



MAESTRÍA EN RIEGO Y DRENAJE

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO - FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA
AGROPECUARIA (INTA) – INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA (INA)**

TEMA

**VARIACIONES DE LOS NIVELES FREÁTICOS EN FUNCIÓN DE LA
EVAPOTRANSPIRACIÓN, PRECIPITACIÓN EFECTIVA y VOLÚMENES
DISTRIBUIDOS EN LOS DISTRITOS DE “COSTA DE ARAUJO-GUSTAVO
ANDRÉ” - DETERMINACIONES DE LAS SUPERFICIES AFECTADAS
CON NIVELES FREÁTICOS - DPTO. DE LAVALLE - AÑOS 1983 a 2002**

TESISTA

Ing. Agr. Gonzalo Ortiz Maldonado

DIRECTOR

M.C. Ing. Agr. Nicolás Carlos Ciancaglini

ASESORES

Dr. Ing. Agr. León Nijensohn
Lic. Luis Fornero



Mendoza, Noviembre de 2004

AGRADECIMIENTO

La problemática de la falta de drenaje natural fundamentalmente en las zonas áridas como mi provincia natal, Mendoza, trae como consecuencias directas, entre otras, disminuciones en las producciones de los cultivos. Sinceramente, siempre este tema y los referidos a las soluciones para transformar las tierras más productivas, son los que me han apasionado dentro de esta especialidad de la agricultura de regadío.

Sin duda que este estudio ha significado un esfuerzo de mi parte, el que hubiera sido imposible de afrontar sin la ayuda de mis amigos y compañeros de trabajo del Departamento General de Irrigación y de la Cátedra de Hidrología de la Facultad de Ciencias Agrarias, a los cuales va mi agradecimiento.

No obstante, debo reconocer que tampoco hubiera sido factible hacer este estudio sin el permanente apoyo y aliento de mi familia; mi esposa María Pía, y mis hijos: Gonzalo, Tomás, Pablo y, desde luego, de mi padre a cuya memoria lo dedico de todo corazón.

1- INDICE

2- INDICE DE ABREVIATURAS.....	3
3- ABSTRACT	4
4- RESUMEN.....	6
5- INTRODUCCIÓN	13
6- ANTECEDENTES	17
7- HIPÓTESIS DE TRABAJO	22
8- OBJETIVOS	22
9- MATERIAL Y METODOS	23
9-1 Del Objetivo Principal:	23
 9-1-1 Análisis de las Mediciones de Niveles Freáticos del Periodo Junio 1983 a Junio del 2002	
 Variaciones de los Niveles Freáticos Anuales (ΔNF) en la Subárea “Costa de Araujo - G.André”	23
 9-1-3 Necesidad de Riego (NR).....	26
 9-1-4 Determinación de los cocientes entre las Necesidades de Riego (NR) y los Volúmenes.....	30
 Distribuidos (VD)	30
9-2 De los Objetivos Secundarios	30
10- RESULTADOS DEL OBJETIVO PRINCIPAL.....	32
11- RESULTADOS DE LOS OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	34
12- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL OBJETIVO PRINCIPAL	46
13- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LOS OBJETIVOS SECUNDARIOS	46
14 – BIBLIOGRAFÍA	51
 14-1 Bibliografía: Citada	51
 14-2 Bibliografía Consultada	52
15- ANEXOS: TABLAS.....	53

2- INDICE DE ABREVIATURAS

ACRE = Área de Cultivos Restringidos

CRAS = Centro Regional de Aguas Subterráneas

DGI = Departamento General de Irrigación

Dpto. = Departamento

ET₀ = Evapotranspiración del cultivo de referencia

ET_c = Evapotranspiración del cultivo

FAO = Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

INA-CRA = Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Andino

INTA = Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

INV = Instituto Nacional de Vitivinicultura

INCYTH = Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Hídricas

K_c = Coeficiente de cultivo

NR = Necesidad de riego

NF = Nivel freático

Mza = Mendoza

Pp. ef. = precipitación efectiva

PVC = Policloruro de vinilo

PET = Polietilen psteréftalato

VD = Volumen distribuido a la red de riego

Δ NF = Variación de los niveles freáticos

**WATER TABLE FLUCTUATIONS ACCORDING TO EVAPOTRANSPIRATION,
EFFECTIVE RAINFALL AND VOLUMES OF WATER DISTRIBUTED FOR
IRRIGATION IN THE “COSTA DE ARAUJO-GUSTAVO ANDRE” DISTRICT –
DETERMINATION OF AREAS AFFECTED BY WATER TABLE LEVELS IN THE
DEPARTMENT OF LAVALLE.
FROM 1983 TO 2002**

GONZALO ORTIZ MALDONADO
Agricultural Engineer

3- ABSTRACT

In the Province of Mendoza (Argentina), the river on which most water demands are placed is the Mendoza River. Water from its lower reaches is used for irrigation in the Department of Lavalle. Silty-loam soils and fine-textured alternating layers prevent irrigation water from percolating and cause root asphyxia of crops.

