece después arena fina algo limosa gris. Completa el perfil arcilla limosa gris con fragmentos de turba.

Perfil X - X' - En la parte superior hay limo algo arcilloso o arenoso castaño rojizo. Sigue limo arcilloso castaño rojizo a marrón, luego una intercalación de arcilla gris verdosa, y después se observan sedimentos compuestos por alternancia de capas de limo castaño rojizo con arena castaña en parte con restos de gasterópodos. Sigue un limo gris en partes verdoso y hacia abajo aparece arena muy fina gris con intercalaciones arcillosas.

El análisis de los perfiles señala la existencia de dos sectores con características geológicas diferentes. Un sector que incluye toda la zona oeste (perfiles I-I'; II-II'; III-III'; IV-IV'; y un pozo del V-V') y otro que comprende todo el área restante.

En la región occidental hay en superficie una capa de limo o arena fina muy calcárea a veces con rodados que puede designarse como depósito aluvial. Luego sigue una capa de arena castaña micácea que pasa a arena conglomeradiza y al conglomerado que, al parecer, cubra el lecho del valle. Es decir, que caracteriza a esta zona la existencia de un conjunto de depósitos aluviales, faltando los de origen marino, por lo menos en su forma original.

Las campas marinas o de zonas costeras, por el contrario, predominan en el sector oriental. Una capa de limo arcilloso rojizo, a veces cubierto por limo castaño rojizo o localmente por algo de arena aparece prácticamente en todos los sondeos; es la "arcilla plástica" de Añer que se originó en una etapa de elevación del nivel marino, y la consecuente penetración del agua salada dentro del valle del río. La arena fina gris y el subyacente limo arcilloso del mismo color, que aparecen en casi todos los pozos de la zona por debajo del limo arcilloso rojizo, corresponden a una incursión anterior del mar.

3. Hidrología

La napa freática se encuentra a profundidades que varían según las zonas y la composición de los sedimentos en que yace, pero puede considerarse que 1,50 m y 7 m, son los valores límites.

En la región que se designó como occidental al hablar de la constitución geológica de los depósitos aluviales, la primera capa de agua yace en el paquete de grava y gravilla con arena fina intercalada que existe en toda la zona.

En la región que se llamó oriental, la capa de arena fina gris de origen marino es la portadora del agua freática. Además, en esta zona existen otras acumulaciones de agua; en el techo de la capa de limo gris suprayacente a la arena se observa en algunos pozos una capa "colgada", de reducido volumen que se agota a los pocos minutos de bombeo. Por último hay que mencionar la capa de agua dulce que yace en el cordón aluvial situado al norte del Bajo del Juncal.

En todo el estudio sobre el Valle de Viedma, tanto en los pozos perforados con pala vizcachera como en los profundizados con el equipo Failing, se efectuaron ensayos de bombeo a fin de determinar las características hidrológicas de la capa acuífera.

Para poder efectuar esos ensayos los pozos se entubaron con caño de zinc de 5 pulgadas de diámetro, agujereados en la zona del acuífero para que actuaran como filtros. Además, todos los sondeos se sometieron a bombeos de limpieza, en especial los efectuados con la perforadora.

Utilizando una bomba a pistón los pozos se bombearon durante un tiempo determinado a caudal constante, midiéndose la depresión y la consiguiente recuperación. Los tiempos de bombeo variaron, según el pozo, entre 120 y 300 minutos.

El empleo de un régimen de ensayos de este tipo permite la aplicación de la fórmula de recuperación de Theis como ha sido explicado por Ferris 1/.

Si se bombea un pozo durante un período de tiempo determinado y se detiene entonces el bombeo, el nivel del agua dentro del pozo comienza a ascender. Todo sucede como si del pozo se continuara extrayendo el caudal de descarga y un pozo imaginario descargara un volumen igual en el mismo lugar. Se designa como depresión residual s' , en cualquier momento durante el período de recuperación, la diferencia entre el nivel observado y el nivel piezométrico.

Aplicando los estudios de Theis, la depresión residual está expresada por la siguiente fórmula:

$$s' = \frac{0,183 Q \log t/t'}{T}$$

o bien

$$T = \frac{0,183 Q \log t/t'}{s'}$$

donde s' es la depresión residual;
 T es el coeficiente de transmisibilidad, es decir, el producto de la permeabilidad por el espesor del manto acuífero;
 Q es el caudal de bombeo;
 t es el tiempo desde que se inició el bombeo; y
 t' es el tiempo desde que finalizó el bombeo.

Esta fórmula permite el cálculo del coeficiente de transmisibilidad de un acuífero observando cómo se recupera el nivel del agua de un pozo bombeado.

El procedimiento más conveniente consiste en representar en papel semilogarítmico la depresión residual s' y el cociente de los tiempos t/t' ; s' en la escala aritmética y t/t' en la escala logarítmica. Cuando los valores de t' son suficientemente grandes, los datos observados dibujan aproximadamente una recta. La pendiente de esta línea da el valor del $\log t/t' / s'$ de la ecuación precedente. Por conveniencia el valor de t/t' se elige sobre un ciclo logarítmico porque se hace entonces unitario y la ecuación se reduce a:

$$T = \frac{0186 Q}{s'}$$

1/ FERRIS y otros "Theory of Aquifer Tests" W.S.P., 1536, 1962.

Los valores de T que se obtuvieron en estos ensayos son los siguientes:

Perfil		Pozo	T	
I - I'		2	T	4,64 m ³ /d/m
"	"	" 3	T	12,5 "
III - III'		" 1	T	13,7 "
"	"	" 2	T	6,4 "
IV - IV'		" 3	T	31,5 "
V - V'		" 2	T	44,07 "
"	"	" 4	T	0,651 "
VI - VI'		" 3	T	13,51 "
X - X'		" 1	T	4,87 "

Los valores obtenidos en los ensayos de los pozos de las líneas VII-VII', VIII-VIII' y IX-IX' determinan gráficos irregulares, sin interpretación posible. La capa colgada, que no se pudo aislar por no contarse con elementos adecuados, enmascara la recuperación de la freática.

Los bombeos efectuados han permitido calcular además los valores del caudal específico "q", entendiéndose como tal la relación entre el caudal bombeado por metro de depresión es decir:

$$q = \frac{Q}{m}$$

los valores así obtenidos son los siguientes:

Perfil		Pozo		
I - I'		1		373 l/h/m
"	"	" 2		1256 "
III - III'		" 1		423 "
"	"	" 2		923 "
IV - IV'		" 3		1660 "
V - V'		" 2		2244 "
"	"	" 4		463 "
VI - VI'		" 3		2608 "

Los mayores valores del caudal específico corresponden en cada perfil a pozos alejados del río con predominio de sedimentos gruesos, y señalan un área de una posible buena producción en Cubanea al sur de la Ruta Nacional N° 3.

La densidad de pozos de observación es mucho mayor en la zona que se ha designado oriental, ya que a los efectuados en este estudio se agregan los existentes que el Proyecto realizó para conocer la evolución de la napa freática en la zona por donde comenzará el riego del Valle Inferior.

En todos los pozos se efectuó una medición de los niveles piezométricos con miras a preparar un mapa de la superficie freática. El plano así confeccionado resultó completamente irregular y no tiene interpretación hidrológica alguna. Esta irregularidad se ha de deber a que en algunos de los pozos existentes lo que se mide es la capa colgada y no la freática. Desgraciadamente de esos pozos no se posee dato alguno sobre los terrenos atravesados por lo que resulta imposible resolver el problema.

Las muestras de agua extraídas en los sondeos han sido analizadas, determinándose su conductividad eléctrica y las proporciones de los distintos aniones y cationes. Como en casos anteriores, se ha empleado el método de representación de Schoeller ^{1/} que consiste en llevar sobre escalas logarítmicas dispuestas regularmente las "cantidades en reacción", es decir los miliequivalentes de tres cationes: calcio, sodio y magnesio, y de tres aniones: cloruro, sulfato y bicarbonato; los valores que así se obtienen se unen por rectas. Este método tiene la ventaja de permitir la comparación de distintos análisis entre sí.

En los cinco primeros perfiles la conductividad eléctrica aumenta en general hacia la barda, lo que indica la importancia del río en la recarga del acuífero. Los residuos secos, salvo en el pozo 2 del perfil III-III', son bajos y las aguas son potables de acuerdo a las normas de Obras Sanitarias de la Nación (límite de potabilidad: 2 gr de sales por litro). En los gráficos semilogarítmicos las aguas, salvo las del perfil III-III', muestran una relación iónica muy semejante, notable sobre todo en las líneas calcio-magnesio y especialmente magnesio-sodio que evidencia un origen común para todas ellas.

Puede decirse que en esta zona la freática yace en sedimentos gruesos de origen aluvial que aseguran un bajo contenido salino. Debe excluirse de este grupo el pozo 4 del perfil V-V' que, como se ha señalado ya, corresponde a la zona oriental.

Dado que los aluviones son rocas de naturaleza compleja con alternancia de conglomerados y arenas con gran porosidad y permeabilidad, con depósitos finos más o menos arcillosos de menor permeabilidad o aun casi impermeables, es lógico que los valores de la conductividad eléctrica sean también variables, a pesar de la semejanza de las relaciones iónicas que señalan el papel del río en la alimentación del acuífero.

En el perfil siguiente VI-VI', el pozo más cercano al río tiene un contenido salino mayor que los otros pozos del perfil, sin duda por la influencia de la capa de arcilla marina que allí yace.

Los pozos del perfil VII-VII' acusan un aumento del contenido salino. Pero es en los tres últimos perfiles VIII-VIII', IX-IX' y X-X', donde el residuo seco alcanza valores muy elevados. Los gráficos semilogarítmicos muestran relaciones iónicas semejantes en las líneas calcio-magnesio y magnesio-sodio, que se hace muy notable en el último perfil. Además todos los análisis señalan un fuerte predominio del contenido en cloruro de sodio.

En esta zona la freática yace en terrenos de neto origen marino que son los que producen el elevado contenido salino. Ya se ha señalado en un trabajo anterior con pozos de la zona del Bajo del Juncal que las aguas subterráneas en contacto con depósitos sedimentarios de origen marino están cargadas de sales y tienen residuos secos elevados.

Ese tipo de roca, siempre de grano fino, tiene porosidad elevada, superficie de contacto agua/roca amplia y velocidad de percolación débil. Las aguas de depósitos marinos tienen generalmente un contenido en sulfatos y cloruros muy superior al de las aguas de otros terrenos, así como valores elevados de calcio, magnesio y especialmente sodio.

^{1/} SCHOELLER H., "Les eaux souterraines", Masson, 1962.

4. Descripción litológica

PERFIL I - I'

Pozo 1

0,00	a	0,20	Arena fina, limosa, castaña.
0,20	a	1,00	Limo arcilloso algo arenoso marrón oscuro, micáceo, en partes con nodulitos blanquecinos.
1,00	a	3,00	Arena muy fina a mediana, castaña, micácea, en partes calcárea.
3,00	a	3,70	Arena semejante a la anterior con grava intercalada. Rodados hasta de 6 cm de diámetro.

Pozo 2

0,00	a	0,60	Limo arcilloso marrón rojizo, calcáreo, friable.
0,60	a	2,00	Arena muy fina castaña a marrón, calcárea, friable.
2,00	a	2,80	Arena muy fina limosa marrón, en partes calcárea, friable.
2,80	a	4,50	Arena semejante a la anterior con grava intercalada. Rodados hasta 10 cm de diámetro.

Pozo 3

0,00	a	0,80	Limo marrón, en partes arcilloso, en partes arenoso, en partes calcáreo a muy calcáreo con rodados sueltos.
0,80	a	1,30	Arena fina a fina castaña clara, calcárea, con buen porcentaje de vidrio volcánico con rodados sueltos intercalados.
1,30	a	3,00	Grava y gravilla con arena mediana a fina, rodados predominantes de 1 cm de diámetro.

PERFIL II - II'

Pozo 1

0,00	a	1,90	Arena mediana a fina, castaña, micácea, aspecto friable.
1,90	a	3,50	Grava y gravilla con arena mediana castaña intercalada. Rodados predominantes entre 0,5 y 1 cm de diámetro.

Pozo 2

0,00	a	3,50	Arena muy fina a fina, castaño rojiza a marrón, en partes algo limosa, en general calcárea con rodados sueltos de hasta 6 cm de diámetro.
3,50	a	15,00	Grava y gravilla con arena fina a mediana castaña intercalada.

PERFIL III - III'

Pozo 1

0,00	a	1,20	Limo castaño, algo arenoso a muy arenoso, calcáreo a muy calcáreo
1,20	a	2,10	Arena muy fina a fina, marrón, en partes algo limosa.
2,10	a	2,80	Arena mediana, gris pardusca.
2,80	a	10,00	Grava y gravilla con arena mediana gris pardusca intercalada. Rodados predominantes entre 0,5 y 1 cm de diámetro.

Pozo 2

0,00	a	1,20	Limo gris, en partes arcilloso con rodados sueltos.
1,20	a	2,40	Limo castaño oscuro, en partes arcilloso, en partes arenoso, en partes calcáreo.
2,40	a	5,00	Arena muy fina a fina, castaña, micácea, en parte con rodados sueltos.
5,00	a	12,00	Grava y gravilla con arena castaña intercalada.
12,00	a	11,40	Grava y gravilla con arena castaña intercalada.
11,40	a	11,50	Arcilla castaña.

PERFIL V - V'

Pozo 1

0,00	a	0,60	Limo castaño grisáceo.
0,60	a	0,80	Limo arcilloso gris pardusco.
0,80	a	3,00	Arcilla gris, calcárea, compacta.

Pozo 2

0,00	a	0,20	Limo arenoso, castaño claro, micáceo, algo calcáreo, con rodados sueltos.
0,20	a	0,40	Arena limosa castaña, micácea con rodados sueltos.
0,40	a	2,50	Grava y gravilla con arena mediana a fina intercalada.

Pozo 3

0,00	a	1,00	Limo castaño, en partes algo arenoso, en partes algo arcilloso, muy calcáreo.
1,00	a	1,60	Arena muy fina castaña, en partes algo limosa, con vidrio volcánico, en partes algo calcárea, en partes con rodados sueltos.
1,60	a	2,60	Arena fina, castaña clara, en partes amarillenta, con abundante grava y gravilla intercalada. Rodados mayores de hasta 4 cm de diámetro.

Pozo 4

0,00	a	0,80	Limo en partes arenoso castaño a castaño oscuro, en partes calcáreo.
0,80	a	1,70	Limo castaño, con grava y gravilla intercalada, calcáreo y muy calcáreo. Rodados hasta de 2 cm de diámetro con pátina de calcáreo.
1,70	a	10,00	Grava y gravilla con arena fina a mediana, en partes algo limosa intercalada.
10,00	a	10,50	Limo arcilloso castaño claro.

Pozo 5

0,00	a	0,60	Limo algo arcilloso marrón.
0,60	a	3,00	Arcilla, en partes algo limosa marrón, con manchas ocres y marrón rojizo oscuras. Hacia abajo aparecen finas intercalaciones grises, algo arenosas micáceas.
3,00	a	4,50	Arena muy fina gris, micácea.

PERFIL VI - VI'

Pozo 1

0,00	a	2,60	Limo arenoso en partes arcilloso, castaño claro a grisáceo, en partes calcáreo a muy calcáreo, en partes algo micáceo.
2,60	a	3,10	Arena muy fina gris castaño, micácea.
3,10	a	4,10	Limo algo arcilloso castaño claro, en partes algo calcáreo, en partes con elevado porcentaje de vidrio volcánico y tonalidades gris claro y blanquecino.
4,10	a	11,00	Grava y gravilla con arena muy fina a mediana intercalada, en partes algo calcárea.

Pozo 2

0,00	a	1,30	Limo arenoso gris, en partes arcilloso, en partes con numerosos nodulitos calcáreos blanquecinos.
------	---	------	---

1,30	a	2,30	Arena fina castaño rojiza, en partes algo limosa, micácea, algo calcárea a muy calcárea.
2,30	a	3,10	Limo arenoso castaño rojizo, calcáreo.
3,10	a	3,50	Limo arcilloso castaño rojizo, con intercalaciones de arcilla gris y otras calcáreas, castaño claro.
3,50	a	4,00	Limo arenoso castaño rojizo, micáceo, calcáreo.
4,00	a	4,70	Grava con arena fina a mediana castaña. Rodados predominantes con diámetro entre 0,5 y 1,5 cm.

Pozo 3

0,00	a	0,80	Limo gris en partes arcilloso, en partes arenoso, en partes muy calcáreo.
0,80	a	1,70	Arena muy fina castaña clara, micácea, calcárea, en partes con intercalaciones arcillosas castañas.
1,70	a	2,20	Limo castaño algo arcilloso, levemente arenoso algo calcáreo, con manchas ocres y rojizas.
2,20	a	2,70	Arena muy fina castaña, en partes algo amarillenta, en partes con rodados sueltos.
2,70	a	3,00	Limo arenoso, castaño amarillento, en partes calcáreo.
3,00	a	8,50	Grava y gravilla con arena fina a mediana castaña, micácea intercalada. Rodados de hasta 4 cm de diámetro.
8,50	a	10,00	Limo castaño claro.

Pozo 4

0,00	a	0,50	Limo algo arcilloso gris castaño, en partes con fragmentos de arcilla gris pardusca oscura, en partes calcáreo.
0,50	a	2,20	Arena muy fina castaña clara, en partes algo limosa, en partes calcárea, en partes micácea.
2,20	a	3,70	Arena muy fina a mediana semejante a la anterior, con grava intercalada, con rodados de hasta 3 cm de diámetro.

Pozo 5

0,00	a	0,50	Limo castaño claro, en partes algo arcilloso.
0,50	a	0,90	Limo arcilloso con fragmentos de arcilla castaña gris oscura.
0,90	a	1,80	Arcilla gris castaña oscura, en partes con pequeños nódulos calcáreos blanquecinos y con rodados sueltos.
1,80	a	2,50	Grava con arena limosa castaña. Rodados de hasta 4 cm de diámetro cubiertos por pátina de calcáreo.

PERFIL VII - VII'

Pozo 1

0,00	a	0,40	Limo algo arcilloso a gris pardusco, calcáreo, de aspecto algo terroso.
0,40	a	1,60	Limo arcilloso gris castaño algo rojizo, en partes calcáreo.
1,60	a	4,40	Limo arcilloso castaño rojizo a marrón con manchas rojizas, ocre y negruzcas, con cristales de yeso, algo calcáreo a calcáreo. Aspecto algo terroso, disgregable.
4,40	a	4,80	Arcilla gris, compacta.
4,80	a	5,50	Turba negra.
5,50	a	7,10	Arena muy fina gris clara.
7,10	a	7,50	Limo arcilloso gris claro.

Pozo 2

0,00	a	1,90	Limo gris, en partes algo castaño, en general arcilloso, en partes calcáreo.
1,90	a	3,20	Limo arcilloso castaño rojizo a marrón, en partes grisáceo, calcáreo.
3,20	a	4,80	Arcilla marrón clara con manchas ocre y rojizas, en partes con fragmentos de turba negra.
4,80	a	5,00	Arcilla gris con fragmentos de turba negra.
5,00	a	5,20	Arena fina gris oscura.

Pozo 3

0,00	a	0,40	Limo arcilloso gris oscuro, con pequeños nódulos calcáreos blanquecinos.
0,40	a	4,50	Limo arcilloso castaño claro a rojizo, en partes algo arenoso, en partes calcáreo a muy calcáreo, en partes con abundantes manchas ocre y rojizas, con cristales de yeso bien desarrollados, aspecto terroso.
4,50	a	5,30	Arcilla marrón, en partes con manchas rojizas, con cristales de yeso, con fragmentación de turba negra intercalada.
5,30	a	6,80	Arcilla gris con fragmentos de turba y algunos rodados sueltos.
6,80	a	7,20	Limo algo arenoso gris con rodados y rodaditos intercalados.

PERFIL VIII - VIII'

Pozo 1

0,00	a	0,40	Limo castaño con aspecto terroso.
0,40	a	2,90	Limo algo arcilloso castaño rojizo a marrón, en partes verdoso, en partes con manchas rojizas y ocre, en partes algo calcáreo, en partes levemente arenoso.

2,90	a	4,40	Arcilla limosa gris verdosa, con manchas ocres y rojizas con aspecto terroso.
4,40	a	6,70	Arcilla gris con fragmentos de turba y restos vegetales parcialmente carbonizados.
6,70	a	7,00	Limo arcilloso castaño rojizo, con fragmentos de turba y restos vegetales.

Pozo 2

0,00	a	0,20	Limo castaño muy calcáreo, con aspecto algo terroso.
0,20	a	1,00	Arena fina castaña clara micácea, algo calcárea con aspecto friable.
1,00	a	3,40	Limo algo arcilloso castaño rojizo a marrón, en partes con manchas rojizas, ocres y negruzcas, con cristales de yeso bien desarrollados, aspecto algo fragmentoso.
3,40	a	3,60	Arcilla marrón con manchas rojizas y negruzcas.
3,60	a	8,00	Arcilla gris, en partes parduscas, con manchas rojizas y parduscas, con cristales de yeso, en partes con fragmentos de turba negra, en partes con láminas de mica muy homogénea y compacta.

Pozo 3

0,00	a	1,80	Limo arcilloso castaño rojizo a marrón con manchas ocres y amarillentas.
1,80	a	5,00	Arcilla algo limosa castaña rojiza a marrón con manchas ocres y rojizas.
5,00	a	6,50	Arcilla en partes algo limosa, gris en partes algo castaña, con manchas ocres y marrones.

Pozo 4

0,00	a	4,50	Limo arcilloso castaño rojizo a marrón con manchas ocres y rojizas.
4,50	a	6,50	Arena fina gris castaña, micácea.

PERFIL IX - IX'

Pozo 1

0,00	a	1,00	Limo algo arcilloso marrón. Aspecto terroso.
1,00	a	3,80	Arcilla algo limosa castaño rojiza a marrón, en partes levemente grisácea, con manchas ocres, rojizas y negruzcas, con cristales de yeso bien desarrollados.
3,80	a	6,50	Arcilla gris, en partes rojizas, con fragmentos de turba negra.
6,50	a	7,10	Limo arcilloso gris, en partes con capitas arenosas del mismo color.

Pozo 2

0,00	a	0,30	Limo algo arcilloso marrón, con aspecto terroso.
0,30	a	1,80	Limo arcilloso castaño rojizo a marrón, en partes con manchas rojizas, con aspecto fragmentoso.
1,80	a	2,40	Arcilla limosa pardo rojiza a marrón.
2,40	a	2,80	Arcilla gris con manchas ocre y rojizas.
2,80	a	3,40	Arcilla limosa pardo rojiza a marrón.
3,40	a	4,90	Limo castaño claro en partes arenoso, en partes arcilloso con manchas ocre y rojizas, con cristales de yeso bien desarrollados, aspecto terroso.
4,90	a	6,40	Arcilla limosa castaña a grisácea con abundantes manchas ocre, con fragmentos de turba negra y cristales de yeso.
6,40	a	6,70	Arena fina a gris oscura algo arcillosa, micácea.

Pozo 3

0,00	a	2,20	Limo arcilloso castaño rojizo a marrón, con manchas rojizas y negruzcas.
2,20	a	3,00	Limo arenoso castaño rojizo a marrón con manchas rojizas y negruzcas, aspecto fragmentoso.
3,00	a	5,40	Alternancia de capas de limo castaño rojizo con otras de arena fina castaña a marrón.
5,40	a	7,80	Arena fina gris, en partes algo limosa.
7,80	a	8,30	Arcilla gris, con intercalaciones arenosas del mismo color.

Pozo 4

0,00	a	3,50	Limo castaño rojizo a marrón, con manchas ocre, rojizas y marrones.
3,50	a	5,00	Limo algo arenoso gris, con manchas ocre.
5,00	a	7,50	Arenisca fina gris, en partes con intercalaciones limosas del mismo color.
7,50	a	10,00	Limo gris, en partes arenoso, en partes arcilloso, en partes con fragmentos de turba negra.

Pozo 5

0,00	a	2,50	Limo arcilloso castaño rojizo a marrón.
2,50	a	4,00	Limo gris.
4,00	a	6,00	Limo arenoso gris.

PERFIL X - X'

Pozo 1

0,00	a	0,30	Limo levemente arenoso, castaño rojizo a marrón, aspecto terroso.
0,30	a	3,10	Limo arcilloso castaño rojizo a marrón en partes calcáreo, con algunas manchas rojizas y marrón oscuras.

3,10	a	3,60	Arcilla gris verdosa, con abundantes manchas ocre.
3,60	a	4,90	Alternancia de capas de limo castaño y arena gris.
4,90	a	6,30	Limo verde grisáceo claro, con manchas ocre y verdes, aspecto fragmentoso.

Pozo 2

0,00	a	0,40	Limo algo arcilloso, castaño rojizo a marrón, aspecto terroso.
0,40	a	1,80	Arcilla algo limosa, castaño rojizo a marrón con manchas ocre rojizas y verdosas, aspecto terroso.
1,80	a	3,80	Alternancia de capas de limo castaño rojizo con arena castaña. En la base, conchillas de Gasterópodos.
3,80	a	3,90	Limo arcilloso algo arenoso gris.
3,90	a	7,20	Arena muy fina gris, en partes con finos cristales de limo gris pardusco.

Capítulo 2

GEOLOGIA DE LA PRIMERA ETAPA

1. Introducción

Conclusiones

Se ha comprobado la salinidad predominante de las tierras de la región, condición que sólo parcialmente es función de los sedimentos marinos, debiéndose en su mayor parte a fenómenos continentales.

El aluvión del Río Negro es de composición muy variada y la napa freática es por lo general bastante salina, acusando comúnmente una concentración de 7 000 partes por millón. No parecería que el Río Negro ejerza mayor influencia desde su lecho sobre la napa freática del área de Viedma. La superficie piezométrica, en cambio, parece ser sensible a las inundaciones causadas por el río, como también a la aplicación del riego en la zona de la Estación Experimental.

No se considera factible el drenaje del excedente de aguas de regadío mediante canalización hacia acuíferos subyacentes.

Recomendaciones

General

Los estudios que ha sido posible realizar hasta la fecha no han permitido obtener reconocimientos completos acerca de la naturaleza del agua subterránea de la formación rionegrense.

Existen dos tesis contrastantes al respecto: una que sostiene que son aguas dulces y la otra que insiste en que son saladas. Es posible que ambas sean parcialmente acertadas y que las correspondientes afirmaciones dependan de la ubicación de las muestras en que se basan en relación con el Río Negro y otras características topográficas.

Ante esta incertidumbre convendrá hacer investigaciones más profundas y más generalizadas a fin de determinar con precisión cuál es el volumen de agua subterránea útil de que se puede disponer.

Perforación de pozos

En el informe trimestral concluido en febrero de 1965 se mencionan 22 perforaciones denominadas profundas, de las cuales lamentablemente no se conservaron registros. El Ing. Gutiérrez Frías citó de memoria las formaciones geológicas que se observaron en una perforación realizada en la Estación Experimental que parece haber llegado a una profundidad de 52 m.

Se sugiere efectuar 9 perforaciones hasta una profundidad de aproximadamente 50 m. Parecería conveniente proceder a base de la siguiente cuadrícula:

- a) NO-SE, paralelo al río Ae, Ee, Ke, Qe y U2
- b) NE-SO, perpendicular al río Ec, Eg, Qc, Qg (Q1)

Como se anticipa que se puede encontrar un acuífero subyacente a la formación rionegrense, será importante aislar el acuífero superior antes de ensayar el inferior. Los estratos que se encuentren en estas perforaciones tendrían que ser estudiados y registrados por el experto correspondiente.

Estudio geofísico

Un estudio geofísico del Valle de Viedma sería valioso para determinar la configuración de la interfase entre el aluvión y la formación rionegrense subyacente. Dada la alta salinidad presente en suelos y napa, no es probable que el método de resistividad eléctrica fuera practicable. Un estudio sísmico subsuperficial daría sin embargo valiosa información, especialmente calibrado con las 9 perforaciones que se recomiendan en un párrafo anterior. Hay que recalcar que el método sísmico poco profundo, diseñado para estudiar formaciones hasta una profundidad de 50 m, emplea aparatos diferentes y menos costosos que los requeridos por las empresas petroleras para bajar a profundidades de 10.000 m y las cargas explosivas son mucho menores.

Un equipo técnico para operar un sistema sísmico durante 2 meses puede costar aproximadamente 10.000 dólares EE.UU. aparte de los pasajes ida y vuelta a la Argentina.

Estudios químicos de agua subterránea

Además de la conductividad, determinada actualmente por muestras de agua subterránea, es necesario efectuar mediciones de aniones y cationes cada dos meses (6 veces por año). Los iones de interés son: Ca, Mg, K, Na, Cl, SO₄, HCO₃. Habría que probar algunas muestras representativas para determinar si se encuentran cantidades significativas de boro.

En base a estas determinaciones de iones, sería provechoso trazar mapas de isocloro e isosulfato. Las cantidades de Na/Mg y Cl/SO₄ pueden ser valiosas para llegar a conclusiones sobre el origen, marino o continental, de las sales en distintas partes del Valle.

Superficie freática

Habría que efectuar cálculos de la superficie freática cuatro veces por año, como ya se ha hecho durante periodos limitados.

También se aconseja elaborar cartas de isobatas indicando la profundidad de la superficie hasta la napa freática. Dichas cartas indican con mayor claridad que los mapas de superficie freática, que se refieren a niveles absolutos, todo punto de peligro que pueda surgir del nivel de agua elevado ocasionado por exceso de riego.

Material para pozos de observación

Parece haber sido difícil conseguir caños de hierro perforados o ranurados para los pozos de observación. Actualmente, los caños de hierro están empotrados con su extremo en una empaquetadura de ripio y el agua de la napa freática debe entrar por el extremo del caño y subir hasta su propio nivel externo. El técnico encargado señaló que probablemente se formará corrosión y preguntó si se podrían emplear caños plásticos perforados. Según la experiencia de los técnicos del Proyecto se ha empleado el caño plástico con éxito en el Valle de Kabul, en Afghanistan.

Sin embargo, es factible conseguir localmente caños perforados de aluminio, y éste es probablemente el mejor sustituto para el caño de hierro no perforado utilizado actualmente.

2. Descripción del Valle del Río Negro

General

El Valle del Río Negro, dentro del área del Proyecto, consiste en una llanura aluvial encerrada dentro de un grupo de areniscas y arcillas terciarias superiores, llamadas formación rionegrense.

El aluvión, en los 55 km inferiores del Valle, tiene un promedio de 8-10 km de ancho y se encuentra entre acantilados de arenisca rionegrense. Se supone que la formación rionegrense continúa por debajo del aluvión y que el aluvión tiene un espesor de 20-30 m, pero se desconocen las profundidades exactas.

Un poco más arriba de San Javier hay una terraza baja, cubierta de arbustos, aproximadamente 2-3 m sobre la llanura aluvial, que tiene 7 km de ancho en forma de bahía dentro de la meseta rionegrense. Esta es la zona denominada Monte por ITALCONSULT, y tiene un área de aproximadamente 210 km². Ubicada en parte dentro de la terraza de Monte y en parte sobre la zona aluvial, a 3,5 km al sur de Cubanea hay una pequeña franja de arenisca rionegrense. Esta franja comprende un área de 0,5 km² y sin duda, en una época antes de la erosión, fue parte del afloramiento general rionegrense.

Al norte del Río Negro la escarpa de arenisca rionegrense tiene una altura de aproximadamente 30 m sobre el río. Al sur, y al sur del aeropuerto, la escarpa es de sólo 15-16 m sobre el nivel del Bajo del Juncal, pero más hacia el sur hay dos terrazas adicionales. El alto total de la meseta sobre este lado es de unos 30-35 m sobre el nivel del río.

En 1960 ITALCONSULT examinó un área de 806 km² que comprende la llanura aluvial y la terraza. Aunque estos estudios tenían el carácter de simple reconocimiento y algunas de sus conclusiones no han sido aceptadas por las autoridades provinciales, los datos siguientes son probablemente correctos en cuanto al orden de magnitud en relación al área del Proyecto:

Cuadro 1

AREAS DE SUELOS SALINOS O ALCALINOS

	hectáreas	% área total
Suelos no salinos	15.741	19,54
Suelos salinos	35.785	44,42
Suelos salinos/alcálinos	20.422	25,35
Suelos alcálinos	<u>8.612</u>	<u>10,69</u>
	80.560	100,00

La mayor parte de las operaciones del Proyecto han sido concentradas en un área piloto de 8 773 ha en la zona adyacente a Viedma, pero se han efectuado estudios de reconocimiento de suelos hasta Cubanea. Lamentablemente, los estudios sobre las aguas subterráneas tienen hasta la fecha un carácter esporádico y se limitan al área piloto.

El Río Negro

En una línea recta de 90 km la pendiente media del río es de 0,31 m/km, pero al medir alrededor de los meandros, seguramente la pendiente será mucho menor. El río sufre el efecto de las mareas hasta una distancia de 15 km río arriba de Viedma.

Los niveles máximos del río se registran en octubre, y los mínimos en marzo y abril. Las fluctuaciones normales parecen ser de 1,5 m.

En la proximidad de Viedma el río tiene una profundidad máxima de 9-10 m, evidentemente en las partes exteriores cóncavas de las curvas, lo que implicaría que la socavación se produce a una profundidad de 4-5 m debajo del nivel del mar. En consecuencia, un manto aluvial de aproximadamente 10 m está en contacto con el río en las áreas de socavación más profunda. El manto aluvial más permeable estaría por lo tanto en continuidad hidráulica a una profundidad de 10 m con las aguas del Río Negro, aunque los contactos pueden estar ocultos por una capa de sedimento o limo más fino y relativamente impermeable.

El agua del Río Negro es dulce, excepto en las zonas de influencia de las mareas, donde hay mezcla de agua del océano. La conductividad es del orden de 250-750 mmho/cm, equivalentes a una concentración máxima de 500 ppm.

Precipitación

Los datos pluviométricos de Carmen de Patagones para el período 1901-1950 difieren considerablemente de los del período 1951-1960.

Cuadro 2

PRECIPITACION - CARMEN DE PATAGONES

Mes	1901-1950	1951-1960
	(mm)	(mm) <u>1/</u>
Enero	22,2	30
Febrero	29,6	29
Marzo	31,1	70 máx.
Abril	31,3	34
Mayo	32,6	48
Junio	19,8 mín.	39
Julio	26,9	28
Agosto	16,2	27
Septiembre	33,5	31
Octubre	39,2 máx.	35
Noviembre	22,3	20 mín.
Diciembre	27,4	22
Media anual	331,1	413
Media mensual	27,6	34,4

1/ Cifras redondas.

No sólo hay un 25 por ciento de aumento en las precipitaciones entre 1951-1960, que podría atribuirse a la existencia de un período de mayor precipitación en el ciclo pluvial, sino que los meses de máxima y mínima son diferentes en los dos períodos. No existe explicación de esa diferencia.

Hay una distribución regular de precipitación durante el año y ningún mes es seco, pero en cambio, pocos meses tienen concentraciones apreciables de lluvia. Dado que hay fuertes vientos que persisten durante la mayor parte del año, es evidente que gran parte de la precipitación se pierde rápidamente por evaporación.

3. Salinas

Su distribución

Una de las características sobresalientes de la región es la abundancia de salinas. El Mapa 1 da una idea de la distribución de algunas de esas salinas entre la Península Valdes y Bahía Blanca; pero hay un gran número demasiado pequeñas para indicarse en un mapa de 1:1 000 000.

Esa abundancia de salinas fue comprobada durante un vuelo de reconocimiento efectuado el 3 de febrero remontando el Río Negro hasta Angostura, al oeste de la Salina Gualicho, al sur de San Antonio y regresando a la costa. Por ejemplo, se divisó una salina relativamente grande al norte del Río Negro luego de 9 minutos de vuelo, o sea aproximadamente a 30 km del aeropuerto de Viedma. Otra salina fue cruzada 13 minutos (42-45 km) al oeste de Angostura, y se contaron alrededor de treinta entre Angostura-Gualicho y la vía férrea.

Su ubicación altimétrica

Las salinas se encuentran en elevaciones distintas:

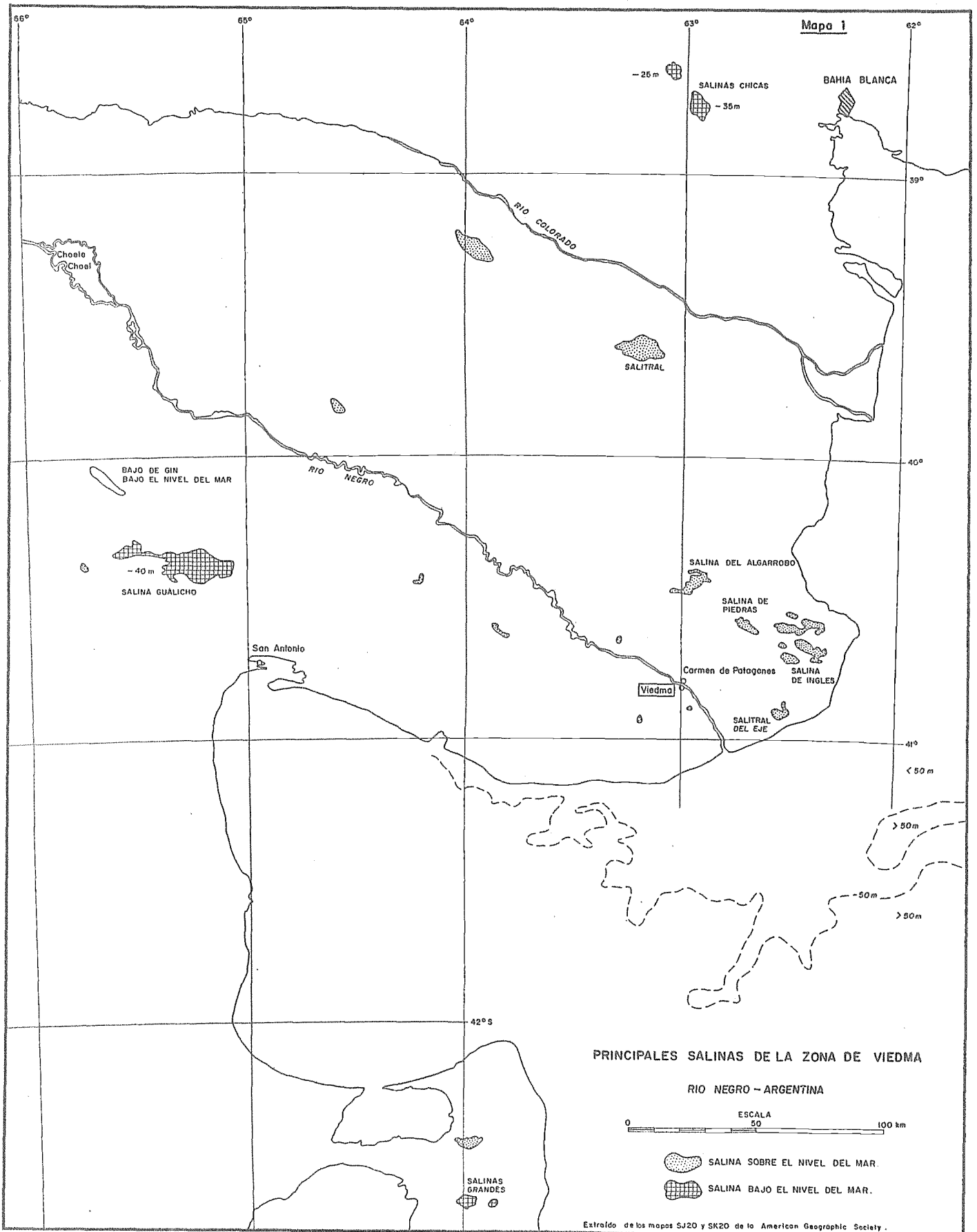
1. Debajo del nivel del mar:

- a) Salinas Grandes $42^{\circ} 38' S$ y $64^{\circ} 0'$; esta salina está conectada por tren con Puerto Pirámides y de ella se extrae sal.
- b) Salina Gualicho, $40^{\circ} 25' S$ y $65^{\circ} 15' 0'$; tiene un área de 300 km^2 y se ha avistado un pequeño depósito de sal en el extremo este. La elevación debajo del nivel del mar se calcula en 40 m.
- c) Salinas Chicas $38^{\circ} 45' S$ y $62^{\circ} 55' 0'$; elevación debajo del nivel del mar, 35 m.

Aún se desconoce hasta qué punto se relacionan estas salinas con las depresiones tectónicas, o si tuvieron alguna conexión con el mar. Según Galván se encontró un porfido a una profundidad de 48 m en una perforación en la margen nordeste del Gualicho, lo que indica que allí la sucesión sedimentaria es poco profunda.

2. Sobre el aluvión del Río Negro, entre 0,20-0,90 m sobre el nivel del mar. Se encuentran dos salinas con un área total de $2,4 \text{ km}^2$ a 5 km al ESE del Aeropuerto de Viedma.

3. Sobre las superficies mesetiformes, al norte y al sur del Río Negro. Las elevaciones son del orden de 30-40 m sobre el nivel del mar. Hay vastos depósitos de rodados patagónicos sobre la arenisca rionegrense, pero no se sabe hasta qué punto las salinas se apoyan en este conglomerado o directamente sobre la arenisca. Las salinas no han tenido conexión con el mar y las sales se han formado por evaporación de aguas continentales.



Sus propiedades químicas

Lamentablemente, no hay análisis químicos de las sales obtenidas en estas salinas. Sin embargo, las sales de las salinas de la Meseta han de ser semejantes a las obtenidas por evaporación tierra adentro, y no por evaporación de agua de mar. Por lo tanto, se supone que en comparación con las evaporaciones marinas, puede haber una deficiencia de magnesio y tal vez de calcio, encontrándose cantidades considerables de carbonato, bicarbonato y sulfato de sodio. Se presume que las salinas han sido estudiadas por el Equipo Geológico, ya que es posible que éstas representen una fuente económica para la obtención de sulfato y carbonatos de sodio industriales. Como ejemplo de sales presentes en evaporaciones continentales, se pueden citar lagos en la India y el Tibet:

Cuadro 3

SALES ENCONTRADAS EN EVAPORACIONES CONTINENTALES

Sales	Didwana: Rajasthan: India Agua salada de lago	Mangrik: K'un Lun: Tibet Occidental Costra salada
NaCl	18,08 %	76,32 %
Na ₂ SO ₄	6,38	19,28
Na ₂ CO ₃	0,70	1,53
NaHCO ₃	0,52	sin registrar
CaSO ₄	sin registrar	2,08
TOTAL	25,68 (o sea, 256,8 gr/l)	99,21

Su origen

Es obvio que en esta región de la Argentina, con una deficiencia de lluvias y con fuertes vientos que soplan durante muchos meses del año, existe una marcada condición de salinidad que no tiene relación con la franja de sedimentos marinos de la costa ni con incursiones marinas localizadas en los valles inferiores durante el Pleistoceno. Es cierto que limos y arcillas marinas están intercaladas con el aluvial en la parte inferior del Valle, y que estos estratos han dado un aspecto marino a la salinidad localizada alrededor de Viedma, pero el problema de salinidad es mucho más extenso de lo que se puede deducir por la presencia de sedimentos marinos cerca de la costa. Por ejemplo, hay salinidad en el agua subterránea en el tramo medio del Río Negro cerca de Choele Choel, donde se han registrado concentraciones de 6-11 gr/l a 320 km río arriba de la costa marina.

4. Formación Rionegrense y Rodados Patagónicos

Disposición

La formación rionegrense pertenece al terciario superior. En los acantilados de la costa marina, cerca de Lobería donde está bien expuesta, la formación consiste en alternaciones de arenisca estratificada, calcáreo de ostra y sedimentos gredosos de color chocolate.

En la costa de Lobería la arenisca forma alrededor del 70-75 por ciento del espesor observado. El espesor de los lechos individuales varía a lo largo de las secciones de acantilados, pero los depósitos arcillo limosos tienen continuidad suficiente, por lo menos en dirección este-oeste, como para causar la separación de las areniscas sobre una distancia de 2-3 km.

En los alrededores de Viedma no se han observado arcillas calcáreas ni sedimentos en la sección, pero se supone que éstos existen y forman acuíclucos impermeables que apartan el agua subterránea en acuíferos separados.

Aparte de algunas zonas de calcificación secundaria, las areniscas no son ni cementadas ni compactadas, desmenuzándose fácilmente en la mano.

No se han observado afloramientos naturales de agua en Lobería, pero se han visto filtraciones desde el aire sobre los acantilados a 20 minutos de vuelo (posiblemente 80-85 km) del Faro del Río Negro.

La formación rionegrense parece ser horizontal, pero es posible que existan leves combas, una de las cuales podría ser la causante del declive de los acantilados cerca de la bahía Caleta de los Loros, a 75 km al ESE de San Antonio. De existir esta comba sinclinal, estaría orientada casi de este a oeste, y resultaría en pendientes muy leves hacia el norte desde la costa y en pendientes hacia el sur desde el Río Negro, en un grado de 1:100 a 1:300.

La formación rionegrense evidentemente es subyacente al aluvión del Río Negro, en toda el área del Proyecto. Lamentablemente, no se han conservado registros de las 22 "perforaciones profundas" efectuadas en 1964-1965 a profundidades entre 10 y 50 o más metros, y solamente puede estimarse el espesor del aluvión que yace sobre el rionegrense. Gutiérrez Frías considera que la perforación efectuada en la Estación Experimental llegó a 52 metros de profundidad, y enumera de memoria aproximadamente las siguientes secciones:

0	a	5	m	arenas y arcillas
5	a	20	m	grava
20	a	52	m	arenisca rionegrense y posiblemente sedimento arcilloso (inferencia)

Si estas cifras son correctas, la formación rionegrense encontrada en la perforación se ubicaría entre los niveles -15 m hasta -47 m (debajo del nivel del mar), pero el espesor total en esa área seguramente sería mayor de 100 m y el aluvión tendría un espesor de 20 m.

En la costa nordeste del Río Negro, cerca de su desembocadura en el Océano Atlántico, la topografía de la formación rionegrense se caracteriza por un sistema de lomas y quebradas de orientación ENE-OSO. Se desconoce si esa orientación se debe a causas estructurales tales como agrietamientos y fallas. En la formación observada en Lobería no había agrietamientos sistemáticos en las areniscas no compactadas.

La curva de nivel de -50 m está ubicada a unos 80 km mar adentro en dirección ESE de la desembocadura del Río Negro, aunque al sur de Lobería esa curva llega hasta 10 km de la costa. Se puede deducir que las areniscas y sedimentos arcillosos rionegrenses se extienden debajo de este lecho marino con muy leve gradiente hasta la curva de -50 m o más allá, siendo prácticamente horizontal y con un gradiente hidráulico de sólo 1:1 600 en dirección ESE.

Agua subterránea

Los datos sobre la naturaleza de las aguas subterráneas en las areniscas rionegrenses son contradictorios. Galván afirma que el agua es casi invariablemente salina, y Viaut que ha visitado muchas chacras ubicadas en la meseta sostiene una opinión parecida. Por otra parte, Pinel afirma que hay agua dulce en esta formación, y la muestra probada por el autor, sacada de un pozo a media altura de una escarpa, subiendo por Carmen de Patagones que debe haber derivado de areniscas rionegrenses, era casi dulce; tenía mucho mejor sabor que el agua obtenida de pozos aluviales sobre la margen izquierda del Río Negro, aguas abajo de Carmen de Patagones.

Los viñedos y chacras ubicados cerca de las márgenes del Río Negro se riegan con pozos a molino de viento pero, según Galván, la mayoría de las chacras dependen de las municipalidades para el abastecimiento de agua potable, que se les lleva en camiones. Evidentemente, el agua de pozo es por lo general demasiado salina para beber, pero no es demasiado salina cerca del río para el riego de viñedos y huertas. Esta agua de pozo se supone derivar en parte del aluvión del Río Negro, y en parte de la arenisca subyacente a la formación rionegrense.

Rodados patagónicos

Superyacente a la formación rionegrense hay un desarrollo extenso de conglomerados con grados variables de cementación con caliche. Los conglomerados no son continuos, sino en manchas.

Al sur del Río Negro y al sudoeste de Viedma, los conglomerados yacen en dos elevaciones diferentes, a aproximadamente 20 y 30 m sobre el nivel del mar, correspondiendo a periodos de erosión de terraza, seguidos por depósitos de conglomerados durante el neozoico. Los rodados Patagónicos no son de importancia directa para la presente investigación, pero merecen ser estudiados en toda investigación regional de las salinas ubicadas en la cima de la meseta.

5. Aluvión del Río Negro

Disposición

El término "aluvial" se emplea para designar los depósitos más fluviales del Valle del Río Negro, juntamente con intercalaciones menores de arcillas marinas. Como se ha expresado en el punto 4., se desconoce el espesor del aluvión del Río Negro, pero se presumen, en base a una perforación efectuada en la Estación Experimental, de la cual no se han conservado registros, que ha de ser de unos 20 m.

El geólogo finlandés, Väino Auer, estudió el Valle Inferior del Río Negro en 1952 y ha descrito algunos perfiles que no exceden 10 m de profundidad. Los perfiles son algo difíciles de interpretar debido a la falta de coincidencia entre las leyendas y el texto descriptivo. Auer indicó las variaciones en el nivel del mar relativas a la tierra durante el período glacial y postglacial, e indicó que los sedimentos marinos se extendían hacia arriba del Valle del Río Negro, por lo menos hasta unos cuantos kilómetros río arriba de Viedma, asociados con turbas no marinas, arenas, conglomerados y sedimentos. No encontró sedimentos marinos en el perfil Berreute que se encuentra unos kilómetros río abajo de Primera Angostura (y por lo tanto al noroeste de Cubanea).

Zonas de aluvi3n

Con la ayuda de los mosaicos a3reos de EIRA, se indican en el Mapa 2 algunas divisiones en el terreno aluvial desde Primera Angostura hasta el O3cano Atl3ntico, que se describen a continuaci3n:

Zona de Meandros extensos, sobrepuestos y truncados: 4 a 5 km de ancho, 45 km de largo, entre Primera Angostura y San Javier. Algunas de las combas de los meandros est3n llenos de arena del r3o y otros todav3a tienen agua, como los de Laguna Sacco Serra. Los meandros t3picos tienen un radio de curvatura de 800 a 1 000 m. El meandro de Zanj3n Luna es propenso a inundaci3n y escape del agua del R3o Negro desde una salida al sur, hacia el ESE, que eventualmente llevar3a al Bajo del Juncal.

Zona de Lentes de arena sobrepuestos y canales. Esta zona se encuentra adyacente a la faja de meandros y representa evidentemente una secci3n m3s estabilizada del aluvi3n, menos propensa a inundaciones. Los lentes individuales cuneiformes pueden alcanzar hasta 1 km de largo y 500 m de ancho.

Zona de Terraza Monte, ubicada entre la 3ltima zona y el acantilado de la meseta. Esta zona representa una terraza baja, 2 a 3 m m3s alta que el aluvi3n principal, con 210 km² de 3rea. Tiene una flora distinta, un predominio de ripio suelto no cementado y lechos conglomerados. Sobresale en las fotos a3reas, pero muchos menos sobre el terreno, una serie de canales de arena que va del norte hacia el sur y hasta la escarpa de la meseta. Estos canales tienen 100 a 400 m de ancho y hasta 9 km de largo y son 50 a 100 cm m3s bajos que el terreno adyacente enripiado. Se supone que representan los antiguos canales del r3o formados durante un r3gimen fluvial anterior, cuando la erosi3n de las gravas previamente depositadas fu3 seguida por un relleno de arena. La zona de terraza Monte no es estrictamente parte del aluvi3n moderno del R3o Negro, sino una formaci3n muy posterior a los Rodados Patag3nicos que cubren la meseta, aproximadamente 16 m por encima.

Estas tres zonas son consideradas de origen enteramente fluvial, con ausencia total de arcilla marina. Al sudeste de San Javier hay una distribuci3n muy distinta: la franja de meandros pr3cticamente desaparece, con excepci3n del muy pronunciado meandro de Viedma, desarroll3ndose otra fisonom3a, que probablemente est3 relacionada con intercalaciones marinas.

Zona de Lomas. Esta zona se puede ver en el Mapa 3 y, en forma de diagrama, en el Mapa 2; se extiende desde cerca de San Javier hasta cierta distancia al sudeste de Viedma, con un ancho de 5 a 8 km. Las lomas est3n formadas por limo arenoso fino, casi blanco en seco y forma las zonas blancas visibles en las fotos a3reas. Tienen 1 ó 2 m de elevaci3n sobre la llanura que las rodea, y 20 a 100 m de ancho. Las lomas son m3s salinas que el aluvi3n adyacente y tienen conductividades de 25 a 40 mmho/cm, que corresponden aproximadamente a concentraciones de 20.000 hasta 30.000 ppm.

Seg3n Guerra, las lomas contin3an por debajo del nivel de la llanura, donde se cree que hay arcilla o tierra superpuesta y que la erosi3n no las alcanz3 en las lomadas interpuestas. La forma de estas lomadas es muy distinta a la de los meandros llenos de arena de aquella zona, y sus interconexiones intrincadas y formas vermiculares no parecen ser dep3sitos formados por procesos normales del r3o. Existe la posibilidad, seg3n lo sugerido por Guerra, que las lomas representen una formaci3n de mareas, comenzando con el hecho que la disposici3n de las lomadas se parece un poco al modelo dendr3tico de canales de erosi3n ciegos, formados en llanuras de barro de inundaci3n durante la marea baja; estos canales ciegos subsecuentemente pueden ser llenados con sedimentos marinos al subir otra vez la marea. Aun as3, es curioso que las lomas muestren tan claramente el inverso del modelo erosional de la marea baja.

Se puede suponer que el área de las lomas representa una zona de transición entre los depósitos fluviales y marinos, con predominio de sedimentos marinos en los niveles expuestos de los depósitos.

El Meandro de Viedma se destaca visto desde el aire; está a 3-4 m sobre el nivel de la llanura. Tiene 200 a 250 m de ancho y tiene un relleno de arena de más de 3 m de espesor. Dista 3.800 m al OSO del Seminario Diocesano.

Juncal. El antiguo lago del Juncal ocupaba una depresión de unos 35 km de largo, cerca de la escarpa de la meseta. El material del lecho de este lago seco es principalmente arcilla y limo arcilloso.

La zona de Charcos redondos sobre una base principalmente arcillosa, tiene 17 km de largo y 3 km de ancho. Estas depresiones poco profundas, que se inundan después de las lluvias, tienen generalmente 50-150 m de diámetro. Se registraron hasta 33 depresiones en 1 km².

Una zona mal definida con dos salinas y lomas que alcanzan 12,20 m sobre el nivel del mar. Las salinas comprenden áreas de 1,4 y 1,0 km², alcanzando la mayor una altura de 0,20 m sobre el nivel del mar. Se desconoce la naturaleza de las lomas, ya que el acceso a las mismas fue imposible debido a tranqueras cerradas. Podrían ser dunas de arena.

Dunas de arena. Se observaron dunas de arena en una localidad donde las arenas llevadas por el viento forman tres médanos que alcanzan 8 m sobre el nivel del aluvión, entre dos meandros ciegos muy destacados.

Zonas de Curvas de meandros y llanuras de inundación, cerca de la desembocadura del Río Negro.

Consideraciones generales

La clasificación general anterior demuestra la variedad de los tipos litológicos que se ven en las superficies expuestas del aluvión del Río Negro y la gran heterogeneidad presente en el plano. Es razonable asumir que esta heterogeneidad se extiende también en profundidad. La limitada información obtenida por medio de las perforaciones también sugiere que no hay distribución constante de ripio, arena, sedimentos, arcillas y turba dentro de los 10 m superiores.

La zona de los meandros fluviales mayores termina río abajo cerca de San Javier, donde empieza la zona de las Lomas. Es probable que las condiciones marinas durante la transgresión al terminar la era glacial, se extendieran solamente hasta San Javier. Más arriba, cualquier salinidad presente en el suelo y en las aguas subterráneas, probablemente guarda relación con la evaporación de aguas continentales.

Es obvio que las mayores diferencias en la ecología floral están relacionadas a la variedad litológica. No se sabe hasta qué punto el riego podrá reducir o eliminar las condiciones naturales que ahora determinan la ecología, pero se supone que se escogerán variedades de cultivos relacionadas con los tipos de suelos.

Permeabilidad

Se han efectuado ensayos de permeabilidad por varios métodos: en dos ensayos de bombeo, el Ing. Frías determinó permeabilidades que variaban de 1,78 m/día hasta 5,4 m/día, equivalentes a 2×10^{-3} y $6,25 \times 10^{-4}$ cm/s. En ensayos de laboratorio, el Dr. Galván determinó una gama de $4,2 \times 10^{-4}$ hasta $7,9 \times 10^{-3}$ cm/s. El Ing. Guerra determinó en extensos estudios de suelos, una gama general de permeabilidad desde $3,0 \times 10^{-4}$ hasta $6,3 \times 10^{-3}$ cm/s. Por lo tanto, en general la permeabilidad del estrato aluvial en los dos metros superiores, varía un poco en más o menos de 10^{-3} cm/s, que es la delimitación entre un acuífero moderado y uno inferior. Se supone que el ripio, que se encuentra en algunos lugares a una profundidad que excede los dos metros, puede tener permeabilidades más cerca de 10^{-2} cm/s.

En ensayos de bombeo en pequeñas perforaciones, según la relación entre recuperación hasta la superficie piezométrica anterior y la depresión, se llegó a la conclusión que la mayoría de las formaciones tenían poca o escasisima permeabilidad. En muchos de estos ensayos los pozos se secaban al bombear a 2.000 l/h (0,55 l/s). Los mejores ensayos se efectuaron en P-10 y P-13, ambos en el lado sur del Juncal, evidentemente en arenas que son subyacentes a la arcilla del Juncal.

6. Superficie Piezométrica

El problema de la "Cubeta"

El término superficie piezométrica se emplea en el sentido continental, pudiéndose aplicar igualmente a aguas contenidas o libres, más que en el sentido que se emplea en los EE.UU. donde se entiende generalmente como una superficie imaginaria que coincide en todos lados con puntos a los que subirá el agua subterránea contenida si se la penetra con pozos. Frías elaboró cuatro mapas de curvas de nivel de la superficie piezométrica para los meses de junio 1964, enero 1965, junio 1965 y enero 1966. Los mapas para junio 1965 y enero 1966 son reproducidos como Carta 1, a la que se han agregado las áreas propensas a ser inundadas por el Río Negro. Galván también preparó un mapa de izopiezas fechado febrero 1965.

Existen dudas sobre hasta qué punto las curvas de nivel de la superficie piezométrica representan un nivel de agua libre, o la superficie de presión de agua contenida. Toda agua ubicada debajo de las arcillas y limos del Juncal - como en el Pozo P-3 - sería, por lo menos localmente, de condición contenida, mientras que la que se halla en las arenas del meandro de Viedma, como por ejemplo a 3 km OSO de las oficinas del Proyecto, serían aguas no contenidas. Por lo tanto, los mapas representan en parte agua libre y en parte agua contenida.

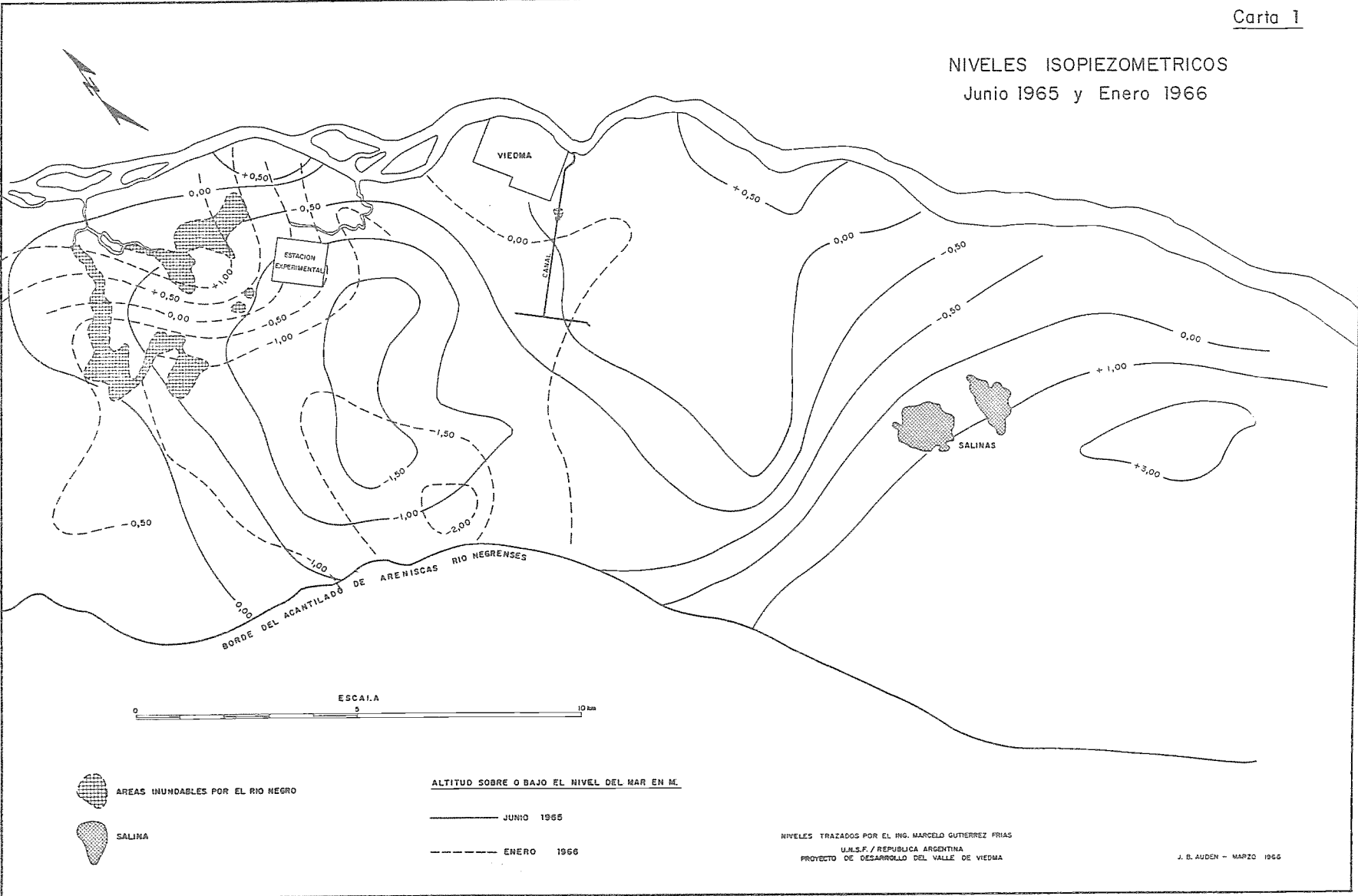
Aunque hay variaciones considerables entre los mapas de Frías y de Galván, debido a la falta de suficientes puntos de medición, ambos autores están de acuerdo en señalar la existencia de una cubeta o depresión, en la superficie piezométrica de las aguas subterráneas, aproximadamente 6-8 km al SO de Viedma y una protuberancia o elevación en la misma superficie al este de la vía férrea y al oeste de las salinas. Por lo tanto, las curvas de nivel no indican un gradiente uniforme en el aluvión río abajo hacia el océano y es obvio que el movimiento de agua subterránea en esta zona no es simple. Esto era de esperar, vista la naturaleza muy heterogénea del terreno, ya descrita anteriormente en la Sección 5. La cubeta se extiende debajo de la zona superficial de las Lomas hasta dentro de la depresión del Juncal. Por otra parte, la elevación no tiene relación con la topografía de la región.

La cubeta de agua subterránea al SO de Viedma es persistente alrededor del pozo de observación K-3, donde siempre hay una depresión que excede de -1,50 m (relativos al nivel del mar), aunque la depresión máxima registrada fué en el punto M-1 (2,25 km al SSE de K-3), con -2,10 m en enero de 1966.

La elevación de agua subterránea al este de la vía férrea es menos definida. Galván determinó una elevación al NO-SE de +1,50 m entre el aeropuerto y la salina en febrero de 1965. En junio de 1965, la elevación máxima parece haber sido de +3,81 m a 16 km al SE de Viedma. La diferencia en altura entre la elevación y la cubeta excede por lo tanto los 5 m.

La cubeta ha sido interpretada como la consecuencia de un movimiento centripeto del agua subterránea alrededor de los puntos K-3 y M-1, en completa discordancia con la topografía superficial y la pendiente general del aluvión del Río Negro hacia el Océano.