Between 1983 and 1985 the General Department of Irrigation (DGI) installed networks of water level recorders in the irrigated areas of the Province of Mendoza. One of them, the “Department of Lavalle” network, is divided in three sub-areas with their corresponding systems of main drainage canals known as: “Jocolí”, “Villa” and “Costa”. These systems of main drainage canals were built in 1938 with funds from the National Government in view of increasing water-logging conditions. Groundwater quality determinations showed high salinity levels.

The main objective of this study is to show that water table fluctuations (ΔNF) in arid areas under cultivation are closely associated with crop evapotranspiration (Etc), effective rainfall (Pp.ef), and volumes of water distributed for irrigation (VD).

Secondary objectives are: a) to obtain graphic and numerical information on areas affected by water table levels at 0.5m to 2.5m depth intervals. All of these areas were determined according to mean and minimum absolute water table depths in the 1983-2002 period, and in the months of March, June, September and December of the same period; b) to determine the direction of the groundwater flow and the recharge and discharge areas.

Results of the main objective:

- The correlation between quotients (crop water requirements and distributed volumes) (NR/VD) and annual water table fluctuations (ΔNF) in the month of June of each year is shown in the regression equation $y = -0.1586 x + 0.5381$ with an adjustment coefficient of $R^2 = 0.3245$.
- Graphic representation of the correlation showed that the 0.54 NR/VD ratio is the point of equilibrium at which water table levels do not fluctuate. Values higher than 0.54 will lower water table levels and have a favorable effect on crops.

Conclusions corresponding to the main objective:

- The 0.54 ratio shows that the canal system delivers twice the amount of water that is required by the crops.
- The low $R^2 = 0.3245$ adjustment coefficient is due to variations in derived flows, which are excessive and unjustified in winter months.

- The working hypothesis which holds that water table fluctuations (NF) in arid areas under cultivation are associated with crop evapotranspiration (Etc), effective rainfall (Pp. ef) and volumes of water distributed for irrigation (VD) is valid, though there are other factors that contribute to better equation adjustments.

Results of secondary objectives:

- Mean water table depths in the “Costa” sub-area are considered to represent a “low risk”, and in the “Department of Lavalle” a “dangerous risk”. Fine-textured soils, which increase salt transport and accumulation in the root zone, produce a significant capillary rise that seriously affects crop yields.
- Water table levels below 1.50 m affect the “Costa” sub-area the most in the month of September and the “Department of Lavalle” in June and December.

Conclusions corresponding to secondary objectives:

- The main drainage canal network is inadequate for water table levels to decline below 1.5 meters and only partially fulfills its discharge functions.
- It is recommended to adopt a “soil reclamation” policy that replaces the Soil Conservation Act (Law No. 22428). This policy would enable the State to build underground secondary drains to supplement the existing drainage network in order to allow drainage from plots where drains have been installed.
- It is recommended to discontinue the use of drag-shovels and draglines for maintenance operations in the main drainage canal network. Instead, it is proposed: a) to implement maintenance operations on service roads; b) to use herbicides; c) to use mowing buckets coupled on to heavy machinery in addition to hand motor scythes; and d) to perform manual and periodical cleaning operations in road bridges.

4- RESUMEN

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El río Mendoza es el de mayor demanda de la Provincia de Mendoza, su tramo inferior irriga al Departamento de Lavalle, ubicado al norte de la provincia en el límite con la vecina Provincia de San Juan.

La actividad económica es, fundamentalmente, agrícola y en la zona de secano se desarrolla una economía de subsistencia sobre la base de la producción caprina. La topografía es llana y con suaves ondulaciones, pendiente escasa hacia el N (0,2%) y hacia el NE (0,1%). Los suelos son de origen aluvial y eólico y de textura predominante franco y franco-limoso, alternada con capas de arcilla. La eficiencia de riego es del orden del 38%. En general, la percolación del agua de riego es impedida por la alternancia de capas de texturas finas las que provocan afectaciones a los cultivos por asfixia radical y salinidad. Por tal motivo, se construyeron entre 1936 y 1939 una extensa red de canales principales de drenajes de 230 kilómetros de longitud para la evacuación de las aguas freáticas, pluviales y sobrantes de riego, los que finalmente derraman en campos abiertos y otros descargan en cauces naturales como el arroyo Tulumaya y el río Mendoza.

Entre los años 1982 a 1985, el Departamento General de Irrigación (DGI) a través del Área de Drenaje construyó las redes de freámetros, con una equidistancia de 2,5 kilómetros, de 3,5 metros de profundidad, debidamente georeferenciadas y acotadas con respecto al nivel del mar, en las diferentes áreas irrigadas de la provincia, siendo una de ellas la del departamento de Lavalle que consta de 110 freámetros. La finalidad de las mismas fue: disponer de observaciones de profundidades freáticas y relacionarlas con los aportes de aguas de riego a las zonas cultivadas siguiendo su evolución en el tiempo y disponer de mayores de conocimientos a fin de: ser utilizados en producir modificaciones operativas en la distribución de aguas, conocer áreas críticas donde es necesario la impermeabilización de cauces, ajustar metodologías eficientes para el mantenimiento y conservación de la red de colectores de desagües y drenajes. Estas redes se encuentran ubicadas en suelos de topografía de escasa pendiente coincidentes con zonas de llanura donde con mayor énfasis y frecuencia se manifiestan inconvenientes de carácter edáfico por encenegamiento de suelos y de carácter fisiológico evidenciado por sensibles disminuciones en los rendimientos de los cultivos. La red freámetrica denominada Dpto. "Lavalle", se procedió a dividirla en tres Subáreas que poseen sus correspondientes sistemas de colectores principales de desagües y drenajes identificados como: "Jocolí", "Villa" y "Costa", esta última de aproximadamente 7.000 hectáreas cultivadas corresponde al área de estudio.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Se considera que las variaciones de los niveles freáticos (ΔNF), en zonas áridas cultivadas, tendrían estrecha vinculación con la evapotranspiración de los cultivos (ETc), las precipitaciones efectivas (Pp. ef.) y con los volúmenes distribuidos (VD) a través de la red de riego.

OBJETIVOS

El objetivo principal es determinar las relaciones matemáticas entre las variaciones anuales de los niveles freáticos en función de la evapotranspiración de los cultivos (ETc), la precipitación efectiva (Pp. ef.) y los volúmenes distribuidos (VD) a la red de riego en la Subárea "Costa".

Los objetivos secundarios son conocer, para la Subárea “Costa” y para el área del “Dpto. Lavalle”, las superficies afectadas con profundidades freáticas medias y mínimas (isobatas) anuales y las correspondientes a los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre en base a las observaciones realizadas desde 1983 hasta el año 2002. Y, conocer la altura del plano freático con respecto al nivel del mar (isohipsas), determinando las direcciones de flujo y las áreas de carga y descarga para las áreas indicadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el análisis de los datos se optó trabajar por ciclo hidrológico, que se inicia el 1 de julio y finaliza el 30 de junio. Las lecturas de profundidades freáticas se efectuaron con frecuencia trimestral en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre durante el periodo 1983-2002.

Para la ejecución del objetivo principal: del “Registro de Freatímetros y Profundidad Freática - Años 1983-2002”. se practico el siguiente análisis: una primera selección en la que participaron únicamente las datos de profundidades freáticas reales y, luego una segunda selección de freatímetros eligiendo aquellos que mayor cantidad de datos aportaron durante el periodo de estudio. Con este registro “elaborado” de profundidades freáticas se extrajeron las correspondientes a los meses de junio con las cuales se determinaron, por diferencia, las variaciones de profundidades freáticas (ΔNF) entre un año y el siguiente.

Para el cálculo de las necesidades de riego (NR), se procedió a calcular las láminas de evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀) a través de la fórmula de Penman – Monteith, para todos los meses desde el año 1983 hasta el año 2002. Para ello, fueron utilizados los datos meteorológicos (temperatura máxima y mínima, humedad relativa, velocidad del viento y horas de brillo solar) correspondientes a la Estación Meteorológica San Martín, ubicada en el departamento de San Martín, Mendoza. Para los cálculos de la ET₀ se utilizó el programa de computación CROPWAT desarrollado por FAO, estos valores fueron afectados por los coeficientes de cultivos K_c, extraídos de la experimentación local, para los diferentes cultivos implantados en la subárea “Costa” obteniendo la evapotranspiración real de los cultivos (ET_c). Posteriormente se procedió al cálculo de la precipitación efectiva (P_p ef.) con los valores de las precipitaciones diarias de la misma estación meteorológica, aplicando la siguiente relación: $Pp\ ef = (0.9 \times pp\ real) - 12 = (mm)$ para todos los eventos ocurridos durante el periodo 1983-2002. Para la determinación de las necesidades de riego anual (NR) se procedió a descontar de la lámina de evapotranspiración real de los cultivos, la lámina de precipitación efectiva, $NR = ET_c - Pp\ ef\ (mm/mes)$. Estos valores fueron transformados a unidades de volumen anual (hm^3) al afectarlos por las superficies correspondientes a cada cultivo.

Los volúmenes anuales distribuidos (VD) en hm^3 se extrajeron, previo procesamiento, de las correspondientes planillas de aforos de los cuatro canales que abastecen a la Subárea “Costa” conocidos como: Bajada de Araujo, San Pedro y San Pablo, Gustavo André y Natalio Estrella, para el periodo 1983-2002”.