NIVELES ISOPIEZOMETRICOS
Junio 1965 y Enero 1966



Una cubeta de agua subterránea indicaría normalmente uno de los factores siguientes:

- a) Extracción de agua por medio de pozos ubicados en el área de la cubeta;
- b) Pérdidas de agua subterránea hacia un acuífero subyacente por medio de una formación cárstica o canales, o por contacto directo con un canal de arena subterráneo.
- c) Filtración hacia un estrato menos permeable.

Hay algunos molinos en la zona pero los rendimientos son pequeños y la extracción de agua subterránea es mínima. Con respecto a las pérdidas de agua subterránea, la región no es cárstica y no hay formaciones verticales ni canales que puedan drenar el agua subterránea.

Posiblemente haya una relación local entre las arenas aluviales y las areniscas de la formación rionegrense subyacente al aluvión. Sin embargo, según los datos obtenidos, parece que el agua en pozos perforados en la arenisca rionegrense asciende hasta 5 metros de la superficie del suelo en la Estación Experimental, o sea prácticamente a nivel del mar, con una superficie piezométrica más alta que la del centro de la cubeta de agua subterránea. Por lo tanto, la explicación que se basa en pérdidas de la cubeta por drenaje hacia la arenisca rionegrense, no parece muy probable.

Se podría sostener que existe un canal de arena subterráneo, semejante al lazo del meandro de Viedma, que comunica con la arena del acuífero de la cubeta de agua subterránea. Puede suponerse la existencia de un escape de agua desde la cubeta hacia el canal de arena subyacente, y por éste al mar en dirección SE.

Pero la observación de la superficie no permite suponer mayor extensión lateral continua de estos canales. La comba de Viedma, por ejemplo, aunque tiene más de 10 km de largo, es ciega en un extremo y vuelve sobre sí misma, de modo que no puede ser considerada como conducto arterial para la descarga de agua subterránea.

Por último, los lentos drenajes de las arenas en los sedimentos adyacentes menos permeables podrían explicar la cubeta piezométrica, pero no se sabe lo suficiente sobre la distribución de los estratos para confirmar esta explicación. Esto implicaría la condición peculiar de un acuífero permeable, con un estrato por tapa o base cuya permeabilidad tendría una disposición circular similar a la de la cubeta.

En consecuencia, en la actualidad no se justifica el suponer que exista un movimiento centrípeto de agua subterránea hacia el centro de la cubeta. Luego, si no hay extracción considerable de agua subterránea de los pozos, y si no hay una razón estratigráfica para la pérdida de agua a una depresión, el agua subterránea tendría que ser estática. La superficie de toda agua subterránea libre tendría que coincidir más con la configuración superficial del suelo.

Aun cuando se considerara que la cubeta representa la forma del fondo de un lecho de arcilla confinante, con su parte central pronunciadamente proyectada hacia abajo sobre un depósito de arena, la superficie piezométrica en el caso de agua subterránea que no está en movimiento, debería ser estática y ascender sobre la interfase entre la arcilla confinante y la arena acuífera subyacente, hasta el nivel existente en el área cercana al punto de penetración de la arena. La superficie piezométrica estática, en estas condiciones, correspondería a la base real de la arcilla confinante. Es solamente cuando el agua contenida está en movimiento, a causa de explotación o escurrimiento, que la superficie piezométrica desciende en dirección del movimiento debido a pérdidas por fricción.

La interpretación de la superficie piezométrica, según los elementos de información esbozados, es difícil. Será necesario hacer más pozos de observación y secciones de estratos para comprender mejor la configuración del cuerpo (o cuerpos) de agua.

Influencia del Río Negro

Se ha expresado en la Sección 2 del presente capítulo que el Río Negro entra en el estrato aluvial hasta una profundidad de 10 m en los puntos de mayor socavación. A menos que el contacto entre el agua del río y el estrato aluvial esté sellado por arcillas impermeables en el lecho del río, es posible suponer la existencia de alguna relación entre la elevación del agua subterránea y las fluctuaciones del río.

En los lugares donde las curvas piezométricas entran en el río en sentido ortogonal, se puede asumir que éste ejerce muy poca influencia sobre el agua subterránea. Ello vale, por ejemplo, para el mes de enero 1966, cuando las curvas de nivel 6 km al NO de Viedma entran directamente hacia el río. Por otra parte, las líneas isopiezométricas de ese mismo mes parecen tener alguna relación con el área de la gran inundación del Río Negro que ocurrió en la primavera en el mes de agosto 1965 arriba del Zanjón Berreaute. Las áreas propensas a inundaciones se pueden observar en la Carta 1.

Otra área de inundaciones frecuentes es la del canal que corre al lado del Seminario Diocesano San Francisco de Sales. A una distancia de 1,5 km del Río Negro hay un área de inundación permanente, a veces extensa, y nunca menor de 12 000 m². Se supone que las curvas de la napa quedan ligeramente afectadas por este canal, pero no se puede afirmar que la correlación sea muy marcada. El área de inundación está caracterizada por afloramientos de sales hasta una distancia de 3,5 km del río.

Según Edgcumbe, los pozos H-11 y H-12 a 5 km al NO de Viedma, que están dentro de 200-500 m de la barranca sur del Río Negro, demuestran las fluctuaciones de la napa freática correspondientes a las fluctuaciones del río, pero con un atraso de un mes. Sin embargo, se debe considerar que mientras la superficie piezométrica de junio 1965 en el área de estos pozos sugiere la influencia del río, los perfiles de enero 1966 son completamente distintos e indican falta de relación con las fluctuaciones del río en la misma área.

El pozo H-9 a 2 km del río, y los pozos K-7 (1,75 km), K-8 (0,8 km) y K-9 (0,4 km) siguen las fluctuaciones del río en forma muy atenuada.

Estación Experimental

Dentro del tiempo disponible no fué posible obtener registros de la superficie piezométrica en la Estación Experimental, pero parece indiscutible que el nivel de la napa ha subido considerablemente, hasta 50 cm en el área hortícola, donde se han efectuado continuas aplicaciones de riego durante los últimos meses. En cierto momento se pensó que las pérdidas de un gran tanque circular ubicado encima de una loma podían ser las responsables, pero los pozos de observación que demuestran significativas elevaciones del nivel de agua están todos en relación con el área de mayor riego.

Los pequeños canales revestidos que regarán la Estación son de hechura defectuosa y tienen muchas pérdidas, formando agua estancada adyacente a las juntas de las secciones de cemento.

Comentarios

El Río Negro no parece ejercer mayor influencia directa sobre la napa, lo que indicaría que el estrato aluvial está impermeabilizado por sedimentos y limos del río. En cambio, existen pruebas de la sensibilidad de la napa a las inundaciones del Río Negro y al riego en la Estación Experimental.

7. Naturaleza Química del Agua Subterránea

Análisis y cálculos realizados

Un número muy considerable de análisis químicos de suelos fueron efectuados por ITALCONSULT en 1960 y por el Experto del Proyecto. Unos pocos análisis de agua subterránea fueron proporcionados por el Dr. Galván, y el Dr. Pinel hizo mediciones de conductividad de agua subterránea de ciertos pozos de observación, de los que se puede deducir aproximadamente el total de sales. Sin embargo, no se ha efectuado suficiente trabajo de cálculo de aniones y cationes individuales (ver Cuadro 4).

ITALCONSULT (1960) sobre suelos

No es necesario entrar en detalles sobre el gran número de análisis efectuados por ITALCONSULT sobre muestras de suelos recolectadas en pozos de ensayo. Es suficiente seleccionar unos pocos resultados para dar una idea aproximada de su alcance.

No se define un cambio consistente en los valores Cl/SO_4 y Na/Mg , y no es evidente un cambio que indique el paso de una influencia marina a una influencia puramente fluvial cerca de San Javier (Sección 5) en los análisis.

Aguas subterráneas

Se analizaron 19 muestras de aguas subterráneas del área piloto con una gama de residuo seco de 3,0 hasta 41,8 gr/l, y un promedio de 17,3 gr/l, o sea 17 300 ppm. Este promedio es la mitad de la concentración normal del agua del mar.

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Quadro 4

Pozo de Prueba No 1	Ubicación del Pozo de Prueba	Profundidad en cm	Contenido de sales ppm	Conductividad en mmho/cm	SO ₄	Cl epm	Mg l/	Na l/
1	Extremo noroeste del área	0 - 17 17 - 52	500 3.500	3,3 9,3	11 31	16 69	9 16	16 95
3	Cubanea, 50 km arriba de Viedma	20 - 60 60 - 125	2.000 350	29,3 1,8	30 12	46 1,2	7 8	67 3,7
4	Terraza Monte	40 - 80	6.900	23	87	212	33	229
6	Terraza Monte	0 - 12 12 - 32 32 - 70	2.900 12.800 15.500	19,1 55 55	144 81 176	56 575 454	40 72 83	133 466 498
13	18 km arriba de Viedma	10 - 30 105 - 190	3.200 5.700	6,4 18	57 99	12 134	9 73	55 136
14	7,5 km arriba de Viedma	80 - 105 105 - 145 145 - 190	5.100 8.100 3.500	9,5 13,9 8,6	65 73 41	50 97 81	20 32 41	56 72 30
15	5 km abajo de Viedma	0 - 18 18 - 68 68 - 118 118 - 180	2.500 8.000 9.000 10.500	6,0 17,1 17,0 21,1	22 205 149 120	43 16 69 160	10 22 27 46	50 179 173 205
16	21 km abajo de Viedma	0 - 55 98 - 190	25.500 35.400	60 68	179 175	714 825	175 142	547 711

1/ Cifras redondas.

Conductividad

Se tomaron dos juegos de muestras de 13 pozos de observación en el área piloto; un juego de muestras fue tomado alrededor del 10-11 de agosto de 1964, y otro entre el 31 de agosto y 3 de septiembre de 1964:

Cuadro 5

MUESTREO DE POZOS

Fecha del muestreo	Conductividad en mmho/cm, 13 muestras	
	Gama	Promedio
Principios agosto 1964	2,6 a 44	21,4
" septiembre 1964	1,1 a 35,5	11,8

La disminución media de la conductividad durante el intervalo de tres semanas es por lo tanto de 21,4 hasta 11,8 mmho/cm o sea aproximadamente desde 16 000 a 8 000 ppm. Dos pozos se ensayaron solamente una vez y dieron conductividades de 3,3 y 25,3 mmho/cm a principios de septiembre.

Esta considerable reducción de salinidad dentro de un corto plazo de tres semanas puede haber tenido relación con la inundación del Río Negro, y en partes del Juncal.

Conductividad estacional

Se calcularon las conductividades estacionales con muestras de numerosos pozos de observación que demuestran que la baja de conductividad que es común entre agosto y septiembre, es generalmente seguida por un aumento de conductividad hacia la terminación del año. A continuación, una selección de valores en cifras redondas:

Cuadro 6

CONDUCTIVIDAD ESTACIONAL

Pozo N°	Conductividad en mmho/cm								
	A-4	4-3	C-9	E-5	K-6	M-3	S-3	S-2	Q-3
Agosto	5	17	13,5	26	17,5	8	61		51
Septiembre	1	4,5	10	4	2,5	1	53		18
Octubre		13		18				cerca de	
Noviembre y								3 - 4	
Diciembre	2		19,5	38,5	23	5	62		56

Ubicación de la salinidad

De los análisis de Galván y Pinel se desprende que la salinidad general del agua subterránea es alta, con excepciones en pozos de observación A-4, M-3 y S-2. Pinel ubicó una línea divisoria moderadamente clara entre alta salinidad y baja salinidad que corre en dirección NS, al lado este de la vía férrea y muestra una proyección de menor salinidad hacia el este, cerca del pozo P-15. Al oeste de esa línea la salinidad es menor, pero aún elevada según lo establecido como normal. Se puede considerar como típica una conductividad de 10 mmho, lo que implica una concentración de alrededor de 7 000 ppm. Según lo expuesto en la Sección 2.1, ITALCONSULT estimó que sólo 19,54 por ciento de toda el área de 80 560 h de suelos aluviales y terrazas están exentos de sales (Cuadro 1).

Río arriba de San Javier parece haber una disminución apreciable de salinidad en el terreno aluvial de las zonas descritas en la Sección 5, pero en la zona de terrazas Monte, según ITALCONSULT, se encuentran posiblemente concentraciones bastante altas. La totalidad del área piloto queda río abajo de San Javier, en una zona en que la salinidad aunque variada, es considerada en general como alta.

Es sabido que el problema de salinidad se presenta en áreas en que el riego introduce grandes cantidades de agua en el suelo, cuando el borde capilar del agua subterránea sube hasta la zona de evaporación. Este peligro se verificó en el norte de la India y Pakistán, donde las condiciones tóxicas producidas por falta de drenaje del exceso del agua de riego arruinaron los cultivos de más de centenares de hectáreas. Sin embargo, hay que recalcar que el agua freática en esas zonas es dulce y que la toxicidad se desarrolla por la evaporación continua de agua dulce al pasar por el suelo hasta la superficie. El agua freática de buena calidad es realmente agua subterránea extensamente desarrollada por medio de pozos. Por ejemplo, en el Estado de Uttar Pradesh se utilizan aproximadamente 200 m³/s de agua subterránea para riego de trigo, caña de azúcar y otros cultivos en áreas carentes de canales.

En el Valle del Río Negro, en cambio, la napa misma es salina, de modo que si el nivel del agua sube demasiado cerca de la superficie del suelo como consecuencia del riego, empezará la evaporación del agua que ya es salina, y la toxicidad será probablemente incluso mayor que en la India y el Pakistán.

8. El Problema del Drenaje

Drenaje hacia acuíferos subyacentes

La Dirección del Proyecto planteó la cuestión del drenaje del sobrante de agua de riego hacia un acuífero inferior. Como se ha indicado antes, prácticamente nada se sabe aún sobre la relación entre el aluvión del Río Negro y la arenisca rionegrense adyacente. No se cuenta con los registros de las 22 perforaciones que se han llevado hasta una profundidad de más de 10 m.

Además, se ha efectuado poco trabajo de correlación de los estratos aluviales. Según se indica en la Sección 5, la heterogeneidad del aluvial visto en la superficie seguramente prevalece también en profundidad, a través de los sedimentos aluviales, y la correlación entre las perforaciones cercanas puede ser difícil.

Drenaje hacia la cubeta

La cubeta en la superficie piezométrica ha sido discutida en la Sección 6. Si ésta realmente indica un movimiento centrípeto de la napa hacia el centro, con un ascenso de profundidad a través de un canal oculto y desconocido, esta condición podría ser considerada como posible solución para drenar el excedente de agua de riego. La cubeta se puede considerar como un dren que lleva el agua superficial. Sin embargo, su naturaleza es desconocida.

Aunque hubiera una lenta filtración de agua desde la cubeta, a lo largo de un canal oculto, es seguro que con las permeabilidades predominantes relativamente bajas (Sección 5) la cubeta se colmaría rápidamente y se produciría una protuberancia o elevación de agua subterránea.

Drenaje hacia la arenisca

Con respecto a la posibilidad de drenar el sobrante de agua de riego hacia la arenisca rionegrense, lo poco que se sabe de las condiciones del agua subterránea en esta formación hace pensar que el agua está bajo una leve presión y que asciende por encima del contacto inferido entre la arenisca rionegrense y el aluvión superpuesto (Sección 6).

Puesto que la formación rionegrense está saturada y tiene una superficie piezométrica aproximada al nivel del mar, no es probable que los intentos de drenaje tuvieran éxito. Se supone que esta formación se extiende muy por debajo del lecho del mar, con un gradiente de hasta 1:1 600.

En consecuencia, cabe suponer que los intentos de drenar los excesos de agua de riego en las arenas o areniscas subyacentes no resultarían. Es evidente que el drenaje se tiene que efectuar por medio de canales de drenaje hacia puntos bajos adyacentes al Río Negro, y de allí por bombeo al río.

Capítulo 3

AGUAS SUBTERRANEAS

1. Introducción

Propósito del estudio

Las investigaciones llevadas a cabo tuvieron por objeto el establecer las características de las aguas subterráneas del área del Proyecto, considerándolas en relación con los adecuados sistemas de riego y drenaje que deberán programarse.

Además de las obras disponibles de información geológica e hidrológica de la zona, enumeradas en la Bibliografía, se dispuso de los datos correspondientes a numerosas mediciones piezométricas de nivel de agua efectuadas durante unos dos años y medio. Asimismo, se hizo un examen detallado de muchos análisis químicos de muestras de agua subterránea de los piezómetros, pozos de agua y el Río Negro llevados a cabo por el Laboratorio del Proyecto.

Se contó también con fotografías aéreas convencionales obtenidas por EIRA en 1964, y mosaicos aéreos en escala de 1:10 000 que cubren casi exclusivamente el suelo del Valle y con mapas fotogramétricos en escalas de 1:20 000 y 1:50 000, con una equidistancia de relieve de un metro. Los mapas y las fotografías, desgraciadamente enseñan poco o nada del drenaje tributario sobre el lado sur del Valle.

Conclusiones

De las investigaciones que se detallan en los capítulos siguientes se han obtenido las siguientes conclusiones que en algunos casos han tenido que basarse en escasos datos, a pesar de lo cual se las considera bien fundadas de acuerdo a similares experiencias.

La región del Proyecto puede compararse a una cuenca de drenaje interno, aun cuando contiene un río que la atraviesa. El valle posee un depósito de agua cuyo contenido se calcula en más de $12,3 \times 10^8$ m³ de agua subterránea. La mayor parte del agua de este depósito se halla dentro de la unidad litológica denominada "Canto Rodado" que tiene una capa superior de muy fina granulometría y de permeabilidad variable, en donde se alojan numerosos cuerpos de agua colgados o semicolgados. Estas aguas, en la zona río abajo de San Javier, parecen estar bajo cierta presión.

No hay conocimiento de condiciones artesianas dentro de la zona investigada, en el sentido estricto de manantiales. La mayoría de los pozos y piezómetros existentes tienen una profundidad de 4 a 5 m, habiendo sólo 3 pozos con sus correspondientes registros que penetran completamente el depósito de agua subterránea de la formación rionegrense.

La formación rionegrense contiene numerosos acuíferos pero resultará difícil el diseño de pozos para penetrarlos, puesto que la fina granulometría presentará problemas de relleno por material arenoso. La capacidad de depósito de esta formación es desconocida; pero según cálculos preliminares puede ser varias veces mayor que la del material superyacente del suelo del valle.

Las estimaciones preliminares de descarga y recarga de agua subterránea indican que estos factores están cerca de un estado de equilibrio con muy poco cambio de carga.

La calidad del agua dentro del valle varía desde muy buena en la superficie del Río Negro a verdaderas salmueras asociadas con las salinas. La mayor parte del agua subterránea de los depósitos bajo el piso del valle, contienen unas 11 700 partes por millón de sólidos disueltos.

Los depósitos de agua colgados y semicolgados contienen 2 000 a 5 000 ppm total de sólidos disueltos. Los pozos en conexión hidráulica con el río varían de 280 a 740 ppm de sólidos disueltos totales.

Se presenta un problema de cierta envergadura en la ubicación de los puntos de descarga de aguas de drenaje al río, que pueden contener sales en cantidades superiores que el agua de mar. Una concentración de tales aguas de drenaje en épocas de estiaje del Río Negro puede inutilizar las aguas fluviales en las zonas río abajo de la descarga.

Debido a los niveles pocos profundos de la superficie de agua subterránea y a la presencia de numerosos depósitos colgados y semicolgados, la solución más factible desde un punto de vista hidrogeológico sería el desagüe mediante un sistema de drenes parcelarios y canales. Se ha considerado el uso de pozos de drenaje pero los altos costos de capital y de mantenimiento hacen que esta solución no sea factible.

El problema de los suelos salinos se debe, por lo menos en parte, a la descarga por ascensión capilar del agua subterránea, particularmente donde la profundidad hasta llegar al agua generalmente es menor de cuatro metros.

Si se utiliza un sistema de drenes parcelarios y de canales para el valle, el nivel de la napa se elevará en los puntos de control del drenaje, lo que aumentará la acumulación de sal debido a la acción capilar. Esta condición exigirá la aplicación de agua en cantidad muy superior a los requerimientos de las plantas.

Se conocen tres fuentes de agua potable dentro del valle, y se sugiere una cuarta fuente para el futuro:

- a) El agua del Río Negro es de excelente calidad química; sin embargo, debido a su turbidez requiere coagulación, filtración y clorinación.
- b) La segunda fuente la constituyen los pozos de agua en continuidad hidráulica con el río, o adyacentes a canales de riego con altas pérdidas por filtración.

- c) Los acuíferos de la formación rionegrense contienen agua ligeramente salobre pero dentro de los límites de O.S.N. de 2 000 ppm. Esta fuente debe ser investigada para determinar si es aprovechable.

Una cuarta fuente sería la recuperación de la filtración profunda de agua de regadío. Esta agua debería flotar sobre las aguas salobres y salinas en forma de lentes.

Recomendaciones

Se requiere un profundo conocimiento hidrogeológico de toda la zona del Proyecto a fin de ayudar a los ingenieros en el desarrollo del Valle. El actual es el momento oportuno para comenzar dicha tarea, o sea, antes que los problemas de percolación profunda del exceso de agua de riego aplicada se agreguen a los problemas en análisis y perturben el equilibrio de la reserva de agua subterránea.

El trabajo de investigación actualmente en marcha debe ser completado. Se recomienda llevar a cabo las actividades enumeradas en el programa, que ha sido elaborado para servir de guía para un estudio detallado de las condiciones del agua subterránea en la zona del Proyecto. Este programa va agregado como Anexo al final del informe.

La compilación de mapas de uso de suelos debe ser iniciada sobre una base anual. Estos mapas son necesarios para los estudios hidrológicos que se efectuarán en el futuro.

Deberá confeccionarse un plano completo de los pozos de agua y mantenerse un programa prolongado de mediciones periódicas y los datos obtenidos deberán depositarse en un archivo central en forma sistemática.

Será necesario instalar estaciones adicionales para hacer mediciones de la evaporación.

Deberá hacerse una determinación de nitratos (NO_3) en todos los futuros análisis de agua, lo que es de especial importancia en zonas donde se usen fertilizantes nitrogenados. Además deberá determinarse el boro, flúor y hierro en todos los análisis de agua por la influencia de estos elementos sobre su utilización.

2. Descripción del Area de Investigación

Ubicación general

El área de investigación se ubica en el Valle Inferior del Río Negro entre $40^{\circ} 26'$ y $41^{\circ} 03'$ de latitud sur y $62^{\circ} 48'$ y $63^{\circ} 40'$ de longitud oeste. La zona que abarca el Proyecto del Valle de Viedma recorre desde Primera Angostura hasta el Océano Atlántico una distancia de aproximadamente 100 km, con un ancho que varía desde unos 2 km en Primera Angostura hasta un máximo de unos 12 km cerca de Cubanea. A la altura de Viedma tiene un ancho de 9 km que disminuye a unos 5 km sobre el mar. La superficie comprendida por el Proyecto es de 8 560 ha.

Las actividades principales se han centrado en un área de 8 773 ha ubicada entre San Javier y Viedma, conocida como Primera Etapa, que es de donde proviene la mayoría de los datos disponibles sobre las aguas subterráneas.

El Río Negro es la característica fisiográfica principal del valle. Sus aguas nacen en los Andes y forman el río en la confluencia del Limay y el Neuquén cerca de la ciudad de este nombre. Las aguas son muy turbias debido a la gran cantidad de sólidos en suspensión que se supone provienen del Río Neuquén. En línea recta tiene un largo aproximado de 540 km.

La estación de aforos ubicada en Primera Angostura tiene registros desde 1927 que indican un caudal mensual medio de 932 m³/s, una descarga máxima de 3 420 m³/s y mínima de 75 m³/s.

La condición física del río en la zona de estudio puede describirse como próxima al estado de madurez; su recorrido es muy sinuoso y forma numerosos meandros entre Primera Angostura y San Javier. A lo largo del río existen elevaciones que indican un marcado cambio del gradiente cerca de San Javier, con una inclinación marcadamente acentuada río arriba.

El Valle de Viedma fue formado durante muy largo tiempo por la acción erosiva del río que formó su cauce en la formación rionegrense hasta una profundidad de unos 50 m. Actualmente el río corre cerca del borde norte del valle, al pie del acantilado de la meseta patagónica.

Las mareas del océano tienen un efecto pronunciado sobre el río hasta una distancia de 45 km que incide en los problemas de drenaje de la parte inferior del valle. Este está protegido contra las inundaciones por terraplenes construidos antes de 1947; el agua de inundación ya no llega al Bajo del Juncal ni alimenta el lago de agua dulce que antes ocupaba la parte más baja del valle.

Breve descripción del Proyecto

El proyecto incluye un sistema de distribución de agua en superficie a través de canales primarios, secundarios y terciarios. Se deriva el agua del Río Negro en la Bocatoma, inmediatamente después de la estación de aforos de Primera Angostura. El Canal Principal tiene una capacidad de 40 m³/s en la toma. Los secundarios y terciarios entregarán diversas cantidades de agua a parcelas de distintas dimensiones. Los suelos generalmente finos de la zona exigirán una serie de desagües parcelarios y drenes terciarios, secundarios y primarios para drenar el sobrante de agua que se descargará al río por gravedad, o por bombeo en épocas de aguas altas.

3. Geología

General

La ubicación geológica general de la zona de investigación está dentro de la parte norte de la Patagonia. Una gran planicie, algo monótona, se formó durante la época terciaria superior. Esta planicie patagónica o meseta, como se le llama localmente, ha sido en parte modificada por la erosión del río, y en menor escala, por efectos indirectos de la glaciación durante el pleistoceno.

La información disponible y las observaciones de los expertos, indican que la zona de investigación no ha sido afectada por actividades tectónicas. No se han encontrado fallas evidentes dentro de dicha zona o en su proximidad. Basándose en estas observaciones se supone que ha habido muy poca o ninguna actividad tectónica en la zona desde la época terciaria, y que los cambios en el nivel de base del río se deben a cambios eustáticos del nivel del mar.

Se ha rechazado la hipótesis según la cual las grandes depresiones topográficas en el Valle de Viedma han sido originadas por la actividad tectónica, y se sostiene que se deben a un proceso de subsidencia causado por un reordenamiento de la estructura granular de los sedimentos. Este fenómeno es bien conocido en el campo de la mecánica de los suelos y ha sido estudiado en detalle en numerosos lugares por el "Inter-Agency Committee on Land Subsidence" del U.S. Geological Survey.

Bajo ciertas condiciones, los materiales sedimentarios depositados por el agua, se consolidan en una estructura reticulada porosa, en que la liga es un cemento arcilloso que con la alternancia de humedad y sequedad se debilita, haciendo fracasar la estructura del suelo que se transforma en estructura rómbica normal o densamente compactada.

El valle al este de San Javier estuvo ocupado por un estuario salobre durante una parte del pleistoceno. Las lomas que existen actualmente en esa zona, seguramente fueron formadas por el flujo y reflujo marinos; su configuración en las fotografías aéreas parece fundamentar esta hipótesis.

No se observaron zonas de vegetación freatófita concentrada que podrían ser índices de barreras al movimiento subsuperficial del agua.

Unidades geológicas

A los propósitos de esta investigación han sido identificadas las siguientes unidades litológicas: la formación terciaria rionegrense, los rodados patagónicos, las rocas volcánicas de tipo toba y lapilli, los depósitos de la terraza de Cubanea, abanicos aluviales y depósitos coluviales asociados, aluvión del Río Negro y salinas.

Formación rionegrense

La formación rionegrense constituye las terrazas a cada lado del valle y continúa en el subsuelo sobre el cual se apoyan los suelos del valle. La edad exacta de la formación rionegrense es desconocida ya que no se encontraron fósiles identificables ni otras características de su edad, pero se estima probable que sea de un terciario superior.

La formación rionegrense consiste en 200 m reconocidos de estratos sedimentarios casi horizontales, compuestos principalmente por arenisca gris friable, de mediana a fina granulometría, relativamente sin cementar. Esta arenisca presenta numerosos horizontes que constituyen estratos intensamente entrecruzados.

Cerca de la parte superior de la zona hay numerosos depósitos de greda de color amarillo claro. Algunos de ellos contienen muchos fósiles ostráceos. Un cuidadoso trabajo paleontológico resolvería la incógnita de la edad de la formación.

Además se han observado en la parte superior de la zona numerosos estratos de toba volcánica asociados con depósitos de arcilla bentonítica. Es muy posible que esta secuencia de detritos volcánicos depositados bajo condiciones acuosas, sea la causa de las numerosas depresiones pequeñas que se hallan en la meseta a ambos lados del área en estudio; dichas depresiones habrían sido formadas por el mismo mecanismo sugerido para el Bajo del Juncal.

Numerosos afloramientos de la formación rionegrense muestran varios sistemas de cruzamiento de altos ángulos. Los cruzamientos varían en su separación desde unos 10 cm hasta 5 m.

Las superficies de cruzamiento generalmente están cubiertas con una substancia blanca que contiene carbonato de calcio, causada por mineralización secundaria. Debido al grado de selección granulométrica y a la falta de cementación, estas areniscas parecen ser de permeabilidad moderada. Un factor limitante, es que la mineralización secundaria en las superficies de los empalmes pueda dividir la parte superior de la formación en compartimientos hidrológicos separados. De todos modos, esta condición desaparecería paulatinamente con la profundidad y consecuente cierre natural de los empalmes.

Rodados patagónicos

Los rodados patagónicos o "tehuelches", según se denominan a veces, forman un manto discontinuo, de espesor variable, sobre la formación rionegrense y sobre algunas de las laderas de las mesetas. Estos rodados consisten en grava y gravilla redondeada de varias rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias. En algunos casos los clastos tienen cierto brillo. Sobre la superficie de la meseta, los rodados patagónicos presentan generalmente una pobre cementación con un material blancuzco que contiene carbonato de calcio, similar a los materiales encontrados en superficies de empalmes en la formación rionegrense. Algunas muestras de rodados patagónicos en canteras de pedregullo exhiben hasta 1 m de suelo franco arenoso de color gris.

En general, este componente tiene la mayor permeabilidad de todos los materiales superficiales de la zona. La precipitación sobre estos materiales puede constituir una buena parte de la recarga de agua subterránea de la zona.

Depósitos Terraza de Cubanea

Los depósitos tipo Terraza de Cubanea forman una característica fisiográfica importante en el recodo de la meseta meridional, cerca de Cubanea. La terraza se eleva de 2 a 3 m sobre el piso del Valle y tiene un ancho medio de unos 6 km.

Los materiales depositados se componen de arenas y gravas sin cementar que se suponen son materiales de depósito anterior del río, en un ciclo previo de erosión. El espesor total de estos depósitos no se conoce, pero excede los 15 m de la más profunda perforación realizada. Asociados con estos depósitos de la Terraza se sabe que existen capas de ceniza volcánica y pumita.

Los depósitos de la Terraza de Cubanea poseen características de drenaje y una permeabilidad general que son las mejores de todos los depósitos existentes sobre el piso del valle.

Toba volcánica y lapilli

Una detallada inspección en las zanjas recientemente excavadas para drenes en la estación experimental, reveló la presencia de unidades muy meteorizadas de toba volcánica y lapilli.

Estas unidades han sido clasificadas en el Informe de Suelos como un depósito aluvial, serie Lomas O8.2. El manto de tierra residual fijado por el tiempo es un material tipo adobe oscuro, que se ha identificado como aluvial serie Chacra O2.1. La presencia de extensos lechos subhorizontales de pumita y de delgadas capas de arcilla bentonítica indican la preservación de la estructura depositaria acuosa original.

En varios sitios se observaron vetas de material plástico, fino, gris oscuro, con fragmentos rojos de escoria volcánica, que interrumpen la continuidad lateral de los depósitos de toba. La capa de material tipo adobe tiene hasta un metro de espesor en zonas de baja topografía y de 10 a 15 cm en zonas de topografía alta. Los materiales piroclásticos en sus primeros dos metros de profundidad, están muy meteorizados, lo que hace difícil discernir el carácter original y modo de formación de dichos depósitos; son muy densos y presentan una cantidad considerable de motas de limonita. También se observaron algunas capas de suelos similares a los paleosoles.

Se ha comunicado haber encontrado turba en algunas calicatas, cuya observación junto con el Dr. Di Blasio, de la Dirección de Minería de Río Negro, llevó a la asignación provisional de la edad del pleistoceno.

El Dr. Di Blasio sugiere que son materiales de carácter totalmente diferente del resto de los piroclastos asociados con la formación rionegrense. El espesor máximo conocido de la unidad es de unos 5 m; de menos de 1 m exactamente al este de San Javier y se apoya sobre la capa de cantos rodados.

Debido a su marcada alteración y granulometría muy fina, esta unidad es de muy baja permeabilidad y obra como acuícluso. Sin embargo, contiene numerosos focos de detrito más grueso, que forman cuerpos colgados o semicolgados de agua subterránea.

El tipo de grano fino también aumenta la altura de la ascensión capilar, y como resultado, la unidad es muy salina en su parte superior, donde la napa de agua subterránea es poco profunda.

Se ha sugerido que este material piroclástico fue depositado en un estuario de agua salobre durante el pleistoceno superior. El origen de los materiales es desconocido, pero se supone que han sido arrastrados por el río desde las cercanías de Neuquén.

Aluvión del Río Negro

El término aluvión usado en este Informe se refiere a los sedimentos depositados por los procesos fluviales recientes. El Río Negro ha depositado una considerable cantidad de material sobre el piso del valle, río arriba de San Javier. Estos materiales consisten en arenas, gravas, limos y arcillas en varias mezclas, según las características de los meandros del río. Aguas abajo de San Javier los materiales son de granulometría más fina y con pocas excepciones están depositados en la vecindad del cauce actual. Debemos acotar que la fuente principal de agregados para hormigón usados en Viedma consiste actualmente en canteras de poca profundidad, ubicadas aproximadamente a 1 km al noreste de San Javier. Los materiales aluviales son generalmente de pardos a grises y están compuestos de detritos de roca ígnea, volcánica y metamórfica, que contienen un alto porcentaje de minerales ferro-magnésicos y sílice amorfa.

Dunas de arena

Se han observado dos tipos diferentes de dunas de arena en el bajo estudio. El más común es la duna baja de 1 a 3 m, estabilizada por la vegetación. Estas dunas se encuentran en pequeños grupos aislados a través del valle, asociadas generalmente con los suelos más arenosos.

El segundo tipo de duna es la duna activa, sin vegetación. Las dunas activas más grandes de la zona bajo estudio están cerca de El Faro, adyacente a La Boca y el Océano. Son muy permeables y transmiten agua con facilidad a los depósitos subyacentes.

Salinas

La salina más grande asociada con el piso del valle, se halla a unos 10 km al sudeste de Viedma. Tiene una superficie de aproximadamente 2,4 km², de forma circular y está rodeada de un borde formado parcialmente por dunas de arena estabilizadas por la vegetación.

El fondo de la salina está compuesto de arcilla y limo muy compactos, incrustados con sal. La napa freática generalmente está de 1 a 2 m de profundidad. La salina es importante por constituir un medio de descarga de agua subterránea.

4. Hidrología del Agua Subterránea

Los estudios del agua subterránea en el Valle de Viedma se han limitado hasta la fecha a profundidades inferiores a 10 m. Se han instalado numerosos piezómetros y se han tomado mediciones periódicas.

Si bien existen varios juegos de curvas isopiezas, la mayoría de los datos disponibles se concentran en la zona de la Primera Etapa. Dentro de esta sección del Informe, se tratará de desarrollar en forma general la organización del movimiento del agua subterránea, su origen y comportamiento.

Piezómetros existentes y pozos de agua

A comienzos de abril de 1964 se construyó una red de piezómetros de poca profundidad, que se perforaron sobre un reticulado de 2 km. Nuevas perforaciones experimentales fueron efectuadas por el Dr. Galván en 1965 y 1966. Algunos de los piezómetros originales de 1964 se secaron o fueron destruidos por vandalismo.

Como resultado, se perforaron nuevos piezómetros en agosto de 1965, a 1 ó 2 m de distancia de los originales. Comparando los piezómetros viejos y los nuevos se notó una diferencia en niveles de agua en muchos puntos.

Se desconoce si se ha llevado a cabo un censo hasta la fecha de los pozos de agua dentro de la zona en estudio. Los existentes son excavaciones primitivas equipadas con bombas a molino de viento, observándose, asimismo, en cercanías de las viviendas, bombas del tipo manual.

Mediciones periódicas de dichos pozos proporcionarían datos adicionales para cotejar los niveles piezométricos y además un control en las secciones del valle no cubiertas por la red de piezómetros.

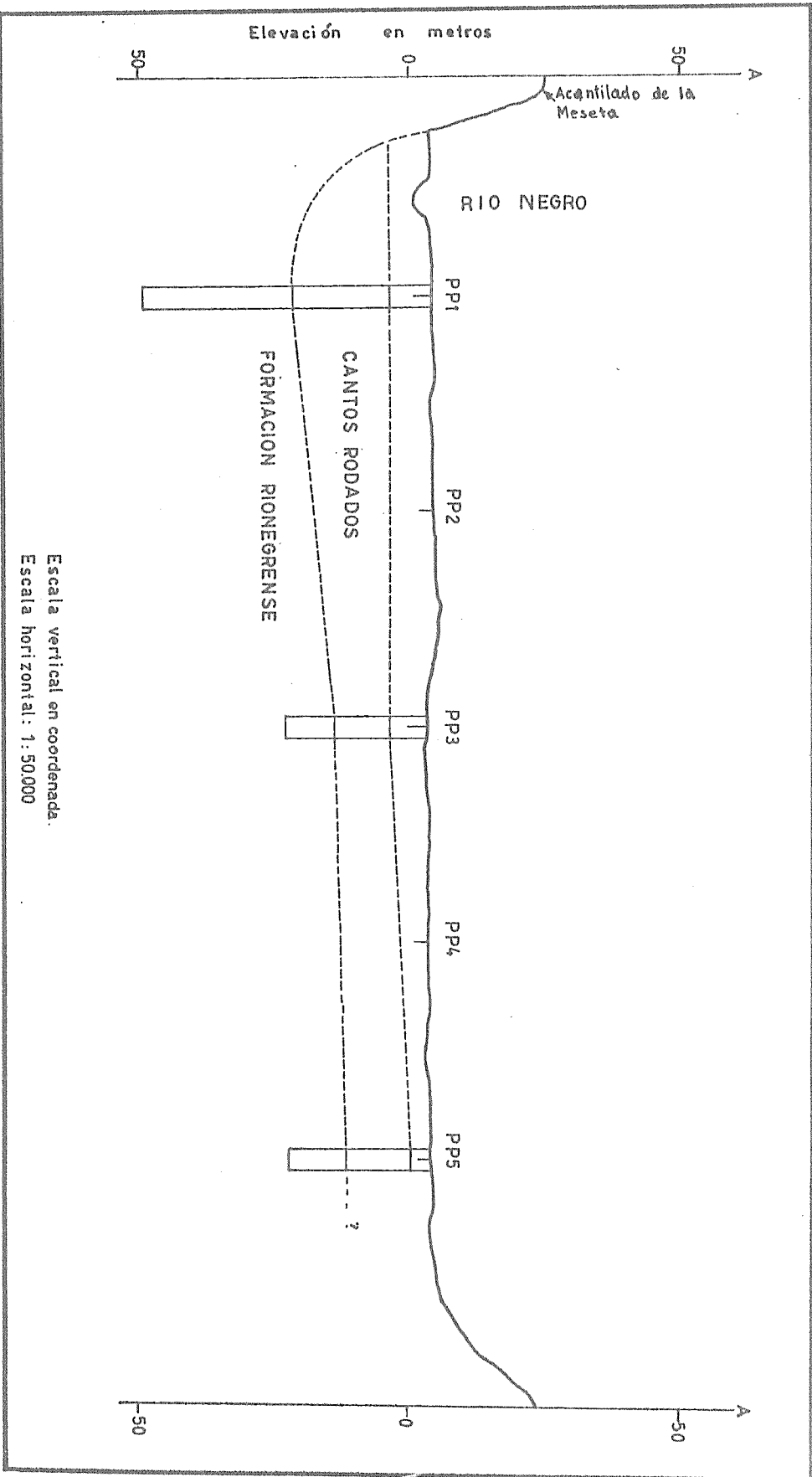
En los meses recientes se han perforado tres nuevos pozos profundos. El primero, de la Estación Experimental, se perforó hasta 52 m; el segundo, PPI (Pisarewski) se perforó a 60 m; el tercero PP3, a 26 m. Estos tres pozos profundos servirán como base para muchas de las características subterráneas descritas en este informe.

Isolíneas de nivel del agua subterránea

Los problemas de los niveles del agua subterránea han sido debatidos detalladamente en el informe de Auden. Se han realizado varios intentos de cambiar la configuración de los niveles considerando sólo los pozos que no penetran las gravas subyacentes.

SECCION GEOLOGICA TRANSVERSAL DEL VALLE DE VIEDMA

Esquema 1



Escala vertical en coordenada.
Escala horizontal: 1:50000

Todos estos intentos han proporcionado la misma configuración general: la de una cubeta con elevaciones de la superficie de agua subterránea inferiores al nivel medio del mar.

Se trazaron las isoclinas de las elevaciones de la superficie del agua subterránea medidas por ITALCONSULT en 1959 y se obtuvo una configuración de resultado semejante, a pesar del empleo de una referencia diferente (Quartino) como base de las elevaciones. Las elevaciones Quartino son 4,6 m más bajas que las que se utilizan comúnmente (I.G.M.), con el resultado que todas resulta superiores al nivel medio del mar.

Actualmente sólo existen datos suficientes para trazar niveles de agua subterránea en las cercanías de la Primera Etapa. Estos resultados se consideran relativamente valiosos debido a la presencia de numerosos lentes discontinuos de materiales gruesos que dan origen a depósitos colgados y semicolgados de agua subterránea.

Las isoclinas de nivel del agua subterránea realmente representativas sólo podrán trazarse cuando se completen los pozos más profundos y cuando se obtengan informaciones geológicas adicionales para poder definir los acuíferos y acuícluosos. Actualmente no existen datos para el dibujo de niveles en el margen de la meseta meridional que son necesarios para determinar la dirección del flujo hacia el valle o a partir de él.

Programa explorativo actual

El programa de exploraciones que consta en el Capítulo 2 fue objeto de leves alteraciones. En el Mapa 4 figuran las modificaciones de ubicación de las perforaciones experimentales, que obedecen al propósito de desarrollar una sección geológica transversal que sea mejor controlada y normal al eje longitudinal del valle cerca de la Primera Etapa. De las cinco perforaciones propuestas sólo se han completado tres hasta la fecha, con los resultados que figuran en el Esquema 1, titulado Sección geológica transversal del Valle de Viedma.

Una de las perforaciones de prueba, denominada PP2, está programada en el plan de trabajos para alcanzar una profundidad de 300 m para explorar la eventual existencia de acuíferos profundos dentro de la formación rionegrense. Además se efectuarán dos nuevas perforaciones: una cerca del aeropuerto y otra al oeste de San Javier.

Datos de permeabilidad

Faltan datos de permeabilidad satisfactorios para la zona del Proyecto. Algunos técnicos han efectuado diversas determinaciones de permeabilidad, pero se limitan a profundidades menores de 7 m.

Se han determinado los valores de permeabilidad en el Bajo del Juncal utilizando el método de recuperación de Barber y se obtuvieron resultados que varían entre $7,9 \times 10^{-3}$ cm/s y $4,6 \times 10^{-6}$ cm/s, valores característicos de las arenas arcillosas y arenas finas limosas (acuíferos pobres). Fueron efectuadas también ocho pruebas de transmisibilidad con el método de recuperación de Theis resultando valores de T que oscilan entre 300 a 3 500 galones por día por pie de ancho para profundidades de 3 a 12 m. La información al respecto se incluye en el Capítulo 1.

Los estudios realizados con el método de percolación de Baldyrev dieron valores de 1,5 m/día hasta 12,7 m/día, valores que no parecen acordes con las zonas ensayadas.

No se contó con el tiempo ni el equipo necesarios para efectuar nuevas pruebas que pudieran ser más representativas del total de los depósitos acuíferos.

Cuadro 7

PERMEABILIDAD RELATIVA DE VARIAS UNIDADES LITOLÓGICAS
(en orden menguante)

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | - | Rodados patagónicos |
| 2 | - | Dunas de arena |
| 3 | - | Cantos rodados |
| 4 | - | Depósitos de la terraza de Cubanea |
| 5 | - | Aluvión del Río Negro (arenas y limos) |
| 6 | - | Formación rionegrense |
| 7 | - | Materiales piroclásticos en depósitos ácuicos |
| 8 | - | Salinas |
| 9 | - | Depósitos arcillosos en bajos inundables |

Depósito de agua subterránea

Como primer depósito de agua subterránea puede considerarse el subyacente al piso del valle, que se extiende desde la escarpada de la meseta norte hasta el acantilado de la meseta sur, y desde la Bocatoma hasta el Océano Atlántico. Las pruebas topográficas sugieren que puede extenderse aun por debajo del mar hasta una distancia considerable, dado que la plataforma continental es plana y poco profunda.

El depósito primario de agua subterránea alcanza una profundidad máxima comprobada de 25 m, como consta en los registros del pozo de la Estación Experimental y del pozo PPl, pero son muy escasos los conocimientos de que se dispone acerca de la configuración de su base. Por debajo de la formación rionegrense existe un depósito secundario.

Los depósitos sedimentarios están constituidos por arenas y pedregullos sobre lechos rocosos (formación rionegrense en este caso), típicos de las anchas planicies de inundación y de los grandes ríos.

La capa de arenas y gravas (cantos rodados) tiene un espesor de aproximadamente 18 a 20 m y está cubierta por 5 a 7 m de materiales de fina granulometría, como arcillas, limos y arenas, más materiales piroclásticos en la parte oriental de la zona.

Río arriba de San Javier se hallan depósitos más gruesos del viejo Río Negro. La superficie está cubierta de suelo residual y aluvial. Existen numerosos meandros abandonados y depósitos redondeados de material arcilloso en bajos inundables que indican lugares de concentración de depósitos arcillosos, donde las viejas defensas naturales son más altas y están compuestas de depósitos más arenosos.

Resumiendo, el depósito primario de agua subterránea es largo y angosto, y abarca algo más de 80 000 ha. El espesor máximo conocido es de 25 m. Los 20 m inferiores están compuestos de material grueso (cantos rodados), y la sección superior está formada por materiales finos del aluvión del Río Negro o tova volcánica.

La superficie está cubierta por suelos cuya permeabilidad varía de moderada a escasa. Se indican condiciones confinadas o semiconfinadas con algunas zonas de aguas subterráneas semicolgadas.

Un cálculo muy general de la cantidad de agua subterránea almacenada dentro del depósito primario sería de $12,3 \times 10^8 \text{ m}^3$, sobre la base de un espesor medio de saturación de 13 m y un rendimiento específico promedio del 12 por ciento.

Se desconoce totalmente la cantidad de agua subterránea profunda dentro de la formación rionegrense. Es posible que la cantidad de agua de esta formación exceda en varias veces la cantidad contenida en los depósitos superiores.

El volumen de agua subterránea que actualmente se utiliza en el valle es sumamente limitado, dedicándose principalmente al ganado lanar y algunas cabezas de vacuno. El agua aprovechable se extrae con molinos que, en su mayoría, se hallan en bastante mal estado por lo que se considera que la extracción de la cuenca es mínima, como lo corrobora el estudio de los hidrógrafos elaborados con los registros piezométricos (Ver. Gráfico 1).

Recarga de agua subterránea

Existen dos fuentes de posible recarga del depósito primario, a saber, el Río Negro que es la más importante, y la filtración profunda del agua de lluvia.

El efecto de las aguas del Río Negro sobre el depósito es poco aparente, observándose cierta variación correlacionada con el nivel del río únicamente en los piezómetros adyacentes a él. Este efecto se observa también en las cercanías de la Compuerta de Berreaute, de donde se deriva el agua del río para el riego de varios km^2 .

En la parte meridional del valle, se produce una pequeña recarga por la percolación del sobrante de las precipitaciones recogido por numerosos pequeños drenes. Estas aguas se infiltran en los depósitos de los rodados patagónicos o en pequeños abanicos aluviales. La cantidad de agua agregada de esta forma ha de ser escasa, ya que los hidrógrafos no indican mayor zona de efecto.

La infiltración de las precipitaciones en suelos más permeables es otra fuente de recarga del agua subterránea. Muchos piezómetros reflejan una reducción en la conductividad eléctrica después de períodos de precipitaciones fuertes o prolongadas, así como una elevación de los niveles de agua. Esta contribución tampoco es considerable, ya que los niveles del agua subterránea no sufren grandes cambios.

También se ha tenido en cuenta la entrada subsuperficial cerca de la Bocatoma, aunque, por razones expuestas más adelante, se calcula que es de pequeña cantidad. Las pérdidas por infiltración de los canales no revestidos en las secciones superiores del valle constituyen un importante aporte a la reserva de agua subterránea que en algunas zonas pueden exceder el 30 por ciento.

Extracciones de agua subterránea

Como ya se ha dicho, la cantidad de agua subterránea extraída por bombeo, actualmente es mínima. No se han notado depresiones por bombeo en ninguno de los mapas de isopiezas elaborados hasta la fecha.

En general, los hidrógrafos no acusan declinación marcada del nivel del agua subterránea debido al bombeo. Hay unos 200 molinos para extracción de agua dentro de la zona: si cada pozo produce el promedio de 1 galón por minuto durante un día de 24 horas, 365 días al año, la extracción anual sería de 320 pies-acres (390 000mm³).

No se han confeccionado mapas con el uso actual de suelos y ubicación de la vegetación ribereña por lo cual es difícil hacer un cálculo aproximado de la cantidad de agua subterránea consumida anualmente por la vegetación nativa. Si sólo el 1 por ciento de la zona total (80 000 ha) está ocupada por vegetación ribereña y freatófita, el consumo de agua subterránea sería de $14,8 \times 10^6$ m³ por año, cifra que supera con creces a la cantidad de agua bombeada. La descarga por ascensión capilar puede ser uno de los factores más importantes de descarga de agua subterránea.

La superficie de la napa freática suele estar de 2 a 5 m bajo la superficie terrestre. Es bien sabido que la ascensión capilar en suelos de grano fino puede llegar y aún sobrepasar los 4 m: cuanto más fina es la granulometría del suelo más alta es la ascensión capilar. Se han podido observar considerables incrustaciones de sal debidas a descarga capilar, asociadas con toba volcánica depositada por agua.

El drenaje subsuperficial del depósito subterráneo se considera insignificante por las siguientes razones:

- a) Si el drenaje subsuperficial fuera apreciable, la calidad del agua subterránea no sería tan inferior ya que habría una filtración natural considerable, y sería similar a las aguas del Río Negro, en términos de total de sólidos disueltos. En cambio, la mayor parte del agua subterránea de la zona varía de salobre a salada.
- b) La configuración del lecho del océano en las cercanías del Río Negro, es muy plana, haciendo poco probable un afloramiento de los acuíferos del Valle cerca de la costa.
- c) En las cercanías del Bajo del Juncal, los niveles freáticos llegan hasta 2 m bajo el nivel del mar y los datos disponibles indican que esta situación ha existido durante un tiempo considerable. De existir mayor grado de continuidad hidráulica entre el océano y el depósito de agua subterránea, el agua de mar ya habría entrado debido al gradiente hidráulico invertido.

El problema consiste en explicar la existencia de una depresión en la superficie del agua subterránea, que cubre de 10 a 20 km², ya que el consumo de agua subterránea por la vegetación ribereña y por bombeo es muy bajo.

La explicación que parece razonable para esta condición física es la pérdida de agua subterránea por descarga capilar, o la existencia de un error en el sistema que determina los puntos de referencia de los piezómetros, aunque se ha afirmado que lo último es muy poco probable.

Ecuación del agua subterránea

Al llevar a cabo una investigación de agua subterránea debe tenerse en cuenta el aspecto cuantitativo, aun donde la insuficiencia de datos obliguen al investigador a efectuar estimaciones de aproximación, ya que las correspondientes ecuaciones son de utilidad para un mejor conocimiento de las condiciones y comportamiento del agua subterránea.

En pocas palabras, se trata de la suma algebraica de los volúmenes totales de carga y descarga igual a las variaciones de los volúmenes de agua subterránea en depósito, que pueden ser en más o en menos.

Los datos disponibles indican que no ha habido cambio apreciable en la reserva de agua subterránea durante los últimos años (1959 - Actualidad). Por lo tanto, los volúmenes totales aportados deben haber sido casi iguales a los volúmenes totales eliminados, y actualmente el depósito de agua subterránea debe estar en equilibrio con sus inmediaciones.

La aplicación de grandes cantidades de agua del río para regar rompería este equilibrio y se traduciría en un aumento tanto en la reserva como en la pérdida por descarga capilar.

5. Calidad del Agua

General

Ninguna investigación de aguas subterráneas es completa sin una consideración de la calidad del agua. La calidad química del agua dentro de la zona de estudio varía de muy buena a inútil.

El agua del Río Negro es de muy buena calidad, mientras que la mayoría de las aguas subterráneas son salobres o saladas. El agua subterránea asociada con la salina, es casi salmuera (ver Cuadro 8).

Cuadro 8

TIPOS DE AGUA

Tipo	Concentración total de sólidos disueltos en ppm
Agua dulce	0 - 1.000
Agua salada	1.000 - 10.000
Agua salobre	10.000 - 100.000
Salmuera	Más de 100.000

Calidad del agua del Río Negro

Las aguas del Río Negro se analizan periódicamente en la Bocatoma y en la planta de purificación de agua de Viedma. Los resultados disponibles de las muestras de la Bocatoma indican que en el período de mayo 1964 a octubre 1966, la conductividad eléctrica ha pasado de 0,117 a 1,01 mmho/cm. El cambio en la conductividad eléctrica está en relación general curvilínea con las variaciones de caudal en Primera Angostura, correspondiendo los valores más altos a los caudales mínimos y viceversa.

El carácter químico general del agua fluvial es Ca HCO_3 .

Calidad del agua en relación con las diferentes unidades geológicas

La cantidad total de sólidos disueltos, la aptitud del agua subterránea para su uso, la relación existente con las distintas unidades geológicas y otros caracteres generales figuran en el Cuadro 9.

El carácter general ha sido determinado a base de los cationes y aniones predominantes. El total de sólidos disueltos ha sido calculado mediante la conductividad eléctrica expresada en mmhos; su aptitud para el uso ha sido determinada sobre la base de la siguiente escala:

a) Uso doméstico	0 - 2.000	ppm
b) Regadío	0 - 2.000	ppm
c) Ganado	0 - 10.000	ppm

El límite máximo para uso doméstico en la Argentina ha sido fijado por Obras Sanitarias de la Nación en 2,0 gr/l. El límite de 2.000 ppm para el agua de irrigación está considerado por C.S. Scofield en "Calidad de Agua para Regadío" como agua de Clase III, en que una concentración elevada de uno de sus constituyentes principales la hace peligrosa para riego, o por lo menos no apta para la gran mayoría de los casos.

La mayor parte del ganado parece poder tolerar hasta 10.000 partes por millón de sólidos totales disueltos, sin perjuicio. Es tolerable tanto el cloruro de sodio (NaCl) como el sulfato de magnesio (Mg SO₄). Si la mineralización es muy alta, generalmente se requiere un período de acostumbramiento hasta que los animales se habitúen al agua.

Descarga del agua de drenaje

La ubicación de los puntos donde los canales de drenaje descargan al río, deberían ser considerados en relación con su influencia sobre la calidad del agua del río, y sus efectos sobre los usos del agua río abajo de esos puntos.

Según la experiencia de los expertos, el agua de drenaje puede exceder fácilmente el total de sólidos disueltos del agua de mar (35 000 ppm), de modo que una concentración de las aguas de drenaje en el río cerca de un punto de consumo como es Viedma, puede inutilizar las aguas en épocas de estiaje, cuando no haya volumen suficiente para su dilución.

Temperatura del agua subterránea

La temperatura del agua subterránea varía de 19 a 21°C dentro del Valle. Numerosos estudios de las temperaturas de agua subterránea en otras partes del mundo indican que la temperatura de aguas poco profundas (hasta 10 m) debería exceder el promedio anual en aproximadamente 1°C. La temperatura media anual de Viedma es 14,6°C, que es considerablemente inferior a las temperaturas observadas de agua subterránea. S.N. Davis sugiere que las aguas subterráneas del tipo clorurado, normales a levemente térmicas, pueden ser de origen congénito. Esta suposición parece adecuarse a la zona en estudio.

Fuentes de agua potable

Dentro del límite de Obras Sanitarias de la Nación de 2 gramos por litro (2.000 ppm) existen actualmente tres fuentes de agua potable en la zona bajo estudio. Se considera que en el futuro habrá una cuarta fuente cuando se haya practicado un largo período de irrigación.

Cuadro 9

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA DEL VALLE DE VIEJOMA

UNIDAD GEOLOGICA	Profundidad de la muestra, en m	Características químicas	Conductividad eléctrica, en mmho/cm	Sólidos disueltos totales apror. en ppm	Aptitud para el uso
Formación Rionegrense (Pozo Est. Experimental)	43,5 - 52,5	Na Cl	2,58	1.800	Cerca del límite superior de uso doméstico.
Formación Rionegrense (Pozo PPI)	43 - 60	Na Cl	1,93	1.360	Dentro del uso doméstico de O.S.N.
Rodados paragónicos (Molino No 2)	2 - 3	Na Cl	6,76	4.750	Ganado
Rodados paragónicos (Molino No 1)	2 - 3	Na Cl	8,4	5.900	Ganado
Cantos rodados (Pozo Est. Experimental)	7 - 25	Na Cl	16,7	11.700	Infantil
Depósitos de terraza Cubanea (posible filtración) Pozo VI 5.	5 - 10	Na HCO ₃	1,8	1.260	Uso doméstico
Piroclastos depositados en medio áqueo. (Pozo Est. Experimental)	6 - 5	Na Cl	4,1	2.875	Ganado
Aluvión Río Negro (Pozo VI 1)	11	Na Cl SO ₄	1,05	740	Doméstico
Aluvión Río Negro (infiltración del río) (Pozo VII 1)	7,5	Ca HCO ₃	0,4	280	Doméstico
Bajo del Juncal (Pozo p 13)	3	Na Cl	16,7	11.700	Infantil
Salina (Pozo p 17)	2	Na Cl	115,0	80.000	Infantil
Océano Atlántico	Superfície	Na Cl	50,0	35.000	Infantil
Río Negro en Bocatoma	Superfície	Ca HCO ₃	0,114	75	Calidad excelente

Las aguas del Río Negro son de la mejor calidad (75-100 ppm T.S.D.^{1/}), pero siendo aguas superficiales turbias requieren coagulación, filtración y clorinación.

Los pozos de agua en el aluvión del Río Negro, en continuidad con el río o en las adyacencias de los canales que experimentan pérdidas considerables por filtración, constituyen la segunda fuente (280-1280 ppm); la tercera se encuentra en los acuíferos de la formación rionegrense.

Esta última fuente no es tan segura como las dos primeras, aunque los escasos datos disponibles indican que a profundidades de 43 a 60 m se encuentra agua subterránea con 1.360 a 1.800 ppm T.S.D. La única incógnita de esta fuente es el efecto que tendrá el bombeo en relación con los depósitos de agua salada superiores (11.700 ppm T.S.D.). Podría causar un movimiento descendente con una disminución consecuente de su calidad.

Otra duda es el efecto hidráulico de los sistemas de empalme de la formación rionegrense. ¿Actuarán como verdaderos compartimentos aislados que impidan el movimiento lateral del agua?

Estos interrogantes requieren exploración adicional y prolongados ensayos de bombeo antes de poder contestarlos seriamente.

La cuarta fuente, indicada para el futuro, es la recuperación de la filtración profunda del agua de riego. Seguramente se obtendrá agua de buena calidad con pozos superficiales que penetren la zona inmediata superior a los niveles actuales de agua subterránea. Bombeados con cuidado, dichos pozos deberán proporcionar el agua potable que flote sobre el agua salada.

Esta fuente podría surtir de agua buena a zonas donde no exista otra fuente económica de agua potable, si se explota y aprovecha adecuadamente.

6. Drenaje

El problema de drenaje dentro del área bajo estudio es muy importante. A los efectos de este Informe, el drenaje se define como el proceso de eliminación del exceso de agua en una parcela de tierra por medio de un flujo superficial laminar o en corriente, y la eliminación del exceso del agua dentro del suelo por medio de un flujo hacia abajo a través del mismo (drenaje subsuperficial).

Drenaje superficial

El lecho del valle es considerablemente plano y carece de sistema de drenaje superficial natural. Hay muy pocas salidas de agua que actúan como tributarias del cauce principal del río. Algunas partes del lecho del valle se encuentran por debajo del nivel del río y estaban expuestas a inundaciones periódicas antes de la construcción de las defensas.

Contemplando la continuación del desarrollo de la región se ve la gran necesidad de controlar el drenaje superficial, y de proyectar la construcción de una red de drenaje superficial adecuada, para proteger la vida y la propiedad.

Drenaje subsuperficial

Las condiciones del agua subterránea como se ha indicado anteriormente no se prestan a la evacuación subsuperficial natural del excedente de agua de riego. Las zonas más permeables tienen muy poca salida subsuperficial y están cubiertas por capas de fina granulometría con una permeabilidad relativamente baja.

1/ Total de sólidos disueltos.

Los niveles actuales de la napa freática generalmente están a una profundidad de 4 m por debajo de la superficie del suelo y se mantienen a esta altura, en primer lugar por efectos de la evapotranspiración de la vegetación y por la descarga por ascensión capilar. La aplicación a la tierra de agua de río usada para el riego perturbará el equilibrio actual, y la distancia entre la superficie del suelo y la superficie del agua disminuirá.

Se calcula a grandes rasgos que existe una capacidad de depósito de $12,3 \times 10^7$ m³ en el corte de 0 a 4 m, dentro del área total del Proyecto. Unos 16×10^6 m³ están dentro de la Primera Etapa.

Si se supone que el 25 por ciento de la capacidad máxima del sistema central de 40 m³ por segundo se filtrará al depósito subterráneo con un escurrimiento continuo, el espacio de depósito disponible quedaría colmado en sólo unos 140 días.

Este ejemplo permite apreciar que el problema del drenaje subsuperficial es crítico, aún cuando las cifras tomadas para el ejemplo estuvieran equivocadas en un factor de 10.

Algunos técnicos del Proyecto han preguntado si sería posible drenar el excedente de agua de riego a un acuífero inferior, pero las informaciones disponibles demuestran que no es factible sin bombeo, ya que el depósito de agua subterránea parece estar en una condición estática con poco o ningún movimiento debido a la escasa descarga de agua por escurrimiento subsuperficial.

El bombeo de numerosos pozos de drenaje crearía más espacio de descarga y causaría un descenso de las aguas en las partes más arenosas de los acuíferos. En las zonas donde se ubican aguas subterráneas colgadas y semicolgadas, se necesitarán muchos drenes verticales de arena para originar un movimiento de descenso.

El uso de pozos de drenaje y maquinarias de bombeo tiene una evidente desventaja económica por los altos costos de capital y de operación que exigen, más la obvia desventaja de que toda el agua bombeada tendría que ser desechada debido al elevado contenido de sal (10.000 ppm T.S.D.).

Actualmente no existen valores fidedignos de los coeficientes de transmisibilidad y almacenamiento correspondientes al depósito subterráneo; sin ellos es imposible calcular el número y la separación entre los pozos que serían necesarios para regular el drenaje.

Debido a la escasa profundidad del agua subterránea, a la existencia, en algunas zonas, de masas de agua colgadas o semicolgadas y al inevitable aumento del nivel de agua por efecto del riego, los técnicos consideran que el único método razonable para regular los niveles de agua subterránea sería un sistema de canales y zanjas de drenaje con sus drenes de parcelas. Este sistema solucionaría las necesidades de drenaje superficial y subsuperficial.

El proyecto de dicho sistema es una función del riego; sin embargo, debe notarse que debido a la granulometría fina de la mayoría de los suelos río abajo de San Javier, la separación de los drenes de parcelas debe ser mínima, a fin de aumentar el gradiente hidráulico y el flujo resultante hacia los drenes.

La mayor desventaja del sistema es que no podrá mantener el agua subterránea debajo de los niveles existentes. El aumento de niveles de agua subterránea causará una mayor descarga capilar, con la correspondiente acumulación de sales, lo que exigirá agua adicional, en exceso de lo normal para el regadío, a fin de lavar dicha acumulación de sales.

Para disminuir este inconveniente, el sistema de drenaje debería ser instalado a la mayor profundidad que sea compatible con lo económico.