Para la ejecución de los objetivos secundarios se efectuaron con la participación de todos freatímetros y datos extraídos del “Registros de Freatímetros y Profundidad Freática Años 1983-2002”, procediendo a calcular los promedios de las profundidades freáticas y alturas respecto al nivel del mar durante el periodo 1983-2002. Se determinaron las mínimas profundidades ocurridas por cada freatímetro e iguales determinaciones para los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre.

RESULTADOS

Del Objetivo Principal:

1) Se determinaron los cocientes NR/ VD para cada año hidrológico, y con los valores de las variaciones de niveles freáticos ΔNF correspondientes a los meses de junio de cada año, se procedió a correlacionarlos obteniendo la siguiente ecuación de regresión $y = -0,1586 x + 0,5381$ con un coeficiente de ajuste $R^2 = 0,3245$, donde $y = \Delta NF$ y $x = NR/VD$.

2) De la representación gráfica se demuestra que el valor de la relación NR / VD de 0,54 es el punto de equilibrio en el cual los niveles freáticos no sufren variaciones. Valores superiores a 0,54 influirán favorablemente en los cultivos haciendo descender la tabla freática y viceversa.

De los Objetivos Secundarios nº 1 y nº 2:

Las superficies afectadas para diferentes profundidades de niveles freáticos medios y mínimos absolutas para la serie 1983 – 2002, fueron:

Tabla nº 17 ISOBATAS MEDIAS -SERIE 1983 – 2002				Tabla nº 18 ISOBATAS MINIMAS - SERIE 1983-2002			
INTERVALO	SUBAREA COSTA	DPTO. LAVALLE		SUBAREA COSTA	DPTO. LAVALLE		
PROF. N.F. (m)	Sup. (ha)	%	Superficie (ha)	Sup. (ha)	%	Superficie (ha)	%
0-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	239,75	2,3
0,5-1	0,0	0,0	0,0	0,0	34,3	7005,5	47,5
1-1,5	173,5	0,9	2036,8	4,4	26,7	5442,5	25,8
1,5-2	6508,0	31,9	18892,3	40,4	14,4	2937,25	10,9
2-2,5	6358,0	31,2	12982,8	27,8	9,3	1895,25	6,6
2,5-3	4358,0	21,4	8899,5	19,0	14,2	2890,0	7,0
+ de 3	3012,75	14,8	3933,3	8,4	0,0	0,0	0,0
Total	20410,2	100,0	46744,5	100,0	100,0	20410,25	100,0

Objetivo nº 3 : “Isobatas Medias – Meses Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre - Valores de superficies afectadas en la Subárea “Costa” y Dpto.”Lavalle” – Serie 1983-2002”

Tabla nº19-1 ISOBATAS MEDIAS - MES MARZO-SERIE 1983-2002				T. nº 19-3 ISOBATAS MEDIAS - MES SEPTIEMBRE			
INTERVALO	SUBAREA COSTA	DPTO. LAVALLE		SUBAREA COSTA	DPTO. LAVALLE		
PROF. N.F. (m)	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%
0-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5-1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	78,5	0,0
1-1,5	0,0	0,0	128,3	0,3	14,8	6909,3	1,7
1,5-2	1353,5	6,6	9348,8	20,0	39,4	18440,0	43,2
2-2,5	10546,8	51,7	21286,8	45,5	21,9	10245,0	25,1
2,5-3	6069,8	29,7	12707,3	27,2	17,6	8243,0	19,1
+ de 3	2440,3	12,0	3273,5	7,0	6,1	2828,8	11,0
Total	20410,3	100,0	46744,5	100,0	100,0	46744,5	100,0

Tabla nº 19-2 ISOBATAS MEDIAS - MES JUNIO -SERIE 1983-2002					T. nº19-4 ISOBATAS MEDIAS - MES DICIEMBRE				
INTERVALO	SUBAREA COSTA		DPTO. LAVALLE		SUBAREA COSTA		DPTO. LAVALLE		
PROF. N.F (m)	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	
0-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
0,5-1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
1-1,5	83,0	0,4	1111,8	2,4	195,0	1,0	1113,5	2,4	
1,5-2	3091,3	15,1	14549,0	31,1	5442,0	26,7	17886,8	38,3	
2-2,5	9017,0	44,2	16531,0	35,4	7925,5	38,8	15271,5	32,7	
2,5-3	4992,0	24,5	10408,0	22,3	5165,0	25,3	10318,0	22,1	
+ de 3	3227,0	15,8	4145,0	8,9	1682,8	8,2	2154,8	4,6	
Total	20410,3	100,0	46745,0	100,0	20410,3	100,0	46744,5	100,0	

Objetivo nº 4: “Isobatas Mínimas Absolutas - Meses de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre- Valores de superficies afectadas en la Subárea “Costa” y Dpto.”Lavalle” – Serie 1983-2002

TABLA N°20-1 ISOBATAS MINIMAS – MARZO – SERIE 1983-2002					Tabla n ° 20-3 ISOBATAS MINIMAS -SETIEMBRE				
INTERVALO	SUBAREA COSTA		DPTO. LAVALLE		SUBÁREA COSTA		DPTO. LAVALLE		
PROF. N.F (m)	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	
0-0,5	33,0	0,1	99,0	0,2	0,0	0,0	326,3	0,7	
0,5-1	809,2	3,9	7032,5	15,0	1154,8	5,7	12713,5	27,2	
1-1,5	5817,5	28,5	16152,0	34,5	9780,5	47,9	18079,5	38,7	
1,5-2	7403,7	36,2	13665,5	29,2	3665,0	18,0	7334,5	15,7	
2-2,5	2742,0	13,4	5531,0	11,8	2518,3	12,3	4448,3	9,5	
2,5-3	3604,7	17,6	4264,5	9,1	3291,8	16,1	3842,5	8,2	
+ de 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	20410,3	100,0	46744,5	100,0	20410,3	100,0	46744,5	100,0	

Tabla nº 20-2 ISOBATAS MINIMAS - MES DE JUNIO					Tabla nº 20-4 ISOBATAS MINIMAS DICIEMBRE				
INTERVALO	SUBAREA COSTA		DPTO. LAVALLE		SUBAREA COSTA		DPTO. LAVALLE		
PROF. N.F (m)	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	
0-0,5	17,8	0,1	169,5	0,4	172,5	0,8	230,3	0,5	
0,5-1	858,5	4,2	8513,0	18,2	1910,0	9,4	6775,8	14,5	
1-1,5	7515,5	36,8	18240,0	39,0	8357,3	40,9	23025,8	49,3	
1,5-2	5357,5	26,2	9744,3	20,8	4641,8	22,7	8985,3	19,2	
2-2,5	2727,3	13,4	5428,0	11,6	2170,8	10,6	4099,8	8,8	
2,5-3	3933,8	19,3	4649,8	9,9	3158,0	15,5	3627,8	7,8	
+ de 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	20410,3	100,0	46744,5	100,0	20410,3	100,0	46744,5	100,0	

Objetivo °5

La Subárea “Jocolí”: la zona de carga es al Suroeste hacia Noreste correspondiendo los aportes por los canales Sauce–Jocolí y los desagües de efluentes cloacales provenientes del Campo Espejo.

La Subárea “Villa” los ingresos se producen por los canales Auxiliar Tulumaya y sus derivados canales Santos Lugares y Colonias. Estas aguas son de diferentes orígenes: derivadas del dique Cipolletti, canal Pescara (desagües industriales) y afloramientos de las nacientes de los Arroyos Fernández y Tulumaya. Las descargas de los colectores son a campo abierto, no presentando inconvenientes evacuación.

La Subárea “Costa” la carga se produce en dirección de sur-este hacia el nor-oeste, por medio de los cauces que se derivan del río y del propio río. Las descargas de los colectores “D” y “E” son a campo abierto y no presentan dificultades de evacuación. Pero los colectores “A”, “B” y “C” presentan condiciones topográficas que dificultan las descargas

CONCLUSIONES DEL OBJETIVO PRINCIPAL

-El valor de la relación 0.54 indica que se entrega a través de los canales el doble cantidad de agua que las necesidades de los cultivos.

-El bajo R^2 obtenido (0.32) se debe a la variabilidad de los volúmenes derivados, los que en algunos años, son excesivos e injustificados durante los meses invernales.

-Por ello la hipótesis de trabajo de que, las variaciones de los niveles freáticos (ΔNF), en zonas áridas cultivadas, tienen vinculación con la evapotranspiración de los cultivos (ETc), las precipitaciones efectivas (Pp.ef.) y los volúmenes distribuidos (VD) es válida, aunque intervienen otros factores para mejor ajuste de la ecuación.

Se recomienda: para un mejor ajuste de la recta de regresión se obtendría con la participación de otros parámetros como: a) los volúmenes egresados por los consumos de la flora autóctona cuya superficie es significativa en la subárea “Costa”, b) la variación zonal de las profundidades de los niveles estáticos del acuífero, c) los volúmenes egresados del área de estudio por la red de colectores de desagües y los volúmenes ingresados por perforaciones de agua subterránea, que en el presente análisis se los consideró equivalentes.

Del los Objetivos Secundarios

Previamente, para su análisis se asume que la profundidad freática mínima admisible para obtener rendimientos comerciales aceptables es de 1,5 metros de profundidad, y utilizando la siguiente clasificación de “Riesgo Freático de Áreas Irrigadas en relación con la profundidad freática y las superficies afectadas”.