Parte 2

ESTUDIOS EDAFOLOGICOS

Capítulo 4

SUELOS

1. Introducción

General

El cometido confiado a la Sección consistió en determinar las áreas regables del Valle Inferior, clasificar los suelos según su origen genético y aptitud para el riego, y colaborar con las demás Secciones del Proyecto en lo tocante a cultivos, riego y drenaje. Al efecto, siempre que fue posible, se profundizaron las observaciones hasta los 3 m, y se prestó particular atención al estudio de la salinidad y alcalinidad, y a la naturaleza de las sales solubles de los suelos.

La región fue dividida en nueve Etapas, como se puede ver en el Mapa 5. El propósito de poner inmediatamente bajo riego las tierras de la Primera Etapa erigió dar prioridad a los estudios en esa área, y relegar a un segundo tiempo los del resto de la región.

Los trabajos realizados abarcaron el reconocimiento de un área total de 72 019,02 ha, que deben considerarse en dos partes distintas, a saber:

- a) el estudio de la Primera Etapa, con una superficie de 8 773,22 ha, en detalle, en escala de 1:20 000, y
- b) el estudio del área restante del Valle, de 63 245,80 ha, a nivel semidetallado, en escala de 1:50 000.

Una vez clasificados y cartografiados según su origen genético y su morfología, se agruparon los suelos en cinco clases de aptitud para el riego. Debe hacerse notar que esta clasificación se basa en el estado actual de los suelos, que podrá modificarse una vez que éstos estén preparados para el regadío.

En general, los suelos tienen buena aptitud para el riego, aparte de las limitaciones debidas a la salinización a que están sujetos debido a la existencia de una napa freática salina.

Sin embargo, a excepción de la Serie Lomas 08.2, la salinización y alcalinización, actuando desde abajo, afectan los suelos hasta distancias variables de la superficie, pero rara vez alcanzan todo el perfil. Por este motivo, en gran parte del área los suelos permiten el cultivo inmediato sin grandes trabajos de recuperación, aunque debido a la napa salina el peligro subsiste y conviene dedicarle especial atención.

Esta irregular distribución de las sales en el terreno dificulta la clasificación y mapeo de los suelos y la previsión respecto a su comportamiento bajo riego, debido a la influencia que éste puede ejercer sobre las propiedades físicas, sobre todo la permeabilidad. Para aclarar estos puntos se realizaron análisis suplementarios, ensayos de lavado y algunas determinaciones de las propiedades físicas.

La región ya había sido objeto de varios estudios, entre los cuales corresponde mencionar los de R.E. Wydler y J.M. Casares, 1950; C.G. Bonfils, 1952; E.E. Wydler, 1960; e ITALCONSULT, 1960.

Descripción de la región

La zona del presente estudio está ubicada en el Valle Inferior del Río Negro, Provincia de Río Negro, extendiéndose sobre la margen derecha del río. Desde la desembocadura en el Océano Atlántico hasta los primeros terrenos a regar, mide cerca de 100 km, con un ancho variable de 6 a 12 km, terminando en la parte superior en una estrecha faja de no más de 3 km.

El valle tiene una sección transversal en forma trapezoidal y el río corre cerca de la barranca izquierda. En una posición intermedia se halla Viedma, 30 km aguas arriba de la desembocadura.

El área estudiada está comprendida dentro de los límites anteriormente establecidos por ITALCONSULT en 1960 y está ubicada entre 40° 26' y 41° 03' de latitud sud, y 62° 48' y 63° 40' de longitud oeste.

Fisiografía, relieve y erosión

Fisiográficamente se trata de un valle formado por una terraza alta y una planicie aluvial de aspecto general bastante uniforme y llano. Las cotas más elevadas están situadas al norte, en la terraza de Cubanea, y las más bajas en el lugar denominado "Bajo del Juncoal", cerca del límite este del mismo.

Excepción hecha de las áreas ligeramente accidentadas por elevaciones y depresiones, la topografía del terreno es muy plana. Los declives en algunos lugares se mantienen por debajo del 1 por mil, a punto de dificultar el riego; la pendiente general del valle desde un extremo al otro del área, a lo largo del río, es de 0,25 por mil en promedio.

Una parte del área perteneciente a la planicie que se extiende junto al río, entre Viedma y San Javier, está recortada por numerosas lomas de forma semicircular y ramificadas irregularmente, que encierran depresiones llanas. Estas lomas son menos pronunciadas y frecuentes en dirección a la Cuchilla. Contiene algunas formaciones arenosas de microrrelieve ligeramente accidentado e irregular.

La Terraza de Cubanea, situada cerca de la localidad del mismo nombre, ocupa una posición intermedia entre las tierras bajas de aluvión y las tierras altas de la meseta patagónica, en la cual el río excavó el valle.

Entre los varios factores modificadores de la fisiografía, la erosión afecta los suelos en mayor o menor grado en diversas formas, algunas veces con formaciones de médanos incipientes; en otras ha provocado la pérdida de los horizontes A y B, en grandes extensiones, quedando el suelo desprovisto de toda cobertura vegetal.

Esta erosión es una consecuencia del pastoreo intenso en una región árida, sometida a vientos frecuentes. Las lomas son las superficies más afectadas por tener un suelo más superficial, por estar más expuestas al viento y por ser allí que la vegetación encuentra más dificultad para regenerarse.

Geología y geomorfología

Los antecedentes y datos de que actualmente se dispone no permiten conocer y describir con precisión la historia geológica del valle. De todos los trabajos que fue posible consultar, el de Auer (1951) es el que mayor número de datos proporciona respecto al origen, formación y evolución del valle.

En este aspecto hay dos puntos que conviene considerar: uno es el que se refiere a la formación y evolución del valle y otro el que concierne a la naturaleza de los sedimentos que lo formaron, o sea, la composición del material originario de los suelos (Esquema 2).

A través de su evolución el río excavó el valle en la planicie patagónica que se encuentra actualmente a 20 ó 30 m sobre el fondo del mismo.

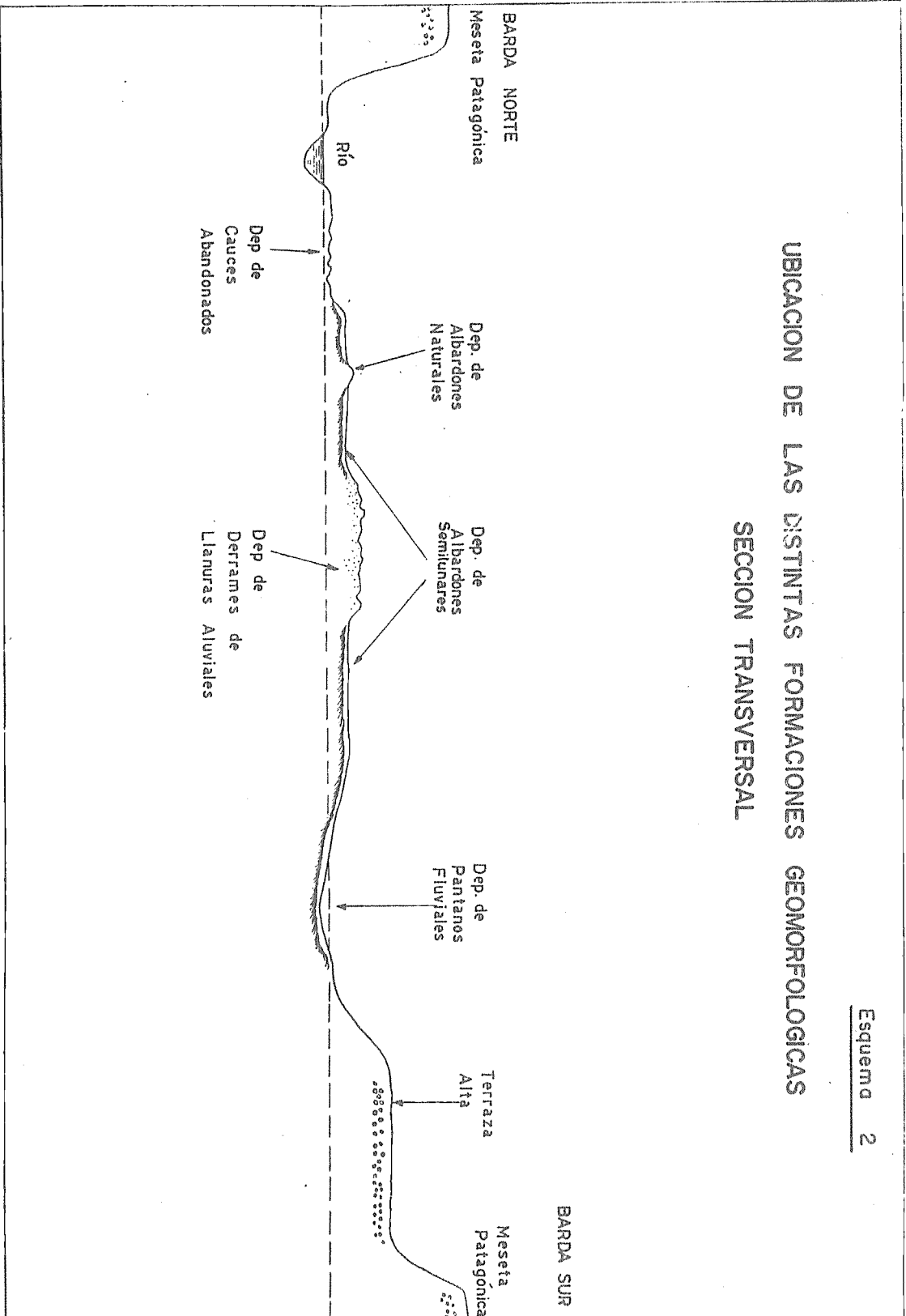
Sobre la formación más antigua, la rionegrense (terciario), reposan los rodados Tehuelches (enterrriano). Por lo tanto el río en sus fases de erosión cortó la formación superficial de rodados Tehuelches y las areniscas de la rionegrense (terciario superior). Del conjunto de las fases de erosión y sedimentación, relacionadas con los períodos glaciales e interglaciales que, a su vez, están relacionados con los movimientos eustáticos de subida y descenso del mar, resultó el actual panorama del valle.

Así, durante un período interglacial, después de una fase de erosión, se debe haber formado el depósito de rodados por arrastre de las aguas del río. Sobre estos rodados hay una formación marina que empieza en la boca del río, junto al mar, y termina a la altura de San Javier. Finalizados estos períodos de ingresiones marinas, los depósitos fluviales comenzaron a cubrir la planicie.

A este manto de rodados, originado después de una fase de deposición, debe pertenecer la terraza más alta y más antigua, que denominamos Terraza de Cubanea, de la cual queda apenas una estrecha faja en la Primera Etapa, pero que en Cubanea abarca la mitad del valle, con una formación que parece de origen glacial (Bonfils, 1951). De hecho sus suelos se han formado en idénticas condiciones a los de la meseta patagónica: sobre la capa de rodado revestido de calcáreo asienta una capa arenosa muy calcárea, más o menos cementada y, sobre ésta un material también de origen glacial, sobre el cual se formó el suelo actual.

El resto del área del valle está formado por depósitos fluviales ubicados en cotas inferiores.

UBICACION DE LAS DISTINTAS FORMACIONES GEOMORFOLOGICAS
SECCION TRANSVERSAL



El panorama geológico se considera por lo tanto dividido básicamente en dos formaciones:

- a) Terraza alta de deposición (Terraza de Cubanea).
- b) Depósitos aluviales.

Utilizando la clasificación y nomenclatura de Fisk y Happ, Rittenhouse y Dobson (Thornbury, 1954) para el Misisipi, los tipos de depósitos encontrados en esta etapa se pueden clasificar, con algunas modificaciones, de la siguiente manera:

Depósitos aluviales	}	Depósitos de la faja de los meandros	A - Depósitos de cauces abandonados.
		Depósitos de llanuras deltaicas	B - Depósitos de albardones semilunares.
		Depósitos de pantanos fluviales	C - Depósitos de albardones naturales.
Terrazas de Deposición y Acumulación	}		D - Depósitos de derrames de llanuras aluviales.
			E - Depósitos de pantanos fluviales.
			F - Terraza alta o de Cubanea y depósitos coluviales.

A continuación se indican las características de cada tipo de formación:

- A - Depósitos de cauces abandonados. Esta designación comprende los depósitos de meandros y los depósitos de cauces propiamente dichos. Estos depósitos se encuentran junto al río; en la aerofotografía muestran una configuración especial, con numerosas curvas concéntricas en varias direcciones. Los suelos formados sobre estos depósitos son de mediana evolución.
- B - Depósitos de albardones semilunares. Corresponden a lo que algunos autores llaman cuencas cerradas. Son formados por la deposición de material aluvial dentro de áreas delimitadas por albardones de pequeños o grandes cauces divagantes antiguos. Las lomas, que consideramos como depósitos de albardones naturales de los pequeños cursos que divagaron por la planicie, fueron delimitando, durante la evolución del valle, cuencas cerradas donde los depósitos fluviales se acumularon lentamente.

- C - Depósitos de albardones naturales. Parece que en las últimas fases de evolución del valle, tal vez por ascenso del río, debido a crecidas o a las mareas, se produjeron reducidos cauces que invadían el valle. Las aguas de estos cauces en sus movimientos arrastraron los sedimentos que por desborde se acumularon en sus márgenes, originando de esta forma las lomas, de acuerdo a las aerofotografías y los cortes practicados transversalmente en algunas de ellas.
- D - Depósitos de derrames de llanuras aluviales. Estos depósitos parecen haberse formado durante una fase más moderna de la evolución del valle, por derrames en que las aguas alcanzaban mayor velocidad, a juzgar por la naturaleza de los sedimentos en que predominan las arenas.
- Por ocupar las cotas más elevadas y por su microrrelieve superficial pueden parecer de formación eólica, pero la observación de conchillas a 1 m de profundidad indican su origen fluvial.
- E - Depósitos de pantanos fluviales. Esta formación abarca las áreas del valle donde las aguas permanecieron estancadas en forma de lagunas o pantanos, debido al desvío del curso del río o a inundaciones posteriores por crecidas de las aguas. Consideramos que pertenece a esta formación todo el Bajo del Juncal donde las aguas se mantuvieron hasta hace poco tiempo sobre la superficie del suelo.
- F - Terraza alta o de Cubanea y depósitos coluviales. Es la terraza más alta del valle. Esta formación es bastante semejante a la Patagónica, por presentar también en la parte inferior de su perfil rodados revestidos de calcáreo.

Climatología

El clima de la región se clasifica según Thornthwaite (1948) y Burgos y Vidal (1951), como DB'2 da')D: semiárido, B2: mesotermal, d: nulo o pequeño exceso de agua, a': concentración estival de la eficiencia térmica).

La temperatura media anual es de 14,6° C, siendo los meses más calientes los de enero y febrero, con 21,6° C y 20,3° C, respectivamente, y los más fríos, junio, julio y agosto con 7,3° C, 7,0° C y 8,3° C, respectivamente. La temperatura más elevada registrada durante el período 1901/1950 fue de 43° C y la más baja de -8,3° C.

La precipitación media anual alcanza 331,1 mm, y está distribuida casi uniformemente durante las cuatro estaciones. La humedad relativa es de 60 por ciento.

Vegetación

Aparte de las asociaciones vegetales de grados intermedios, pueden diferenciarse 4 zonas características según el predominio de especies determinadas:

- 1) Zona de tipo de vegetación gramínea, con predominio del género Stipa, siendo las principales la "paja vizcachera" y la "flechilla", a las que se asocian otras gramíneas como "cola de zorro" (Hordeum murinum) y "pasto salado" (Distichlis sp.).

Esta asociación se extiende desde Cubanea hasta Viedma y el Bajo del Juncal y se desarrolla sobre las series Pastor, Chacra, García, Crespo, Juncal, Médanos y Hueck.

- 2) Zona de vegetación de especies semiarbuscivas y arbustivas, típica de zonas salinas. Predominan el "jume negro" (Suaeda divaricata), "jume blanco" "zampa" o "cachiyuyo" (Atriplex argentinum) y "salicornia" (Salicornia fruticosa), asociados con gramíneas tales como "cola de zorro" (Hordeum murinum), "pasto salado" (Distichlis sp.) y "unco" o "junquillo salado" (Sporobolus sp.). En algunos sitios surgen poblaciones aisladas de Stipa.

Esta asociación se desarrolla sobre suelos de la serie Ya Verán, que se extiende desde Viedma hacia la desembocadura.

- 3) Zona de vegetación de monte xerófilo, con un tipo de asociación conocida como monte occidental; se extiende en una vasta zona del oeste argentino.

Predominan el "chañar" (Geoffroea decorticans), "jarilla" (Larrea divaricata y Larrea cuneifolia), "alpataco" (Prosopis alpataco), "mata sebo" (Monthea aphylla), "uña de gato" (Chuquiraga urincea), "molle" (Schinus sp.), "piquillín" (Condalia microphylla) y "matorro" (Cyclolepis genistoides).

Algunas gramíneas diseminadas forman una pastura de baja densidad. La formación de monte se desarrolla sobre los suelos de las series Barda y Terraza.

- 4) En determinadas áreas cercanas al río la asociación de gramíneas se encuentra intercalada con manchas de "pichana" (Heterothalamus spartioides) o de "unco" (Sporobolus sp.) o "pasto salado" (Distichlis sp.), indicadoras de alta alcalinidad o salinidad.

La clasificación botánica fué la indicada en los informes de Wydler y Casares (1950), Bonfils (1952) y Wydler (1960).

Uso actual de la tierra

El mayor porcentaje del área, que se puede calcular en un 80 por ciento, se dedica a la ganadería, aprovechando los pastos naturales y un 19 por ciento está bajo cereales de secano: trigo, avena, cebada, centeno etc. Menos del 1 por ciento se dedica a pasturas, frutales y hortalizas, bajo riego.

La margen del río está ocupada por pequeñas chacras desde cerca de la Bocatoma hasta unos 20 km antes de la desembocadura del río; la mayor parte está ubicada entre la defensa y el río, por lo tanto fuera de la zona de riego del Proyecto.

2. Métodos de Trabajo

Métodos de gabinete y de campo

No siempre fue posible seguir los métodos de trabajo normalmente establecidos para estos estudios. Además, ciertos inconvenientes imprevistos obligaron a interrumpir o alterar la secuencia de las tareas a fines de presentar datos para la ejecución de las obras de riego en la Primera Etapa.

Así fue que los trabajos de cartografía de suelos se empezaron con observaciones de campo y sin fotointerpretación en la Primera Etapa y sólo más tarde fué posible revisarlos. En el área restante se usó la fotointerpretación combinada con observaciones de campo, en la mayor medida posible.

Se emplearon los siguientes medios de trabajo:

- Base cartográfica: fotografías aéreas con las dimensiones de 22,5 cm x 22,5 cm (abarcando un área total de 500 ha), en la escala de 1:10 000.
Mosaicos con las dimensiones de 46 cm x 52,5 cm, en la misma escala de 1:10 000.
- Estereoscopio de espejos: aparato de industria japonesa, marca "TOKO MIRROR STEREOSCOPE" con binóculo y estereómetro accesorios.
- Procedimiento cartográfico: todas las observaciones de campo anotadas en las fotografías fueron volcadas en los mosaicos (ya restituidos) y de estos pasados al transparente, que sirvió de matriz. La carta obtenida por este procedimiento en la escala de 1:10 000, se redujo después a la escala de 1:20 000, por medio del pantógrafo. Sobre esta carta se realizó la medición de las áreas, etc.
- Observaciones de campo: las observaciones de perfiles en campo se registraron en planillas de 26 x 34 cm, con una faja a la izquierda de 2,5 cm de ancho, para fijar muestras de suelo húmedo. En campo se determinó el pH colorimétrico, pero en las descripciones de perfiles se usó el pH de pasta que acusó valores muy semejantes.

Métodos de laboratorio

Para la caracterización de las muestras de suelos reunidas durante el reconocimiento se adoptaron los siguientes métodos de análisis.

pH pasta: Todos los pH fueron medidos con un potenciómetro, generalmente de Beckman modelo N, utilizando un electrodo de referencia de calomel y otro de vidrio. Este pH es el de la pasta de saturación hecha de acuerdo con las normas del "United States Salinity Laboratory" de Riverside.

pH 1/2.5: pH medido en una suspensión de 10 g de suelo en 25 cc de agua.

pH 1/10: pH medido en una suspensión de 5 g de suelo en 50 cc de agua.

Calcáreo: La cantidad de calcáreo se deduce del volumen de ácido carbónico liberado por el suelo por acción del ácido clorhídrico - 4 N. Está expresado en porcentaje de suelo fino secado al aire.

Yeso: El yeso es disuelto en agua, precipitado con acetona, centrifugado, y nuevamente disuelto. La medida de la conductividad eléctrica de esta última solución permite, con referencia a una curva patrón, dar el porcentaje de yeso en el suelo fino secado al aire.

Materia orgánica: El porcentaje de materia orgánica se obtuvo multiplicando por 1,724 el porcentaje de carbono orgánico medido por el clásico método de Walkley y Black, que comprende la oxidación de carbono por el dicromato de potasio, y la titulación por la sal de Mohr del exceso de dicromato.

Nitrógeno: El contenido de nitrógeno está expresado en unidades por mil de suelo seco. Se mide según el método de Kjeldahl: mineralización del nitrógeno en forma de sulfato de amonio, desplazamiento de dicho amonio por hidróxido de sodio y titulación por SO_4H_2 N/20 del amonio recibido en ácido bórico.

Relación C/N: Se calcula expresando el carbono y el nitrógeno en tanto por ciento de suelo seco.

Granulometría: Se expresa en porcentaje de la porción fina (o sea, de tamaño inferior a 2 mm) las cantidades de suelo inferiores a dos micrones, entre 2 y 20 micrones, entre 20 y 50 micrones, entre 50 y 200 micrones, y entre 200 y 2 000 micrones.

Se utilizaron muestras de 60 gr. La materia orgánica fue destruida y eliminada con agua oxigenada y el suelo dispersado con hexametáfosfato de sodio. En muchos casos fué necesario usar también una dispersión mecánica.

Los elementos finos (fracciones inferiores a los 20 micrones) fueron determinados por el método del densímetro, y los elementos gruesos (fracciones superiores a los 50 micrones) fueron determinados por tamizado. La fracción entre 20 y 50 micrones se obtuvo por diferencia.

El porcentaje de tierra fina se refiere a la cantidad de la muestra total que pasa el tamiz de malla 2 mm. Se indica sólo cuando es diferente de 100, es decir cuando el suelo tiene concreciones o piedras de tamaño superior a 2 mm.

Textura: Estas indicaciones se refieren al triángulo de clases texturales adoptado por el "U.S. Department of Agriculture".

Extracto de saturación: Se preparan la pasta y el extracto de saturación de acuerdo con las normas establecidas por el "U.S. Salinity Laboratory" de Riverside.

C.E.10³: Da la conductividad eléctrica en mmhos por cm a 25° del extracto de saturación. Esta medida da una idea de la salinización global del extracto que aproximadamente es 10 x CE, expresándose en miliequivalentes por litro. Esta misma unidad se utiliza para cada uno de los aniones y cationes.

Ca y Mg: Son medidos por volumetría con el versenato. Utilizando el negro de eriocromo T para calcio más magnesio y el H.H.S.N.N. para el calcio solo.

K y Na: Son dosados por fotometría de llama.

Cl: Se titula por volumetría con nitrato de plata en presencia de cromato de potasio.

SO₄: Está medido por turbidimetría del sulfato de bario con un fotocolorímetro.

CO₃ y HCO₃: Se miden por volumetría, usando a continuación los virages de la fenolftaleína y del anaranjado de metilo.

Complejo intercambiable: Se determina la capacidad total de intercambio y los principales cationes que intervienen. Todos los valores están expresados en miliequivalentes por 100 g de suelo secado al aire.

S: Es la suma de los valores relativos a los distintos cationes considerados: Ca, Mg, Na y K.

Ca y Mg: Se intercambian por percolación de suelo con acetato de sodio, dosados en el percolado por el método del versenato. En el caso de suelos salinos se hace una corrección para tener en cuenta la parte que se disuelve. En suelos ricos en yeso es difícil conseguir un valor correcto.

K y Na: Se desplazan por acetato de amonio y el dosaje se hace por fotometría de llama.

T: Capacidad de intercambio. El sodio que ha saturado el suelo en la saturación usada para la medida de Ca y Mg, a su vez se desplaza por percolación con acetato de amonio y su cantidad se mide por fotometría de llama.

Na/T: Este valor expresa la cantidad de sodio de cambio en porcentaje de la capacidad de intercambio.

P205: El fósforo asimilable está expresado en ppm, es decir en miligramos de anhídrido fosfórico por 1 kg de suelo. Se utilizaron los métodos de Truog y de Bray y Kurtz.

Hum.nat: La humedad natural es el contenido de agua en porcentaje del suelo secado en estufa; se midió solamente la de las muestras en que se determinó la densidad aparente.

Dens. ap: Densidad aparente de muestras tomadas en cilindros de volumen conocido.

Poros. tot.: Porosidad total, o sea, el volumen del espacio libre entre las partículas sólidas de suelo, expresado en porcentaje del volumen aparente de la muestra.

Hum.pasta: Humedad de la pasta de saturación: cantidad de agua que hay que añadir a 100 g de suelo, secado al aire, para hacer la pasta de saturación.

Hum. eq.: Humedad equivalente. Contenido de agua, expresado en porcentaje del peso del suelo secado en estufa, del suelo después de haber sido sometido por 48 horas a una presión de 1/3 atmósfera. Se utilizó el aparato de Richards.

P.M.: Punto de marchitez permanente. Contenido de agua, expresado en porcentaje del peso del suelo secado en estufa, del suelo después de haber sido sometido por 48 horas a una presión de 15 atmósferas. Se utilizó el aparato de Richards.

Agua útil: Diferencia entre los dos valores anteriores.

Veloc. perc.: Velocidad de percolación. Expresada en centímetros por hora. Se mide sobre una muestra de 50 g que se prepara tratando de no destruir los agregados y midiendo la cantidad de agua que percola durante una hora a través de la columna de suelo bajo una carga constante.

Los Mapas

Mapa de suelos

En la representación de las series se usaron colores que se indican en la leyenda que acompaña al mapa de suelos. Para identificar las fases se utilizaron símbolos que pueden sobreponerse a los colores.

La base cartográfica utilizada fué obtenida por copia directa de las fotografías aéreas en la escala 1:10 000 ya referidas, reducidas posteriormente a escala 1:20.000 por medio de pantógrafo.

Durante la revisión de la Primera Etapa, las clases de suelos fueron verificadas nuevamente en campo. Se prestó especial atención al relieve y al estado de erosión de las lomas.

Mapa de aptitud para el riego

La carta de aptitud para riego fué elaborada a partir de la carta de suelos (escala 1:20 000) para la Primera Etapa, y la carta de suelos de las restantes etapas en la escala 1:50 000.

En general, a cada una de las series correspondió una clase de aptitud. Sin embargo, al considerar las fases y otras características, surgió la necesidad de desplazar suelos agrupados en una misma serie a clases distintas.

Los factores considerados fueron la topografía, el drenaje, la erosión, la deposición de materiales, las inundaciones y la ubicación de las parcelas.

Las clases fueron representadas en la carta mediante colores de conformidad con el "Bureau of Reclamation Manual" (U.S. Department of the Interior, 1953):

- Clase 2 - verde
- Clase 3 - azul
- Clase 4 - marrón
- Clase 5 - rosado
- Clase 6 - sin color.

Con respecto a las deficiencias dominantes de cada clase, que constituyen las subclases, se adoptaron los siguientes signos: s, t y d, correspondientes respectivamente a las deficiencias de "suelos", "topografía" y "drenaje".

La superficie de las clases y subclases se calculó mediante el empleo del planímetro. Los mapas van agregados como Anexos en un volumen separado.

3. Suelos

Origen y Evolución de los Suelos

El origen y evolución de los suelos del Valle se presta a estudios profundos y a interpretaciones muy complejas. Es necesario analizar los factores de formación y evolución que tienen importancia para el estudio de su clasificación, manejo, recuperación y cultivo.

El conocimiento de las características y profundidad de la napa freática es también de primordial importancia para la clasificación del suelo en cuanto a salinidad y alcalinidad, y para la interpretación de su comportamiento y la orientación de su recuperación.

En la apreciación de la formación y evolución de los suelos se considera separadamente los suelos formados a partir de la Terraza Alta y de los depósitos de aluvión.

Los suelos desarrollados en la primera formación son de características siero-zémicas: suelos grises de textura gruesa, franco arenosa, o textura media, franco limosa, con poca materia orgánica, horizontes subsuperficiales (de 30 a 90 cm) muy ricos en calcáreo, con escasos rodados en todo el perfil, hasta pasar a una capa de rodado abundante, cementado por material calcáreo y mezclado con proporciones variables de arena gruesa.

Entre los factores de formación de los suelos tienen especial importancia el material originario, el clima, la vegetación, la topografía, el tiempo y el hombre. La topografía cuenta también como un elemento de valor, especialmente en el proceso de degradación de estos suelos. Los procesos de formación parecen desarrollarse en forma semejante para todas las series aluviales pero, según su antigüedad, se presentan actualmente en distintos grados de desarrollo.

De manera general la última deposición de los materiales arrastrados obedeció a la topografía del Valle y, de acuerdo con la velocidad del agua, los sedimentos de diferentes tamaños fueron depositados en distintos sitios; sobre estos depósitos se originaron los suelos actuales.

La divagación del río y sus brazos dió lugar a un complicado dibujo de meandros, albardones, albardones semilunares y pantanos fluviales.

Los suelos de albardones (lomas) y de albardones semilunares tienen como material originario sedimentos más finos, franco limosos, arcillo limosos, o ambos, provenientes de una deposición más lenta.

Las llanuras aluviales o desbordes presentan materiales predominantes de textura media o gruesa.

En formaciones de pantanos fluviales los materiales depositados son de textura franco limosa o arcillo limosa.

En los lugares más cóncavos y de mayor humedad, donde la vegetación natural proporcionó mayor cantidad de materia orgánica, se originaron suelos más profundos y con horizontes mejor definidos, como es el caso de las series Chacra y Pastor.

La variación de la profundidad de los horizontes está estrechamente relacionada con la pendiente y las ondulaciones del terreno, a lo cual se debe la gran dificultad que fue necesario superar para realizar la clasificación y cartografía de esos suelos. Ligeras ondulaciones del terreno, casi imperceptibles a la vista, son suficientes para hacer cambiar de serie.

Es conveniente también hacer notar la irregular distribución de las diversas capas de material originario; muchas veces estas capas de espesores variables entre algunos milímetros hasta varios decímetros se distribuyen en forma muy irregular en el subsuelo.

En general, el proceso de formación de los suelos del Valle provenientes de depósitos aluviales, está influenciado en profundidad por las condiciones de humedad, distintas de las del clima.

Normalmente a partir de 100 a 120 cm, la existencia de moteado ferruginoso o de concreciones de hierro, denota precaria aireación.

En la parte superior se desarrolló un suelo rico en humus, ciertamente durante una fase en la cual las condiciones de humedad permitieron el desarrollo de una pradera. Según Aüer (1951) siguiendo a esta pradera y una vez terminadas las condiciones de humedad por el descenso de las aguas, la planicie fué invadida por climas más secos, evolucionando la flora de pradera a estepa, pero los suelos ya formados mantuvieron sus características.

Una vez suprimida la influencia de las aguas fluviales, las condiciones climáticas áridas fueron las únicas que pasaron a dominar la evolución de los suelos. Debido a estas condiciones se nota en el perfil un horizonte de mayor acumulación de sales, principalmente carbonatos, a profundidad variable de 50 cm a 70 cm, raramente pasando los 100 cm. Esta acumulación se establece generalmente en el horizonte B₃, de transición, abarcando algunas veces el C₁.

La interrupción de las fases de deposición originó en algunos lugares la formación de dos o más horizontes enterrados, normalmente de espesor no mayor de 10 a 15 cm.

Como factores que intervinieron en la evolución del suelo se debe mencionar la acción interdependiente de la erosión y la cobertura vegetal, debidas de la acción del hombre.

En suelos muy pastoreados o cultivados la acción erosiva del viento se hace sentir, principalmente en períodos de sequía, arrastrando los horizontes superficiales y dejando al descubierto los horizontes inferiores, algunas veces hasta el horizonte C como, por ejemplo, en la serie Lomas. En los suelos que quedan desprovistos de vegetación,

la formación de una costra impide la penetración del agua y mantiene secos los horizontes superficiales, lo que coadyuva el ascenso capilar. De esta forma las sales se acumulan en la superficie. Los carbonatos o el yeso casi siempre presentes, son visibles en forma de concreciones o nódulos, a veces en grandes cantidades.

Así es como el pastoreo excesivo, al destruir el revestimiento vegetal, favorece indirectamente la degradación de los suelos, modificando las condiciones de humedad, e induciendo por eso la salinización.

Las sales son un factor de formación y evolución de los suelos que, cuando ocurre, puede considerarse que prima sobre todos los otros. Su forma e intensidad determinan por sí solas la clasificación utilitaria de las tierra en muchos casos.

Los tenores elevados de salinidad limitan la vida de las raíces, de manera que la profundidad a que ocurren en el suelo determina la profundidad efectiva, elemento que es importante considerar en la clasificación utilitaria.

La salinidad y alcalinidad generalmente disminuyen con la profundidad dejando las capas superficiales más o menos libres de sales hasta profundidades variables. De este modo la afectación por sales se manifiesta por manchones irregulares de diferentes grados de toxicidad para los cultivos.

La existencia de una napa freática salina entre 3 y 5 metros de profundidad ha contribuido también a la salinización del perfil; en trabajos anteriores ya se ha hablado de esta influencia. Es lo que sucede, por ejemplo, en la Etapa VIII donde la napa freática es muy salina y casi estática (Wydler, 1960).

Clasificación de los suelos

Se establecieron seis grupos de suelos, según la formación geomorfológica de cada uno. Repartidos en estos grupos se caracterizaron 14 series que sirvieron de unidades de mapeo, que se describen a continuación. Sus características figuran tabuladas en el Cuadro 10, A y B. Los perfiles de las series se pueden apreciar en el Esquema 3.

A - Suelos de depósitos de cauces abandonados

- | | |
|-------------------------|--|
| Serie San Javier (10.2) | Suelos pardos a pardos oscuros, franco limosos, sobre materiales franco limosos o franco arenosos, moderadamente bien drenados. |
| Serie Vialidad (11.3) | Suelos pardo gris a pardo pálido, arenoso francos a franco arenosos, sobre arena gruesa o rodado, bien a excesivamente drenados. |
| Serie Cubanea (12.2) | Suelos gris parduscos a pardos, franco limosos a franco arcillo limosos, sobre materiales normalmente franco limosos, pobremente drenados en gran porcentaje del área. |
| Serie Ya Verán (13.2) | Suelos gris parduscos, franco limosos a franco arcillo limosos, sobre materiales franco limosos, pobremente drenados. |

B - Suelos de depósitos de albardones semilunares o cuencas cerradas.

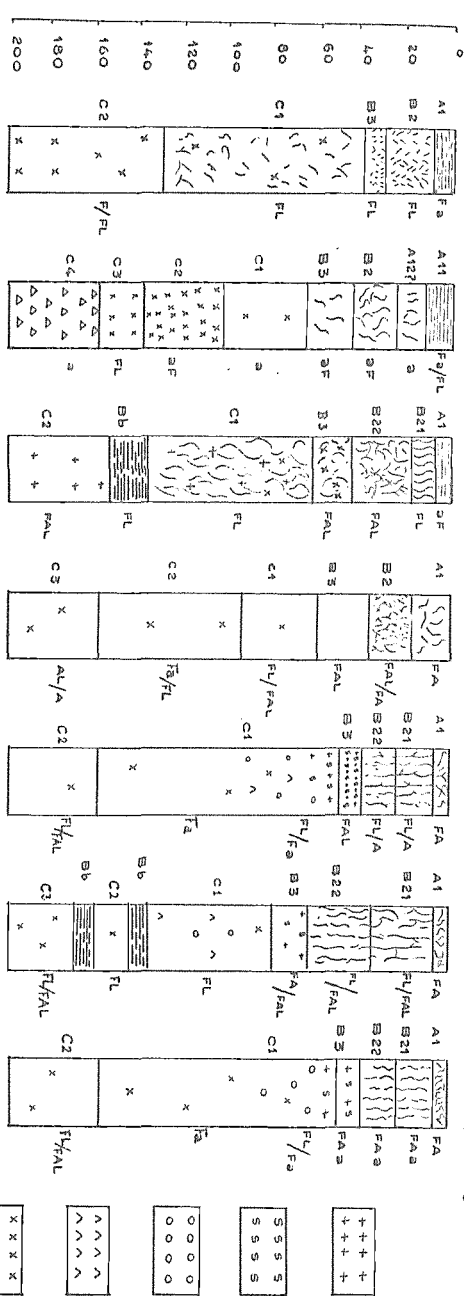
- | | |
|---------------------|--|
| Serie Pastor (01.1) | Suelos pardo oscuros a gris oscuros, franco limosos a arcillosos, sobre materiales franco limosos a franco arenosos, moderadamente drenados. |
|---------------------|--|

- Serie Chacra (02.1) Suelos pardo gris oscuros, franco limosos a arcillosos, sobre materiales franco limosos, moderadamente bien drenados.
- Serie Médanos (07.2) Suelos pardo grisáceos, franco limosos a franco arcillo arenosos, sobre materiales franco limosos a franco arenosos, moderadamente bien drenados.
- C - Suelos de albardones naturales de cauces antiguos
- Serie Lomas (08.2) Suelos erosionados, gris claros a gris pardusco claros, franco limosos sobre material franco limoso, moderadamente bien drenados.
- D - Suelos de derrames de llanuras aluviales
- Serie García (03.2) Suelos gris a gris oscuros, franco arenosos a franco arcillo arenosos, sobre material arenoso franco a franco, bien drenados.
- Serie Crespo (04.3) Suelos pardo grisáceos, franco arenosos, sobre materiales normalmente franco arenosos, bien drenados.
- E - Suelos de pantanos fluviales
- Serie Juncal (06.1) Suelos pardo grisáceos a pardo gris oscuros, franco arcillo limosos a arcillo limosos, sobre materiales franco limosos o franco arenosos, moderadamente bien drenados a imperfectamente drenados.
- Serie Hueck (09.1) Suelos gris oscuros, franco arcillo limosos a arcillo limosos, sobre materiales franco limosos a franco arcillo limosos o arcillosos, pobremente drenados.
- F - Suelos de la Terraza alta o de Cubanea
- Serie Barda (05.3) Suelos gris pardusco claros, normalmente franco arenosos, medianamente profundos, sobre materiales calcáreos, bien drenados.
- Serie Terraza (14.2) Suelos pardos a pardo amarillentos, francos, algunas veces franco a franco limosos, sobre materiales francos a franco limosos, moderadamente bien drenados.

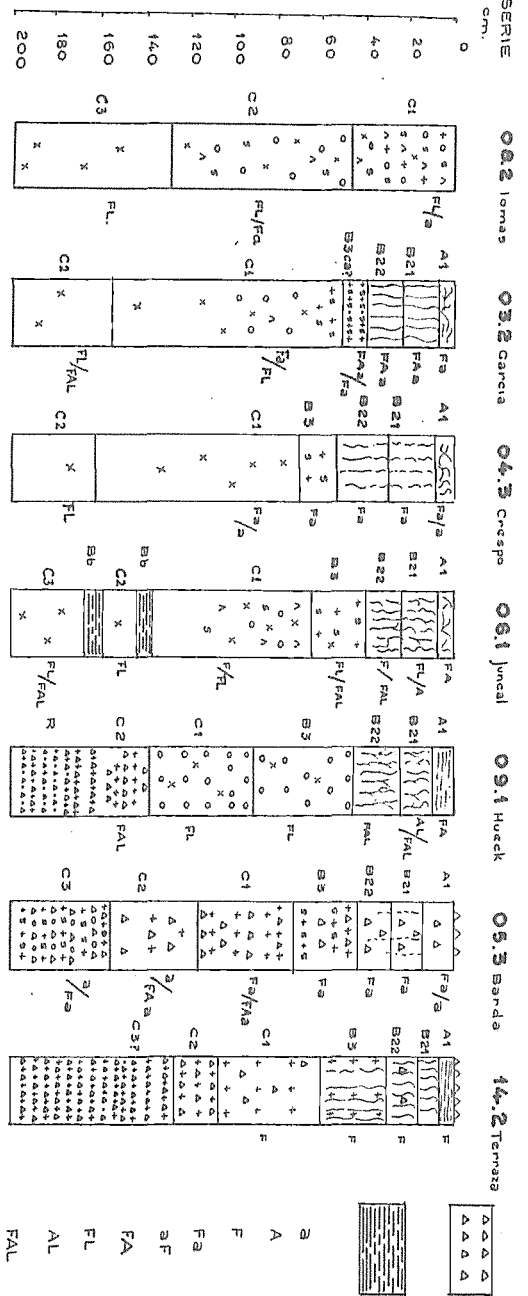
Por tratarse de suelos de origen aluvial, su ubicación en los sistemas mundiales de clasificación resulta muy compleja, y es difícil y poco seguro intentarla en base a los elementos de que se dispone para este trabajo. Por estas razones pareció más razonable establecer la clasificación de acuerdo al paisaje natural.

PERFILES ESQUEMATICOS DE LAS SERIES DE SUELOS

SERIE **10.2** San Javier **11.3** Validad **12.2** Cubana **13.2** Va Verón **01.1** Pastor **02.1** Caerra **07.2** medianos
 cm. **04.2** Tomas **03.2** Garcia **04.3** Crespo **06.1** Juncal **09.1** Hueck **05.3** Banda **14.2** Terraza



- REFERENCIA**
- +++++ ACUMULACION DE CARBONATOS
 - SSSSS ACUMULACION DE YESO
 - OOOOO CONCRECIONES DE CARBONATOS
 - AAAAA CONCRECIONES O CRISTALES DE YESO
 - XXXXX MOTEDO FERRUGINOSO



- RODADOS
- AAAAA HORIZONTE ENTERRADO
- 2 ARENOSO
- A ARCILLOSO
- F FRANCO
- Fa FRANCO ARENOSO
- aF ARENO FRANCO
- FA FRANCO ARCILLOSO
- FL FRANCO LIMOSO
- AL ARCILLO LIMOSO
- FAL FRANCO ARCILLO LIMOSO
- FAs FRANCO ARCILLO ARENOSO

ESC. 1 : 20

27
@

Cuadro 10 A

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS SERIES

SUELOS DE DEPOSITOS ALUVIALES

Geomorfología	Serie No	Material Madre	Topografía	Suelo		Subsuelo		Drenaje interno	Clase de aplicación para riego predefinida	Condiciones que limitan su uso
				Color	Textura	Textura	Textura			
Depósitos de cauces abandonados	S. Javier (10.2)	Aluvión	Ondulada con zanjones	Pardo gris oscuro	Franco limosa	Franco limosa	Franco limosa	Moderado	3 - 5	Salinidad, alcalinidad, topografía
	Vialidad (11.3)	"	Ligeras elevaciones	Pardo a pálido	Franco arenosa	Franco arenosa a franca	Franco arenosa a franca	Rápido	3 - 5	Salinidad, alcalinidad, topografía
	Cubana (12.2)	"	Plana y ondulada con zanjones	Gris claro a pardusco	Franco limosa a arcillo limosa	Franco limosa	Franco limosa	Moderado o lento	5	Salinidad, alcalinidad, drenaje interno
	Ya Verán (13.2)	"	Plana	Pardo grisáceo	Franco arcillo limosa a franco limosa	Franco limosa	Franco limosa	Moderado o muy lento	5	Salinidad, alcalinidad
Depósitos de albardones semi-lunares	Pastor (01.1)	"	"	Gris oscuro a negro	Franco arcillo limosa a arcillo-ss	Franco arenosa a franco-ss	Franco limosa	Moderado	3 - 4	Erosión
	Chacra (02.1)	"	"	Pardo gris a pardo gris oscuro	Franco limosa a franco arcillo limosa	Franco limosa	Franco limosa	Moderado	3 - 4	Erosión
	Médanos (07.2)	"	"	Pardo a pardo grisáceo	Franco arcillo arenosa	Franco limosa	Franco limosa	Moderado rápido	2 - 3	Erosión

Cuadro 10 B
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS SERIES

SUELOS DE DEPOSITOS ALUVIALES				Suelo		Subsuelo		Drenaje	Clase de ap- titud para riego predo- minante	Condiciones que limitan su uso
Geomorfología	Serie N°	Material Madre	Topografía	Color	Textura	Textura	Textura	Interno		
Depósitos de albardones naturales	Lomas (08.2)	Aluvión	Lomas	Gris claro a gris parduzco claro	Franco li- moso a franco are- noso	Franco li- moso a franco are- noso	Franco li- moso a franco are- noso	Moderado o muy lento	4 - 6	Salinidad, alcalinidad, erosión, topografía
Depósitos de derrames de llanuras aluviales	Garofa (03.2)	"	Plana	Gris oscuro a gris	Franco ar- cillo are- noso	Franco li- moso a franco arenosa	Franco li- moso a franco arenosa	Moderado a rápido	2 - 3	Erosión
	Crespo (04.3)	"	Enverda ligera- mente irregu- lar	Pardo gri- sáceo	Franco are- noso	Franco are- noso	Franco are- noso	Rápido a moderado	2 - 3	Topografía
Depósitos de pantanos fluviales	Junco (06.1)	"	Plana (cóncava)	Gris oscuro a pardo grisáceo	Franco ar- cillo li- moso	Franco li- moso	Franco li- moso	Moderado	2-3-4	Erosión
	Hueck (09.1)	"	Plana (cóncava)	Gris muy oscuro	Franco ar- cillo li- moso a ar- cillo limo- se	Franco li- moso a franco ar- cilloso	Franco li- moso a franco ar- cilloso	Moderado	3	Topografía
Terraza alta o de Cúbanas	Barda (05.3)	Terraza alta, rodados con calceado	Ligera- mente ondula- da; lu- gares altos	Gris claro a gris parduzco claro	Franco are- noso	Franco a franco are- noso	Franco a franco are- noso	Moderado a rápido	3 - 4	Erosión
	Terraza (14.2)	"	Ligera- mente on- dulada; lugares bajos	Pardo a gris amarillero	Franco	Franco	Franco	Moderado a lento	3 - 5	Erosión

NOTA: Suelo se considera el "Solim" y Subsuelo los horizontes C₁ en la Serie (08.2) consideramos suelos los primeros 20 cm y Subsuelo los restantes horizontes C₂.

Descripción de las Series y Fases

Series

Para los trabajos de campo y archivo se emplearon planillas con una designación numérica de tres cifras: las dos primeras indican el número de la serie de acuerdo al orden en que fueron encontradas; la última cifra, separada de las dos primeras por un punto, indica la textura media del perfil del suelo, indicando el número 1 textura fina, 2 textura media y 3 textura gruesa. Así, la serie O2.1 que corresponde a la serie Chacra, fue la segunda que se encontró y es de textura fina.

En algunos casos el origen genético determinado a través de la observación de los horizontes profundos (material originario) contribuyó para la clasificación de las series. Los suelos de series muy semejantes en los horizontes superficiales, se prepararon debido principalmente a diferencias encontradas entre 1 y 3 metros, por ejemplo, las series Pastor y Chacra, y Cubanea y Ya Verán.

Fases

Además de las series, surgió la necesidad de considerar fases:

a) Fases de profundidad: (solamente en la serie (O2.1) Chacra).

Fase 1: poco profunda: solum 1/ menor de 40 cm.

Fase 2: profunda: solum mayor de 90 cm.

b) Fases de erosión

Fase 1: ligeramente erosionada. Comprende los suelos que pueden ser utilizados sin grandes diferencias con los suelos normales de la misma serie; son fácilmente recuperables con los cultivos comunes. Están en estas condiciones los suelos afectados hasta parte del horizonte A o hasta parte del B.

Fase 2: moderadamente erosionada. Incluye los suelos que pueden recuperarse con los cultivos comunes, pero cumpliendo un mayor número de años, o mediante cultivos mejoradores en menos tiempo. Abarca suelos cuya erosión alcanza parte importante del horizonte B.

Fase 3: fuertemente erosionada. Agrupa suelos en los que el horizonte C aflora a la superficie, pudiendo presentar vestigios del horizonte B (B3). Su recuperación exige trabajos más largos y costosos.

Otras características:

A - Relieve

Ha sido necesario considerar el relieve debido a la existencia de una extensa área ocupada por lomas y zanjones. Las lomas se distinguen por la forma en que se destacan sobre el nivel general del terreno, o sea la sobresalencia, que puede presentar los grados siguientes.

a) Relieve levemente sobresaliente: con relieve no superior a 30 cm.

b) Relieve moderadamente sobresaliente: con relieve comprendido entre 30 y 60 cm aproximadamente.

c) Relieve fuertemente sobresaliente: con relieve superior a 60 cm.

1/ Conjunto de los horizontes A y B.

B - Erosión eólica

Los sitios en donde actualmente se verifica gran actividad eólica se señalan en la carta con símbolos apropiados.

C - Deposición eólica

La arena volada de los lugares expuestos a los vientos se acumula o amontona, dificultando el cultivo o exigiendo nivelación o remoción. Cartográficamente se señalan con símbolos adecuados sobre las áreas afectadas.

Se utiliza la designación genética de los horizontes del suelo mediante letras (Soil Survey Manual, 1951), aunque su empleo en suelos de origen aluvial sea discutible debido a la complejidad proveniente de la sobreposición de los procesos geológicos y de formación del suelo.

Sin embargo el estado de la evolución de los perfiles y la ventaja de su utilización para identificación y comparación de suelos es suficiente para justificarla, aunque no siempre corresponda con precisión a los conceptos establecidos.

Conviene también aclarar algunos puntos sobre los cuales existen dudas en lo que respecta a la nomenclatura de algunos horizontes. Así el horizonte A de las series de origen aluvial muchas veces se presenta estratificado, lo que sugiere acumulaciones posteriores de origen aluvial o eólico, o ambos (Aüer, 1951).

Pero la acción de las raíces enmascara su aspecto y aunque pueda no ser genéticamente un A, debido a estas influencias lo consideramos como tal. Cuando está removido se lo designa Ap.

NOTA:

La salinidad y alcalinidad se consideran peligrosas cuando los suelos acumulan más de 8 mmho/cm a 25° C, y más de 15 por ciento de sodio de cambio, respectivamente.

Por suelos que necesitan recuperación se entiende los suelos con salinidad o alcalinidad peligrosa en los primeros 20 cm del perfil, que por tal motivo no pueden cultivarse sin previa recuperación. Los suelos no afectados a profundidades de 20 cm o más pueden cultivarse con cultivos de raíces poco profundas.

4. Clasificación de Suelos según Aptitud para Riego

Métodos usados

En base al mapa de los suelos y al conocimiento de la topografía y del drenaje, se agruparon los suelos en clases de aptitud para riego (U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation Manual, 1953). Para tal fin se tomaron en consideración las características del perfil del suelo, la topografía y el drenaje (ver Cuadro 11).

Las principales características del suelo consideradas fueron:

La profundidad efectiva o sea, el conjunto del suelo y subsuelo hasta donde las raíces puedan penetrar y vivir.

Cuadro 11
 CLASIFICACION DE LAS TIERRAS PARA RIEGO

S U E L O S

	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 6
TEXTURA	Francos arenosos o arenosos permeables	Francos arenosos a arcillosos o arcillo limosos	Tierras que exigen trabajos de recuperación antes de sembrarlas al riego:	Tierras de aptitud dudosa que requieren estudios de más detalle para:	Tierras no apropiadas para el riego:
PROFUNDIDAD al rodado a la zona de caloroso penetrable al material impermeable	150 cm o más	130 cm o más 50 a 70 cm 130 cm o más	- Suelos con salinidad y/o alcalinidad pedigrósas (más de 8 mmhos y/o más de 15% de Sodio de cambio) en los horizontes superficiales y por eso requieren lavado y recuperación por plantas mejoradoras y que por estar dentro de grandes áreas de suelos de clase 2 ó 3 justifican su rescate (4st). - Suelos en condiciones similares a los anteriores con elevaciones o depresiones más acentuadas (4st).	- Determinar si las áreas de clase superior incluidas dentro de áreas salinas y/o alcalinas son suficientemente grandes para aprovecharlas. - Determinar si el rescate de las tierras muy salinas y/o alcalinas (más de 8 mmhos y más de 15% de Na de cambio en los primeros 20 cm del suelo) y de baja permeabilidad es factible económicamente en las condiciones actuales (5st). - Suelos en las condiciones de los anteriores pero en sitios de topografía irregular o cortados por zanjones (5st).	- Tierras con roca o rodado a la superficie o muy cerca. - Tierras formadas por médanos elevados. - Suelos muy salinos y/o alcalinos a la superficie. - Tierras muy elevadas o a las cuales no se les puede suministrar agua. - Zanjones o tierras muy bajas y de poca agua y accidentadas, algunas parcelas dentro de grandes áreas no arables.
SALINIDAD Y/O ALCALINIDAD	Suelos libres de sales y/o con salinidad y/o alcalinidad pedigrósas (más de 8 mmhos/cm a 25° C y más de 15% de Na de cambio) a más de 50 cm de profundidad. Estos valores pueden excederse en claro porcentaje del área o ser más elevados en suelos permeables.	Suelos libres de sales y/o con salinidad y/o alcalinidad pedigrósas (más de 8 mmhos/cm a 25° C y más de 15% de Na de cambio) a más de 30 ó 40 cm de profundidad (normalmente a más de 50 cm), pudiendo exceder estos valores en 5 a 10% del área, o en suelos permeables.			

T O P O G R A F I A

PENDIENTE	Suave	Suave o moderada	Irregular o sobresaliente	Irregular o sobresaliente	
SUPERFICIE	No requiere nivelación costosa	Puede exigir nivelación pero a precio económicamente factible.	Nivelación más costosa que en las clases 2 y 3 pero justificable.	La nivelación cuando es exigida está dentro de los casos anteriores.	
COBERTURA	Gramíneas	Gramíneas o montes de arbustos de fácil limpieza.	Gramíneas	Gramíneas	
D R E N A J E					
DRENAJE	Exige drenaje	Exige drenaje	Exige drenaje	Exige drenaje	

La salinidad y alcalinidad que, debido a la forma en que afectan el suelo, desde abajo hacia arriba, pueden delimitar temporariamente la profundidad efectiva.

El rodado, el calcáreo abundante y la compactación fueron tomados en cuenta también como factores limitantes de la profundidad efectiva.

Se dedicó especial atención a la salinidad y alcalinidad debido a la irregularidad de su distribución en el terreno en relación a las series. La correlación entre la serie de suelo y la salinidad y alcalinidad, cuando existe, sirve para ubicar la serie en la clase de aptitud, de acuerdo al grado de afectación o al porcentaje del área afectada (cuando ésta se puede determinar).

Hasta cierto punto, la observación de la vegetación permitió estimar el grado de salinización y alcalinización del suelo, por medio de las especies indicadoras, o por el distinto aspecto vegetativo que presentan esas u otras plantas.

Si para clasificar los suelos se tomaran al pie de la letra los límites establecidos en la literatura de la disciplina para salinidad y alcalinidad peligrosas, la mayor parte de las tierras del área parecería poco apta para el riego.

Pero si se considera la profundidad en que se manifiesta la salinidad, este concepto puede establecer nuevos criterios según los cuales determinar clases de suelos de distintas profundidades efectivas, tomando como factor limitativo de la profundidad la existencia de un horizonte muy salino o alcalino.

En la clasificación de los suelos para riego no se consideraron los problemas de drenaje relativos a grandes áreas, como todo el Bajo del Juncal, por estimar que se trata de problemas de ingeniería cuya solución, según su costo, decidirá si han de incluirse o no en la zona de riego. Este aspecto se considera solamente en el mapa semidetallado de la Etapa VIII.

Clases y Subclases de aptitud para el riego

Clases

Las tierras abarcadas en este Proyecto fueron ubicadas en cinco clases, a saber, 2, 3, 4, 5 y 6, en que la salinidad y alcalinidad constituyen el factor limitativo de las Clases 4 y 5. En la clasificación se consideraron también las siguientes subclases: 2s, 2st, 3s, 3sd, 4s, 4st, 5s, 5st y 6t. Las superficies de los suelos de cada una de las clases figuran a continuación:

Cuadro 12

CLASES DE APTITUD PARA EL RIEGO, EN SUPERFICIES

Clases de aptitud	Primera Etapa ha	Area restante ha	Total ha
<u>Clase 2</u> : Suelos de buena aptitud para el riego.	2.042,76 (23,28%)	1.619,5 (2,56%)	3.662,26 (5,08%)
<u>Clase 3</u> : Suelos de mediana aptitud para el riego.	5.096,32 (58,10%)	41.315,8 (65,32%)	46.412,12 (64,44%)
<u>Clase 4</u> : Suelos que exigen trabajos de corrección, con posibilidades conocidas de efectuarlos.	1.286,54 (14,66%)	1.897,5 (3,08%) (3,00%)	3.184,04 (4,42%)
<u>Clase 5</u> : Suelos que exigen estudios más detallados para determinar su aptitud para riego.	---	16.395,6 (25,92%)	16.395,60 (22,77%)
<u>Clase 6</u> : No regable.	319,72 (3,64%)	2.017,4 (3,28%)	2.337,12 (3,25%)
No cartografiado	27,88 (0,32%)	---	27,88 (0,04%)
TOTAL	<u>8.773,22</u>	<u>63.245,8</u>	<u>72.019,02</u>

Clase 2 - Incluye suelos ligeramente afectados por salinidad y alcalinidad, pero libres hasta una profundidad que permite su explotación inmediata para la mayoría de los cultivos bajo riego. Exigen drenaje, debido a la existencia de la napa freática salina para evitar el peligro de una futura salinización.

En esta clase se ubicaron suelos de las series Juncal, Pastor, Chacra, García y Crespo.

Clase 3 - Suelos que por su afectación por sales admiten un cultivo más restringido de especies, pero que en la mayor parte de su área se encuentran libres de sales y sodio de cambio en la capa superior, mayor de 20 cm, y que pueden ser sometidos a riego sin grandes trabajos de recuperación.

Están ubicados en esta clase suelos de todas las series (en parte o totalidad) menos los de las series Lomas y Ya Verán.

Clase 4 -

Subclase 4s - Tierras con limitaciones debidas a salinidad o alcalinidad peligrosa (más de 8 mmho/cm a 25° C o más del 15 por ciento de sodio de cambio) en los horizontes superficiales, por lo cual exigen trabajos de recuperación antes de someterlos al riego.

Los trabajos de recuperación comprenden lavado o cultivos mejoradores, o ambos, pero, debido a que presentan cantidades apreciables de calcáreo y yeso en los horizontes superficiales, raramente exigirán aportes considerables de enmiendas químicas.

Su textura de media a gruesa y su permeabilidad de moderada a lenta permiten su recuperación.

Por su ubicación dentro de áreas extensas de suelos de clase superior se justifica su rescate, aunque sea costoso.

Subclase 4st - Tierras en las condiciones de las de la Subclase 4s pero que exigen además una nivelación por ser accidentadas o estar cortadas por zanjones.

Clase 5

Subclase 5s - Tierras de aptitud dudosa, que exigen recuperación a costo elevado.

Incluye suelos de las siguientes características:

- Salinidad o alcalinidad peligrosa, con más de 8 mmho/cm o más de 15 por ciento de sodio de cambio en los horizontes superficiales (20 cm).
- Deficientes en calcio (calcáreo o yeso) en el perfil o, situada por debajo de los horizontes afectados por alcalinidad peligrosa, cuando existe.
- De lenta o muy lenta permeabilidad.

Estas tierras exigen estudios más detallados a fin de determinar:

- a) El costo de la recuperación, para saber si se justifica en las condiciones económicas actuales.
- b) El porcentaje del área y el tamaño de las parcelas afectadas, para poder determinar si su ubicación y su área justifican el riego y la recuperación.

Están incluidos también en esta clase los suelos de Clase 4 que por su extensión no justifican la recuperación sin estudios previos.

Subclase 5st - Suelos en las mismas condiciones de los de la Subclase 5s, pero de topografía irregular, ondulados o cortados por zanjones.

Nota. Los estudios más detallados especificados para la Clase 5 deberán enfocarse en primer lugar en estudios de cartografía para ubicar las manchas de salinidad y alcalinidad, a fin de conocer su distribución y extensión. De acuerdo a la ubicación y área de suelos no afectados o afectados por alcalinidad o salinidad se podrá determinar su aprovechamiento para el riego.

Esto se puede hacer en sitios de prueba, con una gran densidad de observaciones, extrapolando a las áreas vecinas. Sobre los suelos salinos o alcalinos deben hacerse determinaciones de:

- a) infiltración y permeabilidad;
- b) contenido de calcáreo y yeso y su distribución en el perfil;
- c) salinidad y alcalinidad.

Una vez que se disponga de estos datos se deberá estimar la cantidad y forma de aplicar los correctivos. Para esto los ensayos de lavado con cultivos mejoradores, plantas resistentes a sales, etc., servirán para determinar el costo de la recuperación.

De esta manera se podrá juzgar por comparación con el valor de la tierra, la utilización que deberá darse a las áreas en estudio y, si los nuevos conocimientos lo justifican, someterlas a una nueva clasificación.

Clase 6 - En ella se ubicaron los suelos no dominables por el riego, muy accidentados con elevaciones o depresiones, que exigen un elevado costo de nivelación; suelos con mucho rodado en la superficie; y suelos excesivamente salinos o alcalinos.

En el Cuadro 12 están descritos con más detalle los criterios mínimos empleados para ubicar los suelos dentro de las clases de aptitud para riego.

Aptitud cultural de las clases de tierras

Después de clasificadas las tierras en clases de aptitud para riego, hay que escoger los cultivos o grupos de cultivos que mejor se adapten a cada clase. Pueden existir factores económicos que limiten su aptitud y determinen su colocación en distintas clases de capacidad de uso.

Los cultivos indicados en forma genérica son aquellos que hasta ahora se ha pensado intentar producir en la zona. Los más indicados para cada clase de aptitud para riego se señalan a continuación:

Clase 2 - Comprende tierras aptas para un gran número de cultivos, incluyendo:

forrajeras
hortalizas
vid
frutales

Clase 3 - Más restringida respecto a ciertos cultivos que en el caso anterior, aunque aptas para un gran número de cultivos, tales como:

forrajeros: son recomendables las leguminosas como alfalfa y tréboles, y las gramíneas resistentes a la salinidad y alcalinidad, tales como cebada, agropyron y sorgo en los primeros años.

olerícolas: remolacha azucarera, en los suelos de algunas series: tomate, pimentón, etc.

frutales: en los suelos más arcillosos se recomiendan los manzanos, almendros y avellanos. El duraznero y otros frutales más exigentes deben ser ensayados con cuidado. Además, la vid.

Clase 4 - Los suelos de estas clases deben ser cultivados inicialmente con plantas tolerantes a sales y que se desarrollan bien en suelos vírgenes:

y 5

agropyron: para enterrar o para forraje.

cebada: para enterrar o para frano, incorporando las pajas al suelo.

centeno: para enterrar o para forraje.

sorgo: para enterrar o para forraje.

Después del primer lavado de los suelos que lo necesiten, las leguminosas son de gran valor para mejorar la estructura y, en algunos casos, aumentar la fertilidad debido al nitrógeno que fijan. La alfalfa y el Trifolium alexandrinum son importantes.

Clase 6 - Los suelos de esta clase deben ser aprovechados en la medida de lo posible para canales, caminos y construcciones.

Los árboles que se aconsejan, sea para fines comerciales, rompevientos, o fines urbanísticos, son entre otros:

Alamos, Casuarinas, Cupressus, Eucaliptos, Tamariscos, Myoporum.

Nota. Las aptitudes culturales arriba mencionadas son las que poseen los terrenos en las condiciones actuales. Después de la recuperación o del simple riego, muchos de los terrenos cambiarán de clase y, en consecuencia podrán recibir los cultivos que correspondan a la nueva clase.

5. Interpretación de la Información Analítica y de Campo

Fertilidad natural

Los suelos de la mayoría de las series son de mediana fertilidad, a excepción de los de las series Vialidad, García y Crespo, que acusan valores bajos de materia orgánica y una capacidad de cambio también baja. Los valores de P_2O_5 van, por regla general, de medios a altos, excepto en algunos perfiles de las series Crespo y García.

En los suelos de la Terraza Alta, series Barda y Terraza, el contenido en materia orgánica es bajo y los valores de P_2O_5 en los horizontes subsuperficiales son reducidos. Se observó que los tenores en Mg son generalmente elevados en relación al K. Los suelos menos fértiles presentan, sin embargo, características físicas que permiten habilitarlos y prepararlos para el riego más fácilmente.

Los cultivos de secano y bajo riego demuestran por su desarrollo y productividad una fertilidad moderada o moderadamente elevada, que se puede mantener o aumentar sin mayor dificultad.

Las limitaciones para la producción se deben con más frecuencia al factor profundidad de salinización o alcalinización, que será objeto de estudio detallado por la Sección de Fertilidad.

Salinidad y alcalinidad

Origen de la salinidad

El origen de las sales en el suelo pueden atribuirse principalmente, a tres fuentes: las aguas superficiales, las aguas subterráneas y los sedimentos marinos.

Aguas superficiales. Las aguas del río, aunque de bajo o muy bajo contenido salino, pueden aumentar la salinidad del suelo cuando se incorporan a él por inundaciones o por riego sin drenaje.

Sin embargo, el hecho de que en el Bajo del Juncal se encuentren los suelos con menor cantidad de sales, a pesar de haber recibido frecuentes inundaciones hasta hace pocos años, confirma el reducido aporte salino de las aguas del río.

Aguas subterráneas. Las aguas subterráneas que afectan directamente los suelos son las de la napa freática que, en esta región se encuentran entre 3,5 y 5 m de profundidad y cuya salinidad según los análisis es variable, pero suficiente para que por ascensión capilar las sales se puedan concentrar en distintas profundidades del perfil del suelo.

Sedimentos marinos: Los estudios de la geología del Valle (Aüer, 1951) indican que las incursiones marinas fueron de considerable importancia y dejaron una capa de sedimentos marinos desde la boca del río hasta San Javier, o sea 60 km desde la costa.

Estos sedimentos, ya cubiertos por sedimentos fluviales, interesan la napa freática y la contaminan con sales.

Las sales y las características físicas del suelo

Pudo observarse que los efectos de la presencia de sodio de cambio y de salinización sobre las características físicas de los suelos no guardan proporción con las altas concentraciones que se han registrado. Con pocas excepciones, los perfiles con valores elevados de sodio de cambio presentan buena estructura, consistencia y permeabilidad.

Las únicas series en que se manifiestan visiblemente diferencias de estructura, consistencia y porosidad son la serie García 03.2 y la serie Barda 05.3, en pocos de sus perfiles. Además, la baja permeabilidad de las series Cubanea 12.2 y Ya Verán 13.2 puede atribuirse en gran parte al sodio de cambio.

Puesto que las características físicas de la mayoría de los suelos no se hallan alteradas, se considera que su mejoramiento y recuperación serán relativamente fáciles. Un elemento que contribuye a la buena estructura y permeabilidad de los suelos es el efecto floculante de los iones de calcio presentes en ellos.

La existencia de cantidades de sales solubles en correlación con los porcentajes de sodio de cambio (mayor cantidad de sales solubles, mayor porcentaje de sodio de cambio), también coadyuva a contrarrestar el efecto defloculante del ión de sodio del complejo, por el efecto floculante de las sales de la solución del suelo.

Sin embargo, hay que tener presente que el efecto del agua, cuando se inicie el riego, puede producir un cambio de la estructura de los suelos y conferirles las propiedades de los suelos solonetz, a saber, pérdida de la estructura, aumento de la compactación en seco y de la impermeabilidad en húmedo. Será necesario aportarles materia orgánica a fin de evitar estos efectos.

Distribución de la salinidad y del sodio de cambio

Puede considerarse la salinidad y la alcalinidad en relación al perfil del suelo, las series, la erosión y la napa freática.

En relación al perfil del suelo se ha observado que, en general, existe una correlación directa aproximada, más o menos constante, entre profundidad, por una parte, y salinidad y porcentaje de sodio de cambio, por otra.

Tomando como límites para la clasificación de suelos de peligrosa salinidad y alcalinidad las cifras de 8 mmho/cm de conductividad y 15 por ciento de sodio de cambio, se comprobó que los horizontes de más de 8 mmho/cm acusaban también más del 15 por ciento de sodio de cambio y viceversa.

En el caso de suelos erosionados como, por ejemplo los de la serie Lomas 08.2, se manifiesta en el perfil una distribución inversa de los valores de conductividad y de sodio de cambio, o sea que, las mayores concentraciones se hallan en la parte superior y van disminuyendo a medida que aumenta la profundidad, manteniéndose válida en muchos casos la correlación entre sales solubles y sodio de cambio. Sin embargo, en las series Ya Verán 13.2 y Cubanea 12.2, se encuentran muchos perfiles alcalinos y no salinos en lugares erosionados.

La distribución de las sales, en cambio, es muy variable en relación a las series, y no se ha comprobado una clara correlación entre serie y salinidad. A pesar de esto, los suelos de la serie Juncal 06.1, inundados durante años, son los que acusan los más bajos valores de salinidad y sodio de cambio.

Un caso en donde la distribución de la salinidad es más o menos regular es el de la serie Lomas 08.2, que presenta en los horizontes superficiales valores máximos que disminuyen a medida que aumenta la profundidad. En otros casos, los valores se mantienen irregulares a través del perfil, pero con disminución de sales cuanto más se profundiza.

La correlación entre sales y relieve se verifica en los suelos de la serie Lomas 08.2, donde la concentración salina es mayor en los horizontes superficiales. Este fenómeno parece deberse al hecho de ser lomas erosionadas, sin protección vegetal, por lo que se forma una costra superficial, de poco espesor pero impermeable que dificulta la filtración del agua de lluvia. Más que el relieve, parece ser que la erosión es responsable por este fenómeno, al permitir que las sales ascendidas por capilaridad formen costras impidiendo que el agua llovida penetre en el suelo.

Por los cortes transversales efectuados en las lomas se pudo observar que el subsuelo está húmedo permanentemente, lo que hace suponer un movimiento ascendente de agua desde la napa freática y una consiguiente concentración de sales en los horizontes superiores. Este proceso, que varía según la cobertura herbácea del suelo, se manifiesta en forma igual en todas las series afectadas por la erosión.

En los suelos ubicados en bajos (planos o en depresión) con buena cobertura herbácea, las pérdidas por escurrimiento son casi nulas; estos parajes reciben además las aguas procedentes de sitios elevados con mala infiltración, aumentando así la cantidad total de agua que pasa a través del perfil transportando, consiguientemente, las sales hacia abajo.

Debido a las más diversas condiciones de topografía, drenaje, erosión y vegetación, los perfiles del suelo presentan una gran variación en la distribución de sales. Además, conviene tener presente que los valores de salinidad cambian según la oportunidad y época del año en que se extraen las muestras, en relación a lluvias y sequías ya que las sales pueden trasladarse hacia arriba o hacia abajo, según el movimiento del agua dentro del suelo.

Hay que tener en cuenta, además, que con el transcurrir de los años, el efecto de las sales sobre las parcelas sufre importantes transformaciones debido a numerosos factores como inundaciones, avenamientos, pastoreo, cultivo, etc. y es necesario ponderar todos estos elementos al apreciar los suelos respecto a salinidad y alcalinidad.

Características físicas de los suelos

Las determinaciones de las características físicas de los suelos que constan en las planillas de análisis agregadas al informe en el Apéndice 2 representan todo lo que se pudo lograr en condiciones de trabajo que a veces resultaron difíciles y que impidieron calcular la densidad aparente de algunos suelos y la infiltración de otros.

Métodos empleados

La densidad aparente se calculó por el método de los cilindros de acero, empleando cilindros con capacidad de 250 cc. Para la humedad equivalente y el coeficiente de marchitez, los métodos están descritos en conjunto con otras determinaciones de laboratorio en la Sección 2.

Los datos de infiltración se obtuvieron usando los cilindros concéntricos de 30 cm y 45 cm de diámetro, según el "Manual de Clasificación de Tierras" del Department of the Interior de los EE.UU., 1953.

Añádanse también los datos referentes a la profundidad alcanzada por la infiltración, o sea la profundidad hasta donde llegó la humedad. Este dato se correlacionó con la altura total agregada en el cilindro central.

Debido a que los ensayos de infiltración fueron realizados en dos épocas y por dos operadores distintos, la altura total de agua agregada en el cilindro central no fue la misma. Uno de los operadores sacó el agua al final del ensayo y el otro dejó el cilindro central con agua durante las 24 horas, hasta la observación del perfil mojado. Por eso se agregó en las planillas de datos analíticos una columna más (N° 52) referente al total de agua agregada correspondiente a la profundidad mojada.

Corresponde hacer algunas aclaraciones acerca de los valores de infiltración que constan en las planillas adjuntas:

La infiltración inicial corresponde a la del primer cuarto de hora; fué reducida a cm/h, multiplicando por 4.

Considérase infiltración constante la de la 5^{ta} hora. Este valor se puede considerar como muy próximo al de la permeabilidad.

El agua fué agregada a los cilindros hasta un nivel de 15 cm, a intervalos de 15' durante la primera hora, cada 30' durante la segunda hora y cada hora hasta llegar a la quinta hora.

Observaciones

La densidad aparente y la porosidad se encuentran por debajo de los límites elevados, considerados excesivos. Una densidad por encima de 1,5 en suelos arcillosos indica serios problemas para el riego.

Los valores más elevados son los de las series García y Crespo, pero su textura media no hace prever problemas.

Las infiltraciones más bajas son las de las series Cubanea, Ya Verán y Lomas, pero sus efectos deben atribuirse no sólo a los efectos nocivos del sodio, sino también al elevado porcentaje de limo.

El Salinity Laboratory de Riverdale, EE.UU. establece las siguientes clases de permeabilidad:

No satisfactorias a buenas	0,25 a 0,75 cm/h
Buenas	0,75 a 7,50 cm/h
Excesivas	+ 7,50 cm/h

Los suelos de mayor peligro son los de las series Ya Verán, Cubanea, San Javier, Vialidad y Lomas, posiblemente porque también contienen elevados valores de sodio, frecuentes en estas series. En la serie Lomas la permeabilidad es muy variable, dependiendo del contenido de yeso y calcoáreo en los horizontes superiores.

Los resultados de elevada o baja infiltración obtenidos a pocos metros de distancia entre sí, como se verificó algunas veces entre los tres cilindros, no deben generalizarse al total del área de la serie. Este fenómeno indica que la infiltración es irregular, como sucede con algunos datos referentes a las series Médanos y Juncal, con valores inferiores al 0.1 cm/h en un lugar y muy elevados en otros, y la serie Crespo con un valor de 13,5 cm/h bastante más elevado que el normal.

En algunos casos los valores de la porosidad no parecen corresponder a los valores encontrados para las texturas, lo que debe atribuirse a la influencia de la estructura. Suelos de textura media o fina presentan valores de porosidad más elevada que lo esperado.

Recuperación de los suelos

Aunque este aspecto cae fuera del ámbito de este estudio conviene tratarlo en términos generales debido a que, por la mayor o menor dificultad que ofrece, se relaciona a los criterios de la clasificación de los suelos.

Es muy importante notar que la mayoría de las series de elevada alcalinidad tienen buenas características físicas, excepción hecha de la serie Ya Verán y parte de las series San Javier y Cubanea, donde la permeabilidad acusa valores muy bajos. Por ello es de máxima importancia cuidar que se mantenga la estructura y permeabilidad durante la recuperación.

Para los suelos de la clase 4, el costo de rehabilitación puede parecer elevado si se pretende una recuperación inmediata y total del perfil, lo que exigirá grandes cantidades de enmiendas químicas y lavado. Sin embargo el rescate puede practicarse por etapas, empezando con los primeros 20 cm.

De esta forma, suelos de clase 4 pueden pasar a cultivarse con forrajeras, empleando primero plantas resistentes a sales y después leguminosas mejoradoras, hasta que pasen a clase 3. La recuperación puede ser económica si se utilizan métodos adecuados a las condiciones locales, y si se tiene presente que la estructura y permeabilidad pueden modificarse durante el lavado debido a la eliminación de las sales solubles.

Conviene recordar que el arado del terreno en suelos que presentan una concentración de calcio a una profundidad razonable de modo de traerlo a la superficie, los cultivos mejoradores escalonados de acuerdo a la resistencia a sales y álcalis y el empleo de productos químicos económicos, como el nitrato de calcio (Szabolcs, 1963) que es a la vez un abono nitrogenado, pueden tornar el factible rescate principalmente en los suelos de la clase 4, no muy impermeables y regularmente provistos de calcio, que ocupan áreas razonables dentro de otros de clase superior.

Las tierras de clase 5 necesitan, como ya se ha dicho, estudios de mayor detalle. (Ver Sección 6).

6. Otros Trabajos

Para completar el estudio de suelos se efectuaron simultáneamente las demás labores que a continuación se mencionan a título informativo.

Carta de salinidad y alcalinidad de la Primera Etapa (8 773 ha)

Actualmente se encuentra terminada la Subzona "A" de 1 800 ha, en escala 1:5 000.

En el área restante de la Primera Etapa se extrajeron muestras que se encuentran analizadas y aguardando la base cartográfica para la elaboración del mapa.

Las muestras fueron extraídas con pala de barreno a profundidades predeterminadas y constantes de 0-20 cm; 20-50 cm y 50-130 cm, con una densidad de perforaciones de 1 por 10 ha.

De acuerdo a la correlación entre salinidad y alcalinidad se establecieron 4 clases, teniendo en cuenta la profundidad a la cual empieza la salinidad peligrosa (más de 8 mmho) o alcalinidad peligrosa (más de 15 por ciento de sodio de cambio).

Las 4 clases se definen por las profundidades del perfil libres de sales desde la superficie, en la forma siguiente:

Clase A	--	libre hasta 130 cm o más
" B	--	" " 50 "
" C	--	" " 20 "
" D	--	a menos de 20 cm

Mapa de suelos de la Estación Experimental

Se han mapeado hasta la fecha cerca de 15 ha, en la escala 1:1 000.

Las observaciones se realizan a distancias de 50 cm y las muestras tomadas para determinar la salinidad y alcalinidad se extraen a las mismas profundidades (0-20-50-130 cm) que en la carta correspondiente. Está terminado el muestreo de aproximadamente 30 ha.

Carta detallada en 1:20 000 de las Etapas VI-A y VI-B

Estas dos Etapas fueron cartografiadas y dibujadas en escala 1:10 000, pero se suspendió su publicación por haber dejado de interesar a IDEVI, a solicitud de quien fue elaborada.

11 1398

Parte 3

ESTUDIOS AGROCLIMATOLÓGICOS

Capítulo 5

AGROCLIMATOLOGIA

1. Radiación, Insolación (heliofanía) y Nubosidad

Radiación solar

En muy pocas estaciones meteorológicas del país se realizan observaciones de radiación solar; sin embargo, este elemento tiene mucha importancia en relación con la producción agropecuaria, como lo indican los siguientes párrafos de Juárez, G.A. y Ruggiero, R.A. (1966):

"La luz, como el calor, reconocen en su origen una misma forma de energía: la energía radiante, diferenciándose por su distinta longitud de onda. La energía lumínica y la calórica son las determinantes principales de los procesos biológicos y aún de los físicos.

La proporción en que se encuentran presentes estas dos formas de energía en las distintas regiones del mundo contribuye, con los factores orográficos, a diferenciar los distintos climas. Como puede apreciarse, el concepto de radiación involucra tanto el aspecto lumínico como el térmico, de ahí que su determinación sea de un valor incalculable, a pesar de que su empleo a los fines de la investigación y aplicación práctica, en el país, no haya sido aún muy difundido.

Las observaciones de radiación constituyen una condición necesaria para la mayor parte de las investigaciones o procesos de producción agropecuaria, pues la producción de masa vegetal depende fundamentalmente de la misma y, en segundo término, de la temperatura.

Es comprensible entonces, que en toda investigación agrometeorológica sea necesario disponer de los valores de ambos parámetros. Hasta el presente, la mayor información disponible es la referente a temperatura, haciendo falta incrementar la correspondiente a radiación.

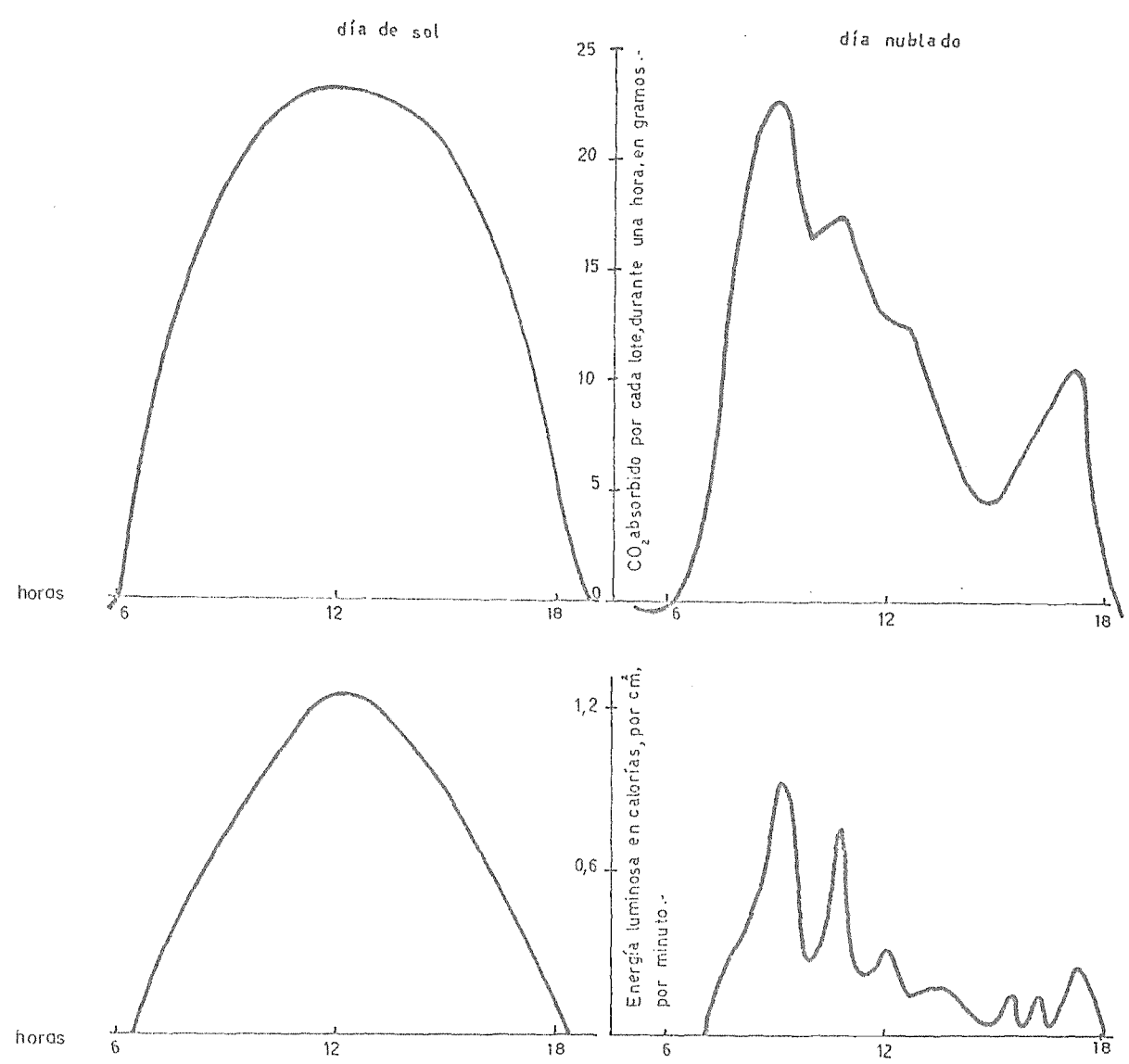
Respecto a ello es necesario destacar la necesidad de contar con datos diarios y en lo posible, horarios."

Con el fin de objetivar y señalar las principales relaciones entre radiación solar, temperatura y fotosíntesis se agregan los Gráficos 2 y 3. En el Gráfico 2, se puede apreciar cómo se desarrolla el proceso de fotosíntesis en un día claro y en uno con nubosidad intermitente y cómo dicho proceso sigue las curvas de la energía luminosa disponible en ambos casos. En el Gráfico 3 se aprecia la relación entre luz y temperatura como factores de crecimiento. Se destaca que a bajas intensidades luminosas la temperatura no determina o no afecta el valor de la fotosíntesis. No ocurre lo mismo cuando la intensidad luminosa es alta; en este caso, un aumento de temperatura produce una intensificación de la fotosíntesis, es decir, aumenta la velocidad de crecimiento.

Observaciones realizadas

En la Estación Experimental se instaló en enero de 1965, un actinógrafo tipo "ROBITZSCH" con el que hemos obtenido los valores diarios de radiación solar incidente (directa y difusa), sobre una superficie horizontal, expresada en cal/cm²/día. De esta manera se ha podido completar un año de observaciones y calcular la radiación diaria media recibida en cada mes de ese año. Naturalmente, la información registrada no permite determinar los valores normales para el lugar.

VARIACION DIURNA DE LA FOTOSINTESIS (EN ALFALFA) CON RELACION A LA INTENSIDAD LUMINOSA Gráfico 2

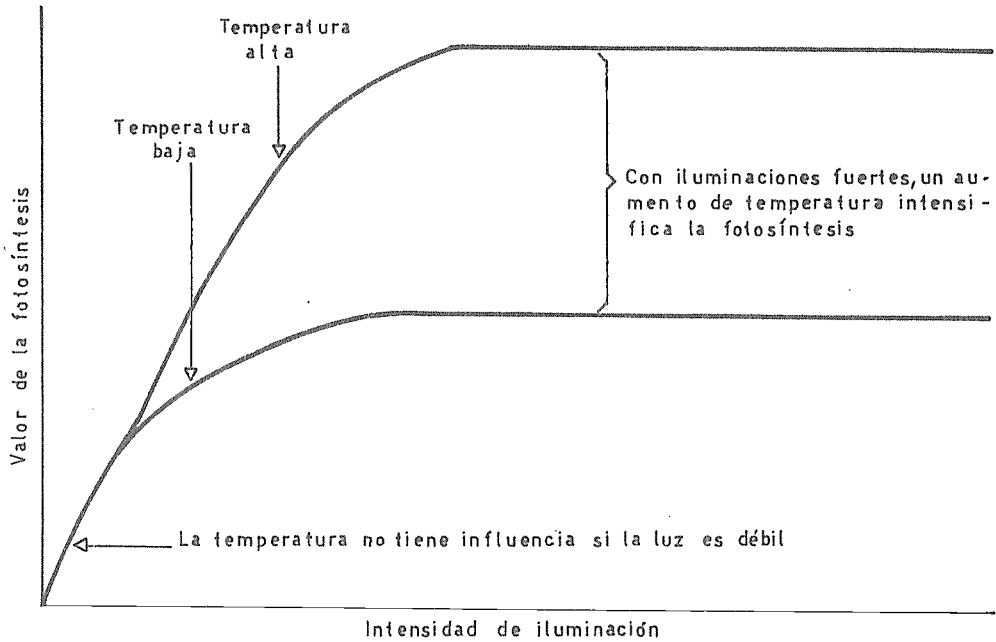


Las curvas de la parte superior registran la intensidad de la fotosíntesis durante el transcurso de un día claro y de un día de nubosidad intermitente. Las de la parte inferior representan la energía luminosa total que incide sobre una superficie horizontal durante los mismos periodos.

(Según Thomas y Hill: Plant Physiol, 12, 1937, pag 300)

Tomado de Bonnes y Galston: Princ. Fisiol. Vegetal, Madrid, 1955.

VALOR DE LA FOTOSÍNTESIS / INTENSIDAD LUMINOSA



Bajo débiles intensidades luminosas (caso en que la luz es el factor limitante), el valor de la fotosíntesis es independiente de la temperatura. Bajo fuertes iluminaciones (caso en que el factor limitante es el CO_2), dicho valor aumenta al subir la temperatura.

(Inspirado en Manning: J. Phys Chem, 42, 1938, pág. 822)

Tomado de Bonner y Galston: Princ. Fisiol. vegetal, Madrid, 1955.

También para el mismo período, se computaron los valores de radiación directa, difusa y reflejada recibida sobre una superficie esférica, mediante un piranómetro tipo "BELLANI". No se tienen en cuenta aquí los valores obtenidos dado que este instrumento es de reciente perfeccionamiento y, por otra parte, no se conocen registros tabulados pertenecientes al mismo en el país.

Análisis y comparación con otras regiones

No se dispuso de los valores normales de radiación de otros puntos del país, con los que se pudiera intentar un análisis comparativo, contándose sólo con los datos correspondientes a Villa Ortíz (Buenos Aires) y Pilar (Córdoba) para el año 1939. Las consideraciones siguientes se refieren a Villa Ortíz y a la Estación Experimental. En el Gráfico 4 se han representado en forma de barras los valores diarios medios mensuales de radiación obtenidos en la Estación Experimental desde febrero de 1965 a enero de 1966 y los registros de Villa Ortíz en el año 1939; además están representados los valores diarios medios mensuales teóricos de radiación solar que puede llegar a una superficie horizontal en las latitudes de 40° S y 35° S correspondiendo éstas aproximadamente a la ubicación de la Estación Experimental y de Villa Ortíz.

La radiación solar registrada sobre una superficie horizontal en la Estación Experimental durante el período mencionado más arriba está expresada en el Gráfico 5 en términos de calorías por cm^2 por día. En la ilustración siguiente, Gráfico 6, se señala la duración del día astronómico y del día civil (o sea, día astronómico más crepúsculos matutino y vespertino) a través del año, a los 40° de latitud sur, con lo que se puede obtener la longitud del fotoperíodo medio diario para cada mes. La latitud y la duración del día determinan la radiación solar que teóricamente puede recibir una superficie horizontal en un lugar y momento dado. Los factores que modifican esta posibilidad son principalmente de origen meteorológico, tales como la nubosidad y la turbidez atmosférica.

Con el objeto de establecer hasta que punto la nubosidad ocurrida en el Valle de Viedma interfirió en la llegada de los rayos solares hasta el suelo, se la ha vinculado con la radiación registrada; ambos elementos corresponden a las observaciones realizadas desde el 1^o de febrero de 1965 hasta el 31 de enero de 1966.

A pesar de no ser completos, los registros de nubosidad han permitido calcular los valores medios mensuales para el período considerado. Tanto los valores de radiación como los de nubosidad se convierten en porcentajes mensuales en relación con los máximos posibles. Se han tratado ambas series con el método de correlación, obteniendo un valor de $r = -0,86$, vale decir, una correlación inversa que se considera alta y que conduce a inferir, en principio, que los porcentajes de radiación dependieron principalmente de los porcentajes de nubosidad ocurridos.

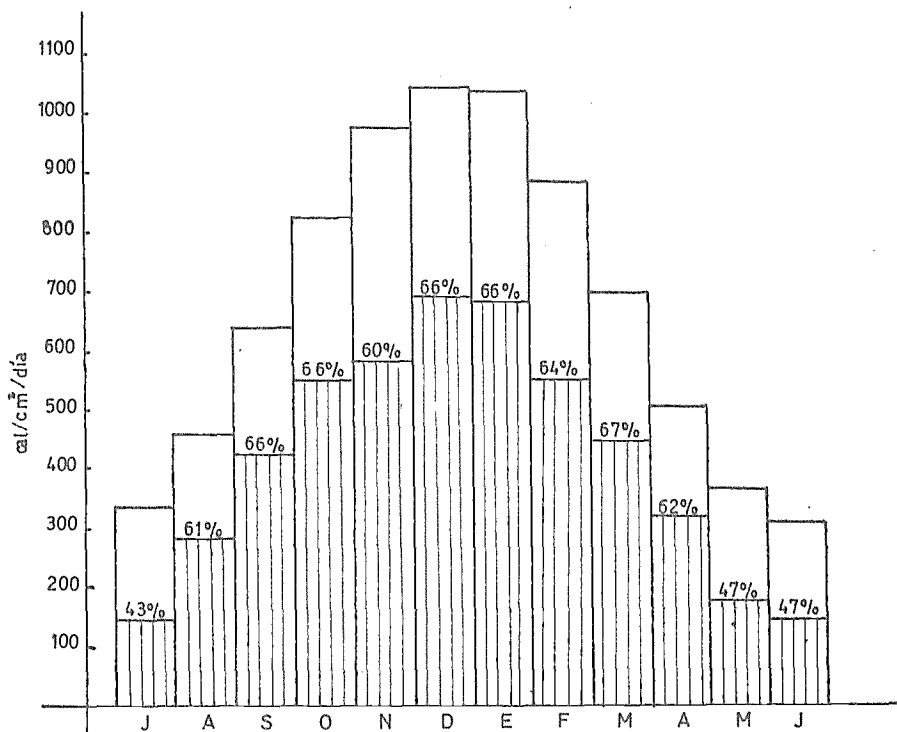
Como la nubosidad registrada en la Estación Experimental en 1965 no se aleja mucho de los valores normales, se puede considerar que la región del Valle de Viedma recibe normalmente un alto porcentaje de la energía radiante posible. Es de hacer notar que los más bajos porcentajes de radiación registrados se ubican en los meses de mayo, junio y julio en 1965; sin embargo, las curvas de nubosidad normal de la región indican que también agosto y septiembre son meses en que se deben esperar porcentajes bajos de radiación solar.

Importancia agrícola y conclusiones

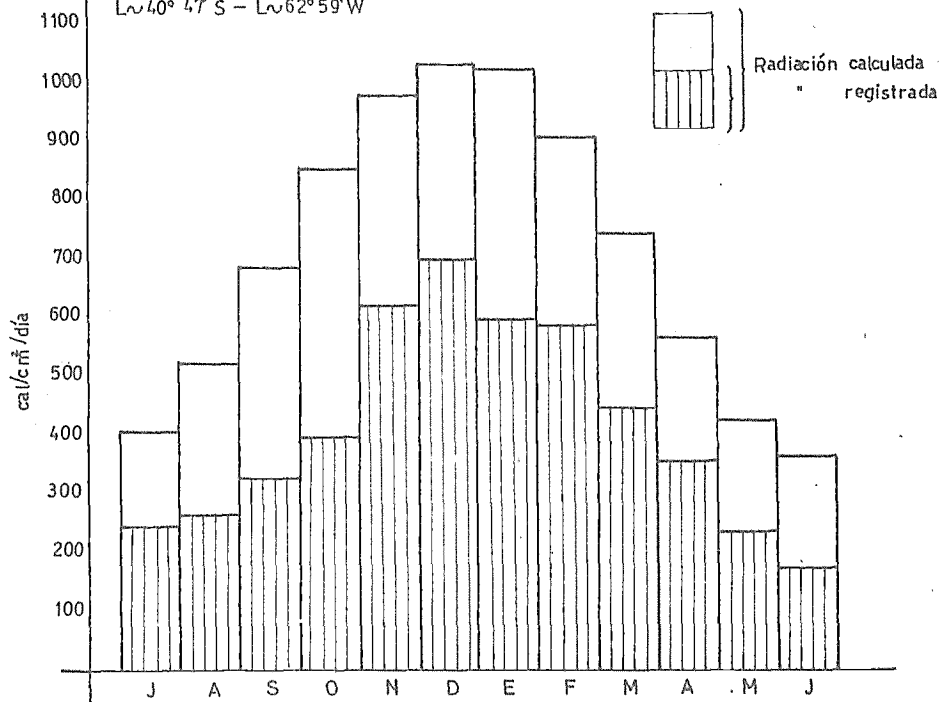
Huelga señalar la estrecha relación que existe entre la energía solar y la vida vegetal. Los procesos de fotosíntesis, la coloración y maduración adecuada de muchos frutos están vinculados con las disponibilidades de energía radiante. Los fenómenos de evaporación y evapotranspiración de agua, en esencia, dependen de la energía solar. El balance de radiación de un lugar también se vincula con el régimen de heladas. El calentamiento del suelo, y por consiguiente del aire adyacente, se produce por la energía recibida, lo que tiene gran importancia para la germinación de semillas, el desarrollo radicular y la actividad físico-química y biológica del suelo.

Gráfico 4

COMPARACION ENTRE RADIACION CALCULADA Y RADIACION REGISTRADA



Estación Experimental - Registro -1-febrero-1965 a 31-enero-1966
L. 40° 47' S - L. 62° 59' W



Villa Ortuzar Registro año 1939
L. 34° 35' S L. 58° 29' W.

Gráfico 5

RADIACION SOLAR REGISTRADA SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL

Estación Experimental $\sim 40^{\circ}47' \text{ L.S.}$
Período I-II-1965 a 31-I-1966

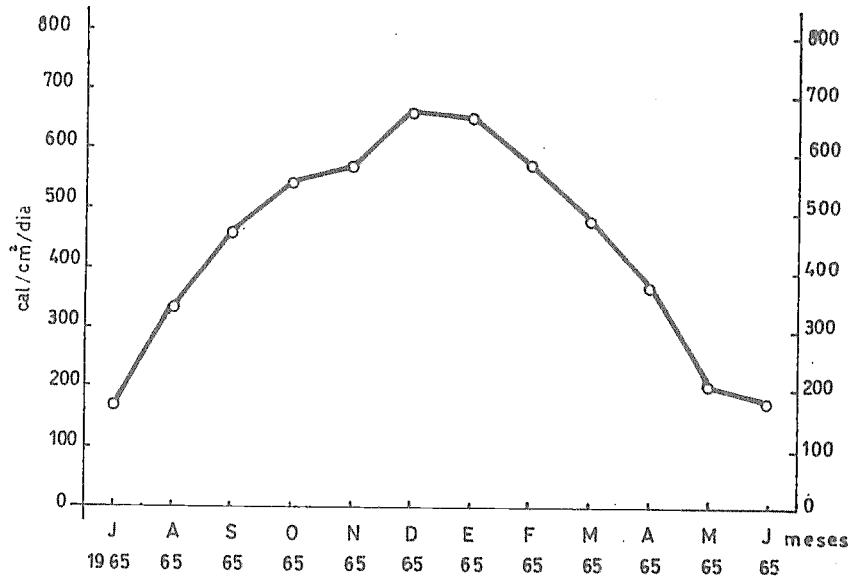
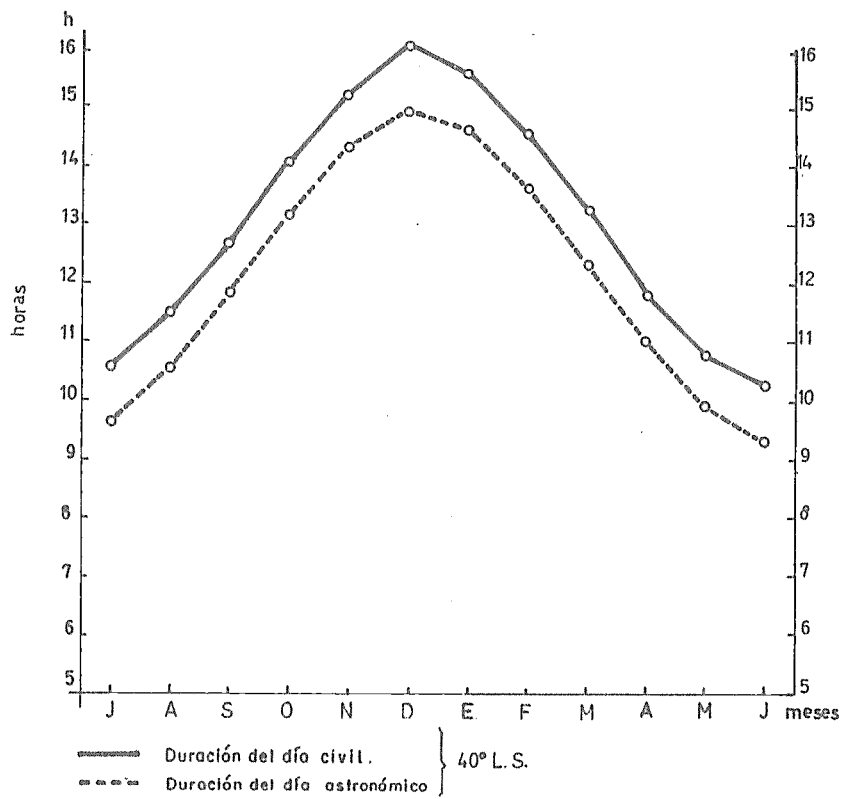


Gráfico 6

DURACION DEL DIA CIVIL Y DEL DIA ASTRONÓMICO



Puede concluirse diciendo que la radiación efectiva que recibe la región del Valle de Viedma es muy adecuada y que, en general, los cultivos no presentarán problemas en ese sentido, apreciación que podemos incluso hacer extensiva a la producción animal. Pero ha de señalarse que la distribución de la energía solar recibida a lo largo del año presenta una disminución de los porcentajes en relación con las posibles en los meses invernales, y que esta particularidad hará que el crecimiento de las plantas que vegetan en la estación fría sea relativamente lento.

Insolación (Heliofanía)

Observaciones realizadas

En la Estación Experimental del Proyecto se instaló un heliofanógrafo Campbell-Stokes; la falta de personal permanente que atendiese la Estación Agrometeorológica impidió obtener registros completos del heliofanógrafo, por lo cual no se han realizado los cómputos de heliofanía efectiva y relativa. Obvióse esta dificultad tomando los valores correspondientes a Patagones.

Análisis y comparación con otras regiones

En el Gráfico 7, donde se han ordenado 50 localidades de todo el mundo con los valores anuales de horas de sol efectivas, se puede apreciar que Patagones (Valle de Viedma) goza de un alto número anual de horas de insolación, ocupando el lugar 13 del ordenamiento realizado en sentido decreciente de las 50 localidades. En el mismo gráfico se encuentran señaladas 22 localidades argentinas. Es dable observar que la mayor parte de la República Argentina tiene alta insolación, que sólo disminuye muy al sur del país.

En el Cuadro 13 se consignan detalles de la ubicación geográfica de los lugares considerados, de las sumas mensuales y anuales de las horas de sol efectivas, y el porcentaje en relación con las posibles.

En el Gráfico 8 se ha registrado la distribución mensual de los porcentajes de horas de sol en relación con las posibles de cuatro localidades: Patagones (Argentina), Cipolletti (Argentina), Roma (Italia), Nueva York (EE.UU.); éstas se encuentran ubicadas en latitudes aproximadamente similares de manera que la posibilidad de insolación es semejante. Patagones y Cipolletti tienen los mayores porcentajes en la estación primavera-estival; Roma también, pero durante menos meses; en cambio, Nueva York tiene porcentajes moderados todo el año. En Roma el invierno acusa mucha nubosidad, notablemente más alta que en Patagones y Cipolletti. Sin embargo, estas dos últimas localidades también en invierno registran los menores porcentajes de insolación.

En los Gráficos 9 y 10 se trazan los porcentajes de insolación de cuatro localidades argentinas: Patagones, Cipolletti, Mendoza y Buenos Aires. Mendoza tiene un régimen distinto de las otras tres localidades, manifiesta un alto porcentaje a fines de invierno, que disminuye en primavera-verano, pero que se mantiene durante todo el año con valores altos. En cambio, Patagones, Cipolletti y Buenos Aires señalan un descenso de los porcentajes en invierno y un aumento notable en verano.

Importancia agrícola y conclusiones

La insolación también es un elemento importante para la agricultura: la fotosíntesis, la coloración y la maduración de frutos y otros procesos fotoquímicos están ligados a una buena iluminación.

Del análisis realizado se desprende que la región del Valle de Viedma goza de una insolación que se encuentra entre las más altas del mundo. Como característica saliente conviene destacar que los mayores porcentajes de insolación corresponden a

HORAS DE SOL POR AÑO EN DISTINTAS LOCALIDADES

Gráfico 7

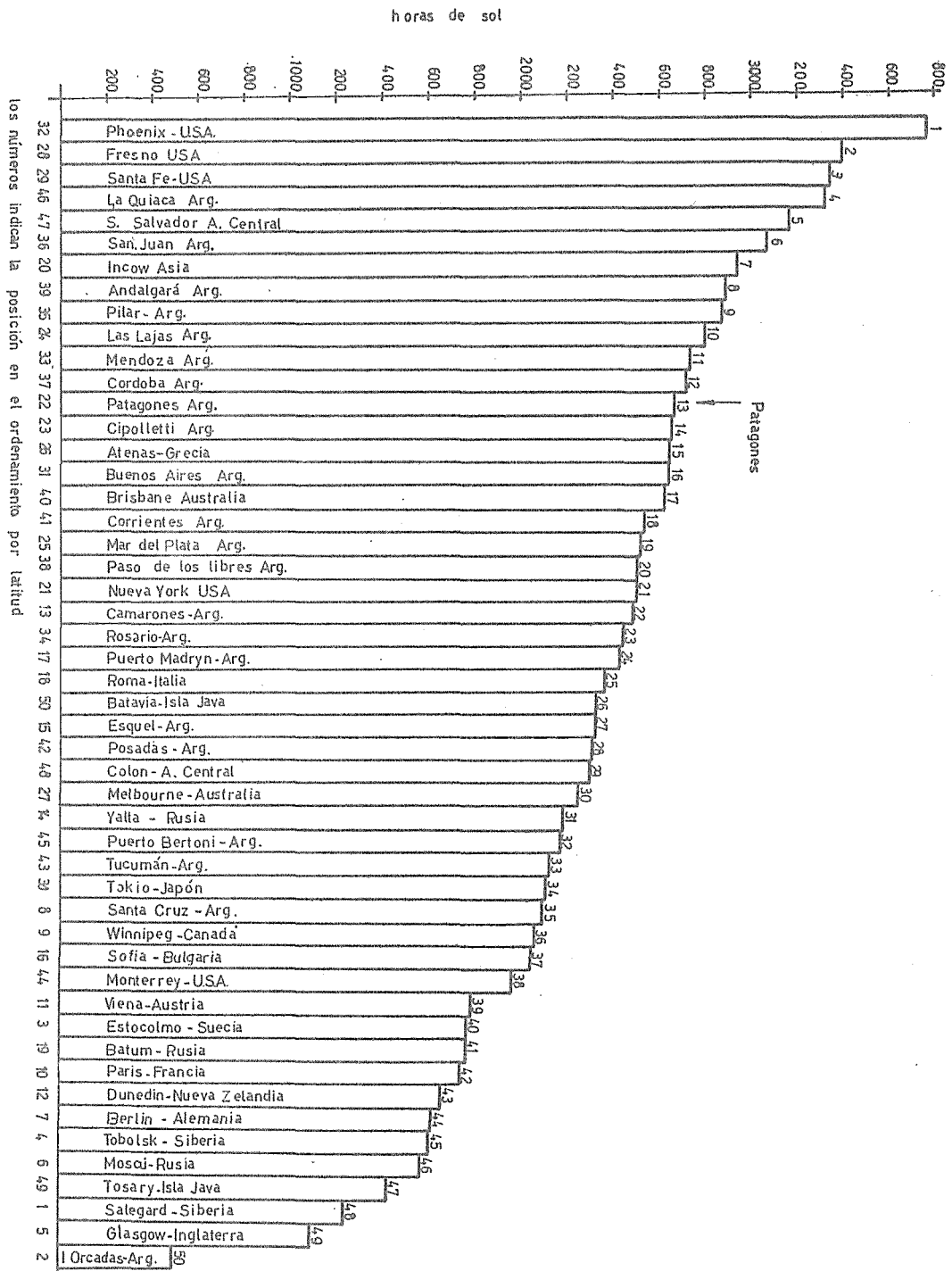
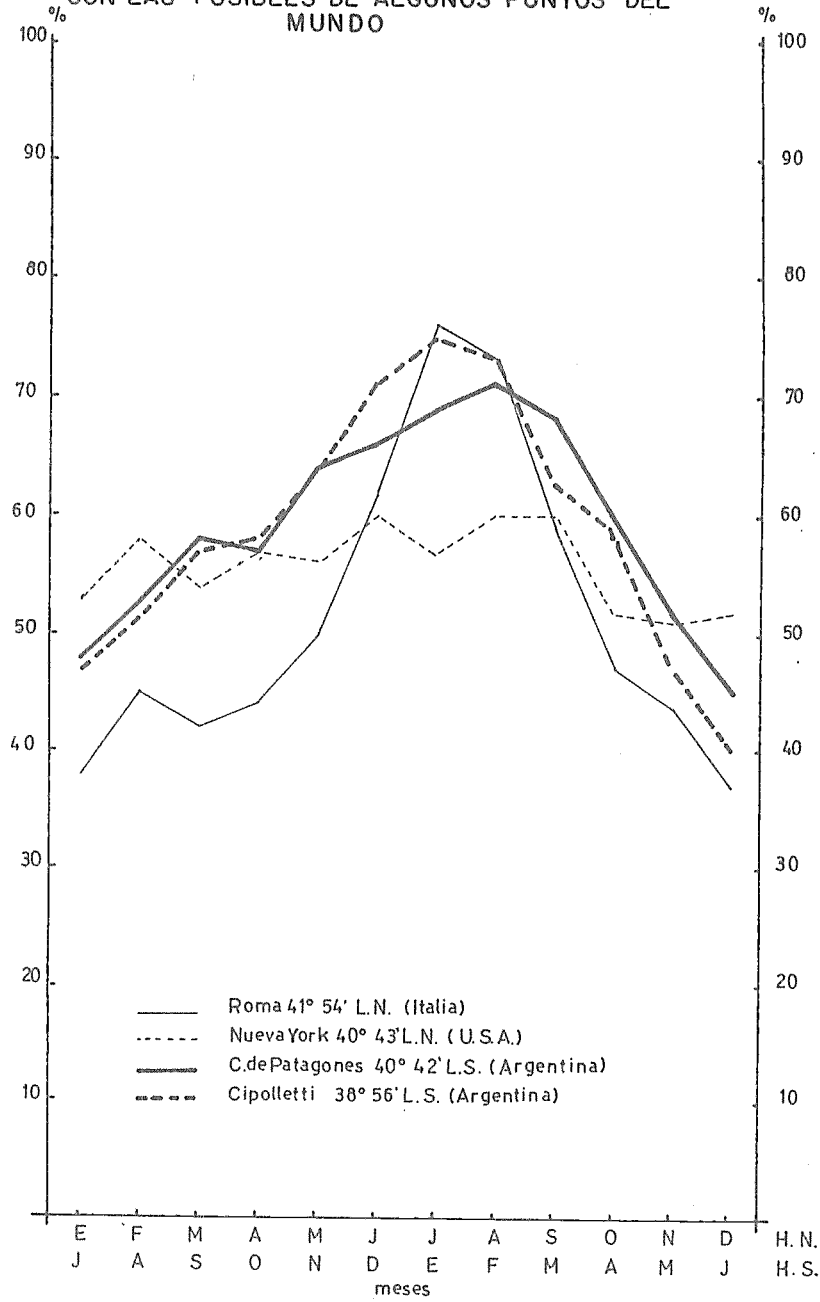


Gráfico 8

PORCENTAJES MENSUALES DE HORAS DE SOL EN RELACION
CON LAS POSIBLES DE ALGUNOS PUNTOS DEL
MUNDO



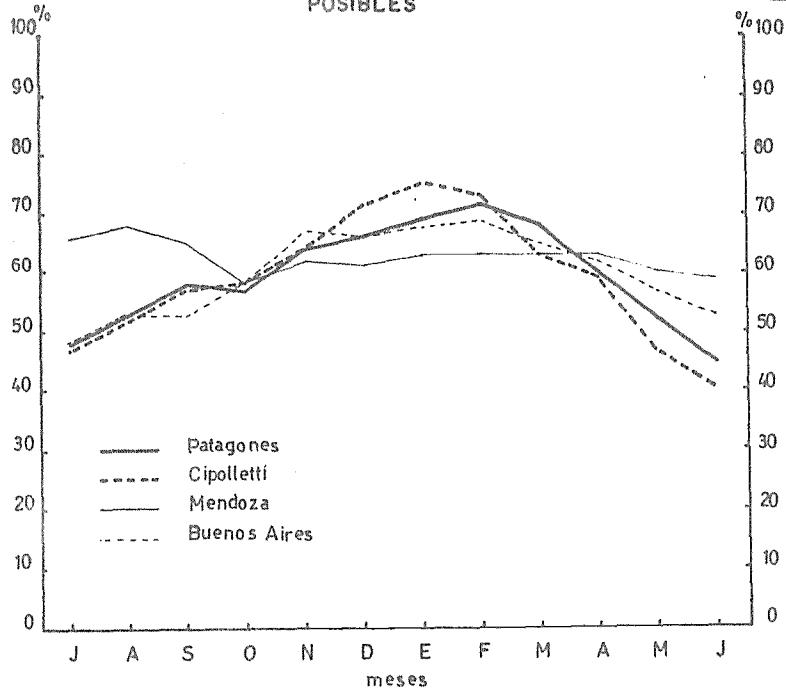
Porcentajes mensuales de horas de sol en relación con las posibles de algunos puntos del mundo que se ubican en latitudes cercanas a la de C.de Patagones y Cipolletti.-

Cuadro 13

SUMAS MENSUALES Y ANUALES DE LAS HORAS DE SOL EFECTIVAS Y PORCENTAJE DE LOS TOTALES EN HORAS DE SOL

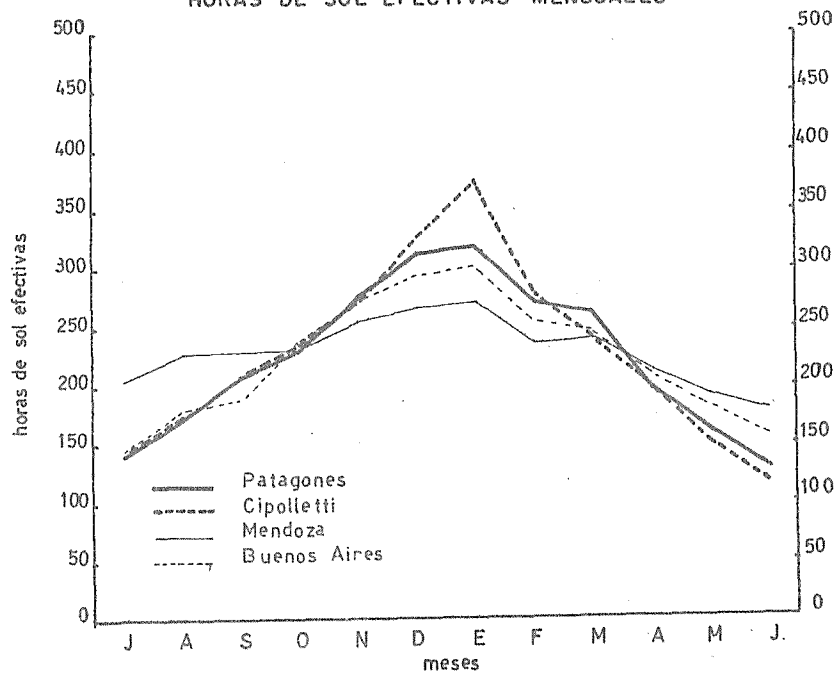
ESTACIONES	LAT	LONG	Altura s/n metros	M												D (H) J (HS)	AÑO
				J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N			
Salogard (Siberia)	56°31'N	66°35'E	26	1 4	32 20	116 44	167 46	182 39	210 47	234 50	166 40	69 23	48 21	13 11	0	1238 29	
Isla Orcadas (Arg)	50°44'S	44°39'W	7	18 12	47 21	68 23	73 23	56 13	63 10	46 10	34 11	25 13	17 10	10 16	490 14		
Estocolmo (Suecia)	59°21'N	18°04'E	44	39 19	64 25	126 35	101 44	269 51	282 51	280 51	215 45	161 42	89 28	36 16	21 11	1773 39	
Tobolsk (Siberia)	58°12'N	68°14'E	108	33 18	96 44	160 51	176 48	249 52	247 52	241 52	194 46	130 40	65 25	35 18	11 8	1607 38	
Blaugow (Inglaterra)	55°53'N	4°18'W	54	22 9	44 26	85 23	127 30	161 32	163 31	146 28	129 28	100 26	60 20	28 11	15 7	1086 24	
Moscu (Rusia)	55°50'N	37°33'E	165	32 14	55 22	105 31	166 42	243 52	247 50	251 52	210 48	133 38	84 26	29 12	19 10	1574 33	
Berlín (Alemania)	52°53'N	13°21'E	35	40 16	61 22	104 28	168 40	238 47	247 49	231 45	213 47	142 38	90 29	34 19	14 36	1614 36	
Sa. Cruz (Argentina)	50°01'S	68°33'W	13	112 42	148 48	156 45	208 49	230 48	232 46	250 51	215 54	191 46	148 37	116 42	99 41	2095 47	
Winnipeg (Canadá)	49°51'N	97°07'W	232	91 36	135 49	164 46	203 50	229 48	247 40	289 59	244 55	185 50	139 43	76 30	59 25	2061 47	
Paris (Francia)	48°49'N	2°29'E	50	58 21	87 31	133 36	164 39	229 49	227 47	242 50	223 50	157 42	108 33	64 23	51 20	1743 37	
Viena (Austria)	48°15'N	16°21'E	202	62 23	78 25	125 34	175 42	223 47	238 50	265 55	242 54	153 41	119 36	66 24	46 17	1782 40	
Dunedin (N. Zelanda)	45°52'S	170°31'E	152	188 67	157 55	145 40	121 30	104 33	89 19	98 21	122 30	144 46	157 58	165 64	170 64	1660 35	
Camarones (Argentina)	44°44'S	65°40'W	139	117 41	146 45	202 57	257 62	245 56	296 62	303 65	255 65	246 64	179 55	128 43	117 45	2492 55	
Yalta (Rusia)	44°30'N	34°11'W	4	90 34	90 34	118 46	189 56	248 67	270 73	326 82	316 85	222 70	186 64	90 35	65 31	2190 49	
Baquel (Argentina)	42°53'S	71°21'W	576	108 37	134 43	187 53	246 60	256 59	278 59	306 64	247 64	237 57	157 46	109 36	78 27	2324 51	
Sofía (Bulgaria)	42°42'N	23°20'E	550	67 23	82 28	131 35	179 44	227 50	264 58	313 67	289 66	206 55	140 44	85 29	52 18	2049 43	
Pto. Madryn (Argent)	42°17'S	65°02'W	8	134 46	149 47	194 55	234 57	255 58	273 58	289 62	251 65	234 61	170 52	137 45	118 43	2438 54	
Roma (Italia)	41°54'N	12°28'E	50	114 38	135 45	158 42	176 44	225 50	279 62	348 76	311 73	239 59	162 47	131 44	107 37	2362 53	
Fatum (Rusia)	41°40'N	43°38'E	3	70 24	96 33	117 33	136 34	182 41	191 42	210 47	202 48	157 55	116 43	73 26	1772 40		
Incoo (Asia)	40°57'N	121°27'E	5	206 69	216 72	254 69	268 67	285 64	288 64	264 58	271 64	258 69	195 71	197 66	2943 87		
Nueva York (USA)	40°43'N	74°00'W	41	158 53	173 58	202 54	230 57	252 56	271 60	260 57	225 60	150 60	150 52	151 51	2520 56		
Patagones (Argentina)	40°42'S	62°57'W	34	141 48	173 53	207 58	232 57	276 64	309 65	316 69	271 71	261 68	198 54	159 45	126 45	2669 59	
Cápolletti (Argent)	38°56'S	67°59'W	268	141 47	172 52	204 57	237 58	273 64	325 71	372 75	279 73	240 63	196 49	148 40	134 40	2661 60	
Las Lajas (Argentina)	38°32'S	70°22'W	713	162 54	194 59	205 58	255 63	283 66	333 72	330 73	284 75	254 66	220 48	152 47	133 47	2804 62	
Mar del Plata (Arg)	38°00'S	57°31'W	25	140 46	191 58	172 48	236 53	258 61	294 64	301 67	253 67	240 63	199 50	156 38	108 38	2527 56	
Atenas (Grecia)	37°58'N	23°44'E	107	149 49	156 50	190 52	245 55	232 53	292 66	364 81	340 73	272 61	210 43	129 37	108 37	2655 60	
Melbourne (Australia)	37°50'S	44°59'E	30	265 87	249 81	207 56	162 37	130 30	111 23	107 24	155 37	172 46	206 59	242 80	254 87	2254 53	
Fresno (USA)	36°43'N	119°49'W	90	70 24	181 60	241 64	324 82	370 86	404 92	429 96	400 95	336 90	290 81	191 53	161 53	3397 70	
Santa Fe (USA)	35°41'N	105°57'W	2146	221 74	224 73	278 75	306 78	312 76	344 79	381 69	402 72	381 76	283 60	239 78	228 76	3352 76	
Tokio (Japón)	35°41'N	139°45'E	6	190 61	168 55	187 50	187 48	198 46	153 35	195 44	209 50	139 38	141 55	168 61	184 61	2119 49	
Buenos A. (Argent)	34°35'S	58°29'W	25	146 48	179 53	199 53	234 58	273 67	294 66	300 68	255 69	246 65	207 57	180 53	153 53	2655 60	
Phoenix (USA)	33°28'N	112°00'W	338	234 75	262 78	296 81	344 87	389 92	405 93	354 82	342 84	236 79	208 62	266 83	230 76	3766 84	
Mendoza (Argentina)	32°53'S	68°49'W	755	205 66	229 66	229 65	230 58	253 62	266 61	270 63	235 63	239 63	211 60	190 60	177 59	2734 63	
Rosario (Argentina)	32°52'S	60°43'W	27	137 43	167 49	199 56	226 56	240 58	257 58	275 63	231 62	224 61	182 47	142 47	242 47	2442 55	
Filar (Argentina)	31°40'S	63°53'W	339	195 61	226 67	232 65	244 61	288 70	302 69	293 68	252 64	241 62	209 49	204 63	191 63	2678 65	
San Juan (Argentina)	31°32'S	68°33'W	663	215 68	243 71	242 68	279 70	314 76	313 72	291 67	258 70	258 68	250 69	225 62	190 62	3077 70	
Córdoba (Argentina)	31°25'S	64°12'W	423	170 58	183 65	218 64	228 61	239 66	267 64	278 65	237 64	233 62	201 59	150 57	170 62	2724 62	
Paseo de los Eibros (Argentina)	29°42'S	57°07'W	71	170 53	202 59	184 58	233 58	246 60	235 54	255 59	234 57	237 59	202 57	186 57	155 47	2518 56	
Andalgaldá (Argentina)	27°37'S	86°19'W	1072	205 62	223 64	254 70	275 70	273 67	264 62	291 69	234 64	248 65	223 65	230 69	176 55	2897 65	
Brisbane (Australia)	27°28'S	153°02'E	42	220 69	208 66	205 55	209 54	201 50	176 44	206 49	232 52	236 64	256 75	244 75	238 74	2631 63	
Corrientes (Argent)	27°28'S	58°49'W	59	161 49	201 54	196 54	222 56	270 67	257 60	268 63	232 58	221 58	201 59	190 57	145 46	2543 57	
Posadas (Argentina)	27°22'S	55°54'W	120	151 46	161 46	162 45	214 54	231 57	232 54	235 59	215 61	234 53	180 51	170 41	130 52	2336 52	
Asunción (Argentina)	26°50'S	69°12'W	443	171 52	196 56	173 55	177 45	202 50	212 50	204 48	160 44	197 43	146 43	167 50	148 47	2137 48	
Monterrey (USA)	25°40'N	100°10'W	528	141 43	137 43	143 39	156 41	172 42	204 50	242 57	215 53	161 43	154 43	126 37	117 36	1963 44	
Pto. Bortoni (Argent)	25°36'S	54°36'W	157	144 44	194 56	182 51	192 49	153 38	208 49	191 45	218 60	226 59	184 49	166 39	126 49	2185 49	
La Quiaca (Argentina)	22°06'S	65°36'W	3462	292 86	309 88	302 84	306 78	287 73	278 67	235 57	213 61	249 65	282 81	300 87	276 85	3332 76	
San Salvador (Amér. Central)	13°44'N	89°09'W	640	322 91	288 88	298 84	255 69	239 60	198 51	254 64	273 62	225 60	239 61	276 81	307 88	3176 70	
Colón (Amér. Central)	9°22'N	79°55'W	50	248 68	235 71	273 63	228 44	170 39	147 38	149 38	164 47	171 43	161 42	147 42	211 39	2300 52	

PORCENTAJES DE HORAS DE SOL EN RELACION CON LAS POSIBLES Gráfico 9



HORAS DE SOL EFECTIVAS MENSUALES

Gráfico 10



la estación primaveral-estival y los menores a la estación otoñal-invernal, lo que produce una situación ventajosa para los cultivos cuyo crecimiento y desarrollo se verifican en la estación caliente, y de desventaja para los cultivos invernales.

Nubosidad

Observaciones realizadas

Las observaciones de nubosidad se llevaron a cabo en forma simple. Se utilizó la escala de 0 a 8 y se registró el estado de cobertura general del cielo, sin discriminar los tipos de nubes, con observaciones realizadas dos veces por día. El cómputo de los valores mensuales corresponde al año 1965.

Análisis y comparación con otras regiones

Los valores de nubosidad media mensual sobre Patagones en las décadas 1941/50, 1951/60, y sobre el Valle de Viedma en 1965, están consignados en el Gráfico 11, según el cual se observa que la nubosidad computada en 1965 supera en algunos meses invernales los promedios decádicos mencionados, y que en la primavera los valores son notablemente más bajos que dichos promedios. Esta marcha de la nubosidad en 1965 se correlaciona estrechamente en sentido inverso con los porcentajes de radiación solar observados en el mismo período. Sin embargo, el valor anual de nubosidad obtenido se aproxima a los valores considerados normales para la región.

En el Gráfico 12 se comparan los valores de nubosidad media mensual de 50 años para Patagones, Cipolletti, Mendoza y Buenos Aires.

En general, Patagones registra valores mensuales algo menores que los de Buenos Aires. Cipolletti tiene una nubosidad más baja que Patagones en verano, pero más alta en invierno. Mendoza se destaca por sus valores bajos a lo largo de todo el año, que son menores que los de Patagones en todos los meses. Sin embargo, Patagones goza de más horas anuales de sol que Mendoza, debido a la diferencia de latitud (Mapa 6).

Las características de la nubosidad del Valle de Viedma son las que corresponden a una extensa región del litoral atlántico argentino, a saber, máximos valores en los meses invernales y mínimos en los meses de verano.

Importancia agrícola y conclusiones

En general no se consideran las nubes como factor que tenga efectos directos sobre los cultivos, pero en forma indirecta se puede decir que a mayor nubosidad corresponderá un menor aprovechamiento de la luz solar por los vegetales.

En otro sentido, en la región del Valle de Viedma, los estados nubosos nocturnos, especialmente en primavera, actuarán beneficiosamente al evitar descensos térmicos hasta límites peligrosos para muchos cultivos. En efecto, las nubes se comportan como capa protectora de la irradiación del suelo.

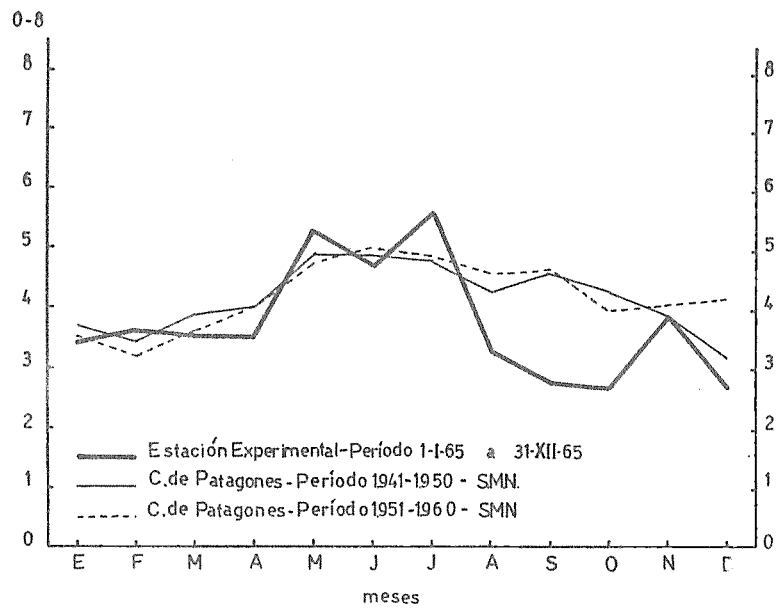
Desde el punto de vista agrícola, se estima que la nubosidad de la región en primavera y verano es moderada y favorece una gran disponibilidad de luz solar. En invierno, en cambio, a la corta duración del día se suma una mayor cobertura del cielo, de manera que los vegetales que prosperan en la estación fría acusarán bajos índices de crecimiento. Debe considerarse que la menor insolación propia de las latitudes y estación, disminuida por los estados nubosos, hará que la energía luminosa sea realmente escasa para calentar el suelo y el aire, y además disminuirá la eficiencia fotosintética.