Porcentaje del Área Irrigadas con $NF < 1.5$ m	Riesgo Freático
< 3,0 %	Bajo Riesgo
3,1 al 10,0 %	Riesgoso
> 10,0 %	Alto Riesgo

Objetivos nº 1 y nº 2: En relación a los resultados de las tablas nº 17 y nº 18 a la clasificación de “Riesgo Freático en base a la profundidad y superficie afectada” propuesta se califica a la Subárea “Costa”, con el 0.9%, de “Bajo Riesgo Freático” y al Dpto. “Lavalle” con el 4.4 % de “Riesgoso”. Pero analizado hidrológicamente, no se ha tenido en cuenta el ascenso capilar, por no quedar registrado en las mediciones de los freatímetros, y éste ascenso es significativo en suelos de textura fina, franco limosos como son los en la zona de estudio. La capilaridad implica transporte y acumulación de sales pudiendo ascender hasta superficie. En 1969, Nijensohn en su estudio de “Profundidad Freática Crítica” (Santiago del Estero) estimó ascensos capilares teóricos para diversas texturas señalando para el limo fino alturas desde los 360 centímetros sobre el plano freático. La calidad del agua freática, como se mencionó en los antecedentes, es altamente salina, en determinaciones realizadas en los años 2002 y 2004 arrojaron valores medios de $15.500 \mu \text{S.cm}^{-1}$ para el 90 % de la superficie. Estos valores son mas elevados que los determinados por Nijensohn en 1953-1955 y posteriormente por Braun en 1964. Esta particularidad incrementa la importancia de la capilaridad ya que ésta implica transporte y acumulación de sales las que invaden la rizósfera y durante los meses invernales quedan expuestas en superficie. El plano nº 4 de Isobatas Medias muestra para “Costa” el 32 % y para el Dpto. “Lavalle” el 40% de sus superficies con freática en el intervalo de 1,5-2,0 m. de profundidad. En estas superficies se produce el proceso de ascenso capilar. “Las variaciones de los niveles freáticos producen mas afectaciones a los cultivos que una freática de profundidad constante. Esto es debido a la falta de adaptación del sistema radical provocado por la alternancia de las condiciones de aerobiosis y anaerobiosis y por la selectividad a las sales que adquieren las raíces, provocando desequilibrios fisiológicos que inciden en los rendimientos hasta la muerte de los cultivos”, según el estudio de “Intoxicación de vid por cloruros” (Nijensohn, L. 1960). Esta es la causa de las intoxicaciones salinas con cloruros en vid y frutales que se observan en forma generalizada.

Del plano de Isobatas Mínimas Absolutas que se observa en Tabla nº 18, para ambas áreas, Subárea “Costa” y Dpto. “Lavalle”, se demuestra que las superficies afectadas con niveles freáticos hasta 1,5 m de profundidad son del 62,2 % y 75,6 % respectivamente, calificando a ambas de “Alto Riesgo Freático” .

Objetivo nº 3: “Isobatas Medias – Meses Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre - Valores de superficies afectadas en la Subárea “Costa” y Dpto. “Lavalle” – Serie 1983-2002”.

De las tablas 19-1 (marzo), nº 19-2 (junio), nº 19-3 (septiembre) y nº 19-4 (diciembre) se desprenden que: para la Subárea “Costa” resalta con énfasis el mes de septiembre con mayor superficie afectada con un 14,8 % calificándose de “Alto Riesgo”, mostrando para los restantes meses valores homogéneos entre ellos. Para la red Dpto. “Lavalle”: no existen diferencias significativas siendo los meses con mayor superficie afectada los correspondientes a junio y diciembre, ambos con 2,4 % correspondiendo “Bajo Riesgo” , resultando el mes de marzo el de menor superficie afectada.

Objetivo nº 4: “Isobatas Mínimas Absolutas - Meses de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre- Valores de superficies afectadas en la Subárea “Costa” y Dpto. “Lavalle” – Serie 1983-2002”.

Los valores de superficies afectadas que se detallan en las tablas nº 20-1(marzo), nº 20-2 (junio), nº 20-3 (septiembre) y nº 20-4 (diciembre) muestran claramente la “Alto Riesgo Freático” para ambas áreas, Subárea “Costa” y Dpto. “Lavalle”, con valores del orden de 50 %. Los meses con mayores superficies afectadas son Septiembre y Junio respectivamente.

Objetivo nº5: “Isohypsas Medias del departamento de Lavalle – Serie 1983-2002”

Subárea “Costa”: los colectores de desagües y drenajes no interceptan a las líneas de flujo y la existencia de colectores de excesiva longitud provocan baja eficiencia de abatimiento y de evacuación.

Subárea “Villa”: el arroyo Tulumaya se comporta como un dren interceptor, no existiendo otra alternativa para mejorar las descargas a campo abierto.

En la Subárea “Jocoli”: la zona de carga se produce desde el Sur hacia Norte, recibiendo los aportes provenientes de varias fuentes: derivaciones del “Campo Espejo”, desagües industriales y precipitaciones de varios departamentos, deben ser tratados en forma individual.

Se recomienda:

A nivel de parcela la instalación de freatímetros para conocer la profundidad freática antes y después de cada riego, realizar riegos de menor lámina y el uso de portainjertos adecuados.