2. Régimen Térmico

La temperatura del aire es uno de los elementos principales que se utilizan para la caracterización climática de pequeñas o grandes regiones, debido a la importancia que tiene para la agricultura. Así, las amplitudes diarias y anuales determinan, junto con otros elementos del clima, si el ambiente es adecuado o no para el nacimiento, crecimiento y desarrollo de gran cantidad de especies vegetales útiles al hombre.

Gráfico 11

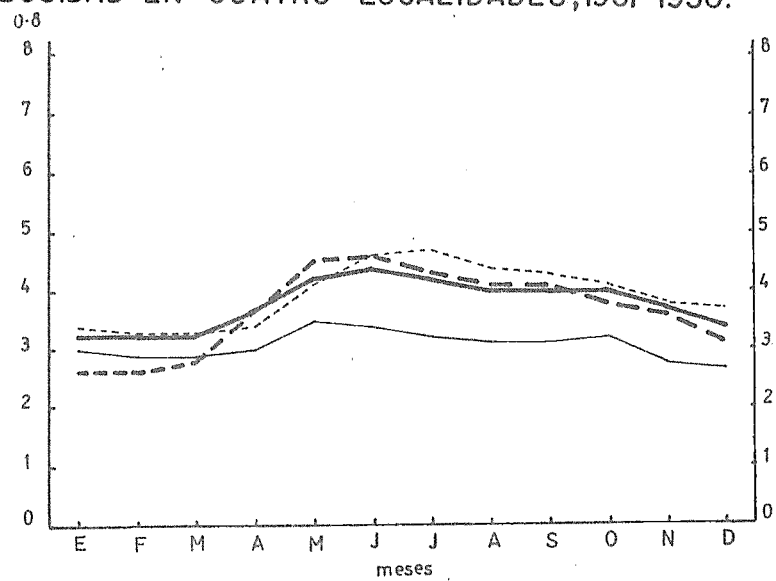
NUBOSIDAD EN TRES LOCALIDADES, DISTINTOS PERIODOS



Nubosidad expresada en escala de 0-8

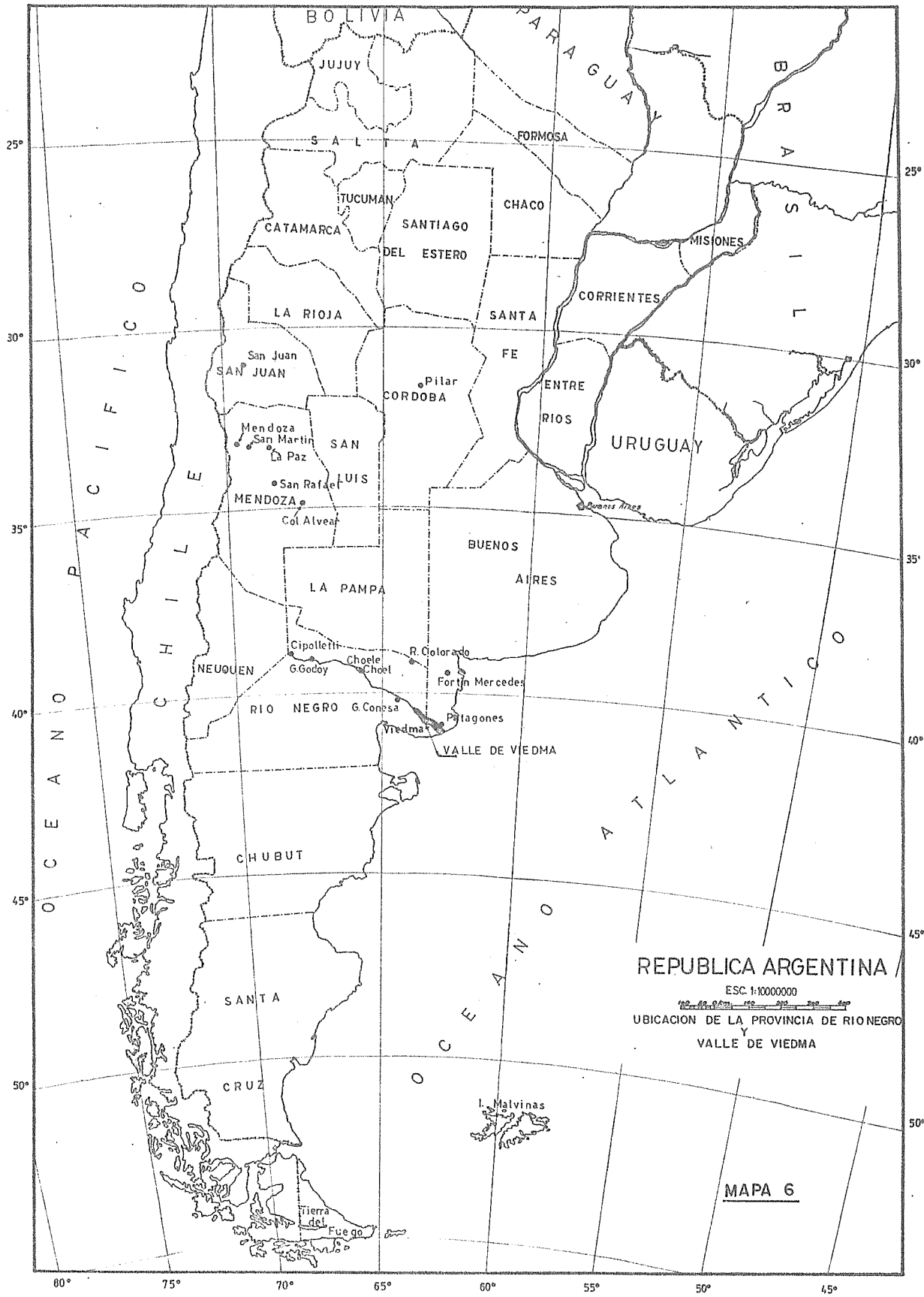
Gráfico 12

NUBOSIDAD EN CUATRO LOCALIDADES, 1901-1950.



Nubosidad expresada en escala de 0-8

- C. de Patagones
 - Cipolletti
 - Mendoza
 - Buenos Aires
- Período 1901-1950 SMN



Siguen algunas consideraciones generales sobre el Valle de Viedma y sobre algunas particularidades que presenta la distribución de los valores térmicos regionales, con el fin de alcanzar conclusiones de aplicación agrícola.

Las informaciones disponibles en cuanto a valores normales de temperaturas fueron obtenidas por el Servicio Meteorológico Nacional de su red de estaciones ubicadas en muchos puntos del país, cuyos datos están registrados en diversas publicaciones estadísticas.

Temperaturas medias mensuales

Un examen de las Figuras del 1 al 12, correspondiente a los meses de agosto a julio, obtenidas del Atlas Climático de la República Argentina (1901-1950) y la Figura 13, obtenida con valores de las publicaciones estadísticas, permitirá apreciar las diferencias entre las temperaturas medias mensuales correspondientes a las regiones del Valle de Viedma, Medio Valle, Alto Valle del Río Negro, y las regiones de Mendoza y San Juan. Consecuentemente, podemos comparar el Valle de Viedma con regiones en las que se practica el riego en forma intensa.

Se añade un breve comentario observando el desarrollo de las isoterms mensuales que interesan a las zonas en consideración, comenzando con el mes de agosto por estimar que en ese mes muchos vegetales empezarán a atravesar algunas fases fenológicas.

Agosto

La isoterma de los 8° C desciende desde la precordillera de San Juan y Mendoza, siguiendo la orientación sudeste hasta alcanzar el mar en Rawson (Chubut), de suerte que cruza a la Provincia de Río Negro en diagonal noroeste-sudeste. El Valle Medio y el Valle de Viedma quedan al este de esta diagonal, en una región a la que le corresponden temperaturas medias superiores a los 8° C. Mientras tanto el Alto Valle, ubicado al oeste de la isolínea mencionada, le corresponderán temperaturas medidas inferiores a los 8° C.

En San Juan y Mendoza, en la parte llana de ambas provincias, corre de norte a sur la isoterma de los 10° C. Esta situación de los valores térmicos medios presupone una primavera anticipada para la región del Valle de Viedma en relación con el Alto Valle, y retrasada con respecto a zonas de San Juan y Mendoza.

Septiembre

Toda la región de influencia del Río Negro se encuentra en este mes con una temperatura media superior a los 10° C. Sin embargo, se observa que la isoterma de los 10° C bordea el mar en la región de Viedma; vale decir, que el aumento de la temperatura con respecto al mes anterior es menor que en el Alto Valle.

El Alto Valle y también el Medio Valle, por su situación continental, acusan una transición más neta hacia la primavera, mientras en el Valle de Viedma esa transición es atemperada por la influencia marina.

En gran parte de San Juan y Mendoza las temperaturas medias son de 2° a 4° C superiores a las correspondientes a los Valles del Río Negro. En consecuencia, en aquellas provincias los cultivos similares a los de Río Negro se encontrarán en un estado vegetativo y de desarrollo más avanzado.

Octubre

En este mes tenemos la isoterma de los 14° C que desciende de las regiones altas de Mendoza, cruza el Alto Valle por su eje mayor, luego se dirige hacia el sudeste para retomar el continente sobre la costa en la región del Valle de Viedma, y sigue en

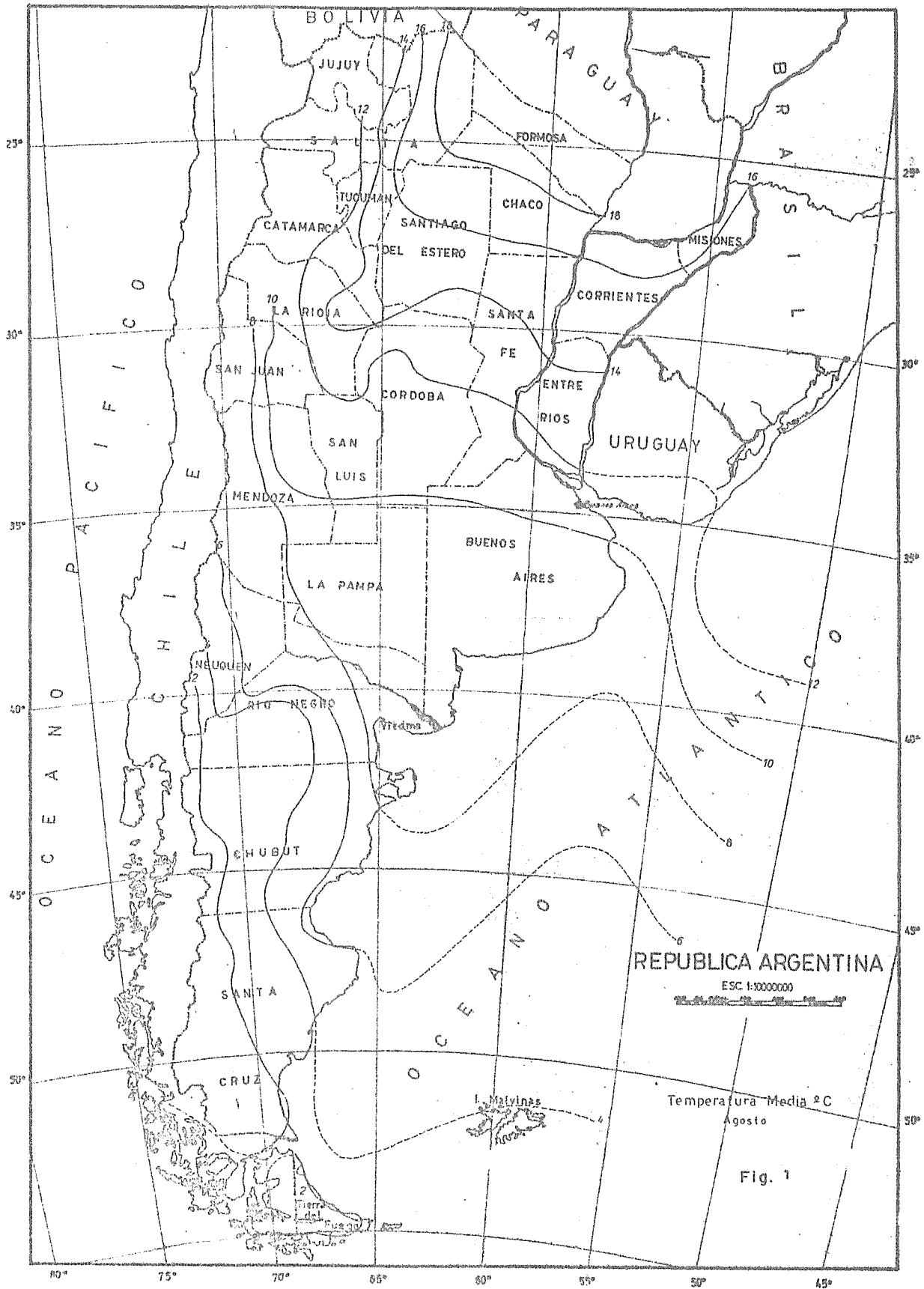
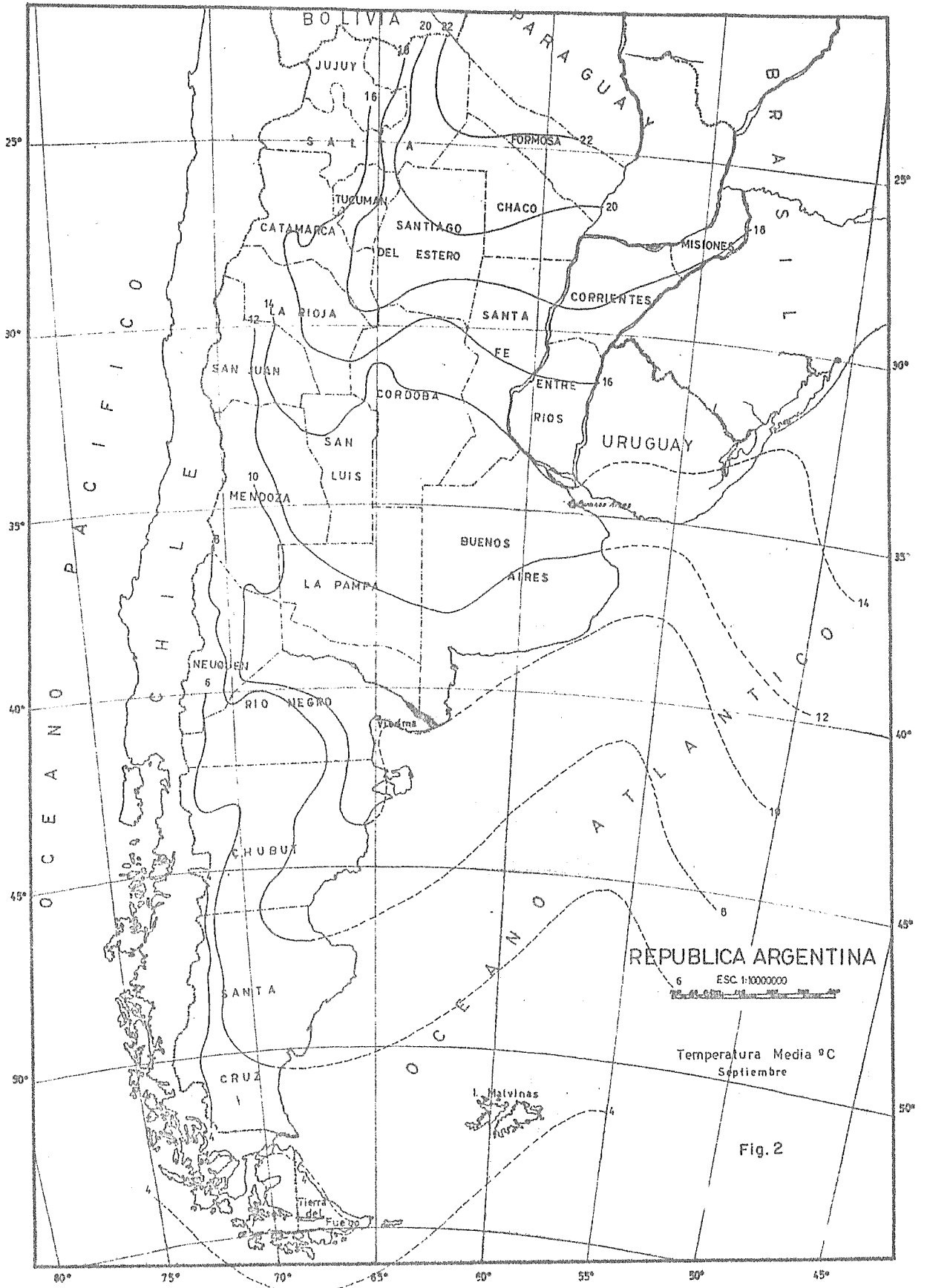
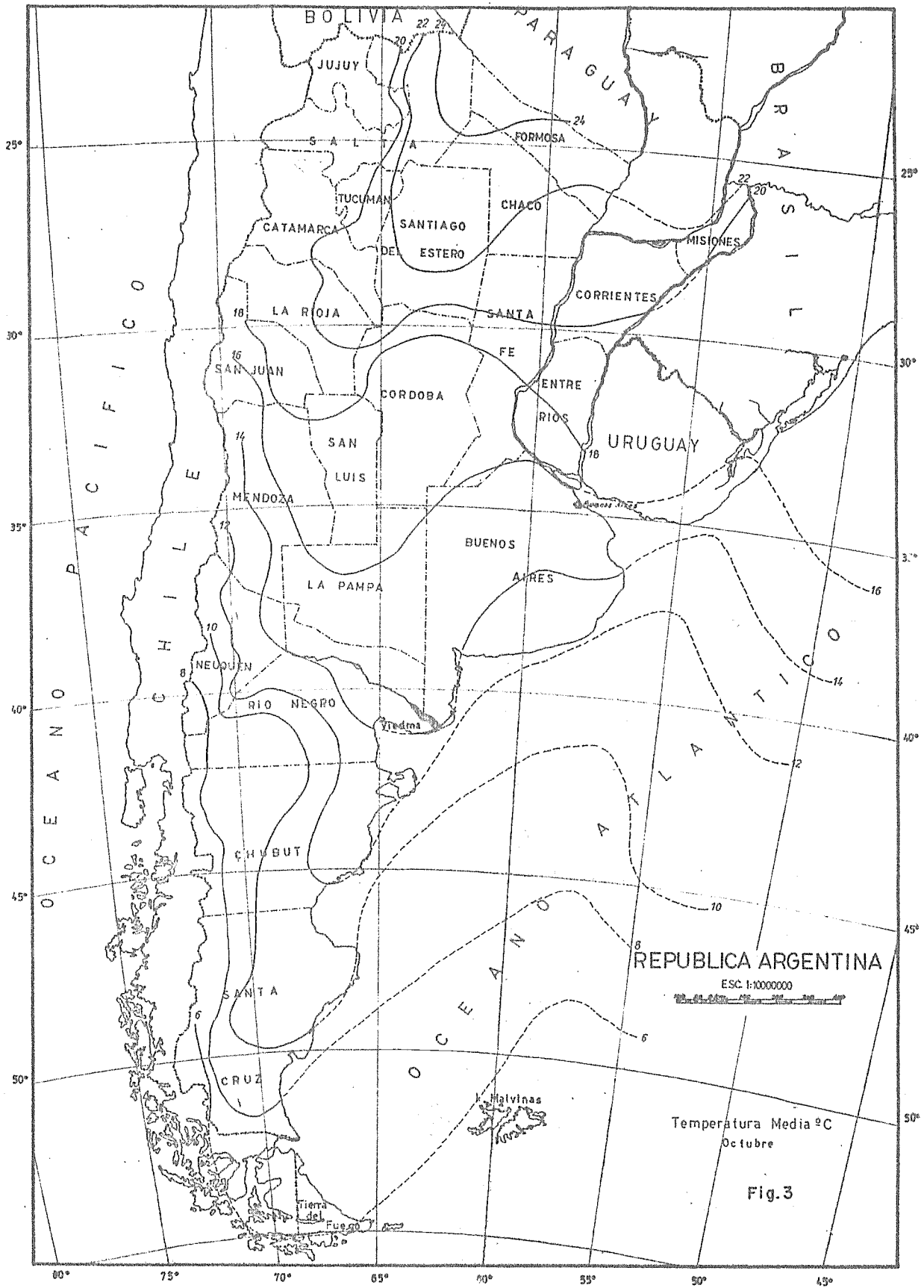


Fig. 1





dirección de Buenos Aires. En diagonal sudoeste-noreste, sobre el mar pero cerca de la costa de la región de Viedma, se desarrolla la isoterma de los 12°C. Esta situación regional de las isotermas permite inferir que la temperatura en el Valle de Viedma, en el mes de octubre, debe sufrir fluctuaciones marcadas dado que, por el lado noroeste, la zona recibirá el influjo del calentamiento continental, efecto que se verá contrarrestado por la influencia del mar, que todavía se mantendrá frío.

En la mayor parte de San Juan y Mendoza, las temperaturas medias son superiores a las de Río Negro.

Noviembre

En la región del Valle de Viedma se observa el desarrollo de tres isotermas casi paralelas que siguen la dirección sudoeste-noroeste. Desde el continente hacia el mar: la isoterma de los 18°C pasa por el extremo superior del valle; la de 16°C sigue la costa; y la de 14°C se desarrolla sobre el mar a corta distancia de la costa. En consecuencia, han de esperarse mayores fluctuaciones que en el mes anterior, puesto que en una distancia relativamente corta se presenta un gradiente térmico acentuado. Por lo tanto, según las condiciones generales del tiempo de cada año, se observará un predominio de características de tipo continental o de tipo marítimo.

En resumen, el Valle de Viedma acusa temperaturas medias algo menores que el Medio y Alto Valle, y en todos los Valles del Río Negro éstas son menores que en San Juan y Mendoza, donde predomina la isoterma de los 20°C.

Diciembre

Tanto el Valle de Viedma como el Alto Valle están incluidos en la zona delimitada por las isotermas de los 22°C y 20°C. El extremo inferior del Valle de Viedma rebasa la isoterma de los 20°C, por lo cual esta región tendrá temperaturas medias algo menores que el Alto Valle en este mes. Al Medio Valle corresponden valores por encima de los 22°C, vale decir, muy semejantes a los valores de gran parte de Mendoza. Sobre San Juan se desarrolla la isoterma de los 24°C.

Enero

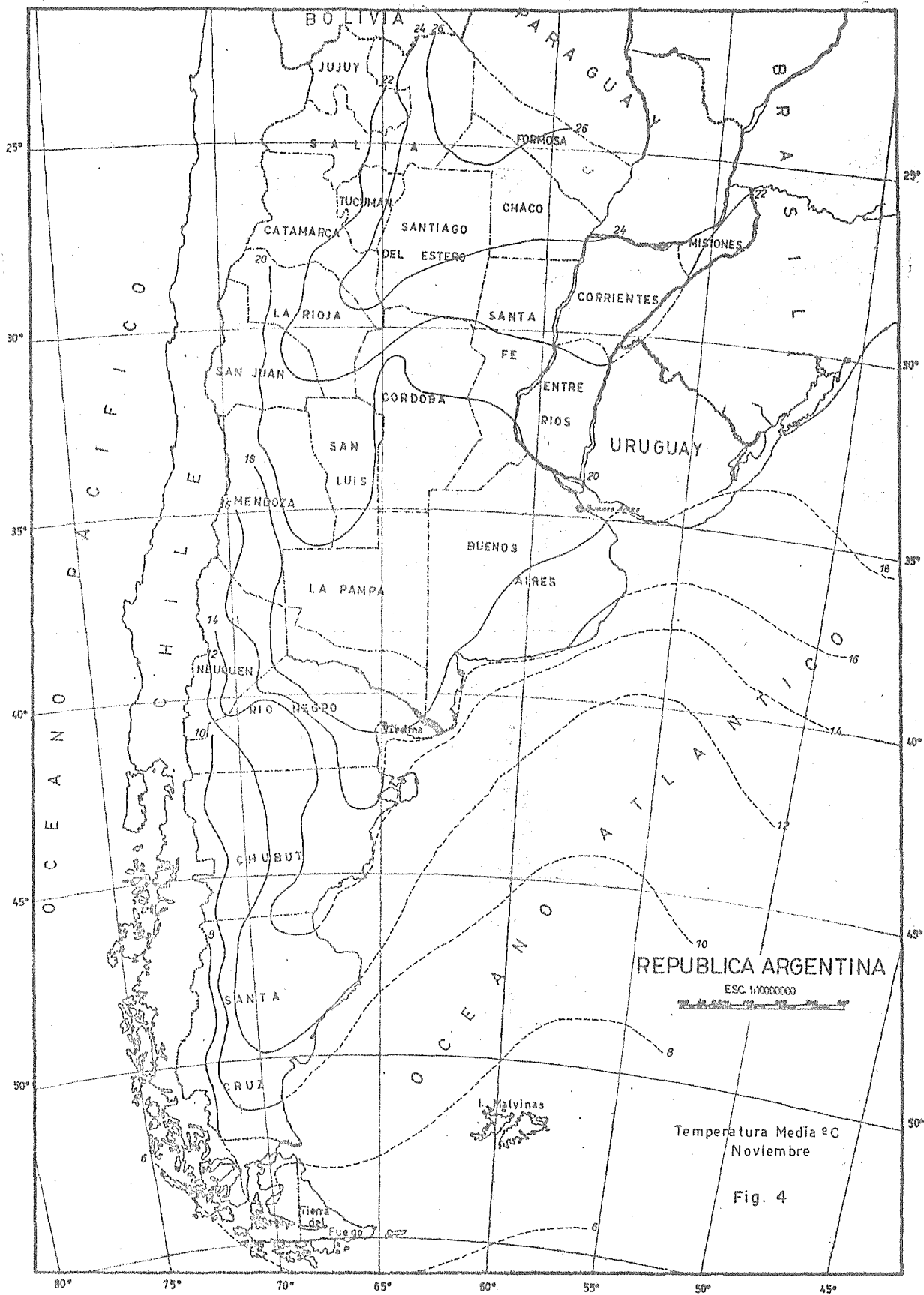
El calentamiento continental de grandes regiones semidesérticas del país ha empujado hacia el sur el desarrollo de las isotermas. Se observa que la de los 22°C supera las regiones del Alto Valle y del Medio Valle, pero apenas toca el extremo noroeste del Valle de Viedma, que está cruzado transversalmente por la isoterma de los 20°C. Por Mendoza y San Juan pasa la isoterma de los 24°C.

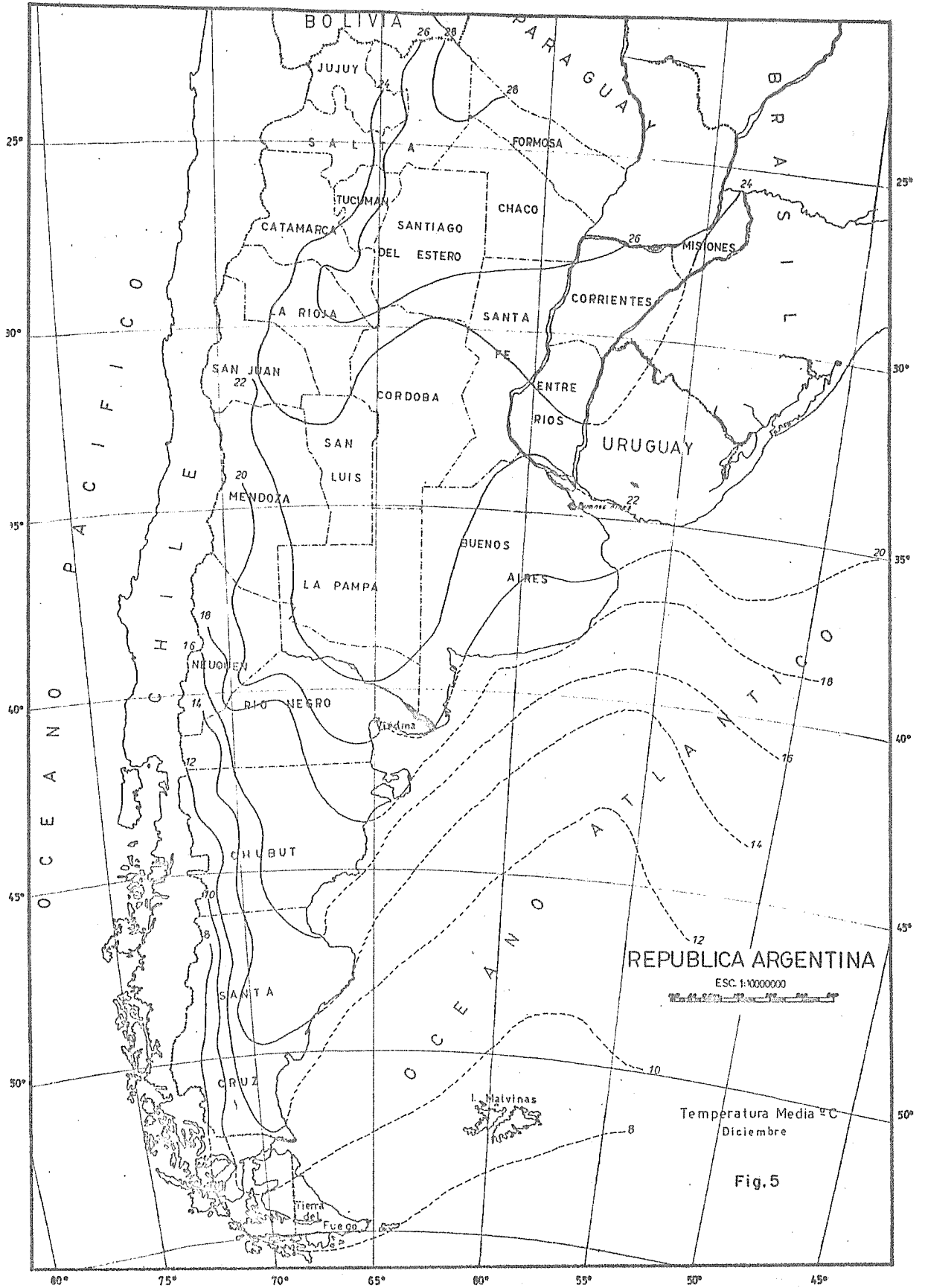
De la distribución de temperaturas medias en enero (el mes más caliente) cabe concluir que el Valle de Viedma alcanza temperaturas alrededor de los 21°C, el Alto Valle más de 22°C, el Medio Valle más de 23°C, Mendoza alrededor de los 24°C, y San Juan de 24 a 25°C. En consecuencia, el Valle de Viedma manifiesta veranos más frescos que las otras regiones consideradas, pero tiene, sin embargo, disponibilidades térmicas adecuadas para la mayoría de los cultivos posibles. La velocidad del crecimiento vegetal, a igualdad de las demás condiciones, será algo menor que en las otras regiones.

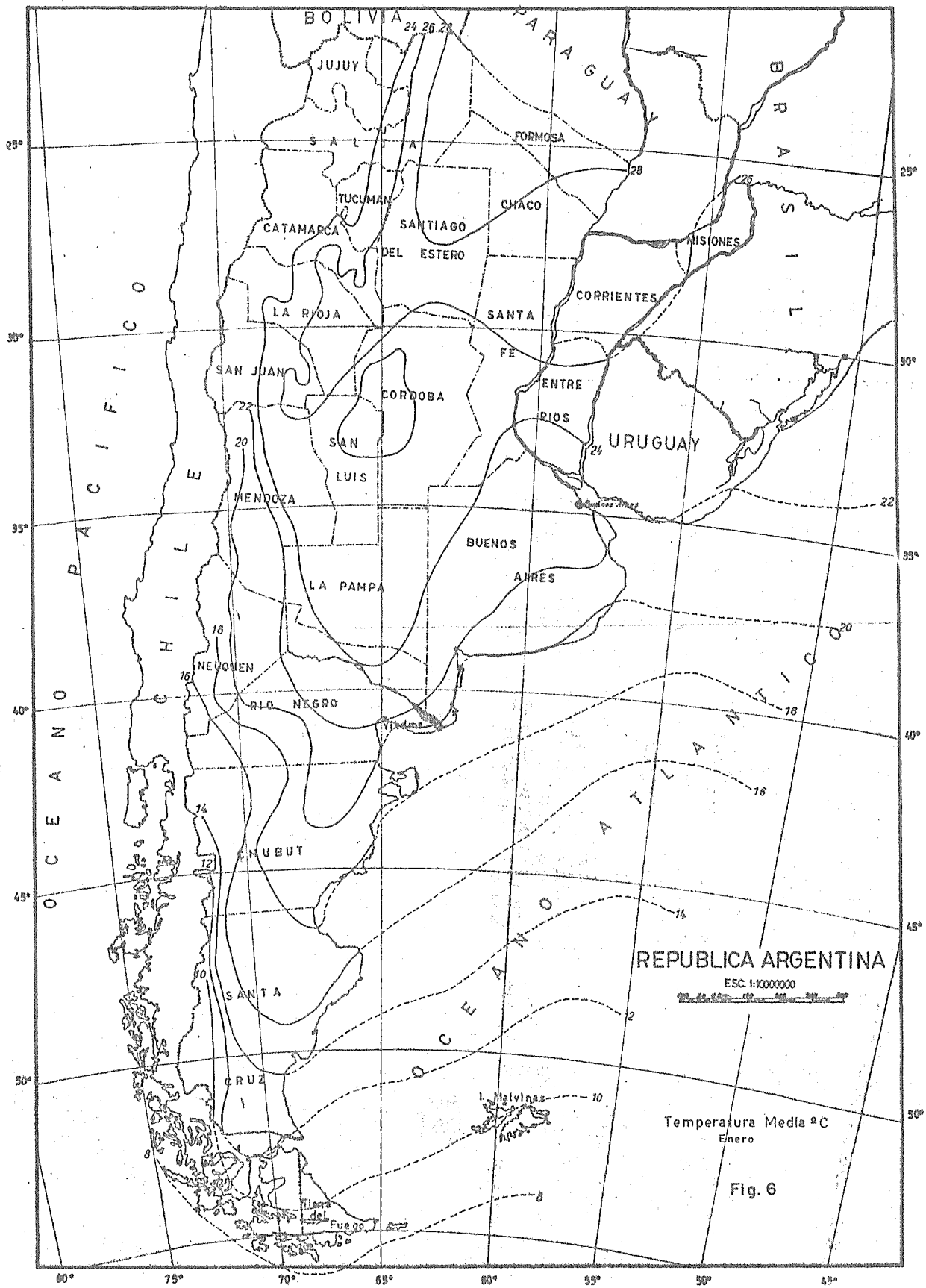
Febrero

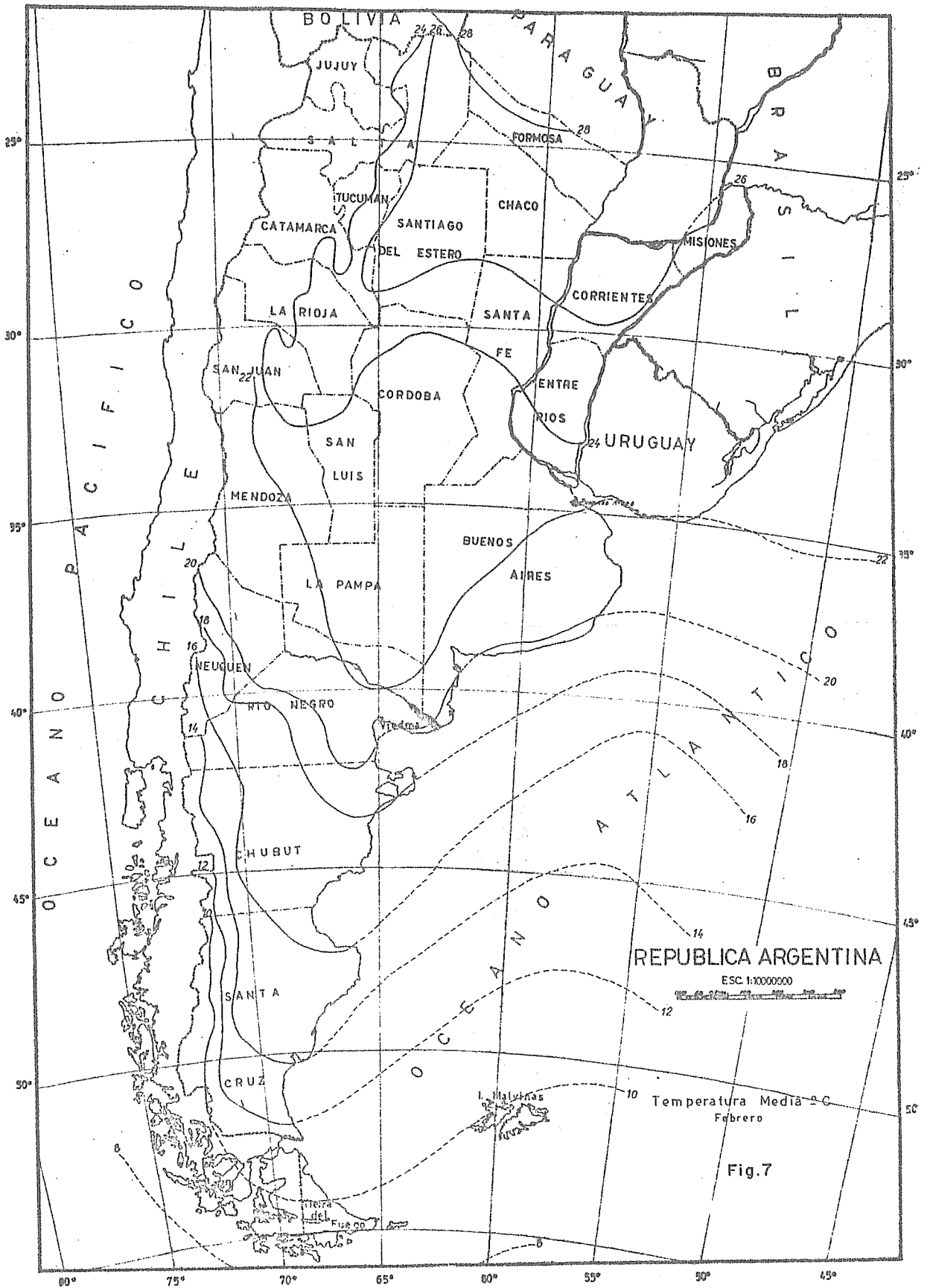
Sobre el Valle de Viedma mantiénesse, como en el mes anterior, la isoterma de los 20°C, la de los 22°C ha retrocedido hacia el norte y solamente interesa con su curva inferior la región del Medio Valle. Luego cruza las provincias de Mendoza y San Juan; sobre esta última se halla todavía la isoterma de los 24°C. El Alto Valle se encuentra entre los 20 y 22°C.

En el Valle de Viedma se va insinuando el efecto moderador del mar, pero en sentido contrario al que ocurría en los meses anteriores: ahora comienza a retrasar el enfriamiento.









Marzo

Observando la isoterma de los 18°C, se ve que el Valle de Viedma y el Valle Medio gozan de temperaturas medias semejantes a las de una importante región de Mendoza, mientras que el Alto Valle se ubica en la zona delimitada por las isotermas de los 18°C y de los 16°C, es decir, más fría que el Valle de Viedma.

Se ha operado un cambio en las disponibilidades térmicas. En los meses anteriores, la región de Viedma acusaba valores medios menores que las otras regiones utilizadas para comparación. En cambio, en este mes se coloca en condiciones similares a zonas del Valle Medio y Mendoza. Se manifiesta así la tendencia del verano a prolongarse a causa de la influencia marina, mientras que las regiones más continentales se enfrían rápidamente.

Abril

La isoterma de los 14°C desciende desde San Juan, con la dirección noroeste-sudeste, cruzando la provincia de Río Negro en diagonal para luego alcanzar el mar a la altura de Rawson (Chubut); así es que el Valle de Viedma se ubica en condiciones térmicas semejantes al Valle Medio y gran parte de Mendoza y San Juan.

Al Alto Valle corresponden, para este mes, temperaturas medias alrededor de los 13°C, mientras que al Valle de Viedma, alrededor de los 15°C, lo que significa que esta región ha de tener una estación estival fresca, pero más prolongada que el Alto Valle e incluso que el Medio Valle. Esta situación supone la posibilidad de que muchos cultivos puedan continuar su ciclo vegetativo.

Por otra parte, dada la posición de las isotermas regionales cabe esperar que las condiciones térmicas del mes de abril sean las más estables en cuanto a las fluctuaciones de un año a otro, es decir, que las fluctuaciones serán pequeñas.

Mayo

En este mes corresponde a la región del Valle de Viedma una temperatura media alrededor de los 11°C, similar a la que se registra en grandes zonas de Mendoza y San Juan, y superior a la de los Valles Medio y Alto.

Junio

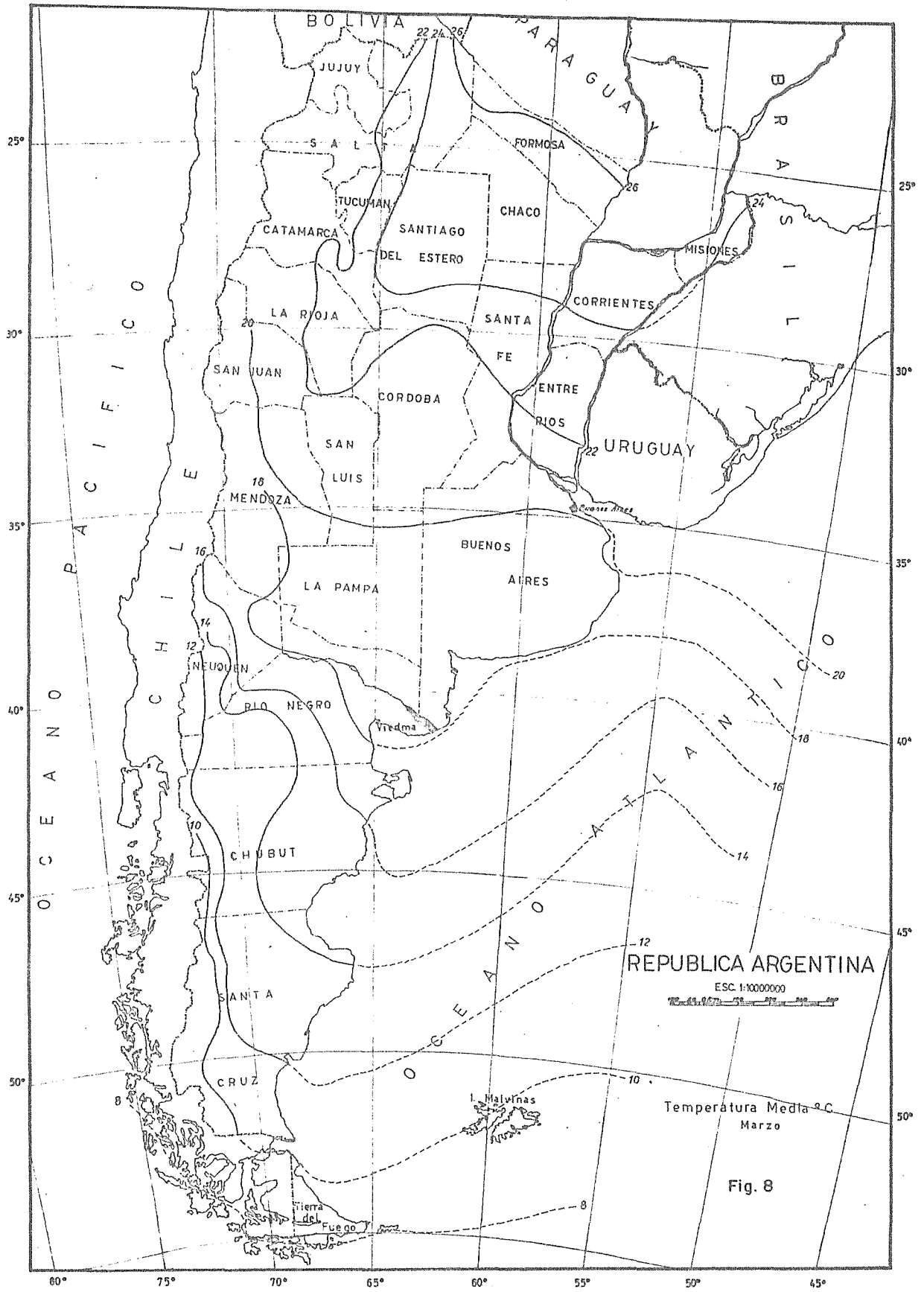
La isoterma de los 8°C desciende desde la región norte y precordillerana de San Juan, cruza por San Luis, norte de La Pampa e ingresa profundamente en la provincia de Buenos Aires, regresando hacia el sur por Bahía Blanca, luego cruza en sentido transversal el Valle de Viedma y continúa hacia el sur sobre el mar.

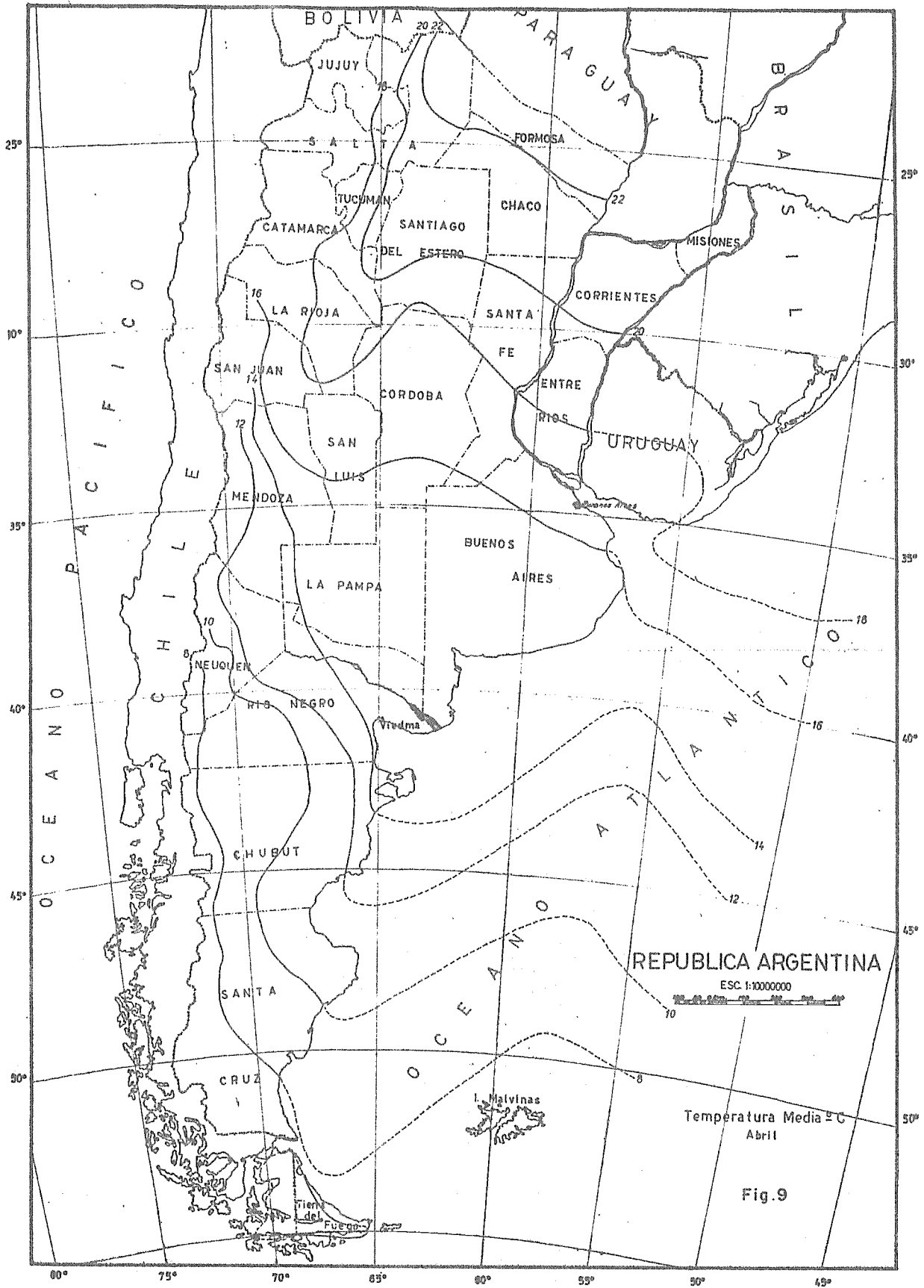
Considerando los valores medios, resulta que la región de Viedma se ubica en condiciones similares a San Juan, que se encuentra alrededor de 1.000 km más al norte.

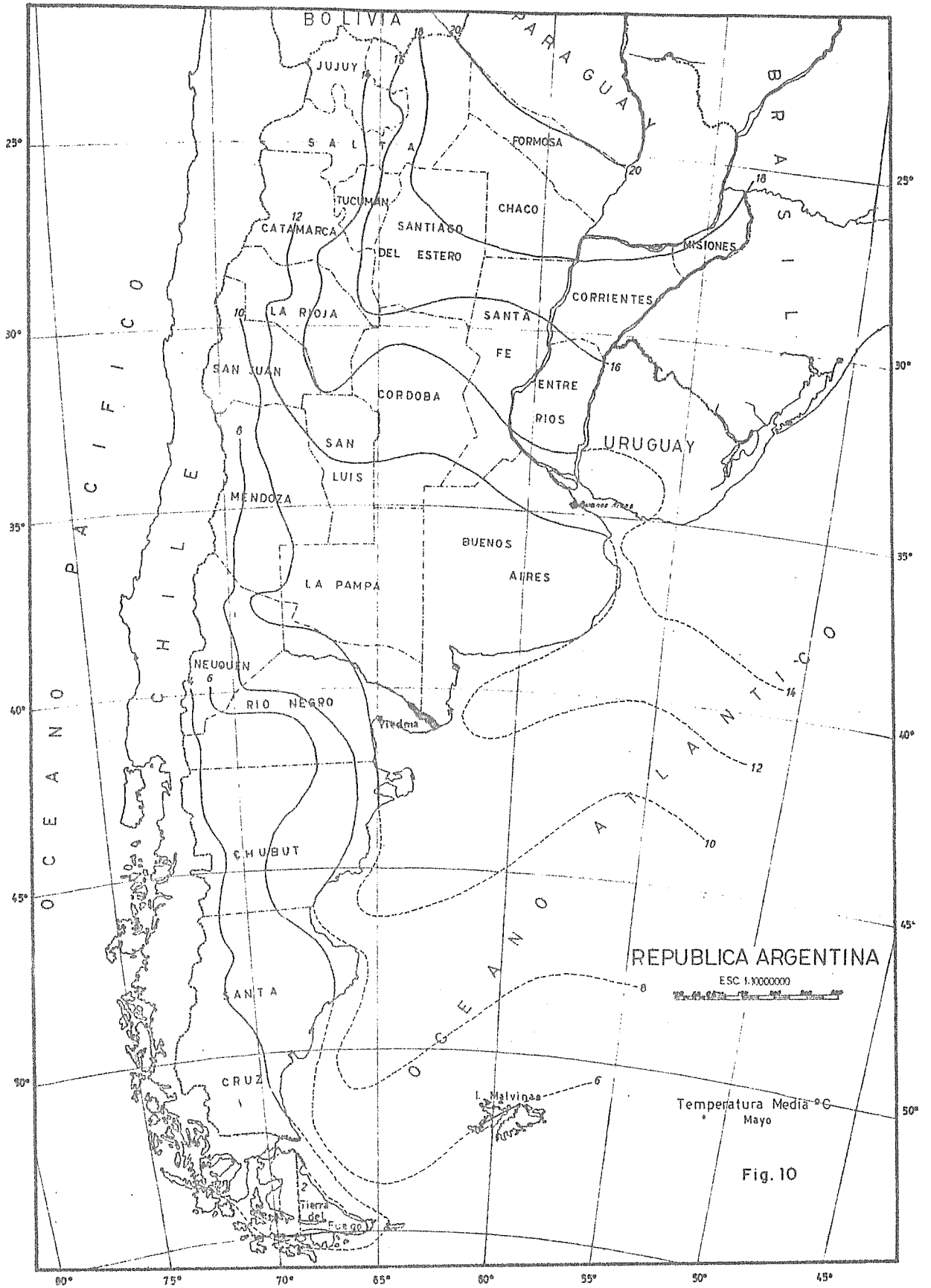
Las regiones del Medio Valle, Alto Valle y Mendoza son más frías que el Valle de Viedma, el que evidentemente queda protegido por la influencia del mar, como ocurre con todo el litoral atlántico.

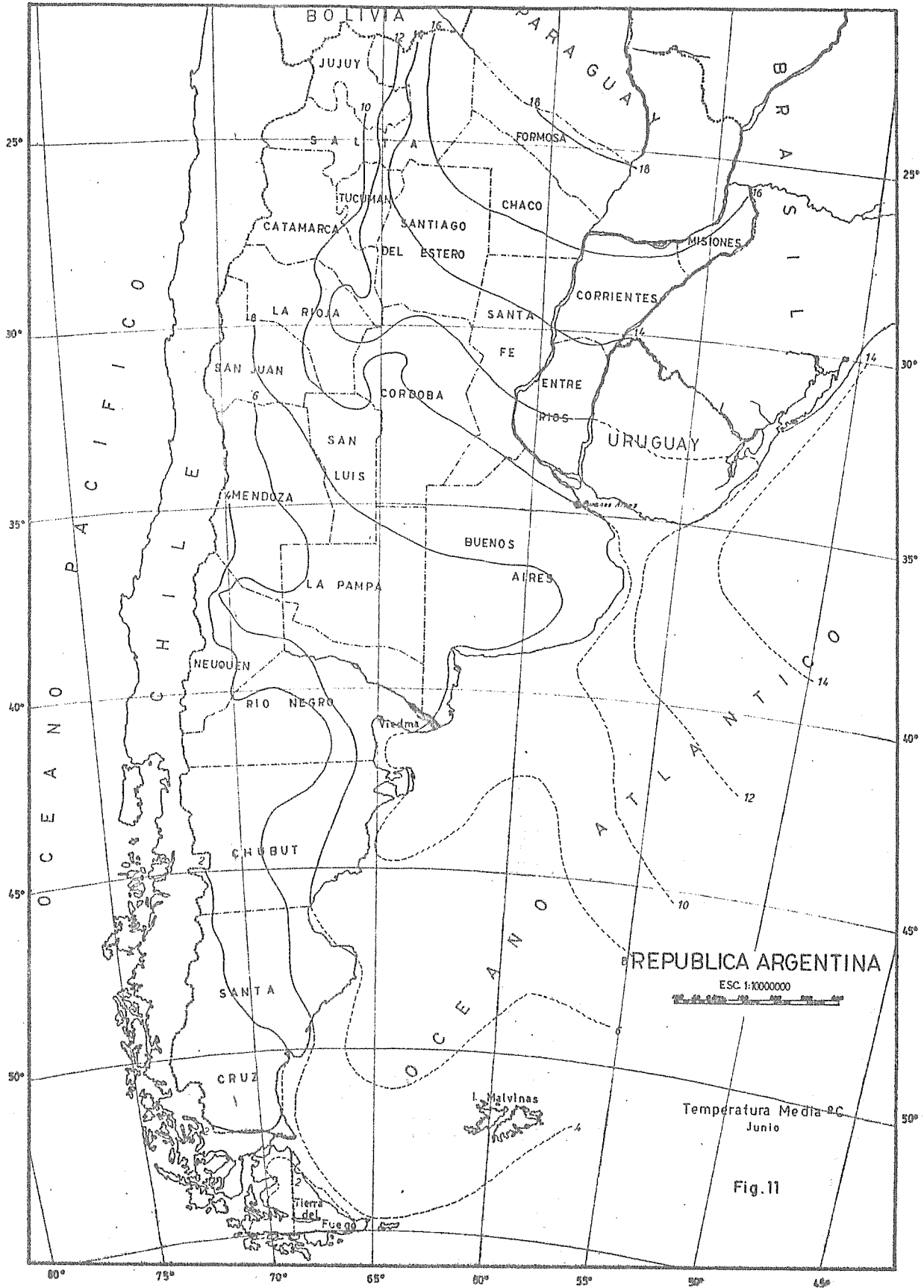
Julio

Las isotermas, en general, se mantienen en la misma posición del mes anterior, salvo pequeñas variantes. Así, la de los 8°C se ha replegado un poco hacia el sur en San Juan y Mendoza, indicando que en esas regiones se inicia ya el calentamiento. En Buenos Aires y la región de Viedma, dicha isoterma se ha desplazado más al este, es decir, estas regiones se han enfriado más; lo mismo ocurre con el Medio y Alto Valle, de manera que en este mes se alcanzan los valores más bajos de las temperaturas medias mensuales.









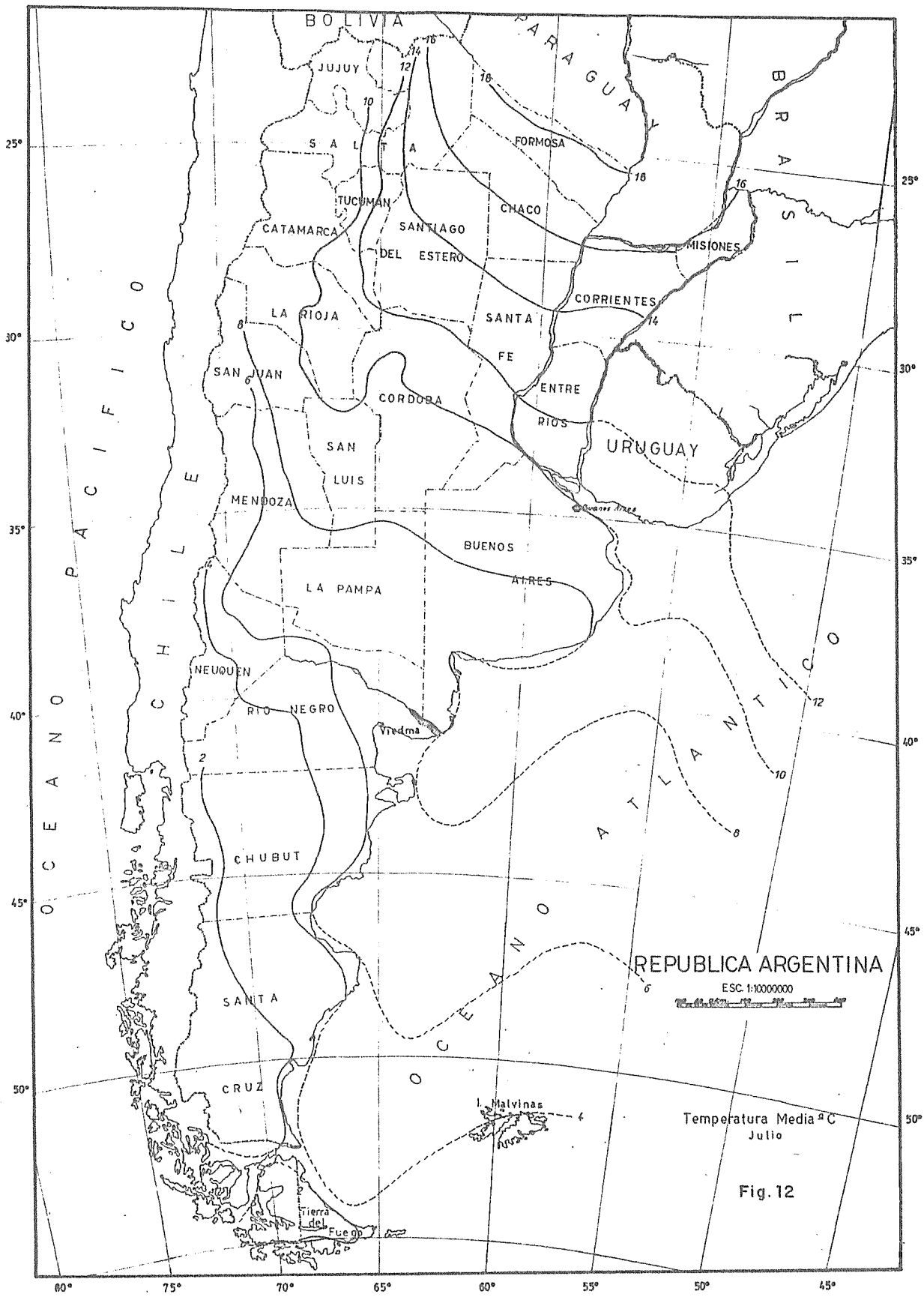


Fig. 12

Amplitud anual de los valores medios mensuales de temperaturas

La diferencia entre la temperatura media del mes más caliente y la del mes más frío, nos señala el valor de la amplitud anual media que caracteriza a una región determinada.

En la Figura 13 se aprecia que las regiones del Medio Valle, Alto Valle, Mendoza y San Juan se encuentran ubicadas dentro de la gran zona determinada por la isoterma de los 16° C de amplitud media. Esta zona manifiesta los más altos valores del país y a continuación de la misma se extiende otra zona determinada por las isotermas de los 16° C y 14° C, dentro de la cual se halla gran parte del Valle de Viedma.

A la altura de las ciudades de Viedma y Patagones pasa la isoterma de los 14° C; sobre el continente, cerca de la costa, la de los 12° C; y sobre el borde marítimo, la de los 10° C. Por ello, cabe considerar que la región del Valle de Viedma está ubicada en una situación particular si nos atenemos al curso de las isotermas que marcan las amplitudes anuales medias.

En efecto, ha de observarse que prácticamente no existe en el país otra región con similares características, ya que tiene sobre el extremo inferior del valle, una amplitud alrededor de los 11° C y sobre el extremo superior, alrededor de los 15° C, vale decir, que en una distancia de 100 km existe una diferencia de 4 a 5° C en la amplitud media, lo que significa una notable variación en las condiciones térmicas entre ambos extremos del valle, aspecto que difícilmente se verifica en otras regiones llanas del país. Pero conviene hacer notar que la mayor parte del área del Valle de Viedma se desarrolla en la zona cuyas amplitudes se hallan comprendidas entre los 14° C y los 16° C. En consecuencia, sobre la costa y hasta una distancia corta de la misma (aproximadamente 30 km), se nota una influencia marcada de origen marítimo, mientras que en el resto de la región se destacan características continentales. En ese sentido y desde el punto de vista agrícola, la mayor parte de la zona ofrece condiciones suficientes para satisfacer las necesidades térmicas estivales e invernales de cultivos exigentes como, por ejemplo, el manzano.

Temperaturas máximas medias

Con el fin de proporcionar una mayor información sobre las condiciones térmicas regionales del Valle de Viedma se han trazado las curvas correspondientes a las temperaturas máximas medias mensuales de Patagones, Cipolletti, Mendoza y San Juan (Gráfico 13). Al observar dichas curvas puede verse como rasgo saliente que Patagones tiene todos los meses valores menores de los que corresponden a las otras tres localidades, excepto para el mes de junio en que Cipolletti registra un valor algo mayor que Patagones. Otra característica que se deduce de la curva de Patagones con respecto a las de las otras localidades, es un retraso en el ascenso primaveral de la temperatura y, en forma más notable, un retraso en el descenso otoñal.

En el Gráfico 14 se pueden apreciar las diferencias absolutas en grados centígrados que existen en cada mes entre Patagones y las otras localidades.

Los valores correspondientes a Patagones se hallan sobre una recta igualados a 0° con el objeto de visualizar mejor las diferencias absolutas. En la parte inferior del mismo gráfico se registran los valores de las temperaturas máximas medias mensuales de Patagones. Estos valores, si bien menores a los correspondientes a las demás localidades, se estiman adecuados para satisfacer las necesidades de la gran mayoría de los cultivos, cuya explotación en el Valle de Viedma pueda ser interesante.

Temperaturas mínimas medias

Con respecto a las temperaturas mínimas medias mensuales, puede observarse en el Gráfico 15 como características salientes, que los valores correspondientes a Patagones son superiores durante todos los meses a los de Cipolletti, y que sólo desde septiembre a febrero son escasamente superados por Mendoza. Con respecto a San Juan,

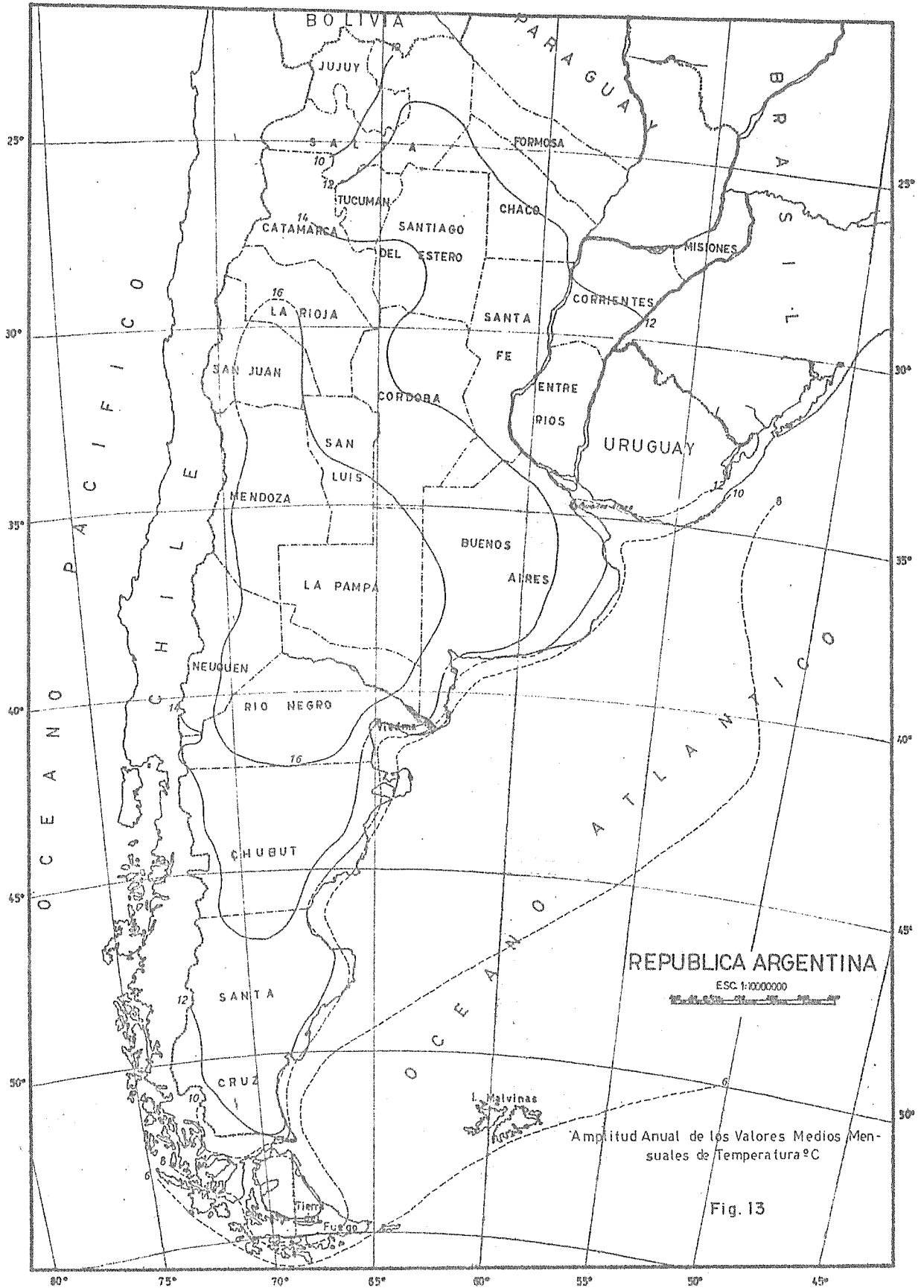


Fig. 13

TEMPERATURA MAXIMA MEDIA, 1901-1950

Gráfico 13

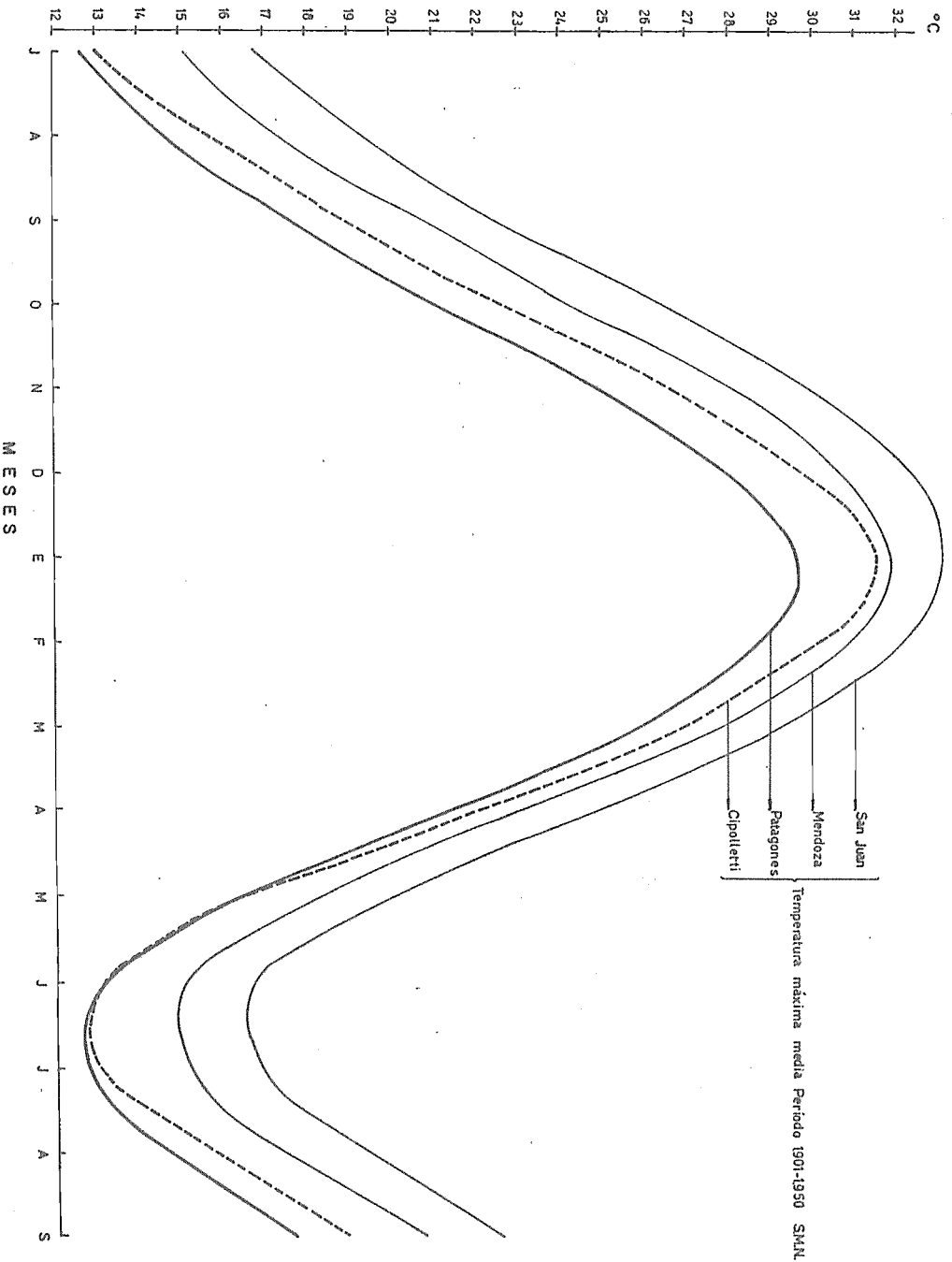
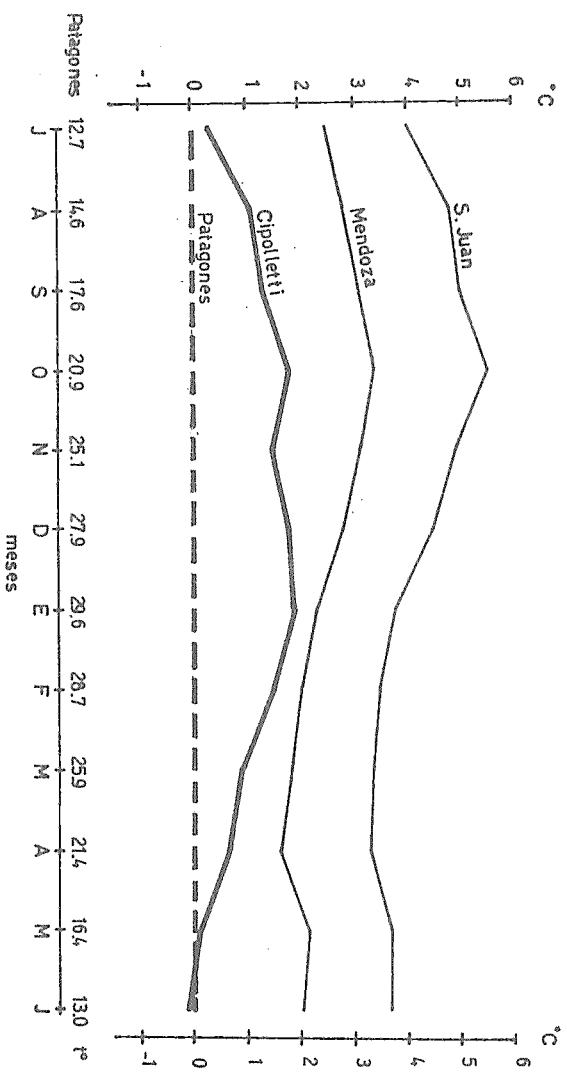


Gráfico 14

TEMPERATURA MAXIMA MEDIA DE PATAGONES COMPARADA CON LA DE OTRAS LOCALIDADES



Diferencia de la temperatura en °C máxima media entre Patagones = O y Cipolletti Mendoza y San Juan.

TEMPERATURA MINIMA MEDIA , 1901 - 1950

Gráfico 15

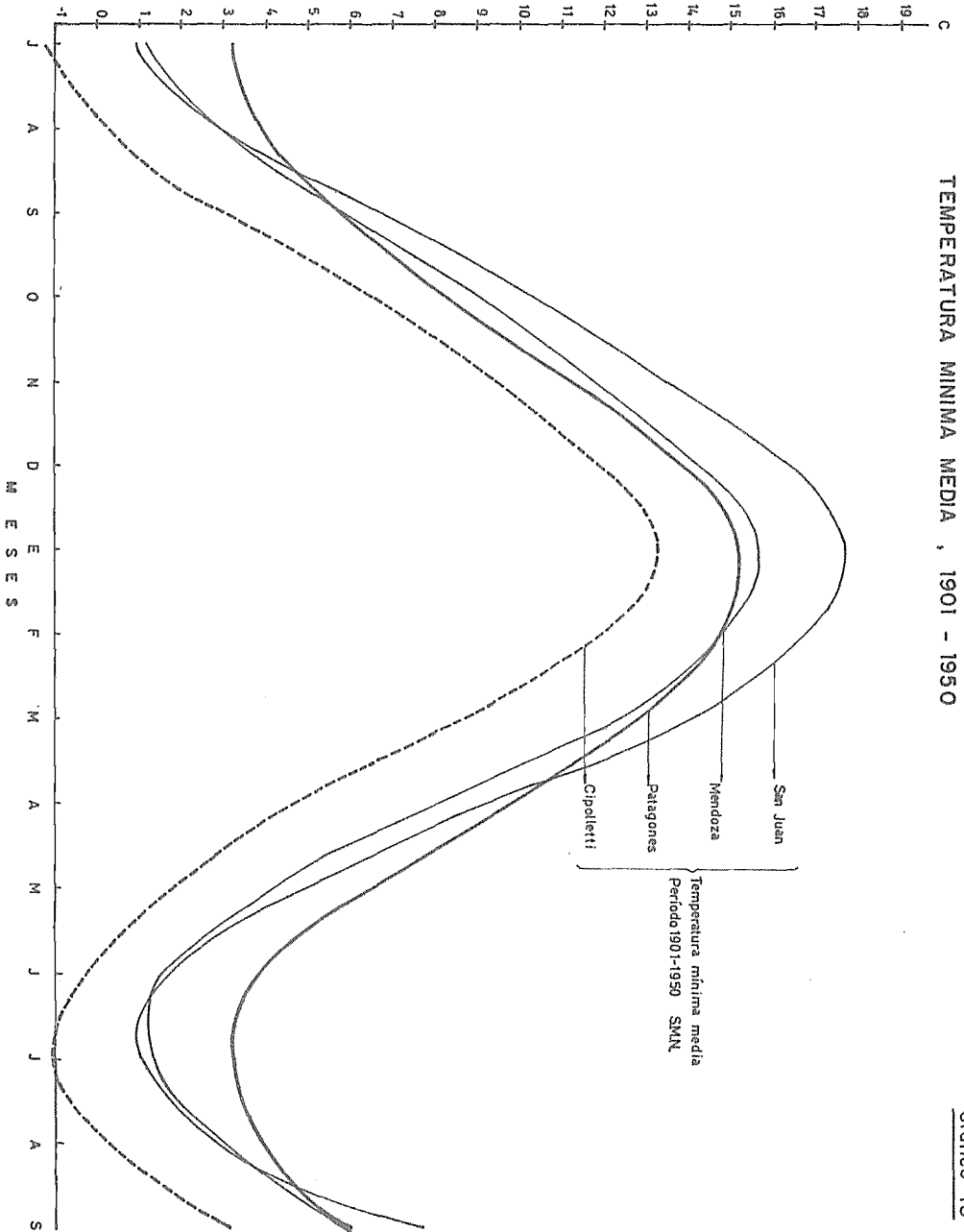


Gráfico 16

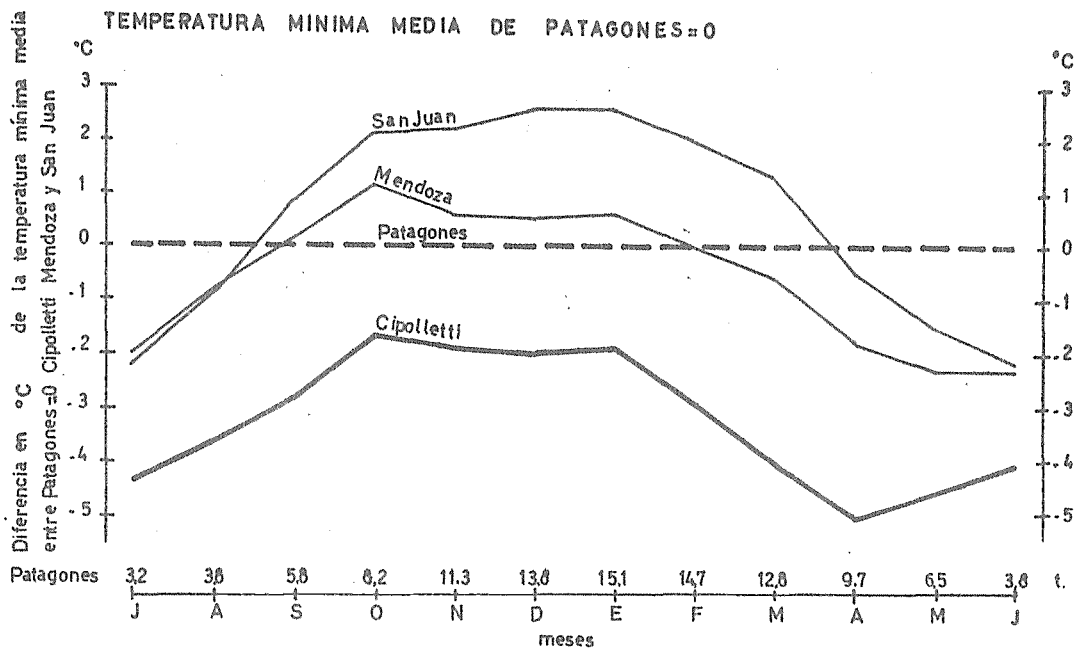
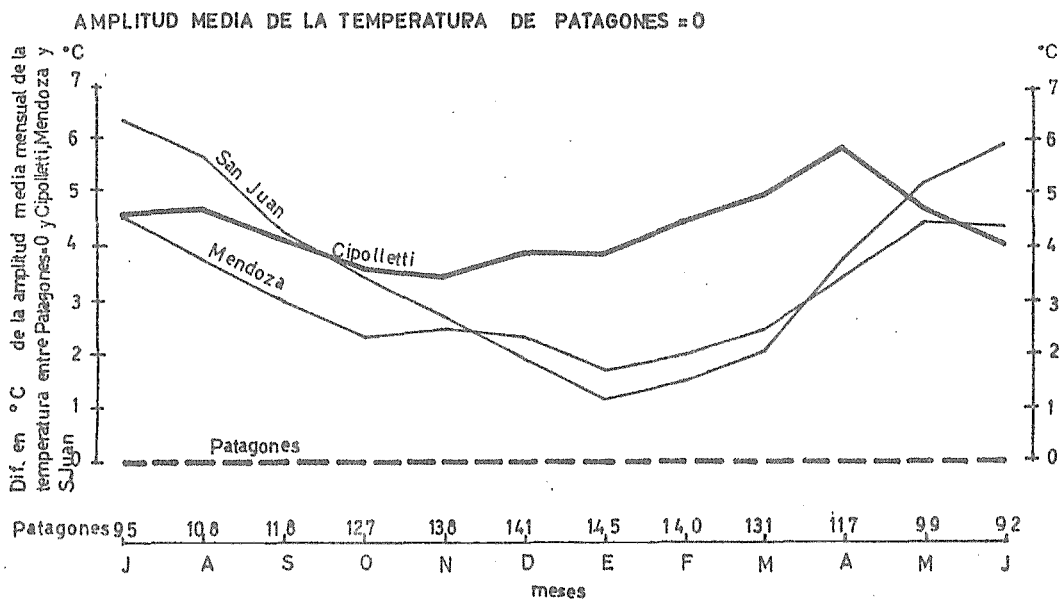


Gráfico 17



se ve que esta localidad tiene temperaturas mínimas medias superiores a las de Patagones desde principios de septiembre a principios de abril, siendo menores para los meses restantes. Conviene notar estas particularidades de Patagones en la expresión de las mínimas medias, porque evidentemente la influencia marítima determina un invierno menos riguroso que el que ocurre en las regiones continentales.

Por otra parte, el retraso en el calentamiento primaveral y en el enfriamiento otoñal es más notable que en el caso de las temperaturas máximas medias. Así, se verá que el ascenso de la curva de Patagones se efectúa más lentamente en primavera que en las otras, y que su descenso es aún más lento.

Este retardo primaveral implica condiciones desfavorables para los cultivos, pues significa mayor probabilidad de heladas en ese período que el que podría esperarse en un invierno relativamente benigno. Por el contrario, en el otoño se prolongan las condiciones favorables para que la ocurrencia de heladas se atrase hasta bastante tarde.

En el Gráfico 16, en que los valores de Patagones se encuentran sobre una recta, igualados a 0°, se pueden apreciar las diferencias absolutas existentes por comparación con los valores correspondientes a las otras localidades. En la parte inferior del gráfico se encuentran los valores de temperaturas mínima/media de Patagones.

Amplitud mensual media de la temperatura

Entre la temperatura máxima media mensual y la temperatura mínima media mensual se verifica una diferencia térmica, llamada amplitud media mensual de la temperatura, que da una idea de las amplitudes medias diarias para cada mes. Este movimiento diario de la temperatura entre los valores de máxima y mínima que ocurre con marcada expresión en las latitudes medias es una condición importante para satisfacer los requisitos de muchos cultivos propios de las regiones templadas, que por su ritmo fisiológico necesitan la variación térmica entre el día y la noche (plantas termoperiódicas).

Por ejemplo, se ha establecido que durante cierto período del desarrollo del tomate, la temperatura óptima del día es de alrededor de 26,5° C, y de la noche alrededor de los 18° C. También en otras especies se conocen procesos mediante los cuales almacenan reservas, que sólo se llevan a cabo si ocurren fluctuaciones en la temperatura entre el día y la noche. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se destaca que las amplitudes térmicas medias mensuales de Patagones, es decir, de la región del Valle de Viedma, no alcanzan los valores del Alto Valle, Mendoza y San Juan, regiones que por su ubicación continental manifiestan grandes amplitudes. Sin embargo, los valores alcanzados en la región de Viedma son adecuados para el desarrollo satisfactorio de muchas especies vegetales.

En la parte inferior del Gráfico 17 se pueden apreciar los valores de las amplitudes medias mensuales calculados para Patagones; en la parte superior, dichos valores están llevados sobre una recta que coincide con el cero, con el objeto de visualizar gráficamente las diferencias que existen con los que corresponden a las otras tres localidades que hemos utilizado en la comparación.

Temperaturas en el Valle de Viedma

El Valle Inferior del Río Negro (Valle de Viedma), desde el océano hasta la zona de Cubanea, donde prácticamente termina, tiene un desarrollo longitudinal de aproximadamente 100 km y un ancho medio de 8 a 10 km, su eje mayor sigue una trayectoria aproximada de noroeste a sudeste.

El río corre recostado sobre la barda, que localmente se denomina "Cuchilla Norte", que es la barranca formada por la diferencia de nivel entre el río y la llanura ondulada que sirve de marco al valle; el límite sur es de la misma naturaleza y se concede como "Cuchilla Sur."

Hasta hace treinta o treinta y cinco años, el río en sus crecientes anuales cubría con agua una amplia zona ubicada sobre la "Cuchilla Sur", que se extendía desde San Javier hasta más allá de Viedma; esa depresión dentro del valle se conoce con el nombre de "Bajo del Juncal", pero las obras de defensa realizadas en aquel entonces impidieron que en lo sucesivo el "Bajo del Juncal" y otras depresiones menores permanecieran cubiertas por el agua.

Topográficamente, el Valle de Viedma presenta el aspecto de una suave llanura con muy poca pendiente hacia el mar. Su superficie incluye algunas depresiones, como la del "Bajo del Juncal" que es extensa pero poco profunda, de uno a dos metros, tomando cortes en sentido transversal al Valle de Viedma; otras depresiones corresponden a pequeños brazos del río y también a las que genera el sistema de lomas de poca altura que se desarrolla principalmente en el área de la Primera Etapa. La región circundante al valle es una llanura ondulada, cuyas características topográficas son similares a las del resto de la norpatagonia este. La diferencia de nivel entre la superficie del valle y la región que la rodea no supera, en término medio, los 30 ó 35 metros.

Hacemos estas consideraciones con el fin de destacar que a nuestro juicio los elementos meteorológicos que caracterizan el clima regional sufren muy pocas modificaciones, sean ellos observados en el valle o en zonas aledañas. Debe sí tenerse presente que la cercanía del mar tiene su influencia, pero no está circunscrita al Valle de Viedma. Por otra parte es evidente que debe existir un gradiente de varios elementos meteorológicos desde el mar hacia el interior del continente, principalmente las lluvias, la humedad relativa, la tensión de vapor y, en menor grado, la temperatura; pero las variaciones que pueden verificarse en una distancia de 100 km en una región relativamente llana carecen de una real significación agrícola. Teniendo en cuenta estos aspectos, se estima que el elemento más importante por sus consecuencias agrícolas es la temperatura.

Después del análisis comparativo anteriormente realizado en base a los isotermas normales de temperaturas medias, señalaremos cuáles son a nuestro juicio y según los datos disponibles, los aspectos más salientes del régimen térmico del Valle de Viedma.

Observaciones realizadas

Las observaciones que se llevaron a cabo durante el año 1965 resultan insuficientes para una interpretación correcta, sin embargo, permiten algunas inferencias relativas al año en cuestión.

En la Estación Experimental del Proyecto se hicieron lecturas diarias en termómetros de máxima y mínima, tanto en abrigo tipo "B" como en el tipo "A"; también se observó diariamente un termómetro de mínima, a 5 cm sobre el suelo.

Como registro continuo se utilizó un termohigrógrafo de rotación diaria. Dado los controles efectuados se estima que los diagramas de temperaturas obtenidos son bastante fieles.

En Cubanea se efectuaron observaciones diarias en abrigo tipo "B", con termómetro de máxima y mínimo y termohigrógrafo de rotación diaria. Las lecturas de los termómetros adolecen de defectos debido a la falta de preparación del personal.

Aunque los diagramas del termohigrógrafo no fueron comprobados con la asiduidad necesaria, nunca se encontró una seria discrepancia.

En "El Cóndor", en abrigo tipo "A" se mantuvo en funcionamiento un termohigrógrafo de rotación semanal desde agosto de 1965.

Durante tres meses se hicieron observaciones de temperaturas máximas y mínimas en dos puntos emplazados en un corte transversal al valle a la altura de la Estación Experimental (Mapa 7).

Asimismo, se coleccionaron las temperaturas extremas diarias leídas en termómetros en la Estación Meteorológica de Patagones.

Para el análisis de la distribución de las temperaturas a lo largo del valle se han utilizado los valores horarios obtenidos directamente de los diagramas.

Análisis y comparación con otras regiones

a) Temperaturas medias mensuales en 1965

En el Gráfico 18 se han registrado las temperaturas medias mensuales de las estaciones de Cubanea y de la Estación Experimental.

Huelga decir que un año de registros es un período muy corto para caracterizar el régimen térmico del valle propiamente dicho, pero trataremos de inferir algunas conclusiones, especialmente comparando los datos obtenidos en la Estación Experimental y Cubanea, más la información recogida en otros puntos del área del valle. Observando la figura más arriba mencionada, se aprecia para el mes de marzo un valor menor en la Estación Experimental que en Cubanea. Este hecho podría tener explicación considerando que la Estación Experimental se encuentran a solamente 30 km del mar, y Cubanea a 90 km. Además, el efecto moderador del océano es mayor a los 30 que a los 90 km y es probable que este efecto no llegue a manifestarse claramente en pleno verano, cuando las condiciones de continentalidad estival se encuentran más desarrolladas. A partir de junio se observan valores menores en Cubanea que en la Estación Experimental y, según las mismas consideraciones anteriores, se comprobaría que a estas alturas del año, el efecto marítimo de atenuar los descensos térmicos se manifiesta con mayor intensidad sobre la Estación Experimental que sobre Cubanea. A partir de septiembre se registran mayores valores en Cubanea que en la Estación Experimental, es decir, que el calentamiento continental es más efectivo en Cubanea que en la Estación Experimental, lo que equivale a decir que sobre esta última es más efectiva la acción refrescante del mar que sobre Cubanea.

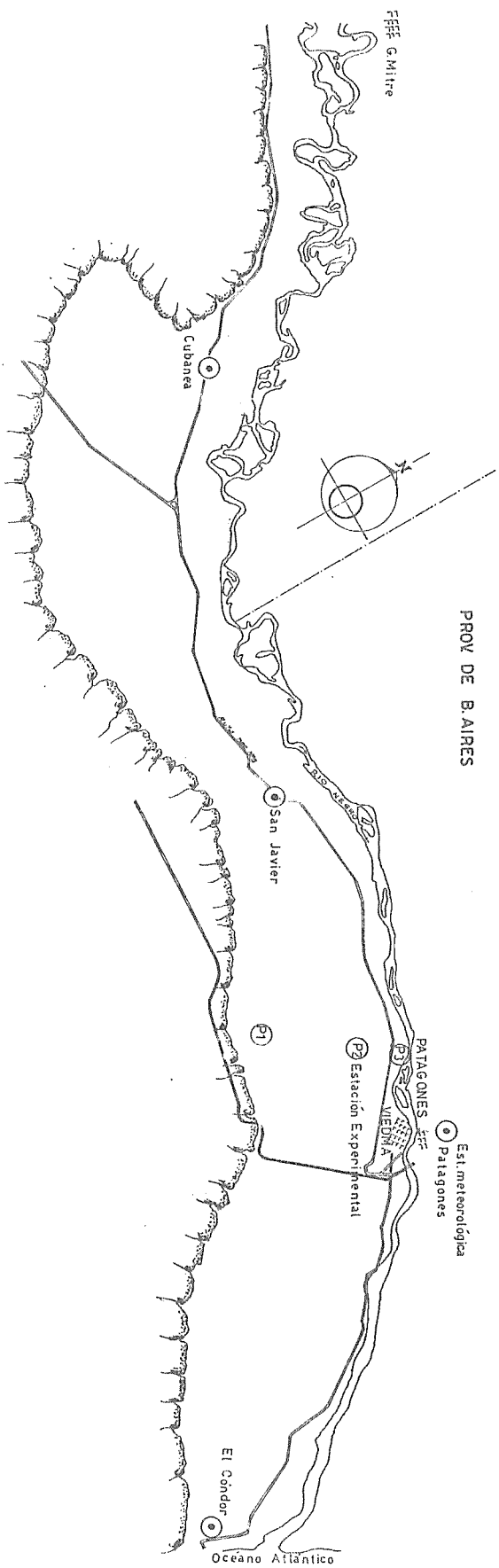
En el Gráfico 19 A y B se han registrado las temperaturas medias diarias de los meses de octubre y noviembre de 1965, obtenidas de los diagramas termográficos correspondientes a la estación de El Cóndor, la Estación Experimental y Cubanea. Se puede apreciar que, efectivamente, para la mayoría de los días considerados, se manifiesta un gradiente térmico de los valores en el sentido longitudinal del valle. Es decir que, desde la costa del mar hacia el interior continental, se produce un ascenso térmico en la estación de primavera.

Dada la posición geográfica del valle, cabe esperar entonces: que a medida que se adentra la primavera, los valores medios de la temperatura tengan un sentido ascendente desde la costa hacia el interior; que en verano tengan tendencia a igualarse; y que en otoño, hacia el invierno, se invierta el sentido y que, por lo tanto, los valores más bajos se registren en el interior del valle y asciendan hacia el mar.

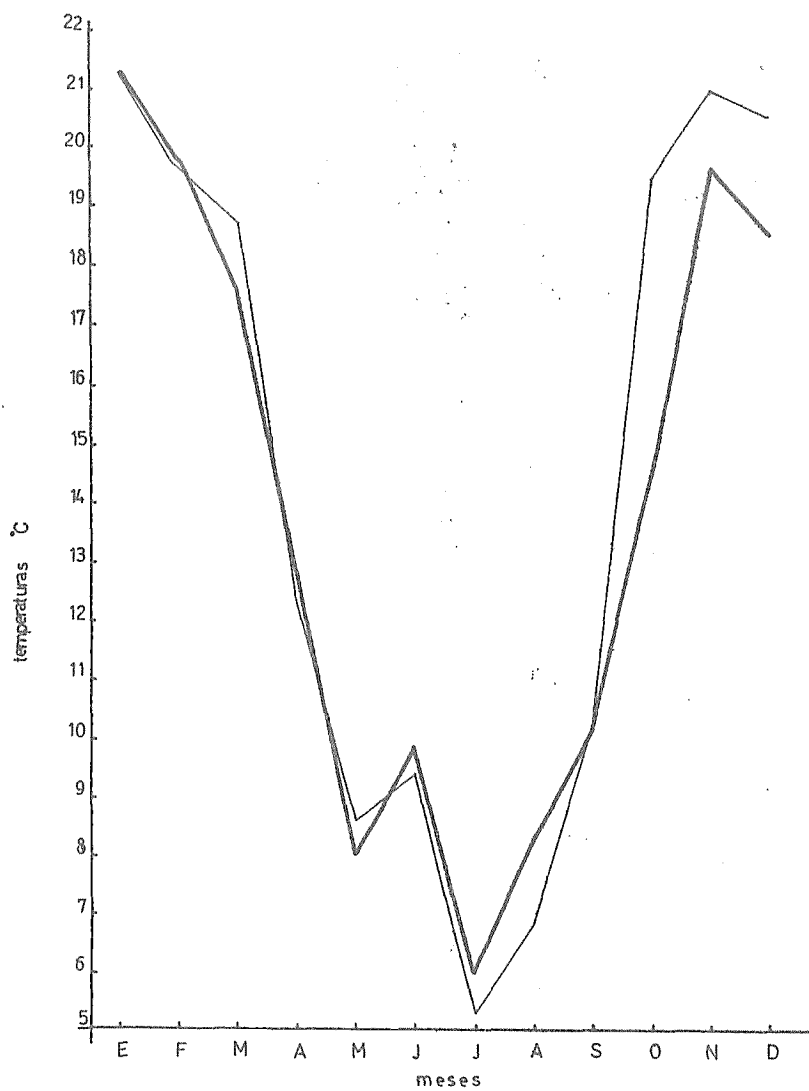
Cuando se observa el Gráfico 20, las curvas de la temperatura media correspondientes a Patagones y Cipolletti, distantes del mar aproximadamente 30 y 500 km, respectivamente, se ve que en primavera los valores de Cipolletti superan los de Patagones, que en verano la diferencia entre ambos es relativamente pequeña, y que a partir de marzo hasta septiembre los valores de Cipolletti son menores que los de Patagones. La diferencia entre ambas curvas, en invierno, es realmente notable, pero el mismo fenómeno se produce en pequeña escala a lo largo del valle. Es decir que, aparte de los muchos

UBICACION DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS DEL VALLE DE
VIEDMA

MAPA 7



TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES REGISTRADAS CON
TERMOGRAFO DURANTE EL AÑO 1965

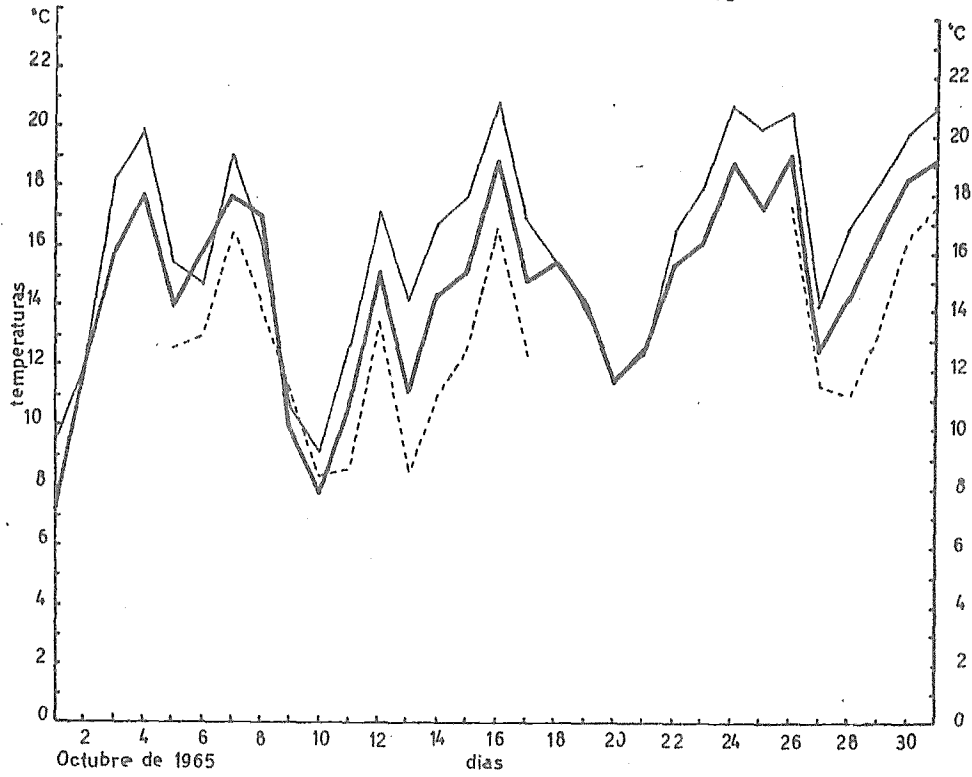


— Estación Experimental.

- - - Cubanea

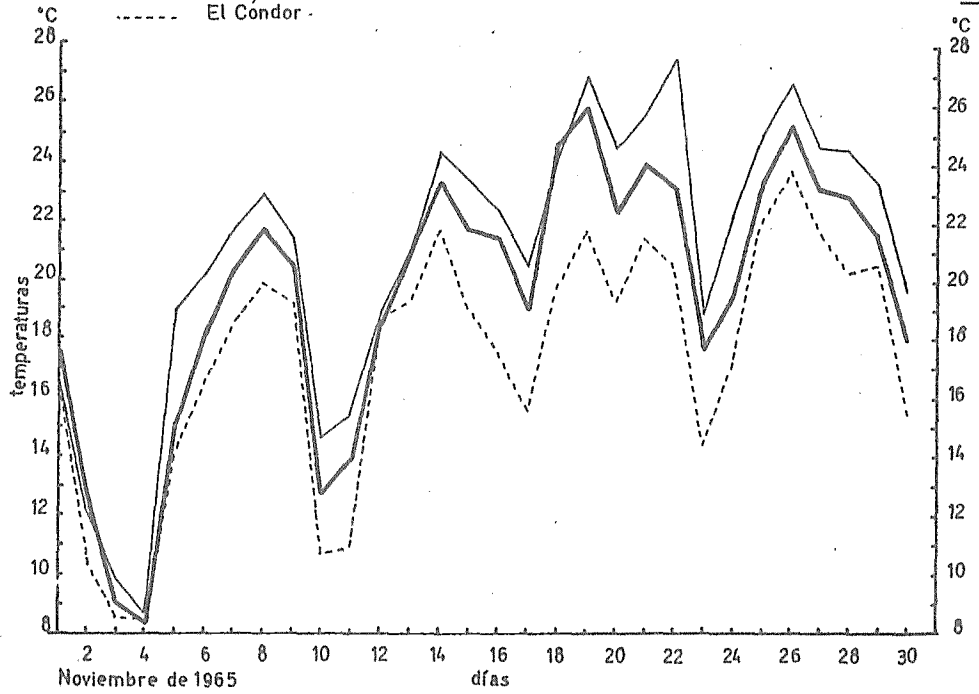
TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS

Gráfico 19 A



— Estacion Experimental
— Cubanea
- - - El Cóndor

Gráfico 19 B



TEMPERATURA MEDIA, 1901-1950, CUATRO LOCALIDADES

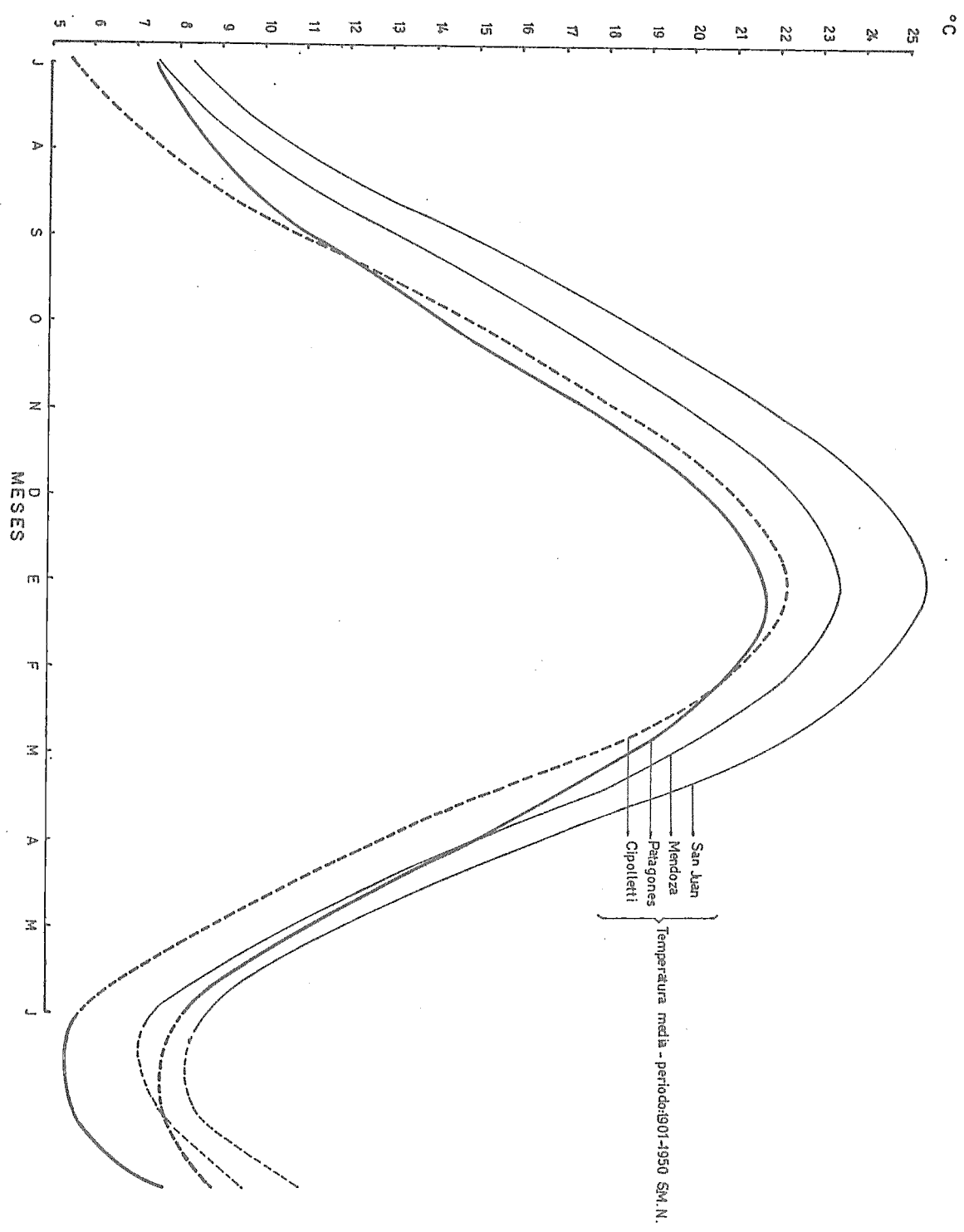
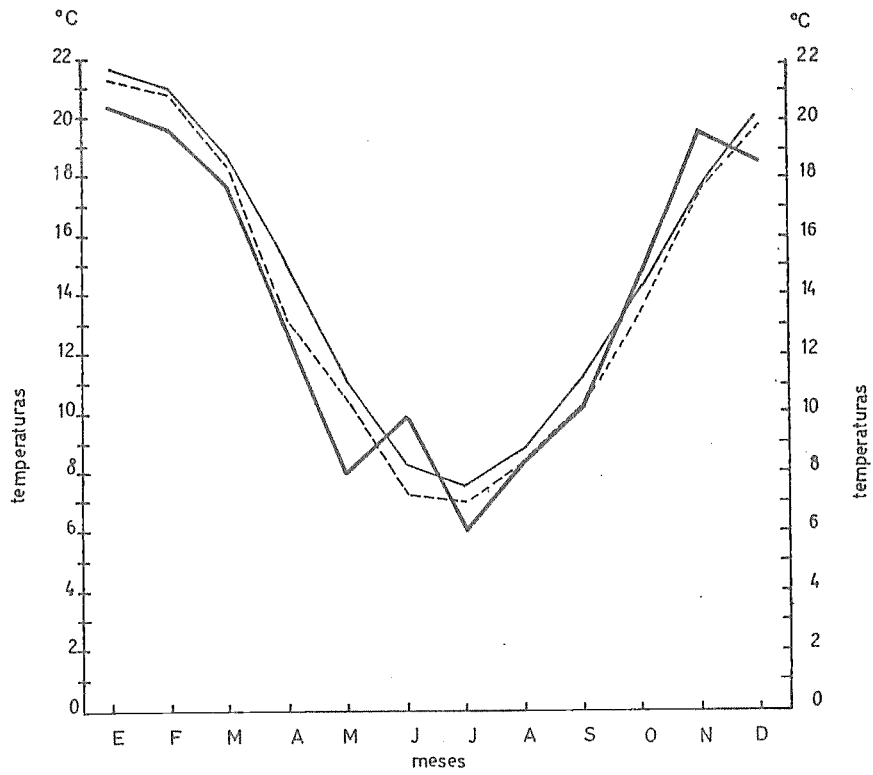


Gráfico 21

TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES, DOS LOCALIDADES EN DISTINTOS PERIODOS



— temperaturas medias mensuales regist. en 1965 en la Est. Experimental
- - - - - temperaturas medias mensuales 1901 - 1950 SMN, Patagones
- · - · - - temperaturas medias mensuales 1951 - 1960 SMN, Patagones

otros factores que intervienen en el fenómeno del calentamiento del aire y, por consiguiente, en la expresión de la temperatura de un lugar determinado, debe reconocerse como muy importante el efecto ejercido por el océano sobre el Valle de Viedma a pesar de que, según creemos, dicho efecto es fuertemente contrarrestado y no alcanza a profundizar mucho en el continente, debido al régimen de vientos.

Una particularidad que conviene señalar es la que se destaca de las curvas de los Gráficos 13, 15 y 20, y especialmente la penúltima: la comparación de Patagones con Cipolletti indica que las mayores diferencias entre ambas corresponden a las mínimas medias principalmente en otoño e invierno. Esto parece indicar que el efecto moderador marítimo más atempera los descensos térmicos que los valores máximos, ya que, si bien éstos son menores en Patagones que en Cipolletti, las diferencias absolutas entre las máximas medias son relativamente pequeñas en relación con las diferencias entre mínimas medias.

En el Gráfico 21 se observan las temperaturas medias mensuales computadas en 1965 en la Estación Experimental, y la de Patagones correspondientes a los períodos 1901-1950 y 1951-1960. La diferencia más importante entre ambas estaciones es la distinta altura sobre el nivel del mar en que se hallan ubicadas: Patagones a 40 m sobre el nivel del mar, y la Estación Experimental a 5 m sobre el nivel del mar. Dada la geografía regional, esa diferencia de altura solamente parece tener significación en la expresión de temperaturas mínimas. Volviendo a las curvas del Gráfico 21 puede decirse que es muy probable que las temperaturas medias en la Estación Experimental sean similares a las de Patagones, aspecto que se podrá verificar cuando se cuente con registros más largos en la primera.

b) Temperaturas máximas

No se ha hecho un análisis de la distribución de las temperaturas máximas obtenidas en los diversos puntos ubicados en el área del Valle. Una revisión de los datos disponibles permite apreciar que en pleno verano se alcanzan valores similares en toda el área. Alguna diferencia se observa si se circunscribe la comparación a zonas extremas como lo son El Cóndor y Cubanea; pero, exceptuando este caso, puede decirse que sobre la mayor parte del Valle y zonas vecinas, las temperaturas máximas son muy homogéneas. Los valores diarios registrados en la Estación Experimental son prácticamente iguales a los registrados en la Estación Meteorológica de Patagones, lo que permite afirmar que por ahora no es necesario un mayor análisis sobre este aspecto. Por otra parte, desde el punto de vista agrícola, la diferencia de 1 a 2° C en los valores de las temperaturas máximas no tiene mucha significación.

c) Temperaturas mínimas - Heladas

En este punto se tratará de extraer el máximo provecho de la información disponible, ya que se considera que los registros de temperaturas mínimas correspondientes a diversos puntos del área del Valle, son excesivamente cortos para que puedan caracterizar el régimen de heladas del mismo. Por otra parte, el registro de los valores mínimos por sí solo resulta de un valor relativo si se quiere llegar a evaluar en detalle aspectos tales como probabilidad de daños y la incidencia de los mismos sobre los diversos cultivos posibles. En consecuencia, la importancia que tendrá el tratamiento que se hará del tema consistirá en el aporte de informaciones con el objeto de llegar a un mejor conocimiento de las condiciones regionales, y de formar un concepto sobre cuáles cultivos tendrán mayores posibilidades de éxito.

Las temperaturas mínimas como factor agrometeorológico adquieren importancia en la República Argentina, ya que en su extenso territorio no se ha encontrado ningún punto que esté totalmente exento de temperaturas iguales o menores a 0° C.

En el país, el problema de las heladas no ha sido suficientemente estudiado, ni en un sentido estrictamente agrometeorológico, ni como en el aspecto del desarrollo de las técnicas más eficaces para evitar o atenuar los daños que ellas causan, año tras año, a una gran variedad de cultivos.

Teniendo en cuenta este especial interés que gira en torno de las temperaturas mínimas, puede señalarse, en líneas generales, que el Valle de Viedma y su zona circundante se encuentran ventajosamente situados.

Del estudio realizado por Bosso y Burgos (1947) y por Burgos (1963), se desprende que el régimen de heladas en Patagones y zonas vecinas es más benigno que en cualquier otra región de las Provincias de Río Negro, Neuquén, La Pampa, gran parte de Mendoza y sur de Buenos Aires. Por lo tanto se infiere que, en el Valle de Viedma, la probabilidad de daños será menor y en el caso de ocurrir, cabe esperar que no sean considerables. Claro está que estos aspectos dependen principalmente de las especies a cultivar e incluso de las técnicas de cultivo.

Considerando los estudios realizados anteriormente en base a los registros meteorológicos de Patagones y los datos obtenidos en el corto lapso de observaciones realizadas en el Valle, se puede afirmar que el régimen de temperaturas mínimas y de heladas tiene características particulares en relación con otros puntos más continentales. En efecto, recordando las consideraciones y descripciones más arriba enunciadas relativas a las condiciones térmicas normales para la región del Valle de Viedma, en base a los datos registrados en Patagones, se mencionaba entre otras cosas que esta región está fuera de fase en el tiempo, en cuanto a la manifestación de las estaciones en relación con los otros puntos del país utilizados como referencia comparativa.

Analizando más en detalle el régimen de temperaturas mínimas para la región del Valle de Viedma y utilizando los registros de Patagones, se verifica una vez más este aspecto del retraso térmico estacional. El fenómeno no tendría mayor importancia suponiendo que los cultivos siguiesen el mismo ritmo, retrasando sus fases fenológicas, pero en el complejo ambiental se interrelacionan múltiples elementos del clima regional. Así es que, aunque uno o varios factores se presenten en forma adecuada, no bastan para frenar, sin daño, ciertos procesos vegetales que otros factores del medio, tales como el frío invernal, la longitud del día, etc., ya han preparado y desencadenado.

Esta falta de integración total de planta y clima, por supuesto, se manifiesta marcadamente al transplantar especies exóticas a la región, y especialmente aquellas procedentes del hemisferio norte. Hacia fines del invierno la longitud del día va en aumento y también naturalmente, el tiempo de insolación, cuyo porcentaje de horas efectivas también sufre un incremento debido a que la nubosidad desciende a medida que se aproxima el período estival. Entonces aquellos vegetales (especialmente los perennes caducifolios) que ya han satisfecho sus requerimientos en bajas temperaturas invernales y tenido descanso fisiológico, encuentran condiciones para la floración y brote relativamente temprano (agosto-septiembre), pero en estos meses la probabilidad de heladas y, por consiguiente de daños, es alta a pesar de que el régimen sea más benigno que en otras localidades.

Los Gráficos 22 y 23 construidos con los registros medios de dos décadas ^{1/}, 1941-1950 y 1951-1960, evidencian que las curvas de frecuencias medias de días con heladas para Patagones son planas, es decir bajas frecuencias mensuales, pero que el punto eje de frecuencias mensuales se ubica aproximadamente a principios de agosto, mientras que en las demás localidades, en general, ocurre por lo menos 15 días antes.

Tomando como base la información de las dos décadas mencionadas, se han seleccionado 12 localidades y calculado el porcentaje de frecuencia para los meses de septiembre, octubre y noviembre (primavera) y para los meses de marzo, abril y mayo (otoño), relacionando para uno y otro caso la suma de frecuencia de cada grupo con un total anual.

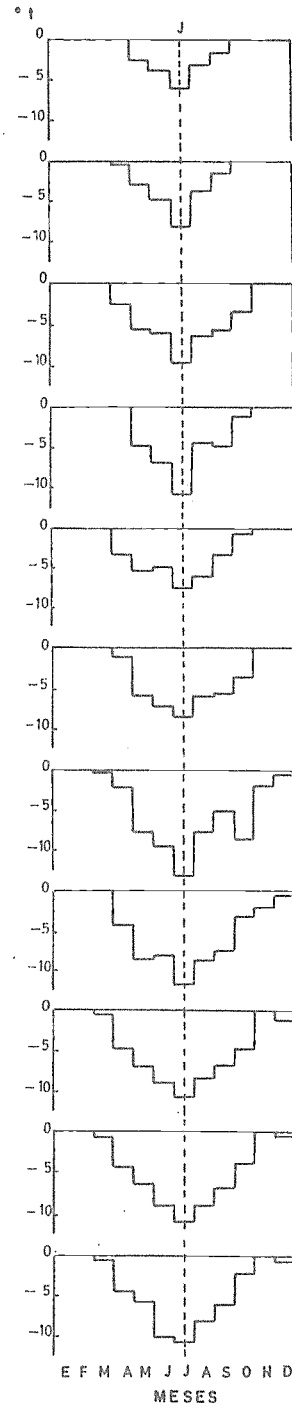
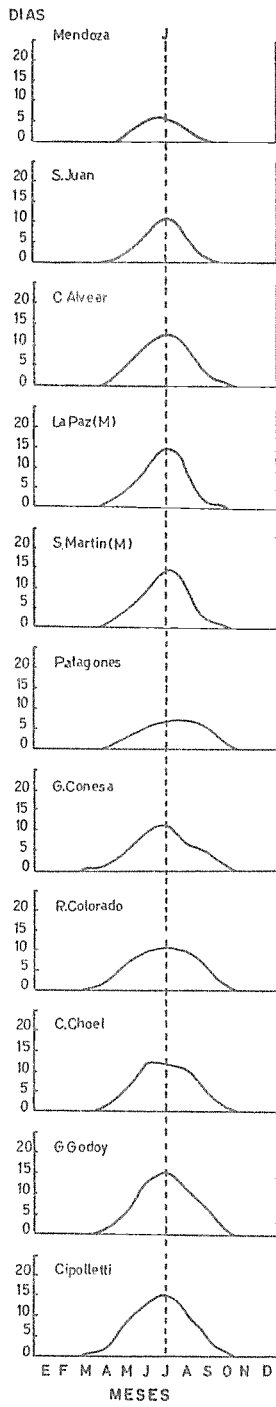
Los resultados se encuentran volcados en el Cuadro 14 donde se puede apreciar, en el caso particular de Patagones, que en los meses de septiembre, octubre y noviembre (primavera) se producen entre el 15 y 20 por ciento de las heladas anuales.

^{1/} SMN - Estadísticas Climatológicas 1941-1950; B₁ N° 3 e id. 1951-60; B₁ N° 6.

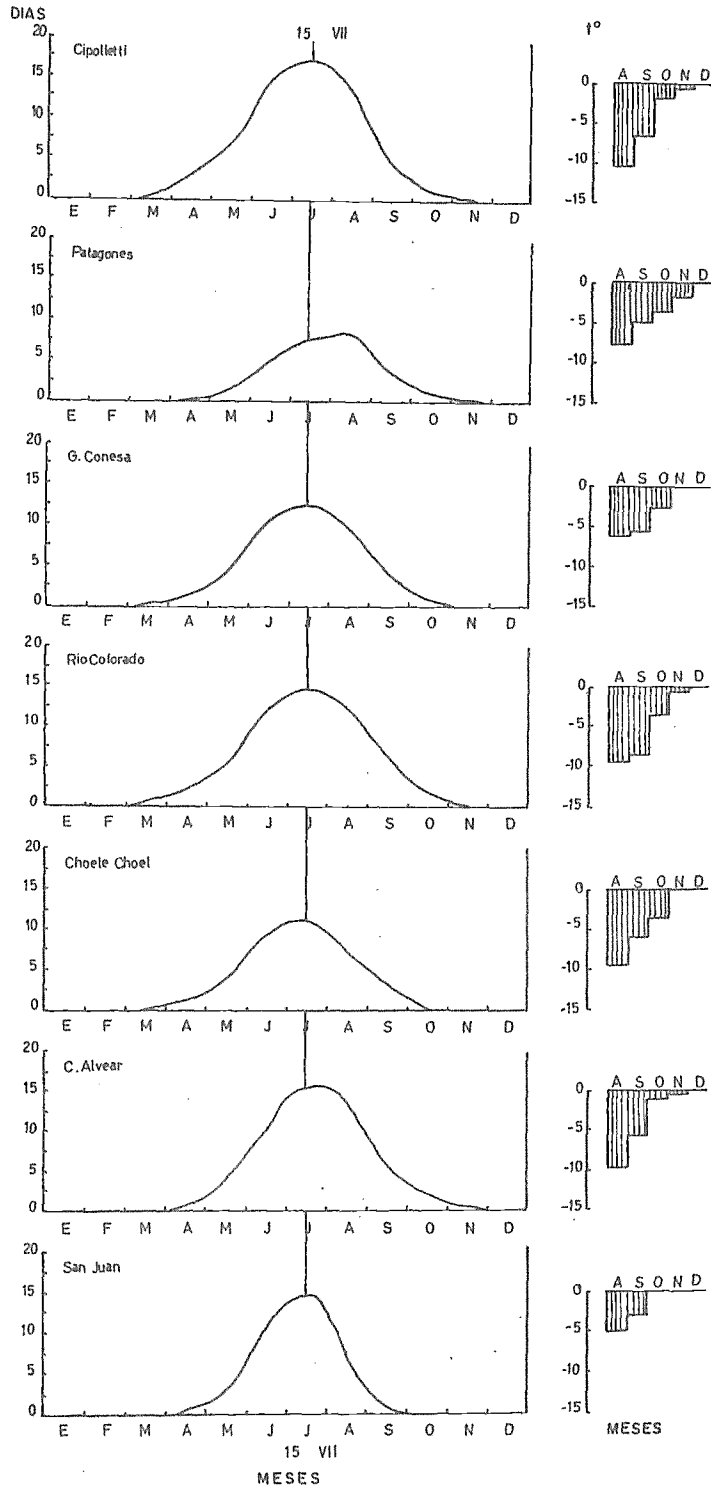
FRECUENCIA MEDIA DE DIAS CON HELADAS Y TEMPERATURA MINIMA ABSOLUTA, 1951-1960

FRECUENCIA MEDIA DE DIAS CON HELADAS
PERIODO 1951-1960 - S.M.N.

TEMPERATURA MINIMA ABSOLUTA
PERIODO 1951-1960 - S.M.N.



FRECUENCIA MEDIA DE DIAS CON HELADAS Y TEMPERATURA
MINIMA ABSOLUTA 1941 - 1950



Temperatura mínima absoluta - agosto, septiembre, octubre y noviembre - período 1941-1950-S.M.H.

Cuadro 14

FRECUENCIA MEDIA DE DIAS CON HELADAS Y PORCENTAJES DE FRECUENCIAS EN
PRIMAVERA Y OTOÑO - PERIODOS 1941-1950; 1951-1960

Localidad	frecuencia anual media	%	frecuencia media de dias con heladas									%	
			otoño			invierno							primave ral
			M	A	M	J	J	A	S	O	N		
MENDOZA	1944-50 1951-60	16,1 13,9	8,6 5,0	0,3 0,7	1,0 0,7	4,7 4,0	5,6 6,0	3,3 3,0	1,2 0,2			7,4 1,4	
SAN JUAN	1941-50 1951-60	36,0 27,9	8,0 7,4	0,3 0,1	2,6 2,0	10,9 7,0	14,6 12,0	6,9 6,0	0,7 0,6			1,9 2,8	
PATAGONES	1941-50 1951-60	27,1 30,3	7,0 10,8	0,4 0,3	1,5 3,0	5,3 6,0	7,6 8,0	8,1 7,0	2,9 5,0	1,2 1,0	0,1	15,4 19,8	
SAN MARTIN	1952-60	36,1	13,8		1,0	4,0	8,0	4,0	8,0	1,0	0,1	3,0	
COL. ALVEAR	1941-50 1951-60	51,7 40,8	7,5 13,5	0,7 0,5	3,2 5,0	10,8 9,0	15,6 13,0	13,9 10,0	5,3 3,0	2,0 0,3	0,2	14,5 6,0	
LA PAZ	1941-50 1951-60	46,3 37,4	8,2 11,2	0,6 0,2	3,0 4,0	12,0 9,0	18,8 14,0	8,8 9,0	2,8 1,0	0,1 0,2		6,2 3,2	
RIO COLORADO	1941-50 1951-60	53,8 47,4	14,6 19,4	0,7 0,2	2,0 2,0	5,2 7,0	12,1 10,0	14,2 11,0	12,0 10,0	5,7 6,0	1,8 1,0	0,1 0,1	14,1 14,9
G. CONESA	1941-50 1951-60	41,1 39,2	13,8 13,0	0,1 0,1	1,4 1,0	4,2 4,0	10,3 9,0	12,3 12,0	9,2 7,0	3,3 5,0	0,3 1,0	7,8 15,3	
CHOELE CHOEL	1941-50 1951-60	36,4 49,2	13,0 16,4	0,1 0,1	1,4 2,0	3,8 6,0	9,2 13,0	11,0 12,0	7,3 11,0	3,0 4,0	0,6 1,0	9,8 10,1	
G. GODOY	1941-50 1951-60	63,5 56,3	17,0 14,5	0,4 0,2	2,8 8,0	7,6 6,0	15,0 13,0	16,7 15,0	13,6 12,0	4,2 7,0	1,2 1,0	8,5 14,2	
CIPOLLETTI	1941-50 1951-60	60,6 52,8	18,0 19,1	0,3 0,1	3,3 2,0	7,4 8,0	14,6 13,0	17,3 15,0	12,7 10,0	4,1 4,0	1,0 0,6	8,5 8,7	
G. GOMEZ	1941-50 1951-60	74,5 74,4	15,8 15,1	0,4 0,3	3,2 2,0	8,2 9,0	17,3 17,0	21,3 20,0	15,8 16,0	6,5 7,0	1,7 2,0	0,1 1,0	11,1 13,4

Cabe destacar que si bien el porcentaje no indica si son menos o más numerosas que en otras localidades, sí establece una comparación proporcional y, según ese criterio, resulta que Patagones es el punto que acusa mayor proporción de heladas primaverales de todos los considerados. En cambio, para el otoño, se presenta una situación muy favorable, ya que solamente del 7 al 11 por ciento de las heladas se producen en ese período; además no se registra ninguna frecuencia en el mes de marzo, y en abril habría una helada cada 10 años. De estas breves consideraciones se desprende, a nuestro juicio, que los riesgos de daños son mayores en primavera que en otoño. De allí también que Patagones, en rigor, presenta un régimen en heladas primaverales que se acerca mucho al de otras localidades de Río Negro, aunque un poco más moderado. No así en otoño, estación que netamente se destaca por la menor frecuencia y menores registros absolutos.

En el Gráfico 24 se han trazado las temperaturas mínimas medias de marzo, abril, mayo y junio, y en el Gráfico 25 las de agosto, septiembre, octubre y noviembre del período 1951-1960, en 10 localidades del país, todas ellas de zonas de regadío.

En el Gráfico 24 se destaca Patagones con una temperatura mínima media en marzo sólo superada por San Juan, Mendoza, La Paz y San Martín, mientras que las demás localidades se ubican debajo de ella. En el mes de mayo, solamente Mendoza supera a Patagones.

Vemos en el Gráfico 25 que en agosto sólo San Juan y Mendoza tienen valores superiores a Patagones; sin embargo, en el mes de octubre el valor de la temperatura mínima media de Patagones coincide con el de Choel Choel, y es el más bajo con respecto a las 8 localidades restantes (ver Cuadro 15).

En resumen, la región del Valle de Viedma se caracteriza por una primavera fría y un otoño templado. Se verá que el mes de octubre es el que presenta mayores riesgos de daños por heladas. Además es evidente que la primavera no presenta condiciones ideales para cultivos hortícolas sensibles a las bajas temperaturas; por lo tanto, las primicias en ese sentido son aleatorias. En cambio, el otoño se manifiesta propicio para producciones tardías o semitardías.

Con el fin de proporcionar una mayor información referente a este aspecto tan importante del clima regional, y teniendo en cuenta que las consideraciones anteriores sólo se refieren a dos décadas, nos ocuparemos ahora de comentar otros estudios basados en períodos más prolongados.

En las Figuras 14 y 15 sobre el mapa del país se indica, por medio de isolíneas, la fecha media de la primera y última helada. En el caso de la primera, vemos que por la región del Valle de Viedma pasan tres isolíneas: una a la altura de Viedma, que indica como fecha media el 1-VI, otra entre San Javier y Cubanea, que indica el 21-V, y otra a la altura de la Primera Angostura (Bocatoma) que indica el 11-V. En ninguna otra región bajo riego de la Provincia de Río Negro se señalan fechas medias de primera helada tan avanzadas en otoño como las que acabamos de ver para el Valle de Viedma. Igual consideración cabe formular para las fechas medias de última helada: dos isolíneas interesan la región de Viedma: la más cercana al mar indica el 11-IX; la que pasa aproximadamente por el extremo superior del valle indica el 21-IX. También en este caso se destaca la región de Viedma notablemente, pues en las otras zonas de riego de Río Negro se señalan fechas que corresponden, en general, a un mes más tarde.

En el Gráfico 26 se puede apreciar gráficamente las fechas medias de primera y última helada, su desviación típica en días y el período libre de helada para ocho localidades en las que se incluye Patagones.

Estas características determinan para la región del Valle de Viedma condiciones realmente interesantes; sin embargo, conviene tener cautela en la programación y plantación de cultivos perennes porque, aparte de las consideraciones anteriores, se debe tener en cuenta que la variabilidad de las fechas medias señaladas es grande (alrededor de 20 a 25 días tanto para la primera como para la última helada).