Modificar el método de mantenimiento de la red principal de desagües y drenajes proponiendo una metodología que implica: a) mantenimiento de los caminos de servidumbres de los colectores, b) mantenimiento químico con el uso de herbicidas, c) mantenimiento mecánico con baldes segadores acoplados a maquinaria pesada complementado con el uso de motoguadañas manuales y, d) limpieza manual y periódica de los puentes carreteros.

Establecer una “política de saneamiento” de carácter provincial que complemente a la Ley Nacional de Conservación de Suelos (Ley nº 22.428), por la cual el Estado aporte recursos económicos para completar la red principal de drenaje, construyendo drenes secundarios subterráneos y permitiendo los desagües de aquellas parcelas, que hallan instalado drenes parcelarios.

Profundizar el cauce del río Mendoza desde el puente sobre el río, el distrito de Costa de Araujo hacia el norte, con el objeto de disponer de cota para desaguar, utilizando para ello el poder erosivo de las aguas claras.

5- INTRODUCCIÓN

El río Mendoza, al igual que todos los ríos de la Provincia de Mendoza, es de origen nival y es el segundo en cuanto a riqueza hídrica, luego del río Grande. Su derrame medio anual es de 1.585 hm³, y presenta el más intenso y variado aprovechamiento de los ríos de la provincia. Abasteciendo de agua para el consumo humano del 72 % de la población de la provincia la que se encuentra concentrada en el conurbano de la ciudad capital. Los otros aprovechamientos son: arbolado público, riego, industria y usos recreacionales. La superficie total cultivada del Río Mendoza es de 108.000 hectáreas, con aguas superficiales y subterráneas desde el valle cordillerano de Uspallata, hasta su extremo noroeste que corresponde a los distritos de Costa de Araujo y Gustavo André, luego de un recorrer 160 kilómetros, según determinaciones del Área SIG y Teledetección del D.G.I-Año 2004 (Rodríguez, P. – Año 2004).

La Quebrada de Cacheuta ubicada en el tramo superior del río corresponde a la salida del régimen de transición y el comienzo del régimen de llanura, constituyendo el inicio de la zona de recarga de aguas subterráneas que dan origen a un extenso acuífero que provee de aguas de riego para, aproximadamente, 27.000 hectáreas de uso excluido.

Es importante señalar que en el oasis del río Mendoza, mayoritariamente, los agricultores practican el riego mixto o conjunto, con aguas superficiales y subterráneas, como consecuencia de las fuertes variaciones temporales de aquellas. Estas variaciones se producen por los siguientes motivos: 1) años de escasez de nevadas en cordillera, 2) falta de regulación (dique de embalse) y, 3) falencias estructurales en la red de distribución y en la operación de ésta. Siendo estas falencias más importantes en las fincas ubicadas en el tercio inferior del río que las ubicadas en, pues las aguas deben recorrer mayor distancia incrementándose geométricamente los riesgos operacionales. Lógico sería esperar una disminución del “uso conjunto a nivel de finca”, como resultado de la puesta en funcionamiento del Dique Embalse Potrerillos a partir diciembre del 2002.

El clima de la provincia de Mendoza es Árido, los factores determinantes del clima, son entre otros, la altitud respecto al nivel del mar y la latitud geográfica. La lejanía al océano Atlántico y la anteposición de la cordillera de Los Andes a los vientos húmedos provenientes del océano Pacífico, hacen que no exista atemperización de los parámetros meteorológicos y por lo tanto el clima sea del tipo Continental. Consecuencia de esto son las grandes variaciones estacionales de las condiciones atmosféricas.