Gráfico 24

TEMPERATURA MINIMA MEDIA, 1951-1960, MESES DE MARZO, ABRIL, MAYO Y JUNIO

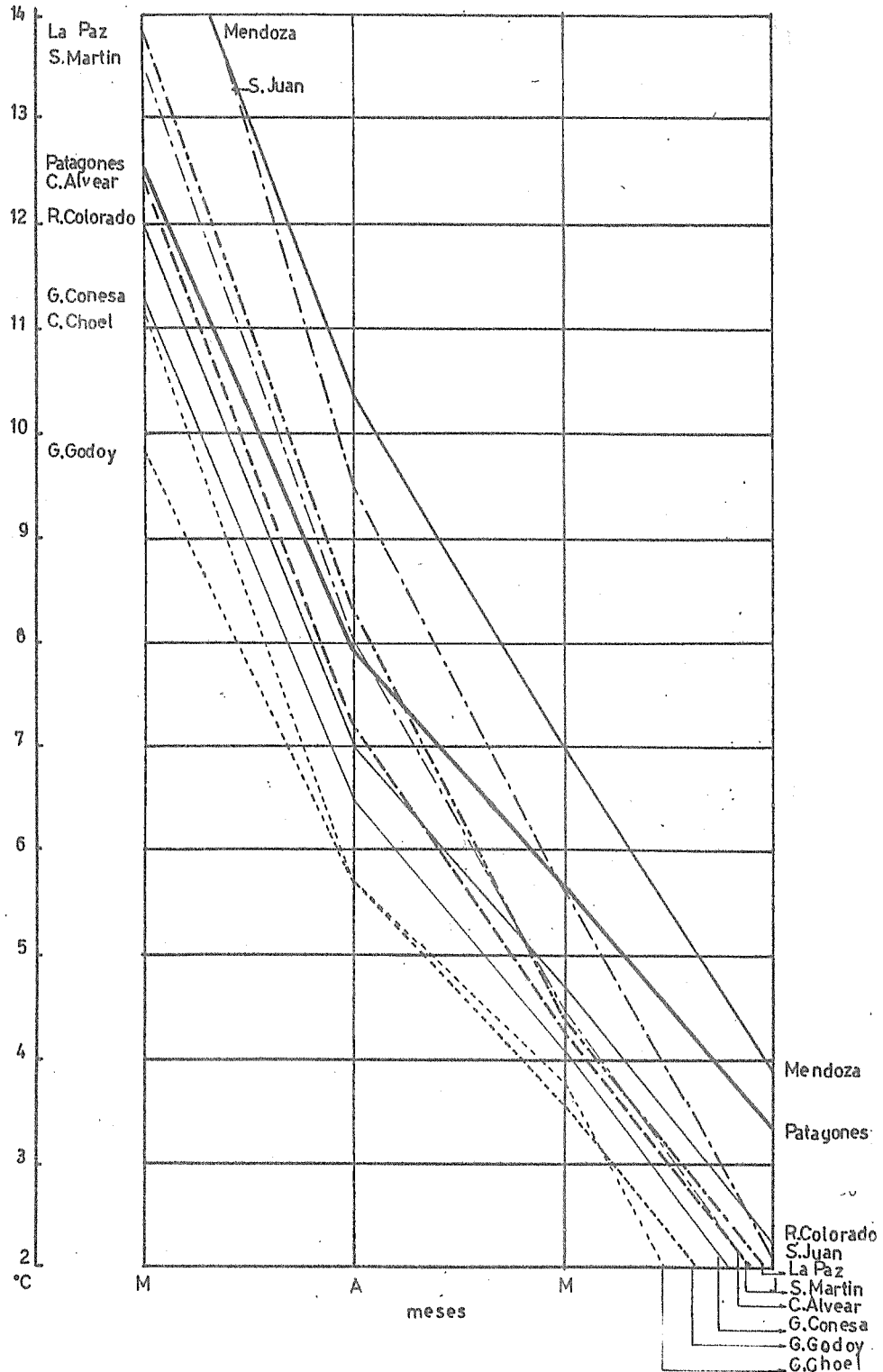
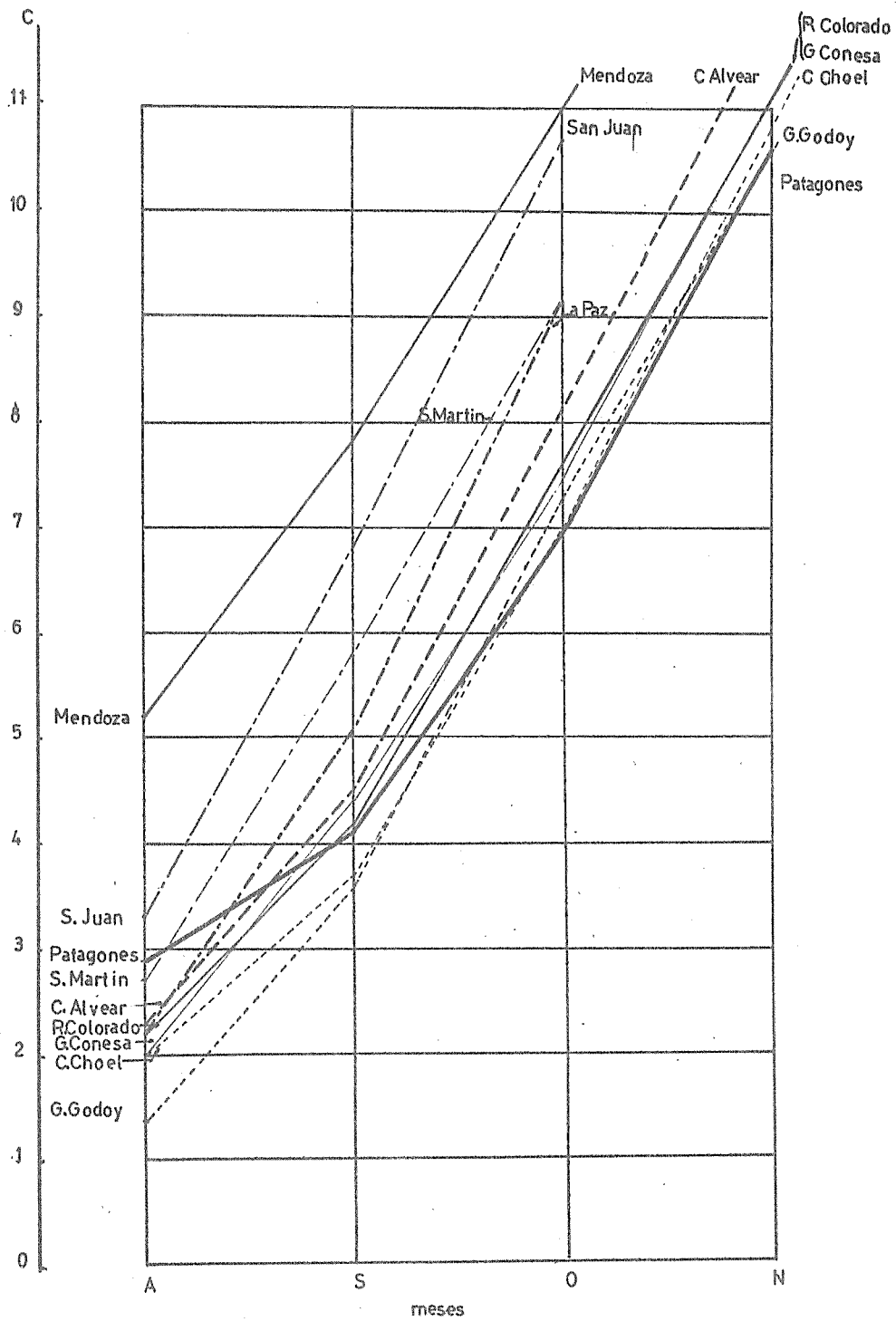


Gráfico 25

TEMPERATURA MINIMA MEDIA, MESES DE AGOSTO, SEPTIEMBRE, OCTUBRE Y NOVIEMBRE

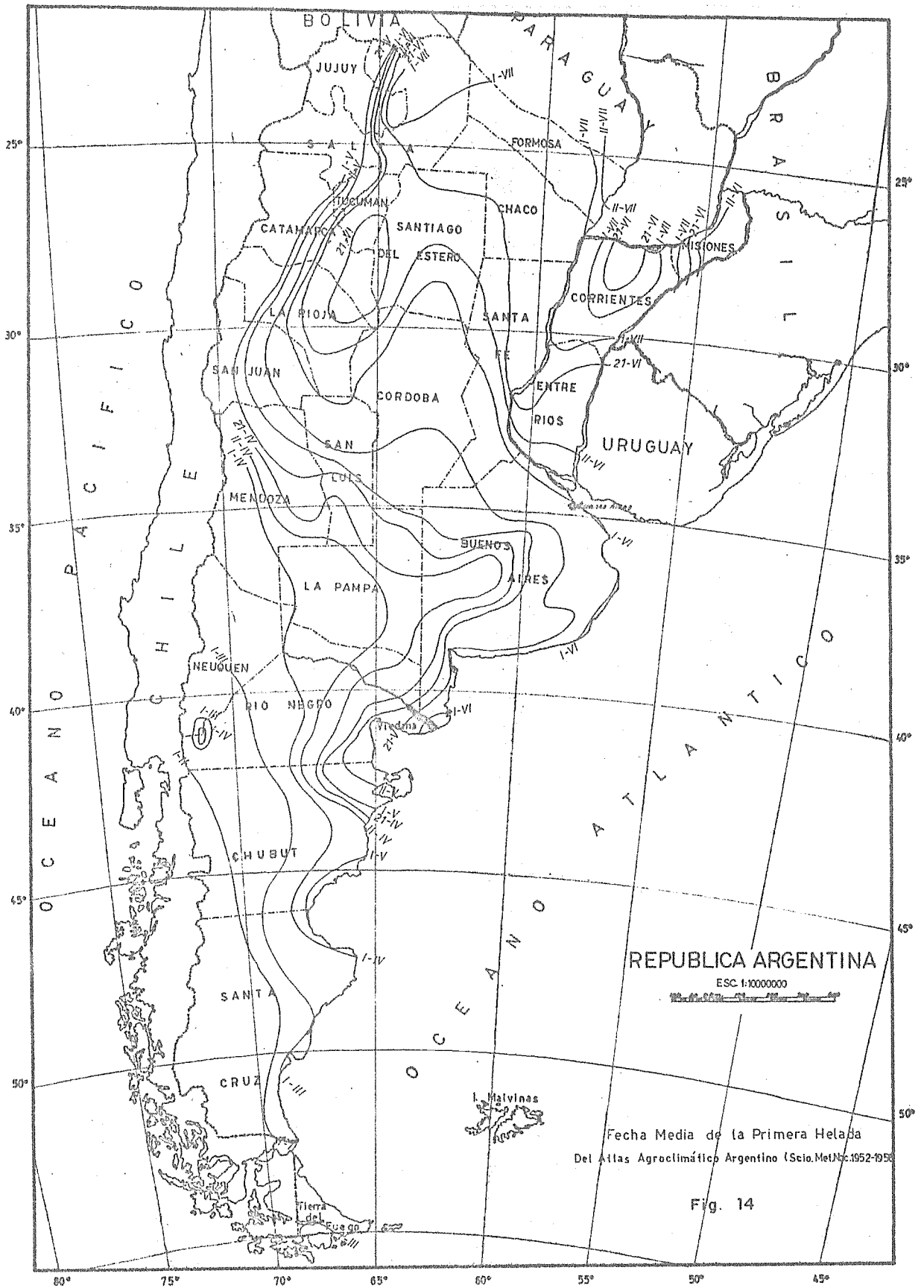


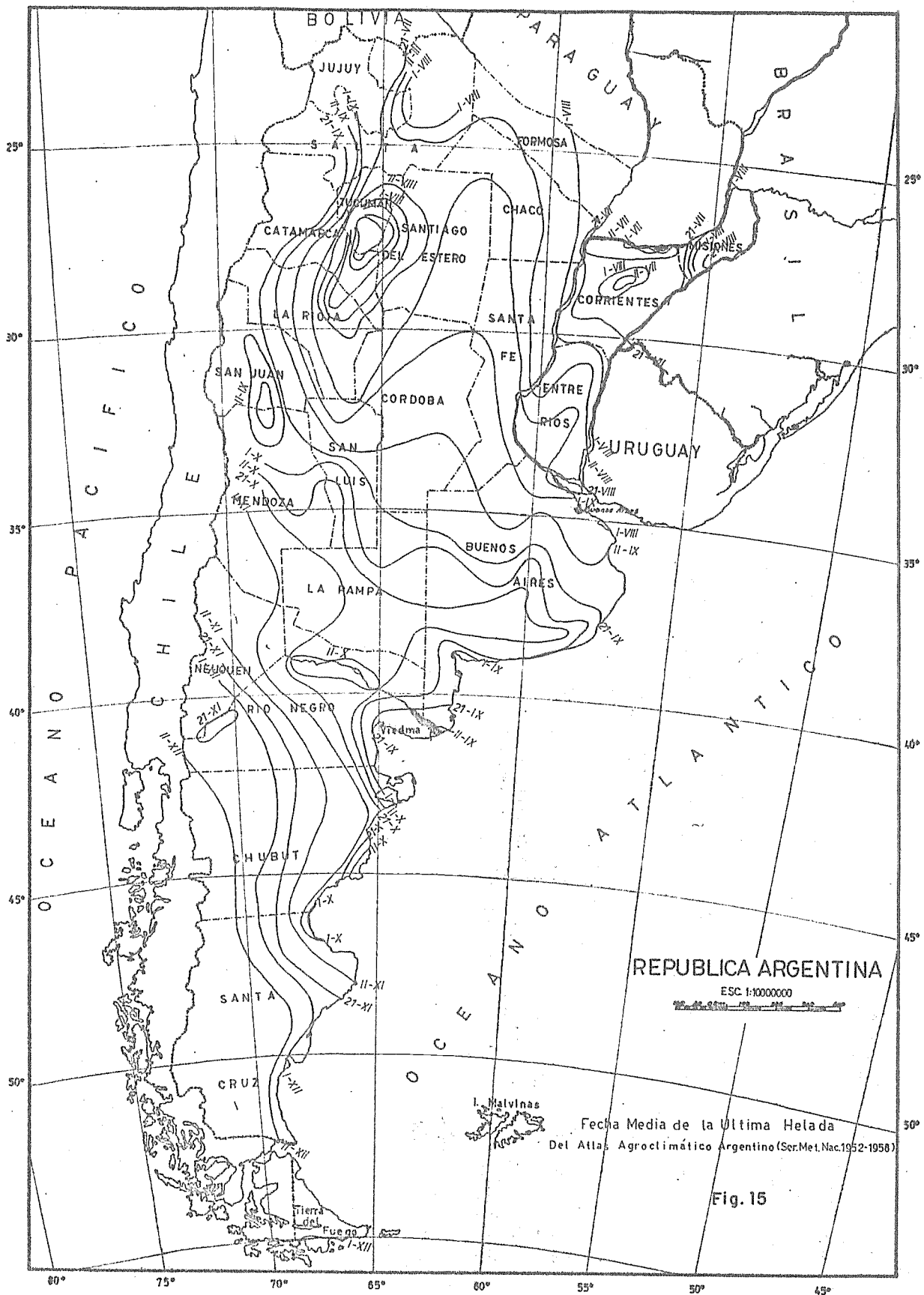
Cuadro 15

TEMPERATURAS MINIMAS MEDIAS, 1951 - 60

Scio. Met. Nac.

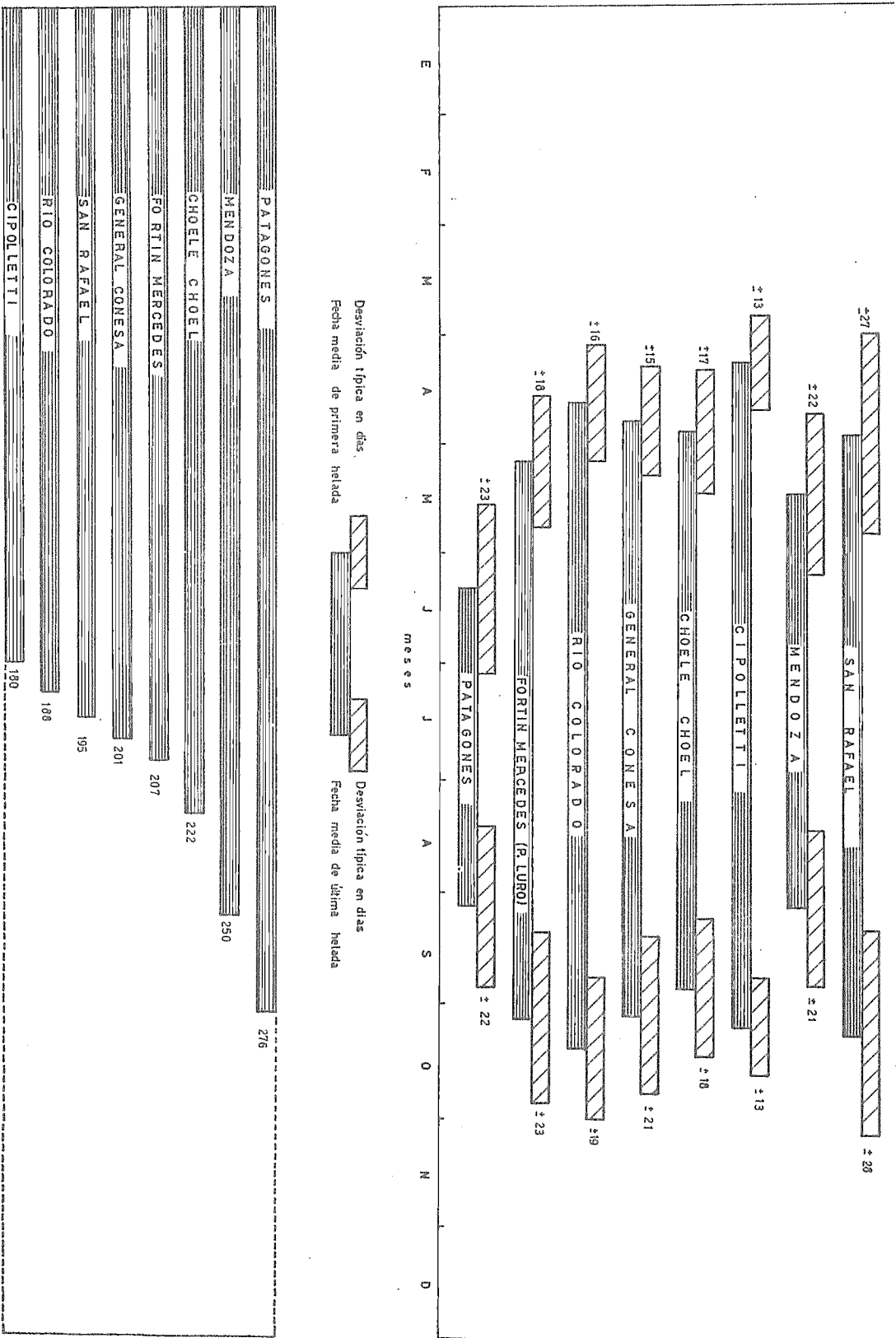
AGOSTO	T°	SEPTIEMBRE	T°	OCTUBRE	T°	NOVIEMBRE	T°
Mendoza	5.4	Mendoza	7.8	Mendoza	11.0	Mendoza	15.3
San Juan	3.2	San Juan	5.8	San Juan	10.7	San Juan	15.2
<u>Patagones</u>	2.2	San Martín	5.8	San Martín	9.2	La Paz	13.9
San Martín	2.7	La Paz	5.1	La Paz	9.2	San Martín	13.1
C. Alvear	2.2	C. Alvear	4.5	C. Alvear	8.1	C. Alvear	11.9
La Paz	2.2	G. Conesa	4.4	R. Colorado	7.6	R. Colorado	11.1
Río Colorado	2.2	Río Colorado	4.2	G. Conesa	7.5	G. Conesa	11.1
G. Conesa	2.0	<u>Patagones</u>	4.1	G. Godoy	7.3	Choele Choel	10.8
Choele Choel	2.0	Choele Choel	3.7	Choele Choel	7.0	G. Godoy	10.6
G. Godoy	1.4	G. Godoy	3.6	<u>Patagones</u>	7.0	<u>Patagones</u>	10.6





PERIODO LIBRE DE HELADAS, EN DIAS

Gráfico 26



Por otra parte se considera que existe gran discrepancia entre la frecuencia media anual de días con heladas registradas en el período 1901-1950 y los períodos decádicos de 1941-1950 y 1951-1960; en el primero se indica el valor de 16,3 días y en los siguientes 27,1 y 30,3 días respectivamente. En consecuencia parece necesario estudiar más en detalle tales aspectos, dado que las cifras mencionadas sugieren una alternancia de ciclos relativamente largos de muy baja frecuencia de heladas, y otros de alta frecuencia. En las Figuras 16 y 17 sobre mapas de la Argentina, se puede apreciar por medio de isolíneas, el índice criokindinoscópico (CK) de primera y última helada, en grados centígrados. Este índice trata de establecer el peligro de heladas otoñales y primaverales. Cuanto más alto es, mayor peligro señala.

Burgos (1947) define como índice criokindinoscópico "de las últimas heladas o primeras, la temperatura media del aire en la fecha que corresponde a una misma probabilidad de helada.

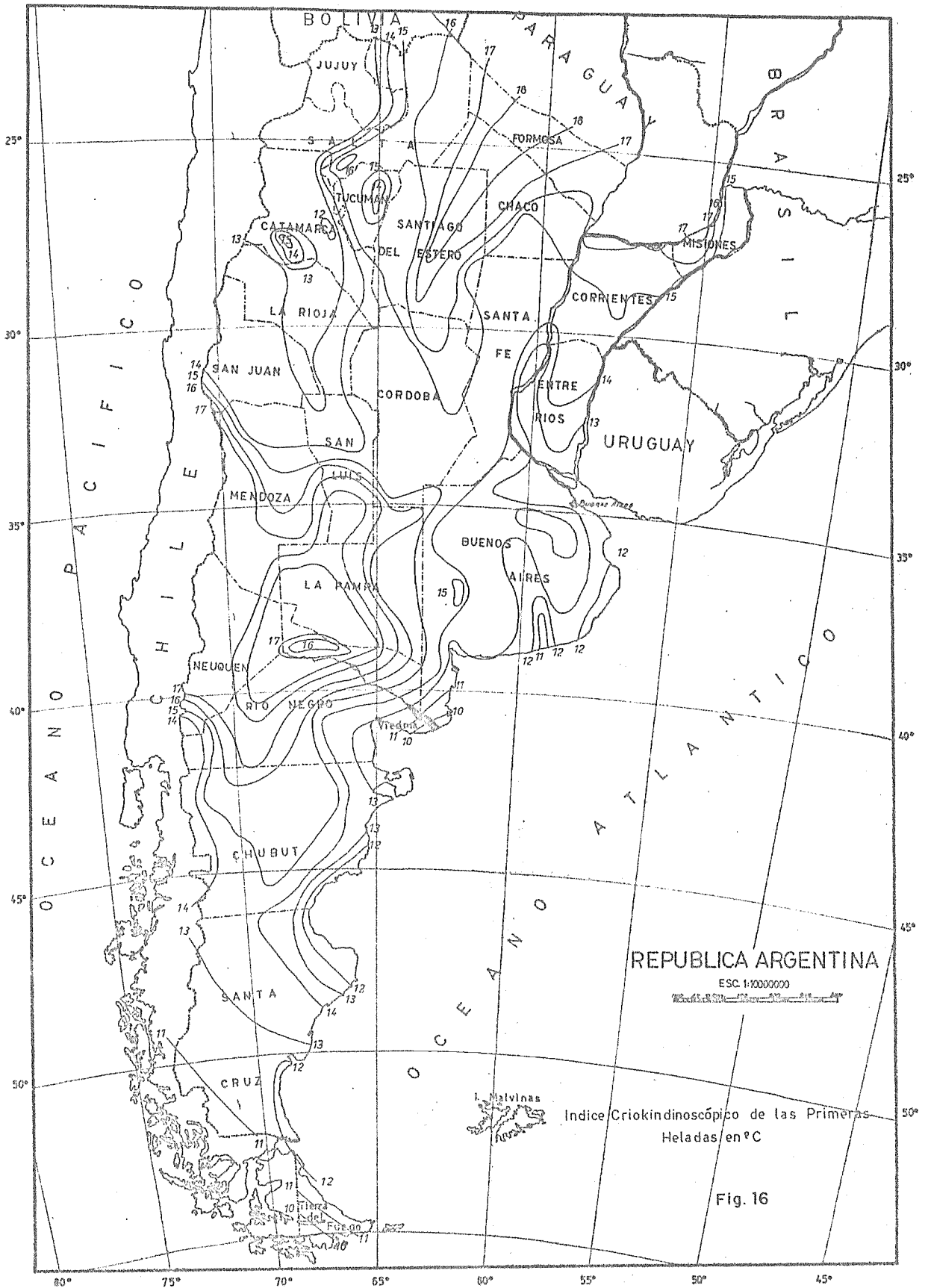
"Así, por índice criokindinoscópico (CK) de las últimas heladas, se considera la temperatura normal del aire en la fecha después de la cual es probable que ocurran heladas en un año de cada cinco. Igualmente, como índice CK de las primeras heladas, se considera la temperatura normal del aire en la fecha antes de la cual es probable que ocurran heladas en un año de cada cinco.

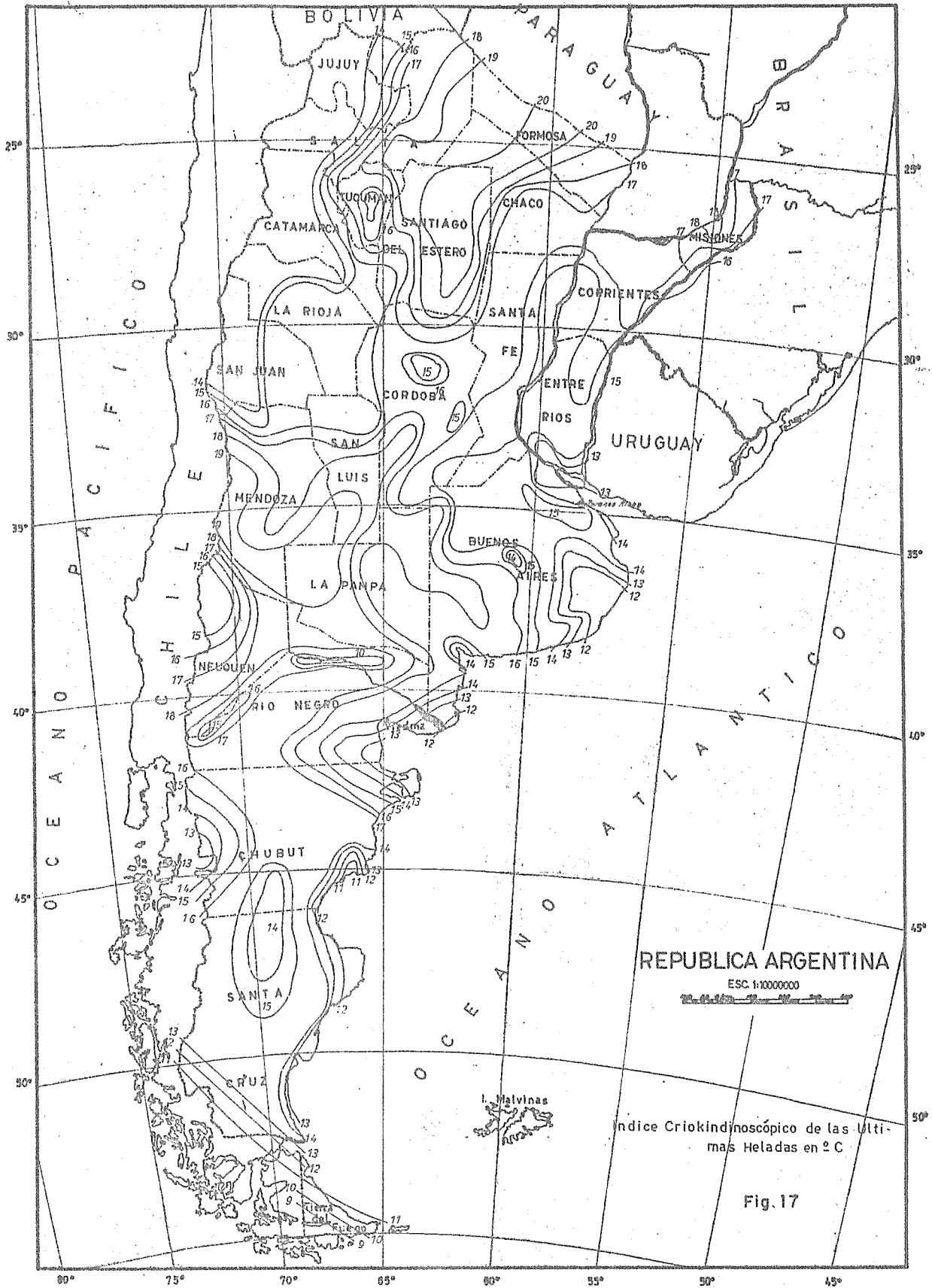
"En la forma descrita, el peligro de las últimas y primeras heladas quedaría expresado por una magnitud de la temperatura media normal del aire. Cuanto mayor resulta el índice CK, tanto mayor será el daño que ocasionarán esas heladas, sobre todo si las demás condiciones climáticas como ser la intensidad del frío invernal y el período libre de heladas, que también influyen en el proceso fenológico de las plantas, son similares."

Observando las isolíneas del índice CK y teniendo en cuenta la definición del referido autor, evidentemente la región del Valle de Viedma acusa, prácticamente, los menores peligros del país tanto para las últimas como para las primeras heladas. Solamente ofrecen condiciones similares la zona sudeste de la provincia de Buenos Aires y algunos puntos muy próximos a la costa en el litoral patagónico. Señálase que Burgos (1963) advierte, para las regiones que reciben influencia marina, una tendencia a manifestar menores índices CK que las que están sometidas a regímenes continentales.

Seguidamente se tratará de ilustrar acerca de la ocurrencia de heladas en el valle, con relación a la Estación Meteorológica de Patagones. En los datos seleccionados en la Estación Experimental, desde agosto de 1964 hasta noviembre de 1965, se observaron 74 casos de temperatura igual o inferior a 0° C y, en el mismo tiempo, 51 casos en Patagones. En general, se puede estimar en -2° C la diferencia más corriente entre la Estación Experimental y Patagones; es decir, que en la Estación Experimental se deben esperar más heladas y más intensas que en Patagones; sin embargo, no siempre ocurre así, pues hay días en que se han observado registros más bajos en Patagones. Pero por razones topográficas tienen que ocurrir descensos mayores en la Estación Experimental ya que este punto del valle se encuentra a 4 ó 5 km de la Estación Meteorológica de Patagones y a unos 35 m más bajo que ésta.

Normalmente los lugares más bajos sufren mayores descensos térmicos a raíz de la caída y estacionamiento del aire enfriado en los lugares más altos. Por lo cual conviene señalar la necesidad de contar con registros de heladas más extensos con valores obtenidos en el valle, a fin de lograr un acertado conocimiento de este factor agrometeorológico. Este estudio relacionado con la distribución de temperaturas mínimas, debería abarcar más de un punto, dado que las condiciones geográficas son muy propicias para generar situaciones poco menos que imprevisibles en la manifestación de las heladas. A las características geográficas y topográficas, se suman la dirección y velocidad del viento, más las condiciones puramente locales.





Figuran a continuación algunos casos seleccionados dentro del corto tiempo de registros, con el fin de señalar algunas de las características que presentó la distribución de mínimas en el área del valle.

Caso 1: En el Gráfico 27 se han registrado las temperaturas cada 2 horas, desde las 20 horas del día 21 de agosto, hasta las 20 horas del día 26 del mismo mes (1965). Los valores corresponden a la Estación Experimental, Cubanea y El Cóndor. En el período considerado se produjeron fuertes heladas. Sobre el gráfico de referencia se puede señalar que en Cubanea los descensos térmicos, en general, fueron notablemente mayores que en la Estación Experimental y El Cóndor; en El Cóndor, a pesar de encontrarse muy cerca del mar, hubo descensos mayores que en la Estación Experimental.

Caso 2: En el Gráfico 28 en que también se vuelca la marcha de la temperatura cada 2 horas, desde las 20 horas del día 2 de septiembre, hasta las 12 horas del día 6 del mismo mes (1965), para los mismos puntos del caso anterior, se puede observar que los mayores descensos se verifican en Cubanea, y que entre la Estación Experimental y El Cóndor no se confirma la tendencia que parecía manifestarse en el caso 1; así se aprecia que, en algunos días, se observaron marcas menores en El Cóndor y viceversa.

Caso 3: Las mínimas diarias ocurridas desde el 21 de agosto hasta el 1° de septiembre de 1965 constan en el Gráfico 29 A. Corresponden a 3 puntos del valle ubicados sobre un corte transversal al mismo, a la altura de la Estación Experimental.

El punto ubicado en el "Bajo del Juncal" (P 1), es el lugar donde mayores descensos se registraron, y sus valores son muy semejantes a los ocurridos en Cubanea; es evidente que sobre dicho lugar descienden masas de aire que se han enfriado en sitios más altos, que luego se estacionan en las depresiones debido a su mayor densidad, continuando su enfriamiento. Sin embargo, no en todas las ocasiones ocurre la distribución de mínimas con la tendencia que se manifiesta en el gráfico de referencia. Se observaron días en que los valores más bajos se anotaron en la estación Experimental o en el punto 3. Las temperaturas correspondientes a lo largo del valle se ven en el Gráfico 29 B.

Caso 4: En el Mapa 8 del área del valle, sobre 5 puntos del mismo y de la Estación Meteorológica de Patagones, se han volcado los valores de las mínimas registradas en algunos días, con el objeto de apreciar cómo se distribuyeron dichos valores en los lugares indicados. Esas pocas observaciones, más las tratadas en los casos anteriores, permiten sugerir nuevamente lo interesante que resultaría llevar a cabo varias observaciones que sean lo más completas posible sobre temperaturas mínimas y estudiar las causas que originan tan desigual manifestación de los descensos térmicos.

Finalmente, de las observaciones realizadas surge, además de la desigual distribución de mínimas, la localización de lugares en los que se alcanzan valores mucho más bajos, tanto comparándolos con los registros de Patagones, como con los de los distintos puntos del valle donde se llevaron a cabo las observaciones; así por ejemplo, en la helada ocurrida el 25 de agosto de 1965, se registró en Cubanea una mínima de -9° C, en P 1 $-8,2^{\circ}$ C, en El Cóndor $-5,3^{\circ}$ C, en Patagones $-3,6^{\circ}$ C y en la Estación Experimental $-2,8^{\circ}$ C. Realmente se produjeron diferencias muy grandes, sobre todo considerando la corta distancia que media entre la Estación Experimental y P 1, que es de unos 7 km, y la diferencia de nivel entre ambos lugares que no supera 1,50 m.

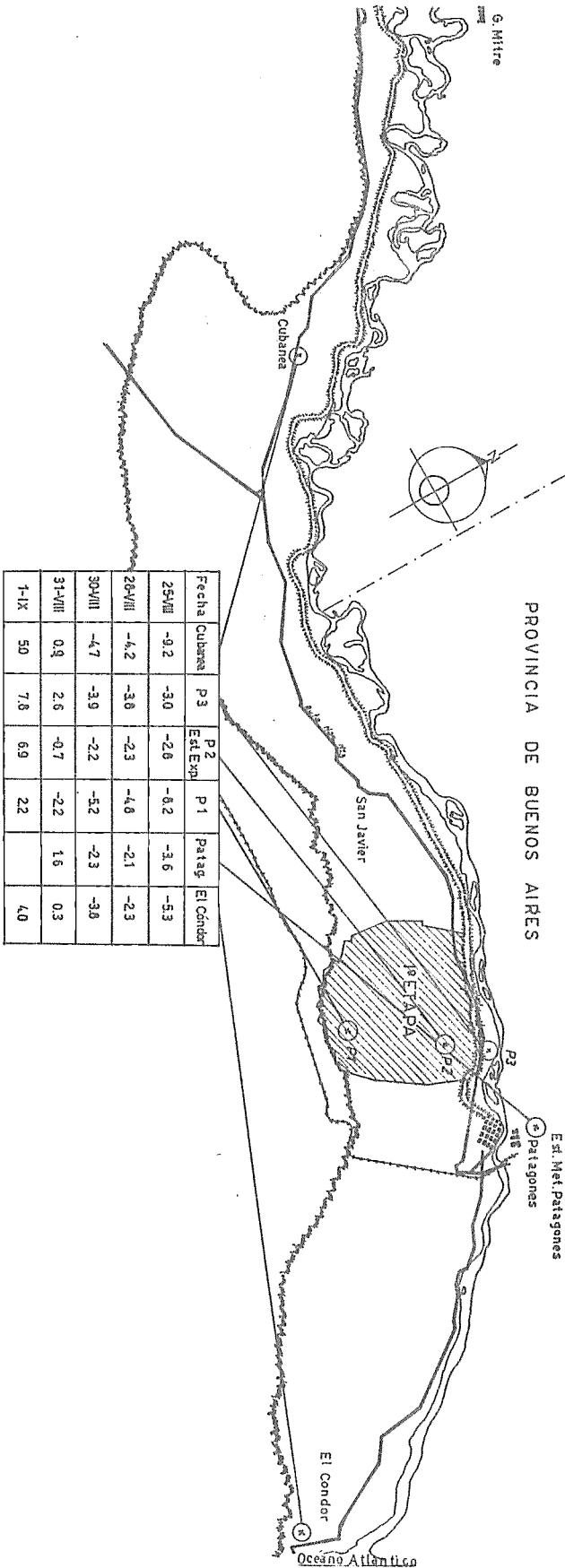
Resumiendo, se puede decir que desde Cubanea y siguiendo cerca de la "Cuchilla Sur" hasta El Cóndor, se extiende una zona heladora.

Importancia agrícola y conclusiones

En diversas consideraciones se ha señalado la importancia de la temperatura para la vida vegetal y animal; en este caso particular nos interesa en relación a las especies útiles al hombre. En ese sentido merece destacar que las posibilidades agrícolas del Valle de Viedma son propicias para gran variedad de cultivos, pues dispone de un régimen térmico adecuado para satisfacer los requisitos de muchas especies vegetales.

ALGUNAS TEMPERATURAS MINIMAS REGISTRADAS EN VARIOS PUNTOS DEL VALLE Y EN PATAGONES

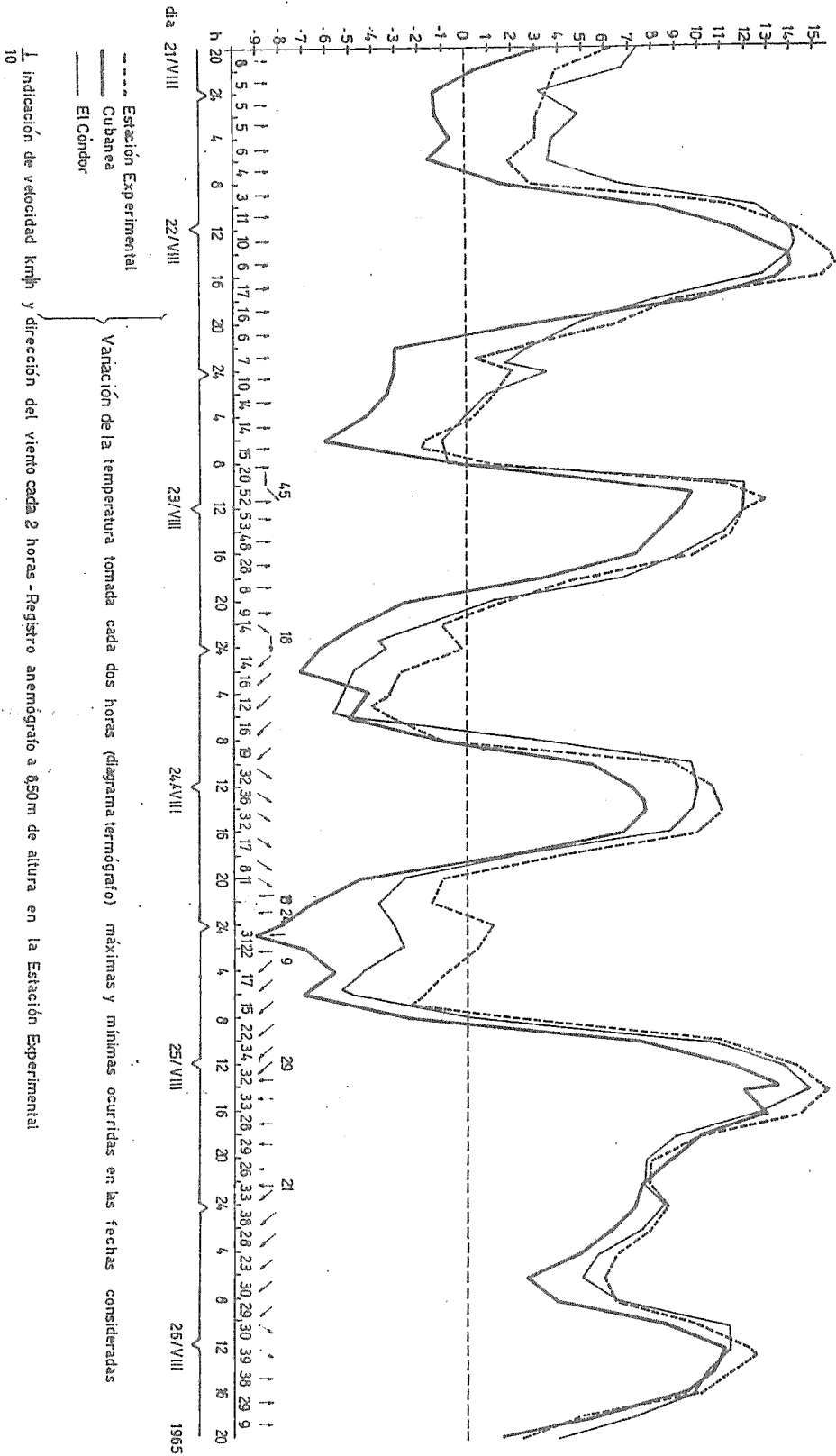
Mappa 8



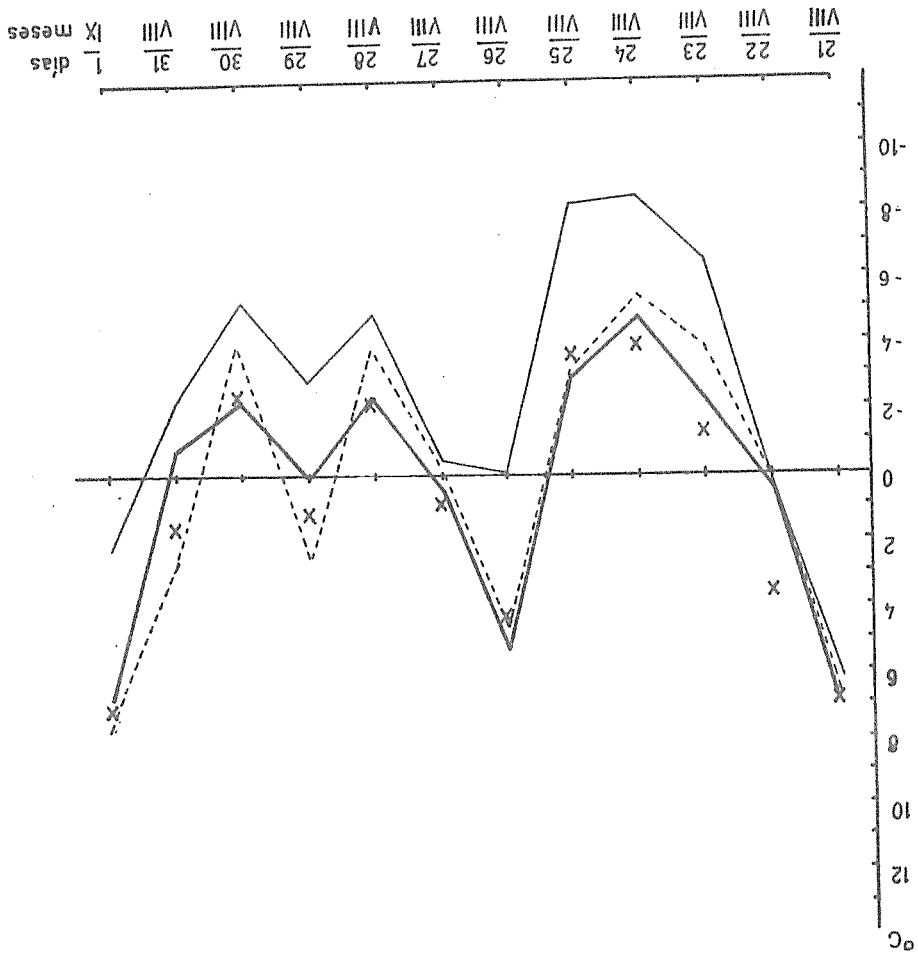
Algunas temperaturas mínimas registradas en varios puntos del Valle y en Patagones-

VARIACION DE LA TEMPERATURA TOMADA CADA DOS HORAS, 21-26 JULIO 1965.

Gráfico 27.



x Patagones
 - - - Punto N°2 "Balsi"
 — Punto N°1 "García"
 — Estación Experimental

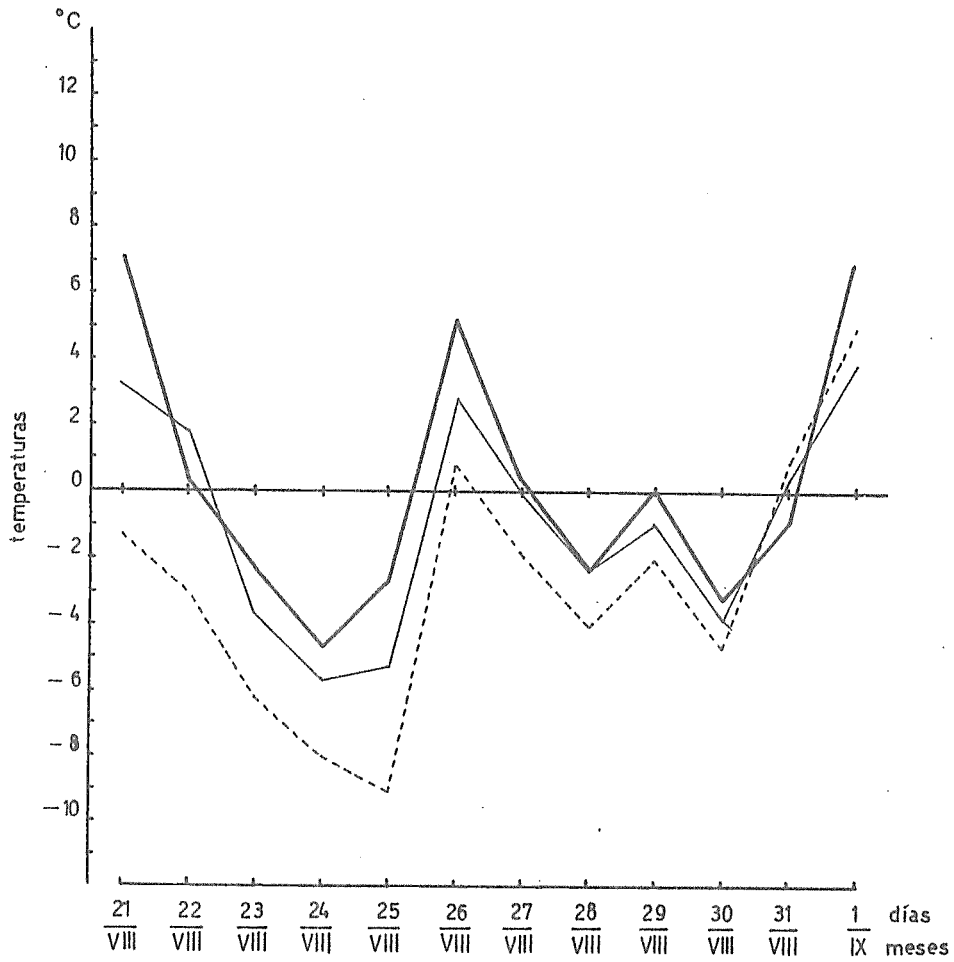


TEMPERATURAS MINIMAS DIARIAS REGISTRADAS
 SOBRE UN CORTE TRANSVERSAL AL VALLE, 21-VIII-65 - 1-IX-65

Grafico 29A

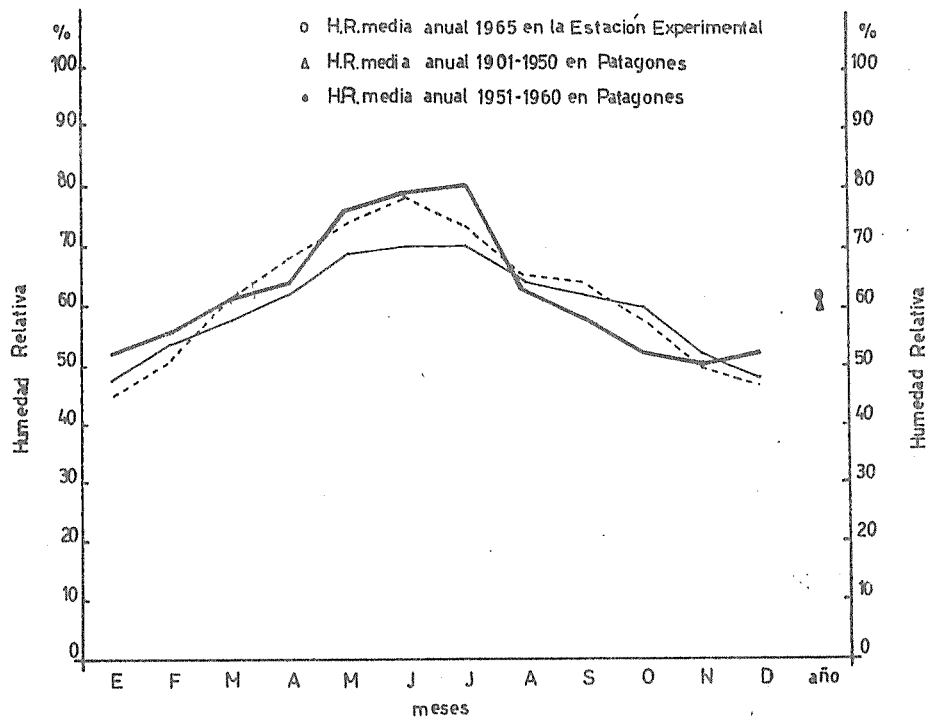
Gráfico 29B

TEMPERATURAS MINIMAS DIARIAS REGISTRADAS
SOBRE UN CORTE LONGITUDINAL AL VALLE, 21-VIII-65 - 1-IX-65



- Estación Experimental
- - - El Cóndor
- ... Cubanea

HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL REGISTRADA EN LA ESTACION EXPERIMENTAL Y EN CARMEN DE PATAGONES



— Humedad relativa media mensual registrada en la Estación Experimental durante el año 1965

— Humedad relativa media mensual en C.de Patagones para el período 1901-1950 -SMN.

--- Humedad relativa media mensual en C.de Patagones para el período 1951-1960 -SMN.

Del análisis de las temperaturas medias normales se concluye que el agroclima térmico regional es más moderado que el de otras zonas más continentales; es decir, la influencia oceánica suaviza la manifestación de los valores extremos. Especialmente se comprueba este efecto en las temperaturas mínimas que son amortiguadas notablemente en otoño e invierno.

Las temperaturas máximas alcanzan valores, en general no excesivos, pero suficientes para la evolución correcta de muchos cultivos. Las amplitudes térmicas anuales y diarias, sin alcanzar los grandes valores que se registran en regiones continentales, son a todas luces más que suficientes para el desarrollo adecuado de muchos vegetales.

Desde el punto de vista térmico, el ritmo estacional se desarrolla con un cierto retraso; así, presenta una primavera tardía y relativamente fría, cuyo punto débil se localiza en el peligro que entrañan las heladas en ese período. El verano, en su expresión máxima, no es de larga duración, pero en forma moderada se prolonga más allá de la iniciación del otoño, estación caracterizada por un clima térmico suave y estable, que permite que los procesos vegetativos de crecimiento y maduración se prolonguen hasta fechas que en otras regiones de latitudes similares, pero más continentales, no es posible alcanzar porque las condiciones invernales ya se encuentran plenamente establecidas.

La estación invernal no es excesivamente fría pero reúne las condiciones térmicas para satisfacer las necesidades en bajas temperaturas de plantas termocíclicas tan exigentes como el manzano. Las temperaturas mínimas absolutas registradas en Patagones nunca han llegado a los -10° C aunque es probable que se alcancen tales valores en algunos lugares del Valle de Viedma. De todos modos esas marcas no implican mayor peligro de daño para las especies perennes propias de latitudes medias, en reposo invernal.

Así como enero es el más caliente, considerando la temperatura media, julio es el mes más frío; sin embargo, parece ubicarse entre mediados de julio y mediados de agosto el período en que se producen las mínimas absolutas más bajas, como consecuencia del retraso estacional ya mencionado.

Teniendo en cuenta las conclusiones anteriores, derivadas de los registros climáticos de larga data pertenecientes a Patagones, y tratando de relacionarlas con las observaciones sobre temperaturas realizadas en el valle se puede concluir, como primera aproximación, diciendo que: los valores medios de temperatura son similares, pero cabe señalar que considerando la disposición del valle se manifiestan variaciones en la expresión de las distintas jerarquías térmicas usualmente utilizadas. Es decir, que desde el borde oceánico hasta el extremo más continental, se generan gradientes térmicos de sentido ascendente o descendente, según el momento estacional y el factor térmico que se analice.

Esta mecánica, vinculada al efecto oceánico, da origen a características marítimas al extremo inferior del valle que se van diluyendo a medida que se avanza hacia el interior, dando lugar a expresiones de continentalidad al extremo superior, en donde se señalan mayores amplitudes térmicas diarias y estacionales.

Desde el punto de vista de su régimen térmico, es evidente que el valle presenta mejores condiciones agrícolas a medida que nos alejamos del mar. Claro está que ésta es una apreciación de carácter general y no se refiere a ningún cultivo en particular. Además, el régimen de heladas es más riguroso hacia el interior del valle.

Del análisis realizado en relación con el régimen de heladas conviene señalar lo siguiente:

- 1) En base a los registros meteorológicos de Patagones se han realizado diversos estudios según los cuales esta localidad presenta condiciones notables en su régimen de heladas. Se destaca regionalmente con una aptitud agrícola en ese aspecto que es muy favorable, especialmente en comparación con otras

zonas de riego. Pero, en base a las observaciones llevadas a cabo en el área del valle, se considera prudente señalar que no es conveniente tomar al pie de la letra las conclusiones derivadas de los datos observados en Patagones, si bien se pueden utilizar como guía, con las reservas del caso.

- 2) La ocurrencia e intensidad de las heladas en el valle es mayor que en Patagones, y hace falta realizar observaciones especiales para alcanzar un mejor conocimiento del fenómeno.
- 3) Sobre el área del valle se manifiestan zonas más expuestas a sufrir los efectos de las heladas, especialmente toda una franja que corre cerca de la "Cuchilla Sur" en la que se incluye al "Bajo del Juncal", desde El Cóndor Cóndor hasta Cubanea, zona que por su ubicación más continental es, naturalmente, más propensa a los enfriamientos nocturnos.
- 4) Es oportuno destacar que al sistematizar el área del valle para librarla al riego, se producirán cambios en la distribución y ocurrencia de las heladas. La presencia de cortinas forestales rompevientos, de canales y acequias, la modificación del relieve por los trabajos de nivelación, los cultivos arbóreos y, en fin, la modificación de los suelos, de su contenido de humedad, etc.; todo ello creará un ambiente diferente del actual en las capas atmosféricas cercanas al suelo. Se estima que este conjunto de modificaciones también producirá cambios en el fenómeno de la ocurrencia, intensidad y distribución de las heladas.

En las circunstancias, no se puede afirmar si, desde el punto de vista agrícola se mejorará el actual régimen de heladas en el valle. Es probable que sí, pues parece que la mayor parte de las modificaciones que sufrirá el área correrían en el sentido de favorecer condiciones para que la manifestación de las heladas sea menor. Sin embargo, conviene ser prudente con este tipo de especulación. Las cortinas forestales pueden tener un efecto benéfico al proteger a los cultivos de las corrientes de aire frío, pero pueden ser dañosas si no permiten el movimiento del aire enfriado dentro de las superficies que aparentemente amparan.

3. Humedad Relativa

Observaciones realizadas

En la Estación Experimental del Proyecto se realizaron dos determinaciones diarias de humedad relativa con psicrómetro ventilado; el registro continuo de dicho elemento se obtuvo con un termohigrógrafo de rotación diaria.

De los datos reunidos se ha utilizado el cómputo de los valores horarios calculando los promedios diarios y mensuales correspondientes al año 1965.

Análisis y comparación con otras regiones

Al examinar el Gráfico 30 donde están registrados los valores medios mensuales de humedad relativa del año 1965, obtenidos en la Estación Experimental y los correspondientes a Patagones, para los períodos 1901-1950 y 1951-1960, se puede apreciar que entre los valores computados para un sólo año en la Estación Experimental y los normales de Patagones existe poca discrepancia, que se debe al corto lapso de observaciones. De ello se infiere que la distribución de la humedad relativa acusa variaciones mínimas por razones topográficas locales y su expresión, en los valores medios, está determinada por las condiciones regionales.

Los valores de humedad relativa media mensual para el período 1901-1950 de Patagones, Cipolletti, Mendoza y Buenos Aires están trazados en el Gráfico 31. Las tres primeras localidades se caracterizan por los valores normales relativamente bajos y similares como consecuencia de su ubicación en la gran región árida argentina; en cambio Buenos Aires se destaca por sus porcentajes sensiblemente mayores debido principalmente a su situación en la pampa húmeda.

En el Gráfico 32 constan los valores medios horarios para el mes más caliente (enero) y el mes más frío (julio). Los valores citados corresponden al año 1965, y fueron obtenidos en la Estación Experimental.

La curva I (enero) se caracteriza por una gran amplitud entre los valores máximos y mínimos. Los máximos se ubican por la mañana, entre las 4 y 6 horas, y los mínimos, entre las 12 y 16 horas. Durante este último período se producen valores realmente bajos, configurando un ambiente muy seco en ese período del día.

La curva II (julio) acusa una amplitud pequeña entre los valores máximos y mínimos. En consecuencia el valor medio diario es relativamente alto.

Se deduce de ambas curvas que la humedad relativa en verano, considerando los valores medios, es baja y en invierno alta, aunque sería más acertado considerarla mediana.

Importancia agrícola y conclusiones

El porcentaje de humedad relativa del aire tiene bastante importancia para los cultivos y, en general, para las tareas agrícolas. Considerando solamente algunos aspectos salientes, se sabe que los porcentajes bajos favorecen la sanidad vegetal mientras que los altos crean ambiente propicio para la aparición y propagación de muchas enfermedades y plagas. En otro aspecto, como el del consumo de agua, los valores muy bajos de humedad relativa provocan una mayor evapotranspiración, mientras que los altos la disminuyen. En consecuencia, los ambientes secos o muy secos exigirán un mayor consumo de agua para riego.

Desde el punto de vista agrícola, se consideran muy satisfactorios tanto los valores de humedad relativa normales de Patagones, como los registrados en la Estación Experimental en 1965. En la estación primavera-estival configuran un ambiente bastante seco y en otoño-invierno más o menos húmedo. Como la mayor parte de los cultivos será de ciclo primavera-estival, podemos decir que en general la sanidad de los mismos se verá favorecida por un clima seco.

4. Régimen de Vientos

Observaciones realizadas

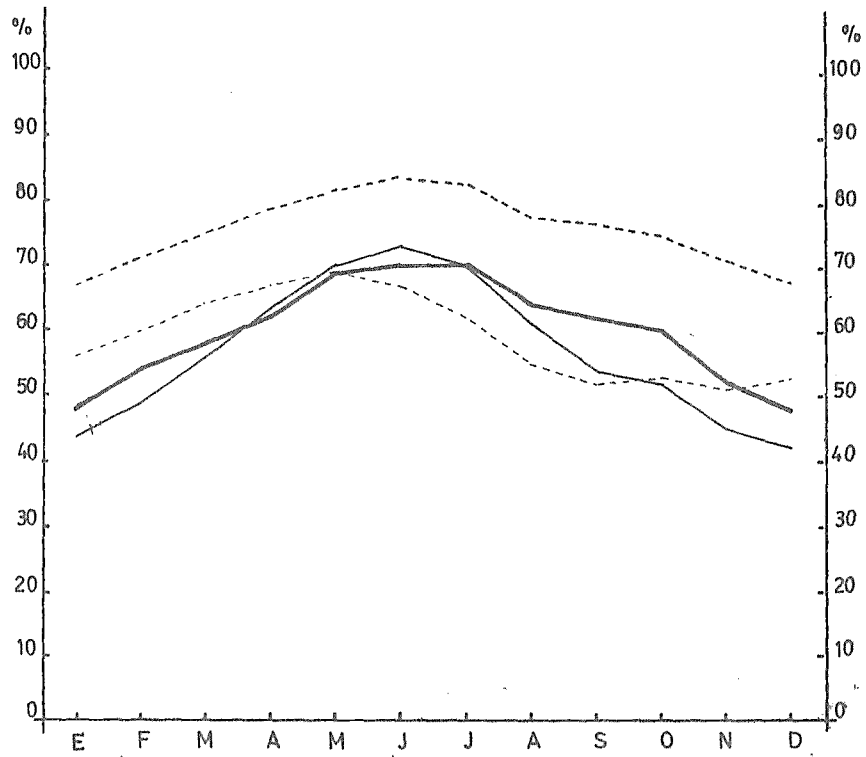
En la Estación Experimental del Proyecto se realizó la observación del viento mediante un anemocinómetro mecánico, instalado a 8,50 m de altura.

Los diagramas diarios obtenidos corresponden a esa altura y se han computado en forma horaria, la dirección y la velocidad. Con anemómetro totalizador instalado a 1,50 m de altura, se obtuvo la velocidad media horaria para cada día a ese nivel. Para ambas alturas, aparte de los promedios diarios, se calculó la velocidad media mensual en km/h.

Con el fin de realizar un análisis de las características más salientes de los vientos de la región, nos basaremos en la información que proporcionan las estadísticas publicadas por el Servicio Meteorológico Nacional y los datos recogidos en el valle durante el año 1965. Si bien el período es demasiado corto para caracterizar el régimen de vientos en base a las observaciones llevadas a cabo en el valle, parecería interesante utilizarlos dada la importancia que se asigna a este elemento meteorológico en función de los aspectos negativos que presenta para los cultivos en general.

Gráfico 31

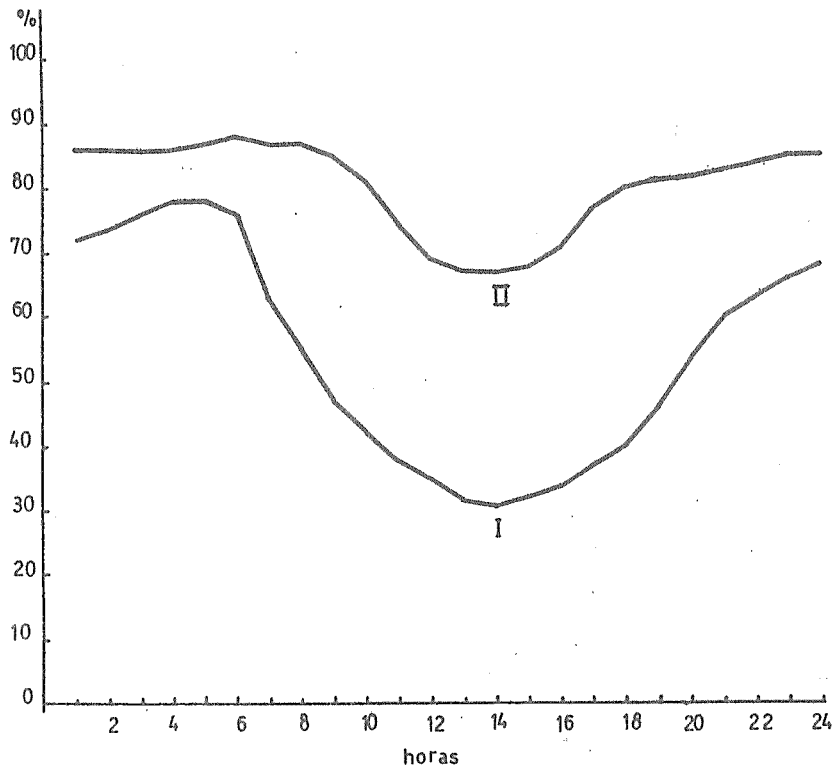
HUMEDAD RELATIVA MEDIA, 1901 - 1950



— Patagones }
- - - Buenos Aires } Humedad Relativa media-Período 1901-1950- SMN.
— Cipolletti }
- - - Mendoza }

Gráfico 32

HUMEDAD RELATIVA MEDIA, ENERO Y JULIO 1965



I H.R. media horaria para el mes de enero de 1965
(mes más caliente)

II H.R. media horaria para el mes de julio de 1965
(mes más frío)

Registros de la Estación Experimental

Análisis y comparación con otras regiones

Frecuencia de las direcciones

Si consideramos los polígonos de frecuencia de tres localidades: Patagones, Cipolletti y Mendoza, construidos con los valores correspondientes al período 1951-1960 (Gráfico 33), observamos que para la región de Patagones dicho polígono señala una marcada prevalencia de las direcciones norte, noroeste, oeste y sudoeste, disminuyendo en importancia las restantes, y dando como resultante prevalente la dirección norte. En Cipolletti se observa una neta prevalencia de las direcciones del sector oeste y sudoeste, mientras que en Mendoza prevalecen las direcciones sur, oeste y noroeste. En general, puede decirse que las direcciones prevalentes en los tres puntos considerados son las que van desde el sector norte hasta el sector sur, pasando por el oeste.

En cuanto a los estados de calma, en el cómputo anual y de acuerdo con los registros del período mencionado, en escala de 1 000, obtenemos para Cipolletti el valor de 362, para Mendoza 344, y para Patagones 63; de ello se desprende que Patagones es una región de vientos casi permanentes.

Con los datos obtenidos en la Estación Experimental en el año 1965 con anemógrafo mecánico a 8,50 m de altura, hemos construido el polígono de direcciones prevalentes (Gráfico 34). Para obtener los valores necesarios expresados en porcentaje se procedió de la siguiente manera: sobre un total de 353 días computados obtuvimos el número de días en que cada dirección fue prevalente, luego tales valores se llevaron a porcentaje en relación al total. Así el polígono obtenido da como dirección netamente prevalente la noroeste, siguiéndole las sudoeste, sur, sudeste; el resto tiene menor importancia. También se observa en este caso que las direcciones prevalentes se ubican desde el sector norte hasta el sector sur, pasando por el oeste.

Con el fin de contar con un elemento de juicio más respecto de la prevalencia de las distintas direcciones, se ha construido el polígono interior (Gráfico 34), en que se señala la duración media diaria, en horas y minutos en que cada dirección fue prevalente en el año mencionado. Ha de notarse que la dirección noroeste, que manifestó la mayor prevalencia con el 32 por ciento de los días computados, tiene también la mayor duración media diaria: 15 horas, 35 minutos.

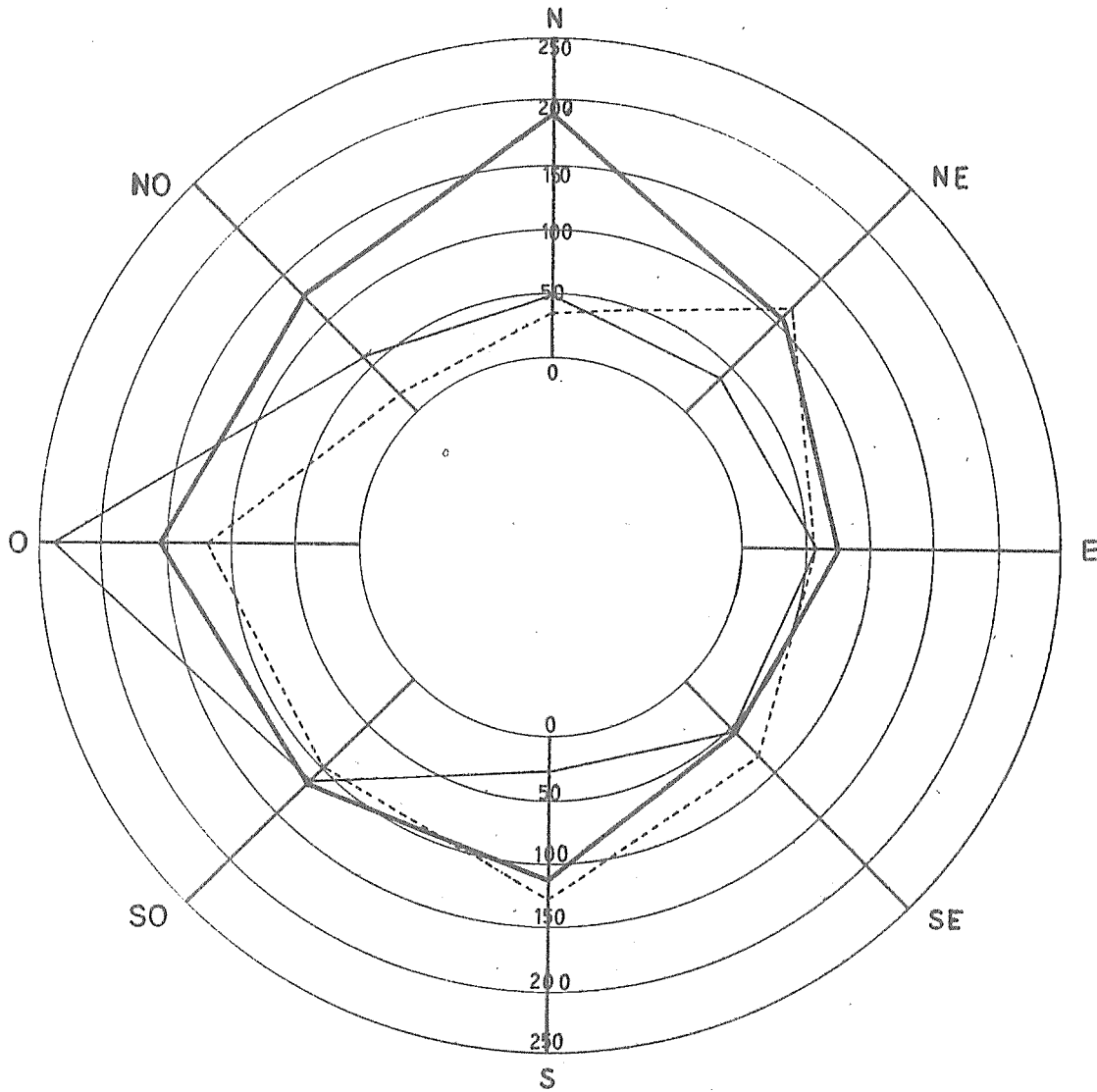
En los Gráficos 35 A y 35 B se pueden estudiar los polígonos correspondientes a cada mes del año 1965; la prevalencia de cada dirección está expresada en porcentaje del total de días computados por mes.

Velocidad del viento

El Gráfico 36 permite apreciar la velocidad media mensual del viento en las cuatro localidades de Patagones, Cipolletti, Mendoza y Buenos Aires, para el período 1941-1950. Es importante señalar que durante todo el año, la velocidad del viento en Patagones es superior a la que se registra en cualquiera de las otras tres localidades. Para la década 1951-1960 (Gráfico 37), considerando los mismos puntos se aprecia la gran diferencia que existe entre los valores de Patagones y los de las otras estaciones. La publicación del Servicio Meteorológico Nacional, de donde se han tomado los datos de esta última década, no menciona si se ha producido un cambio de lugar o altura del anemómetro de Patagones. De no haberse modificado su ubicación, hay que admitir que las velocidades medias del viento en esta localidad han sufrido un incremento muy notable con respecto a la década anterior, cosa que juzgamos poco probable. De cualquier modo queda bien establecido que en la región del Valle de Viedma el viento acusa altas velocidades, desde el punto de vista de los valores registrados en los puntos que se utilizan en la comparación.

Si observamos el Gráfico 38 en que se registran las velocidades medias mensuales ocurridas en el año 1965 en la Estación Experimental, a alturas de 8,50 m y 1,50 m podemos considerar que: 1) las velocidades medias mensuales a 1,50 m de altura son

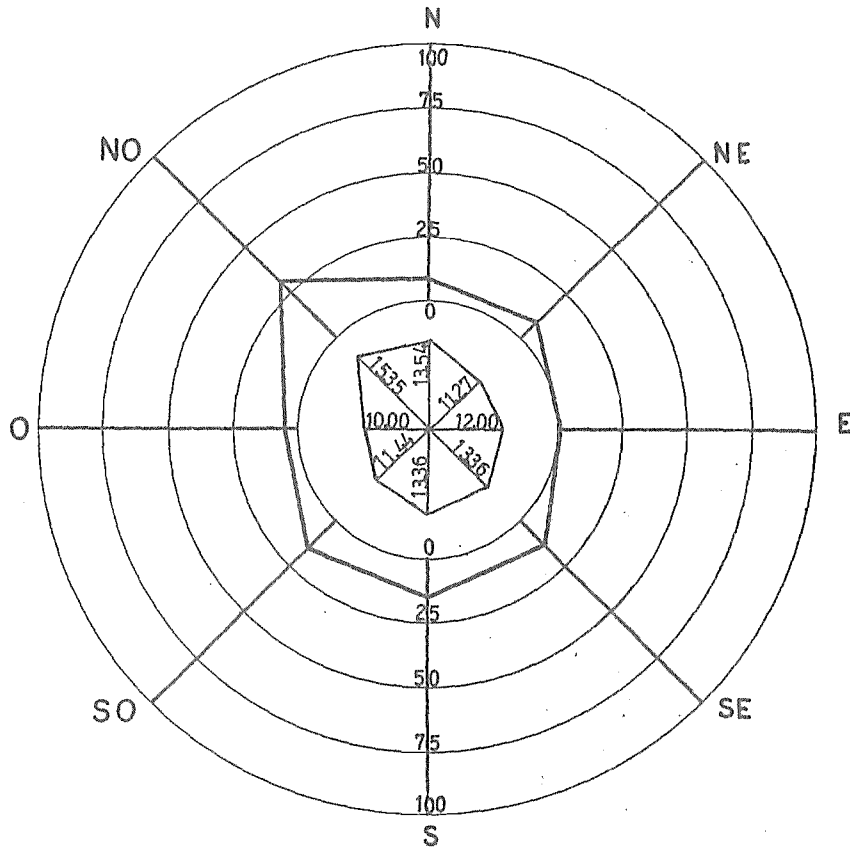
FRECUENCIA DE LAS DIRECCIONES DEL VIENTO, 1951-1960



VIENTO frecuencia de las direcciones en escala de 1000

- Patagones
 - - - Mendoza
 - Cipolletti
- } Período 1951-1960 SMN.

DIRECCIONES PREVALENTES Y DURACION MEDIA DE VIENTOS



Estación Experimental Registro anemógrafo a 0.50 m de altura.-
AÑO 1965

Prevalencia por direcciones expresadas en porciento de días en que cada dirección fue prevalente en relación con un total de 353 días computados.-

Polígono interior duración media diaria en que la dirección correspondiente fue prevalente.-

Gráfico 35 A

DIRECCIONES PREVALENTES DEL VIENTO, DE ENERO A JUNIO 1965

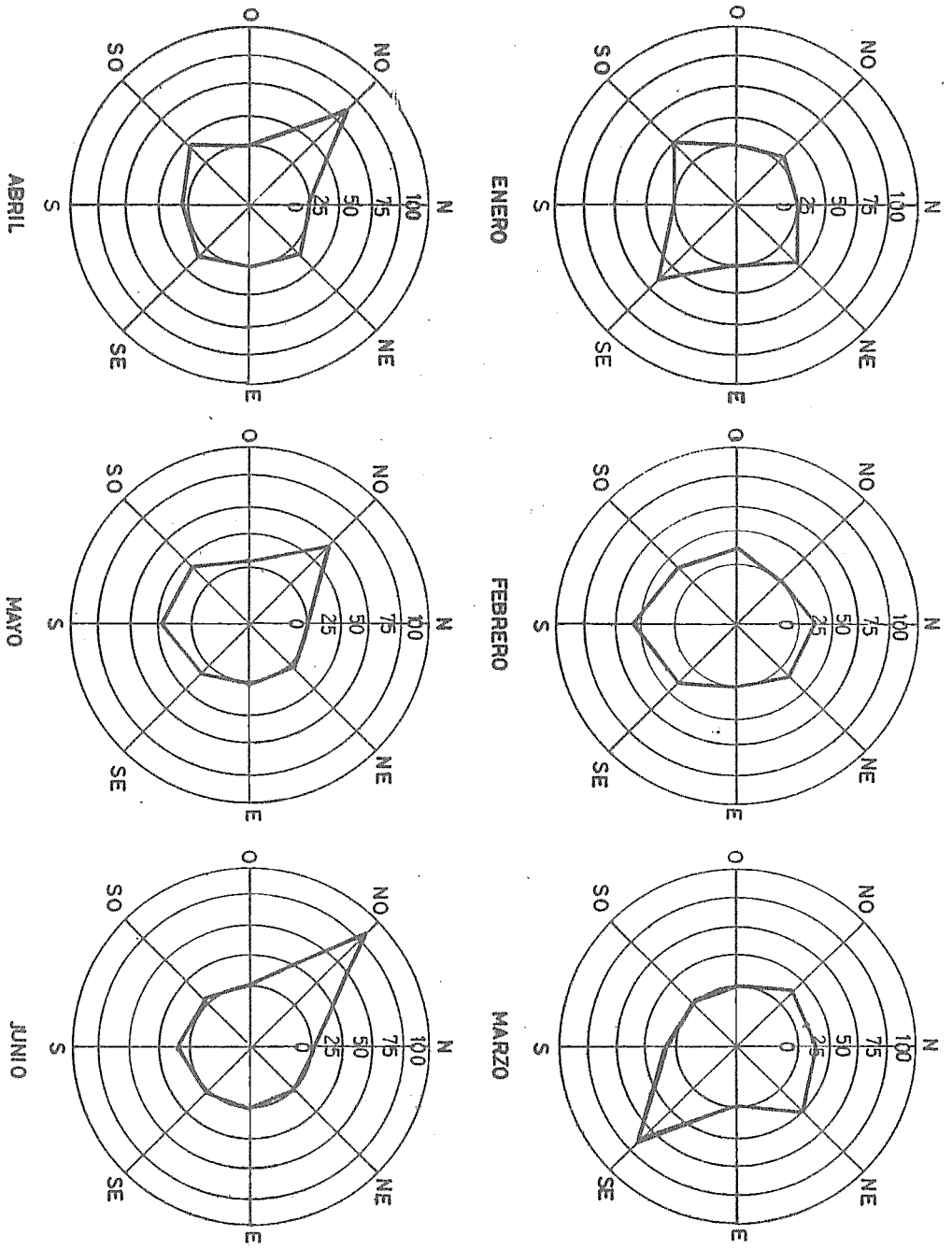
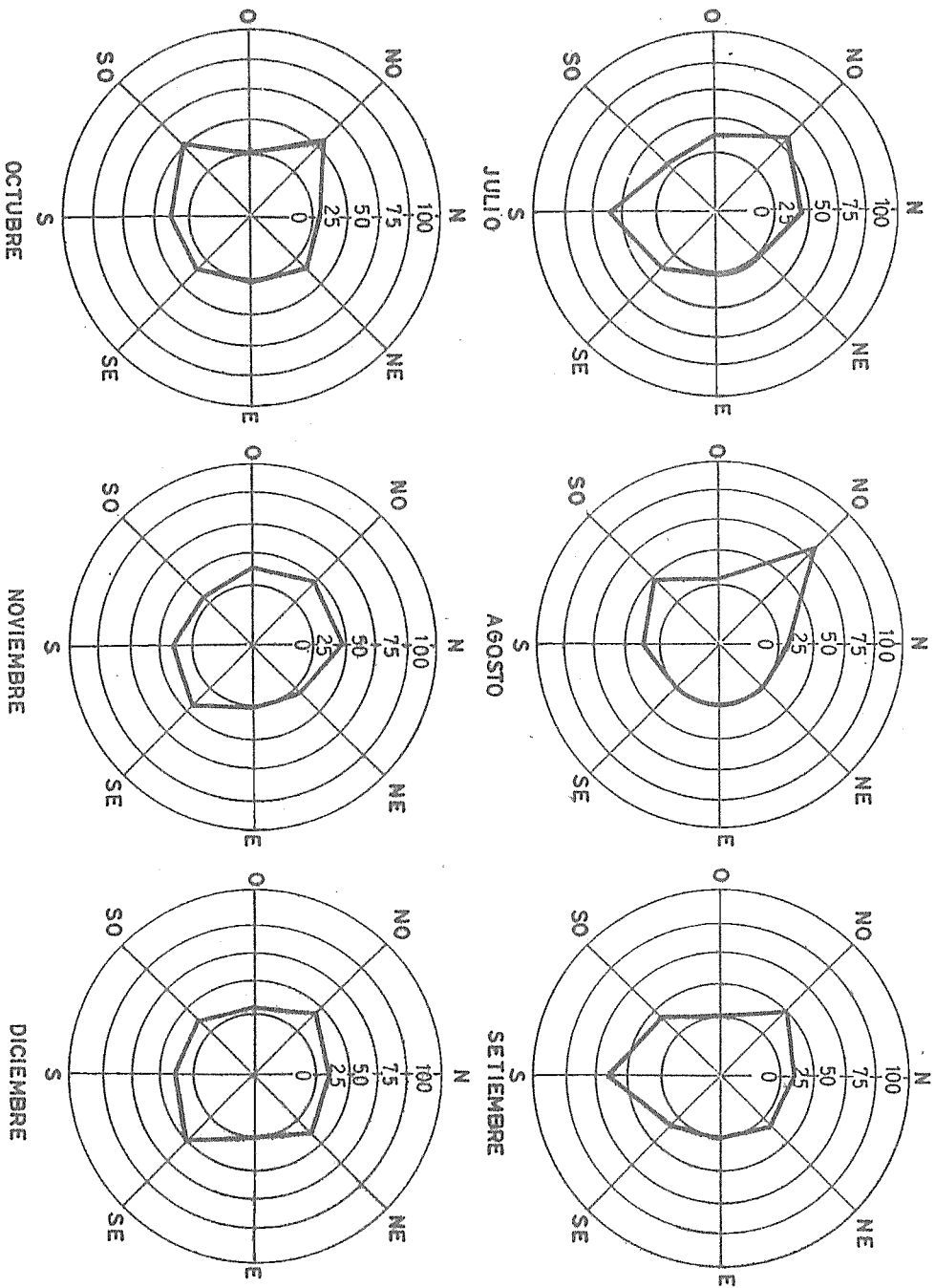
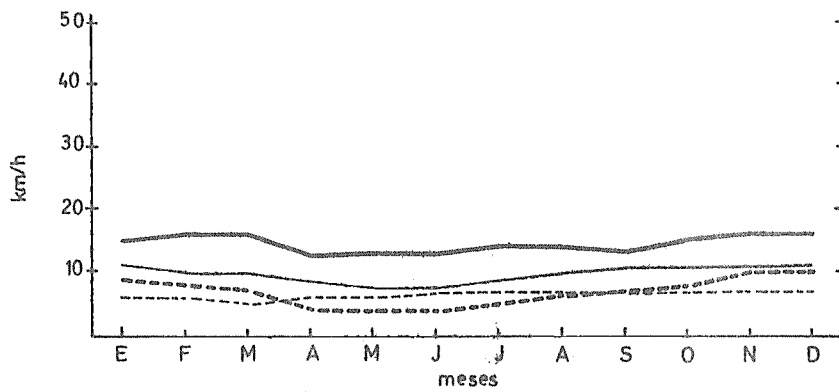


Gráfico 35 B
DIRECCIONES PREVALENTES DEL VIENTO, DE JULIO A DICIEMBRE 1965



Estación Experimental-registro anemógrafo a 8,50m de altura.año 1965. Prevalencia de las direcciones del viento en cada mes expresadas en porcentaje, en relación con el total de días computados en cada mes..

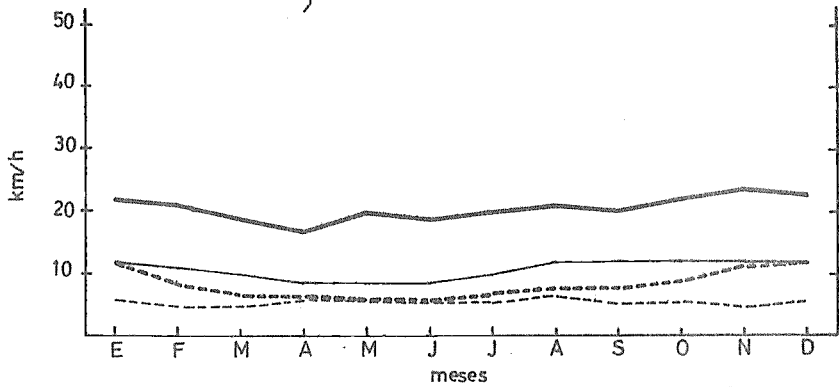
Gráfico 36



— Patagones
 - - - Mendoza
 - - - Cipolletti
 — Buenos Aires

Velocidad media mensual, período 1941-1950 S.M.N.

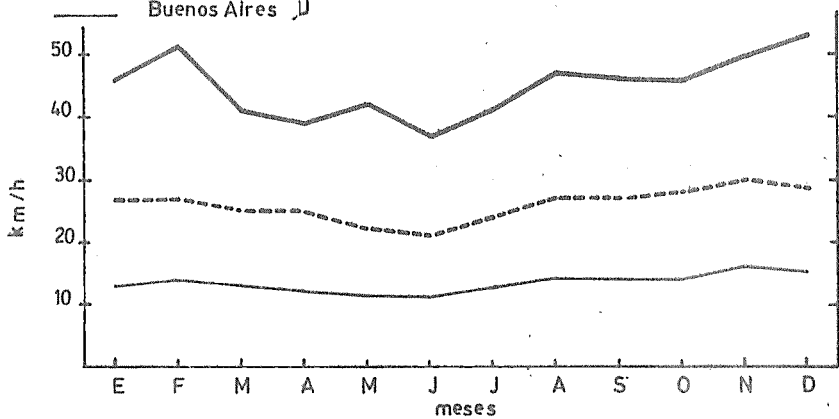
Gráfico 37



— Patagones
 - - - Mendoza
 - - - Cipolletti
 — Buenos Aires

Velocidad media mensual período 1951-1960 S.M.N.

Gráfico 38



Est. Experimental: velocidad media mensual del viento en el año 1965

— a 0.50 m de altura. Velocidad máxima media
 — a 1.50 m de altura
 - - - a 0.50 m de altura

relativamente altas, pero que esos valores son parecidos a los que se registran en muchos otros puntos del país; 2) que las más altas velocidades ocurrieron en primavera-verano, y las mínimas hacia fines de otoño, también fenómeno muy general en el país; 3) que a 8,50 m de altura se promediaron velocidades cuyos valores fueron prácticamente el doble de los ocurridos a 1,50 m. Un tercer registro señalado es el de las velocidades máximas medias mensuales en la hora para la altura de 8,50 m, es decir, la velocidad máxima en la hora de cada día del mes, llevada a promedio. Los valores obtenidos revelan que en todos los meses del año se produjeron vientos de mucha fuerza.

Direcciones y velocidades (década 1951-1960)

Por último, se ha realizado un rápido análisis (Gráfico 39 A, B y C) por direcciones y meses en tres localidades ubicadas a lo largo del Río Negro: Patagones, General Conesa y Cipolletti, abarcando la década 1951-1960.

Norte: dirección dominante en Patagones, también con dominancia importante en General Conesa, y poca en Cipolletti.

Las velocidades medias mensuales muy altas en Patagones, aumentan en el período primavera-estival; el valor mínimo para esta dirección se registra en el mes de abril. Las velocidades en General Conesa y Cipolletti, en la mayoría de los meses, son inferiores a la mitad del valor de las ocurridas en Patagones.

Nordeste: frecuencia mucho menor para las tres localidades que en la dirección anterior. La velocidad es muy semejante al caso anterior, pero en Patagones se registran valores más altos en los meses estivales.

Este: dirección de frecuencia moderada a escasa en las tres localidades. La velocidad en Patagones es bastante superior a la de los otros puntos.

Sudeste: dirección poco frecuente en las tres estaciones. Velocidad semejante o por lo menos no muy diferente a los casos anteriores.

Sud: dirección de frecuencia moderada en Patagones y General Conesa, y de escasa importancia en Cipolletti. En cuanto a la velocidad sigue destacándose Patagones.

Sudoeste: frecuencia moderada en Patagones y Cipolletti, y de poca importancia en General Conesa. Velocidad muy alta en Patagones, superior en todos los meses a los 20 km/h; en Cipolletti también acusa valores altos; en General Conesa algo menores.

Oeste: dirección dominante en Cipolletti y General Conesa, de importancia en Patagones. Velocidades superiores a los 20 km/h en todos los meses para Patagones; en las otras dos localidades, valores altos pero siempre menores a los de Patagones.

Noroeste: frecuencia moderada en Patagones y General Conesa, de poca importancia en Cipolletti. Velocidades muy altas en Patagones: desde octubre a febrero, valores superiores a los 25 km/h, que llegan a 30 km/h en el mes de enero. En las otras dos localidades, valores entre 8 y 115 km/h a lo largo de todo el año.

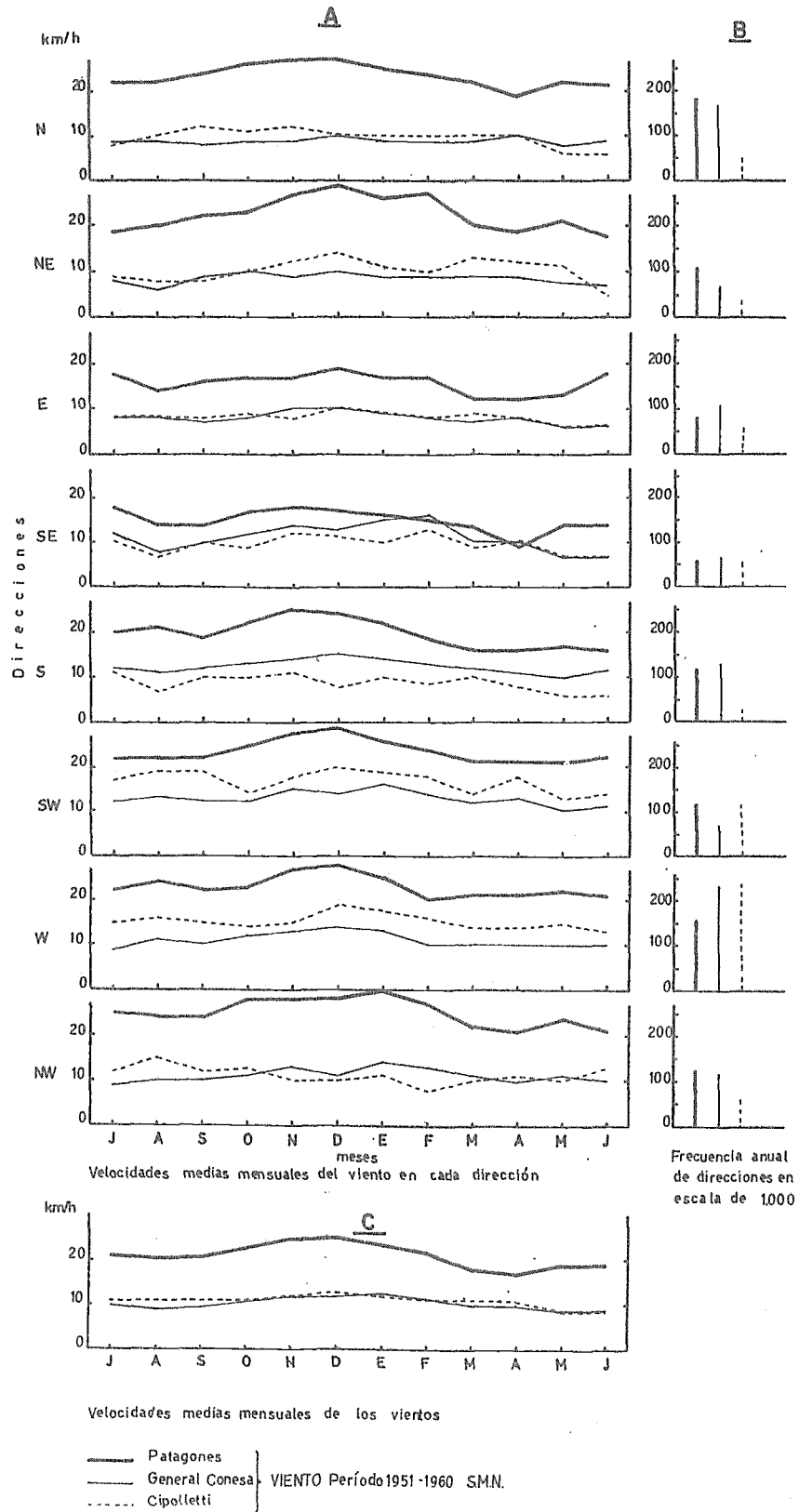
En el Gráfico 39 C se puede apreciar la velocidad media mensual en los tres puntos considerados, que surge del promedio de las velocidades correspondientes a todas las direcciones. Es por demás evidente la gran diferencia que existe entre los valores de Patagones y los de General Conesa y Cipolletti.

Importancia agrícola y conclusiones

De las consideraciones de Alf Maurstad (1946) ^{1/} se desprende que: "Estudiando las cartas de circulación general o de los vientos predominantes, se reconoce que la República está dividida en dos partes respecto al régimen u origen de los vientos. En

^{1/} Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEGA - Geografía de la República Argentina - Tomo V - Buenos Aires (1946).

Gráfico 39A,B,C



las provincias, la corriente de aire del sector nordeste pertenece al sistema "atlántico", formando parte de ese gran sistema de los vientos, cuyo centro es el extremo anticiclón semipermanente en el Atlántico. En la Patagonia, los vientos, o sea la corriente del oeste, pertenecen al sistema "pacífico". Las regiones divisionarias o transicionales entre los dos regímenes son el este de Río Negro.- centro de la Pampa - norte de Mendoza (la región del Cuyo es más bien "neutral"). En invierno la línea divisoria se halla algo más al nordeste, en el verano algo más sudoeste."

Conforme a las apreciaciones anteriores, resulta que la región del Valle de Viedma se encuentra ubicada dentro de la región transicional entre los sistemas de vientos del Pacífico y del Atlántico. En consecuencia, es lógico esperar que el régimen de vientos del valle se caracterice por sus variedades; esta variabilidad se dará en los estados del tiempo, por cuanto las masas de aire en movimiento trasladarán sus características, bien sean de origen atlántico o de origen pacífico, modificadas por su recorrido, como es natural.

En efecto los vientos llevan en sus capas cercanas al suelo, características o propiedades de sus regiones de origen y de las que han atravesado en sus trayectorias. Así es que, aún con un conocimiento imperfecto de la circulación general y regional, podríamos anotar algunas propiedades de los vientos, según el sector de donde soplen, a saber:

- a) Los vientos del norte y noroeste, en general, serán secos y calientes en verano, secos y fríos en invierno.
- b) Los vientos del oeste y sudoeste tendrán una tendencia general a ser frescos y secos en verano, fríos y secos en invierno.
- c) Los vientos del sud y sudeste, refrescantes en verano y portadores de humedad; en invierno no tan fríos, debido a su origen marítimo.
- d) Los vientos del este y nordeste, generalmente frescos y húmedos en verano, en invierno serán portadores de calor y humedad.

Luego del análisis hecho se impone considerar algunas consecuencias que surgen al relacionar las características más importantes del régimen de vientos y los cultivos. Dadas las direcciones prevalentes y las velocidades de este fenómeno en el Valle de Viedma, resulta ser uno de los factores negativos que, junto con las heladas, parecería integrar el aspecto agroclimático al que mayor atención debe prestarse. Se señalarán algunos de los efectos nocivos que más se destacan y que en parte ya fueron corroborados durante el año agrícola 1965/66, en los trabajos y experiencias llevados a cabo en la Estación Experimental: a) daños debidos a la fuerza mecánica del viento tanto a cultivos arbóreos como herbáceos; especialmente en el período activo, los vegetales sufren por la acción del viento daños al follaje, flores y frutos, que a veces llegan a ser muy considerables; b) daños, incluso muerte, de plántulas debido a la acción directa del viento o al efecto del arrastre de partículas del suelo. Cuando los vientos son muy fuertes dificultan también los procesos de polinización en muchas especies.

Por otra parte, también debe tenerse en cuenta los peligros de erosión eólica e incluso, las dificultades en la realización de muchas tareas agrícolas por la incomodidad que crea y a veces por la imposibilidad de llevarlas a cabo a raíz de los "fuertes vientos"; como ejemplo cabe mencionar el riego por aspersión.

Otra consideración derivada de las velocidades altas con que soplan los vientos en el Valle de Viedma es el consumo de agua para riego. Especialmente en verano, los vientos atraviesan o provienen de regiones que por sus características ecológicas, acentúan la sequedad del aire y aumentan sus temperaturas, de manera que su paso por el área del valle provocará un fuerte consumo de agua a causa de la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas.

De lo que precede se desprende la utilidad y necesidad de instalar cortinas forestales, con el objeto de disminuir la velocidad del viento hasta límites aceptables para los cultivos. Considerando las direcciones dominantes, es conveniente proteger los sectores norte, noroeste, oeste y sur, mientras que los sectores sudeste, este y nordeste no parecen ofrecer tanto peligro, si bien esta última dirección también presenta frecuencias y velocidades relativamente altas. Es aconsejable para frenar la fuerza del viento la instalación de cortinas tipo laxo o ralo, de follaje caduco, ya que las densas que ofrecen una pared muy cerrada al paso del viento, generan turbulencias y contracorrientes nocivas. La caída de las hojas en la estación de invierno es conveniente porque permite una mayor insolación del suelo y por consiguiente acumulación de calor que siempre será beneficioso para que el efecto de las heladas sea amortiguado; otra ventaja consiste en permitir el movimiento del aire en noches de heladas, ya que es preferible que éste se desplace en lugar de formar "bolsones" de aire quieto enfriado.

En este aspecto conviene señalar que las cortinas forestales para proteger a los cultivos de las invasiones de aire enfriado en otras áreas, ofrece muchos problemas; en el caso particular del Valle de Viedma, si reconocemos que desde las "Cuchillas" desciende aire enfriado que se estaciona en los lugares más bajos del valle, habrá que pensar en proteger los contornos del área regable con macizos forestales de cierta magnitud. Para ello es necesario conocer muy bien el origen y movimiento de las corrientes nocturnas de aire.

Para constituir las cortinas rompevientos, se considera que las variedades del álamo Populus nigra reúnen características favorables, entre las cuales se destacan su fácil multiplicación, su rápido crecimiento, que alcanza alturas interesantes, proyectan menos sombra que otras especies de copa abierta, son de follaje caduco y se prestan muy bien para cumplir con el requisito de proporcionar cortinas laxas. Además su madera también es utilizable.

Sintetizando conclusiones, puede decirse que el régimen de vientos en el Valle de Viedma presenta, en general, aspectos nocivos para los cultivos y las tareas agrícolas, pero que esos aspectos negativos pueden superarse en gran parte con cortinas rompevientos. Dentro del complejo climático encontramos el régimen de vientos y el régimen de heladas como los factores más desfavorables a los fines agrícolas. Por supuesto, no se incluye en las apreciaciones anteriores el régimen de lluvias, insuficiente de por sí, por cuya razón se trabaja para poner bajo riego el área en estudio.

5. Precipitación

Observaciones realizadas

Los registros de lluvias se llevaron a cabo en la Estación Experimental, mediante un pluviómetro de lectura directa y un pluviógrado de registro semanal. La precipitación mensual y total anual en el año 1965 alcanzó los siguientes valores:

Cuadro 16

PRECIPITACION MENSUAL Y ANUAL, ESTACION EXPERIMENTAL (1965)

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
mm	5,2	16,1	8,4	54,3	66,0	3,8	25,4	18,4	5,0	1,0	9,3	22,6	235,5

Análisis y comparación con otras regiones

En el Gráfico 40 están registradas gráficamente las precipitaciones medias mensuales y media anual correspondiente al período 1901-1950 de cuatro localidades: Patagones, Cipolletti, Mendoza y Buenos Aires, las tres primeras ubicadas en la gran región árida, y la última en la pampa húmeda.

No son necesario mayores comentarios para apreciar que Buenos Aires tiene un régimen de precipitaciones suficientes y una buena distribución en el año. Las mayores lluvias se producen en primavera y otoño, descendiendo en invierno, es decir, coinciden en líneas generales con las curvas de necesidades para los cultivos. En el caso particular de Patagones se observa que presenta un máximo de lluvias en primavera y otro en otoño, con un descenso muy pronunciado en verano. En invierno también hay una disminución de precipitaciones; sin embargo, dadas las características climáticas regionales, esas escasas lluvias de invierno sumadas a las que generalmente se producen en otoño, hacen que la estación invernal presente condiciones de estación húmeda y haga posible el cultivo de cereales sin riesgo, aunque en contadas ocasiones estos cultivos logran rendimientos aceptables, puesto que la fructificación y maduración se producen en verano, estación muy seca por lo general.

En el Cuadro 16 se anota la distribución mensual de las precipitaciones producidas en Viedma mes por mes durante los 10 años del período 1928-1937. Un rápido análisis permite ver que la distribución de las lluvias a lo largo de los 10 años es muy irregular. En el Gráfico 41 se han registrado las lluvias durante el año 1965 en la Estación Experimental así como las medias mensuales ocurridas en Patagones en los períodos 1901-1950 y 1951-1960. Como característica principal se destaca la irregularidad de las tres curvas entre sí.

La comparación de las precipitaciones de Patagones, Cipolletti y Mendoza no tiene mayor importancia aparte de indicar que solamente mediante el riego será posible realizar explotaciones agrícolas intensivas en las regiones en estudio.

Granizo

No se contó con información apropiada y suficiente para evaluar la incidencia negativa que sobre los cultivos puede tener la ocurrencia de este hidrometeoro en el Valle de Viedma. Las estadísticas climáticas sólo citan la frecuencia media de días con granizo en cada mes. Pero de ello no se puede deducir las características y naturaleza del fenómeno, tales como su intensidad, tamaños, superficies afectadas, daños, etc. De todos modos, por la frecuencia señalada y por el conocimiento de personas de la región, se puede estimar que el granizo en el Valle de Viedma no es un factor que provoque pérdidas muy grandes.

El Gráfico 42 demuestra las frecuencias medias en cuatro localidades y para el período 1951-1960. Las frecuencias en Patagones, si bien se registran probabilidades en todos los meses, son bajas y su característica principal radica en que los mayores riesgos se concentran en los meses invernales, de lo que se deduce que los daños serán menores ya que en ese período del año se localiza la más baja actividad vegetativa en la mayoría de las plantas. Por otra parte, el granizo y "piedra" de gran tamaño que realmente pueden causar fuertes daños se originan principalmente en condiciones meteorológicas que se dan en la estación estival, de modo que la mayor frecuencia que se registra en invierno ha de corresponder a granizadas de carácter leve.

En el gráfico mencionado más arriba se han incluido dos localidades que son conocidas por las fuertes granizadas que suelen sufrir: Col. Alvear (Mendoza) presenta dos picos ciertamente peligrosos, pues, prácticamente se produce todos los años, según los datos recogidos, por lo menos una granizada en noviembre y otra en enero, lo cual presupone bastante riesgo de daño si tenemos en cuenta que es una región bajo riego cuyos cultivos, por esa razón, son valiosos; la otra localidad es Pilar (Córdoba), que se encuentra en una región también conocida por los riesgos que representan las granizadas. Comparativamente, Patagones se sitúa ventajosamente en relación con las dos localidades anteriores y Cipolletti está expuesto a menores probabilidades de daño que Patagones.

Como conclusión, a la luz de los datos disponibles, puede decirse que en la región del Valle de Viedma, si bien se presentan algunos riesgos de daños debidos al granizo, ha de presumirse que en la mayoría de los casos serían de carácter leve.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL 1901-1950

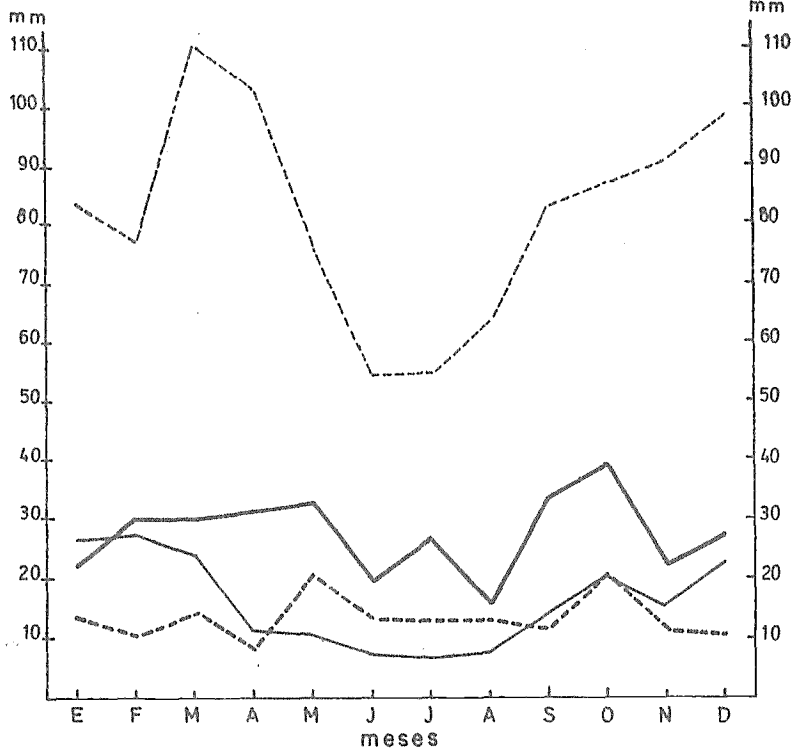


Gráfico 40

331.1 160.9 196.8 980.7
media anual

- Patagones
- - - Cipoletti
- Mendoza
- - - Buenos Aires

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL ESTACION EXPERIMENTAL
Y CARMEN DE PATAGONES

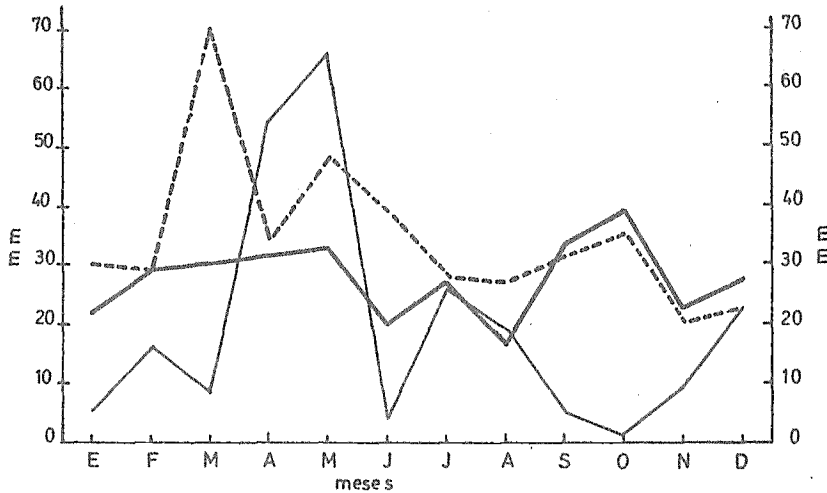


Gráfico 41

- Precipitación mensual durante el año 1965 registrada en la Est. Experimental
- Precipitación media mensual-período 1901-1950 SMN. en C. de Patagones
- - - Precipitación media mensual-período 1951-1960 SMN. en C. de Patagones

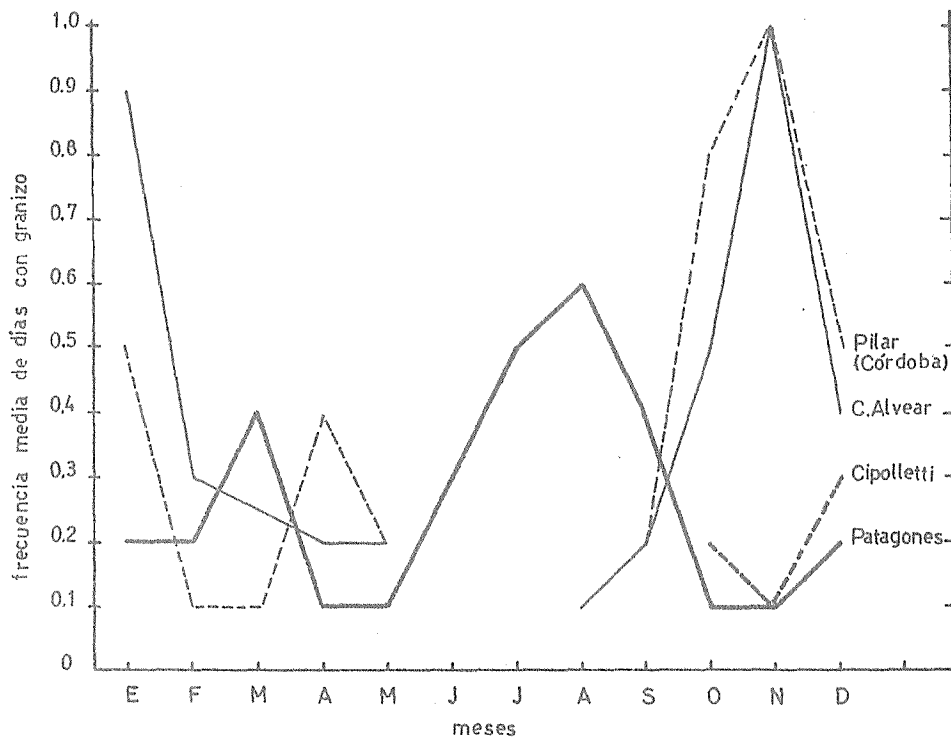
Cuadro 17

PRECIPITACIONES EN m.m. EN LA LOCALIDAD DE VIEDMA, 1928-37

Mes Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1928	0.0	13.0	24.6	0.0	35.5	21.0	3.0	20.0	12.5	14.5	44.0	36.0	224.1
1929	11.0	73.5	3.5	11.0	48.0	0.0	11.5	5.5	0.0	2.0	10.0	0.0	176.0
1930	14.0	35.0	0.0	0.0	13.0	16.5	17.0	14.0	27.5	19.5	24.0	64.0	244.5
1931	35.0	27.0	18.0	21.0	8.0	0.0	68.0	19.0	31.0	45.0	20.0	0.0	292.0
1932	0.0	0.0	21.5	8.0	17.5	5.0	17.0	41.5	55.0	87.0	24.0	24.0	300.5
1933	8.0	40.5	38.0	0.0	41.0	4.0	31.0	5.5	0.0	35.0	0.0	9.0	212.0
1934	40.5	5.0	5.0	0.0	12.5	11.0	0.0	10.0	264.0	102.0	51.0	37.0	478.0
1935	7.0	0.0	11.0	0.0	10.0	3.0	33.0	2.0	7.0	31.0	0.0	1.0	105.0
1936	5.0	2.0	6.0	51.0	24.0	4.0	36.0	28.0	10.0	15.0	27.0	8.0	216.0
1937	12.0	7.0	40.0	0.0	18.0	48.0	38.0	37.0	0.0	121.0	0.0	0.0	321.0

Gráfico 42

FRECUENCIA MEDIA DE DIAS CON GRANIZO, 1951-1960,
EN CUATRO LOCALIDADES.



Importancia agrícola y conclusiones

Se ha determinado que el régimen de lluvias del Valle de Viedma no solamente es insuficiente sino que es conveniente tenerlo en cuenta para el cálculo de dotaciones de riego, puesto que en la estación primavera-estival, en que se verifican las mayores necesidades de agua, las precipitaciones son escasas e irregulares. En otoño-invierno, como ya se ha señalado, hay mayor seguridad de que los cultivos propios de esa estación dispongan de agua proveniente de las lluvias que, en muchas ocasiones, será suficiente para cubrir sus necesidades.

Por las informaciones y observaciones de que se dispone se infiere, en principio, que la intensidad de la precipitación en la región del Valle de Viedma es moderada. Parece muy poco común que se produzcan lluvias de gran intensidad que pudiesen causar daños a obras de riego y arrastre de suelos.

6. Evapotranspiración Potencial

Dotaciones de riego

La evapotranspiración potencial se puede definir como la lámina de agua expresada en mm que un suelo en constante capacidad de campo y cubierto por vegetación herbácea, evaporaría y transpiraría respectivamente en determinado tiempo.

Diversos investigadores han elaborado fórmulas en las que intervienen parámetros climáticos con el fin de determinar las necesidades de agua para los cultivos, ya que las exigencias hídricas de los vegetales están estrechamente vinculadas con las condiciones del medio.

En la región del Valle de Viedma se ha trabajado con tres métodos debidos a los siguientes autores: Blaney-Criddle, Thornthwaite-Mather y Turc. Los valores climáticos normales utilizados fueron los correspondientes a Patagones para el período 1901-1950, según las series publicadas por el Servicio Meteorológico Nacional.

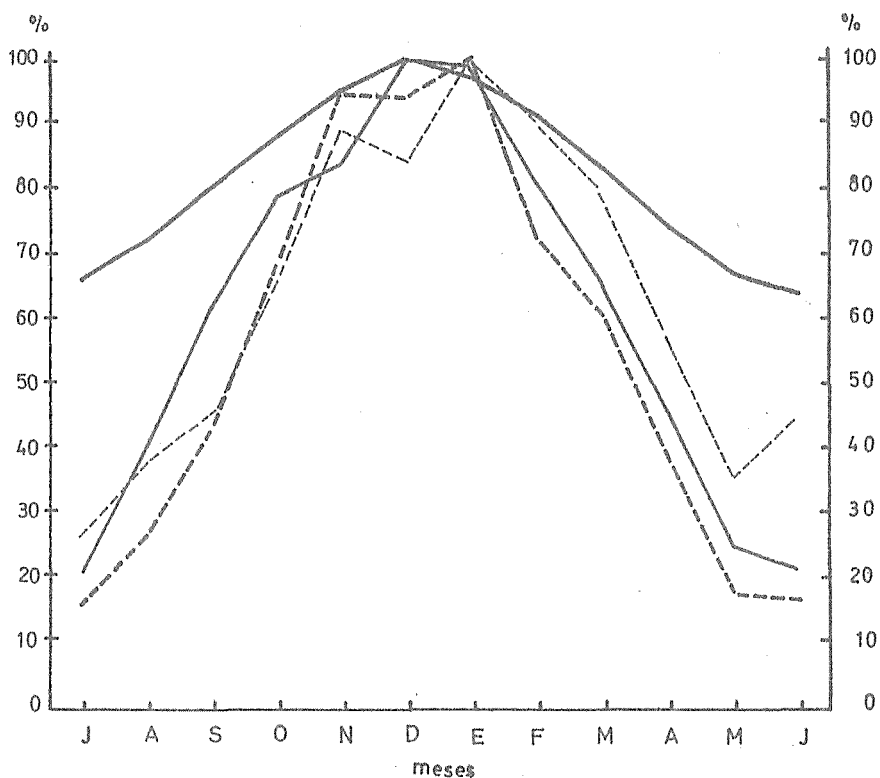
Se han tabulado los valores obtenidos con los tres métodos y el promedio de los mismos, considerándose valores de eficiencia de riego del 60 y el 70 por ciento. Una vez analizados los resultados arrojados por los tres métodos se considera que el de Turc es el que más se presta a las condiciones agroclimáticas del Valle de Viedma, obteniéndose con su fórmula un fuerte consumo de agua en la estación estival y una disminución muy notable en la invernal. Ello coincide muy de cerca con la marcha a través del año de los principales elementos climáticos que determinan el consumo del agua por los vegetales, cuales la radiación solar, la temperatura del aire y el déficit de saturación del mismo.

En el Gráfico 43 se han trazado los valores porcentuales de radiación, temperatura y evapotranspiración potencial calculada con la fórmula de Turc, que corresponden a la Estación Experimental en 1965/66. La curva de la duración solar fue calculada para la latitud de 40°. Se puede apreciar que el aumento o descenso de la radiación solar y de la temperatura producen incrementos o decrementos no proporcionales de la evapotranspiración, fenómeno hasta cierto punto semejante al que ocurre en la actividad fisiológica de los vegetales, es decir, que tales hechos tienen una expresión de tipo exponencial.

Las curvas comparativas de los valores de evapotranspiración potencial calculada por los métodos de Turc y de Thornthwaite-Mather, teniendo en cuenta los valores climáticos medios de Patagones y los de la Estación Experimental durante el año 1965 figuran en el Gráfico 44. Se incluye la curva obtenida por el método de Blaney-Criddle. El aspecto más destacado que se puede señalar es que ambas curvas de Thornthwaite son muy similares, mientras que en las de Turc se aprecia una distancia considerable entre

Gráfico 43

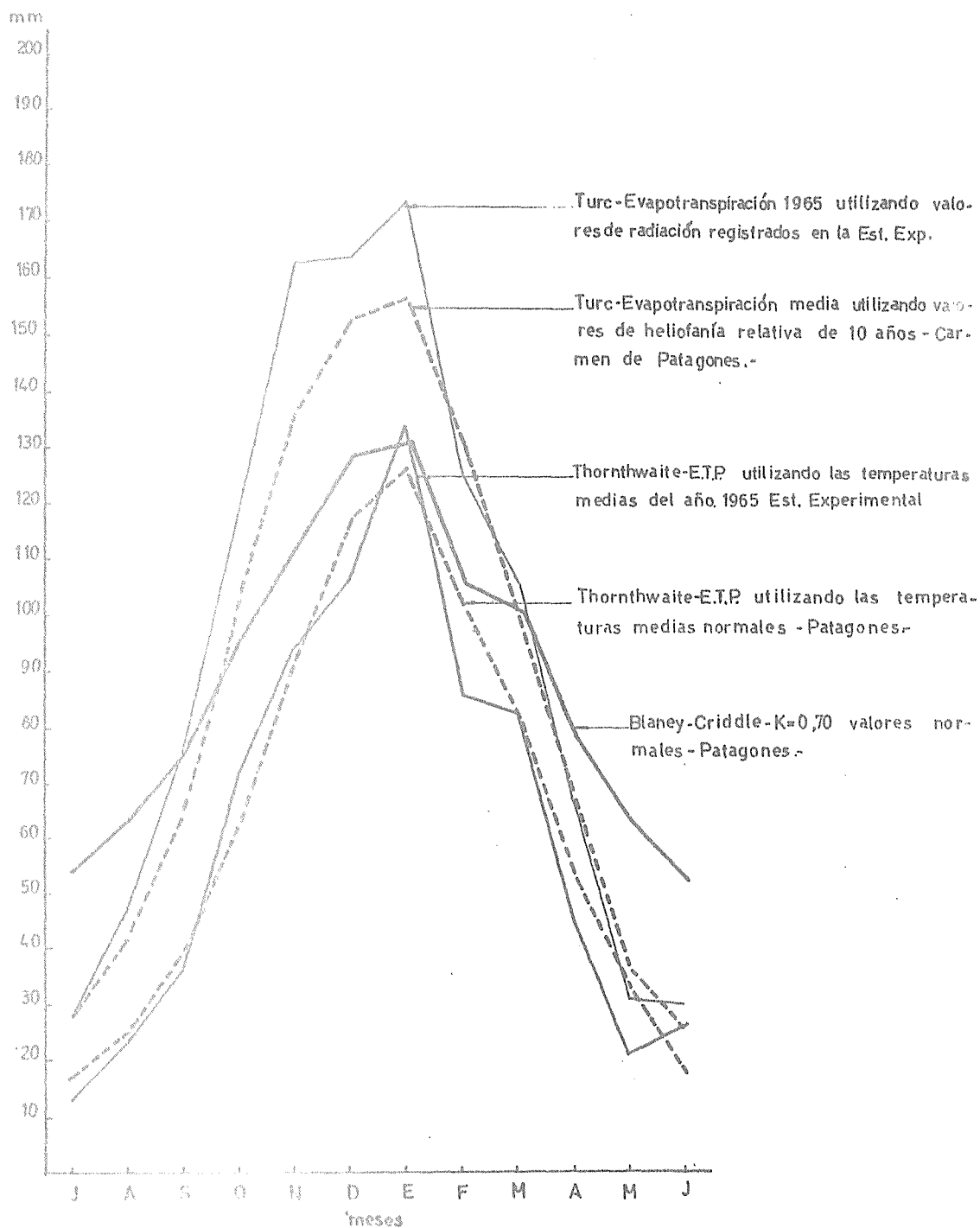
RADIACION, TEMPERATURA, EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL Y DURACION DE LA LUZ SOLAR EN CUATRO LOCALIDADES.



— Radiación
- - - - - Temperatura
— Duración luz solar
- - - - - Evapotranspiración Potencial- Met.de TURC

El valor más alto de cada uno de los elementos fue llevado a 100 y el resto a porcentajes en relación con aquel.
La radiación, la temperatura y la evapotranspiración potencial corresponden al siguiente período 1-11-65 a 31-1-66
La duración de la luz solar corresponde a los 40° L.S.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL



ellas desde octubre a enero. En efecto, las curvas para el año 1965 están construidas con los valores obtenidos desde febrero de 1965 hasta enero de 1966; la primavera de 1965 y el verano de 1966 se caracterizaron por una gran insolación, de manera que aunque las temperaturas no fueron altas, la energía solar recibida fue intensa. Este hecho parece explicar la diferencia señalada por las curvas de Turo y, de ser así, demostraría que la fórmula del mencionado investigador es más sensible y ajustada a la realidad que la de Thornthwaite-Mather.

GLOSARIO

Albardón	Elevación pequeña, extendida a orilla de ríos o arroyos; tipo de formación aluvial.
Barda	Barranca que limita el valle de un río.
Galicata	Pozo realizado a pala que sirve para observar el perfil del suelo.
Cuchilla	Véase barda.
Duna	Acumulación de arena transportada por el viento.
Médano	Véase duna.
Meseta	Elevación llana o casi llana de terreno que se eleva sobre las tierras adyacentes.
Monte	Tiene diversas excepciones: formación fitogeográfica; tierra inculca cubierta por arbustos, etc.
Napa	Capa de agua freática.
Pampeano	Relativo a la formación geológica que se extiende en casi toda la llanura argentina.
Rodado	Fragmentos redondeados de rocas, entre 2 mm y 50 mm de diámetro.
Sobresaliente	Relativo al nivel emergente que poseen algunas áreas de terreno.
Terraza	Superficie topográfica que indica un nivel anterior del piso del valle.
Zanjón	Cauce o lecho de río o arroyo generalmente de carácter intermitente.
Pasto	Hierba.

LISTA DE COLABORADORES

<u>Personal de la FAO</u>	<u>Cargo</u>	<u>Periodo de Contrato</u>	<u>Nº de meses</u>
<u>Hidrogeología:</u>			
J.B. Auden			
<u>Suelos:</u>			
P. Guerra	Edafólogo (Reconocimiento)	5.10.63 - 31. 3.66	30
J. Pinel	Químico (Tierras y Aguas)	21. 7.64 - 21. 7.77	24
<u>Personal del Gobierno Argentino:</u>			
<u>Hidrogeología:</u>			
Glen Brown			
Amílcar Galván			
<u>Suelos:</u>			
H.T. Masotta	Especialista (reconocimientos suelos)	15. 6.63 - 30. 6.66	36
J.J. Oliveri	Ayudante Técnico (reconocimiento de suelos)	1. 9.63 - 21.12.65	28
J.P. Giménez	Químico (suelos y aguas)	15. 6.63 - 20.12.65	30
<u>Agroclimatología:</u>			
J. Arroyo			

BIBLIOGRAFIA

Hidrogeología

- Auden, J. B. Nota sobre una Inspección geológica del Proyecto de Desarrollo del Valle de Viedma. FAO/UNDP/SF. 1966.
- Añer, Vaino Evolución Postglacial del Valle Inferior del Río Negro y Variaciones cuaternarias de la Línea costanera. Publ. 23, Instituto de Suelos y Agronomía. Buenos Aires. 1952.
- Ferris et al. "Theory of Aquifer Tests" W. S. P. 1536. 1962
- Galván, Amílcar La Capa Freatica en la Zona de Viedma. FAO/UNSF. 1965
- Galván, Amílcar Estudio Hidrogeológico del Valle Inferior del Río Negro. 1966
- Guerra, P. y Masotta, H. Estudio sobre Aprovechamiento de las Tierras del Valle de Viedma. Estudio de Suelos con fines de Riego; Primera Etapa. FAO/UNSF. 1966
- Gutiérrez Frías Estudios de Drenaje y Permeabilidad del Valle Inferior del Río Negro. FAO/UNSF 1964
- ITALCONSULT Plan de Desarrollo Agrícola del Valle de Viedma. Anexo 2, Geología y Pedología. Parte 1, 122 páginas impresas; Parte 2, 11 páginas y tablas. Anexo 3, Hidrología e hidrografía. Roma. 1960.
- Schoeller, H. "Les eaux souterraines". Masson. 1962
- Suelos
- Añer, Vaino Evolución Postglacial del Valle Inferior del Río Negro y Variaciones Cuaternarias. INTA. Publ. N° 23 de la Revista de Investigaciones Agr., Tomo V, N° 4, pág. 425-464. 1951
- Bonfils, Constante G. Estudio Agrohidrológico del Valle de Viedma. 1952
- ITALCONSULT Plan de desarrollo Agrícola del Valle de Viedma, Anexo 2° Geología y Pedología. 1960
- Szabolcs, Dr. I. Recuperación y Mejoramiento de Suelos Alcalinos y Salinos. Conferencia Latinoamericana para el estudio de las Regiones Áridas, Buenos Aires. 1963
- Thornbury, William D. "Principles of Geomorphology". 1954. Edición Argentina, 1960.

- United States Department of Agriculture "Soil Survey Manual". Agriculture Handbook N° 18, 1951
- United States Department of the Interior "Bureau of Reclamation Manual" Volume V. "Irrigated Land Use". 1953
- United States Salinity Laboratory "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils" by Laboratory Staff, L. A. Richards, Editor Handbook N° 60. 1954.
- Wydlar R. E. y Casares J. M. Reconocimiento preliminar Agro-Edafológico en el Valle Inferior del Río Negro-Viedma-Territorio del Río Negro. 1950
- Wydlar, R. E. Estudio Edafológico del Valle Inferior del Río Negro - Tercera Etapa - Agua y Energía Eléctrica. 1960

Agroclimatología

- Belcaguy, P. J. M. Determinación de la dotación de riego por el método de Blaney y Criddle. Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires, Cátedra de Hidrología Agrícola. 1959
- Bonner, J. y Galston, A. W. Principios de Fisiología Vegetal. Aguilar, Madrid. 1955
- Bosso, J. A. y Burgos, J. J. Condiciones agroclimáticas de la región de Carmen de Patagones. Rev. Argentina de Agronomía, T. 15; N° 3, Buenos Aires. 1948
- Burgos, J. J. La Estación agrometeorológica - IDIA, 14 y 15, Buenos Aires. 1949
- Burgos, J. J. Las heladas en la Argentina. Colección Científica. Vol. III, INTA, Buenos Aires. 1963
- Burgos, J. J. y Vidal, A. L. Los climas de la república Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite, Meteoros, Año I, N° 1, Buenos Aires. 1951
- Juárez, G. A. y Ruggiero, R. A. La observación agrometeorológica. Instituto de Suelos y Agrotecnia, Tirada interna N° 37, Buenos Aires. 1966
- Papadakis, J. Plan de Desarrollo Agrícola del Valle de Viedma. Anexo I. Climatología y Ecología. Italconsult. Roma. 1960
- S.M.N. 1/ Estadísticas Climatológicas 1901-1950. Publ. B₁ - N° 1, Buenos Aires. 1958
- S.M.N. 1/ Estadísticas Climatológicas 1941-1950 Publ. B₁ - N° 3, Buenos Aires. 1958
- S.M.N. 1/ Estadísticas Climatológicas 1951-1960 Publ. B₁ - N° 6, Buenos Aires. 1963

- S.M.N. 1/ Anales hidrológicos - Datos pluviométricos. Período 1928-1937. Serie B, 3^a Sección, 1^a parte, N^o 1 - Buenos Aires. 1947
- S.M.N. 1/ Atlas Climático de la República Argentina. Buenos Aires. 1960
- Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA Geografía de la República Argentina. Tomo V, Buenos Aires. 1946
- Thornthwaite, C. W. y Mather, J. R. "Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. Publications on Climatology", Vol. X, N^o 3, Centerton, New Jersey. 1957
- Turc, L. Evapotranspiración potencial (traducción).

1/ Servicio Meteorológico Nacional

MR/91265/1.70/S/1/300