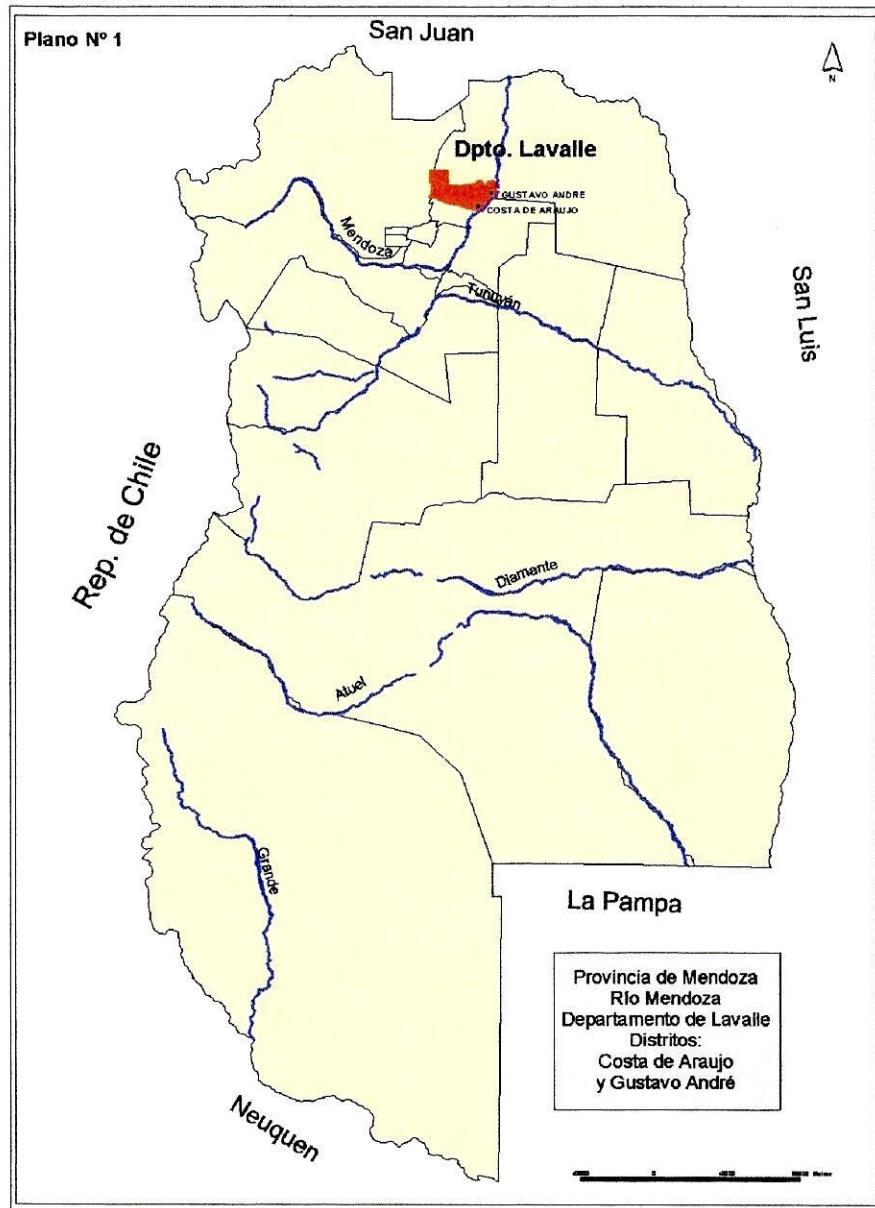
En el ámbito de la cuenca del río Mendoza existen dos regímenes de precipitación perfectamente definidos. Uno de tipo monzónico en la zona baja, que se extiende desde el límite Este de la cuenca hasta la localidad de Polvaredas. En esta parte de la cuenca, las precipitaciones son fundamentalmente pluviales aunque se registran precipitaciones níveas en algunas ocasiones durante los meses de invierno. A partir de esta localidad se produce el cambio de régimen, pasando a ser de tipo Mediterráneo. Bajo este régimen la precipitación es nívea prácticamente todo el año, con excepciones en los meses de verano.

Las precipitaciones pluviales son de un régimen tipo monzónico aumentan de Este a Oeste y de Norte a Sur. El límite Norte, próximos al límite con la provincia de San Juan y coincidentes con el área de estudio, los registros medios anuales son cercanos a 90 milímetros.

La zona de estudio se desarrolla en el Departamento de Lavalle, principalmente en los distritos de Costa de Araujo y Gustavo André ubicados en el extremo inferior del río. (Plano nº 1). Los suelos corresponden a la zona de llanura con pendientes en general muy débiles, hacia el N y hacia el NE (0,2% y 0,1% respectivamente), son de naturaleza aluvial, fluvio-lacustre, y en parte

también eólico, la textura predominante es franco a franco-limosos con alternancia de capas de textura arcillosas, con concreciones y estriás salinas sobre arcillas plástica rojiza. De acuerdo a la clasificación utilitaria de suelos del Bureau of Reclamation son de clase 3 y 4, indicando la presencia de freática y las consecuentes limitaciones para la agricultura.

Los cultivos implantados en el Departamento de Lavalle y en particular en los distritos mencionados, se adaptan a la salinidad, siendo ellos: vid, ciruelos y peras, y los cultivos hortícolas son: ajos, cebollas, tomates y melones. La eficiencia zonal de riego del proyecto, según estudios realizados por Chambouleyron, J. Morabito, J (Parámetros de Desempeños del Río Mendoza-Año 1992) es del orden del 38 %.



Las fincas con riego superficial ubicadas en las Subáreas denominadas "Jocolí" y "Villa" se proveen de agua desde el Dique Cipolletti (ubicado en el tramo superior del río) a través de la red de distribución de canales y la subárea "Costa" a través de tomas directas del río ubicadas en el tramo inferior. Plano n° 1 "Provincia de Mendoza- Ubicación Río Mendoza y Dpto. Lavalle". En la actualidad y conjuntamente con la puesta en funcionamiento de la Presa Potrerillos, en diciembre del año 2002,

se construyó y habilitó el "V y VI tramo" del canal San Martín que permite abastecer los distritos de Costa de Araujo y Gustavo André, desde el Dique Cipolletti.

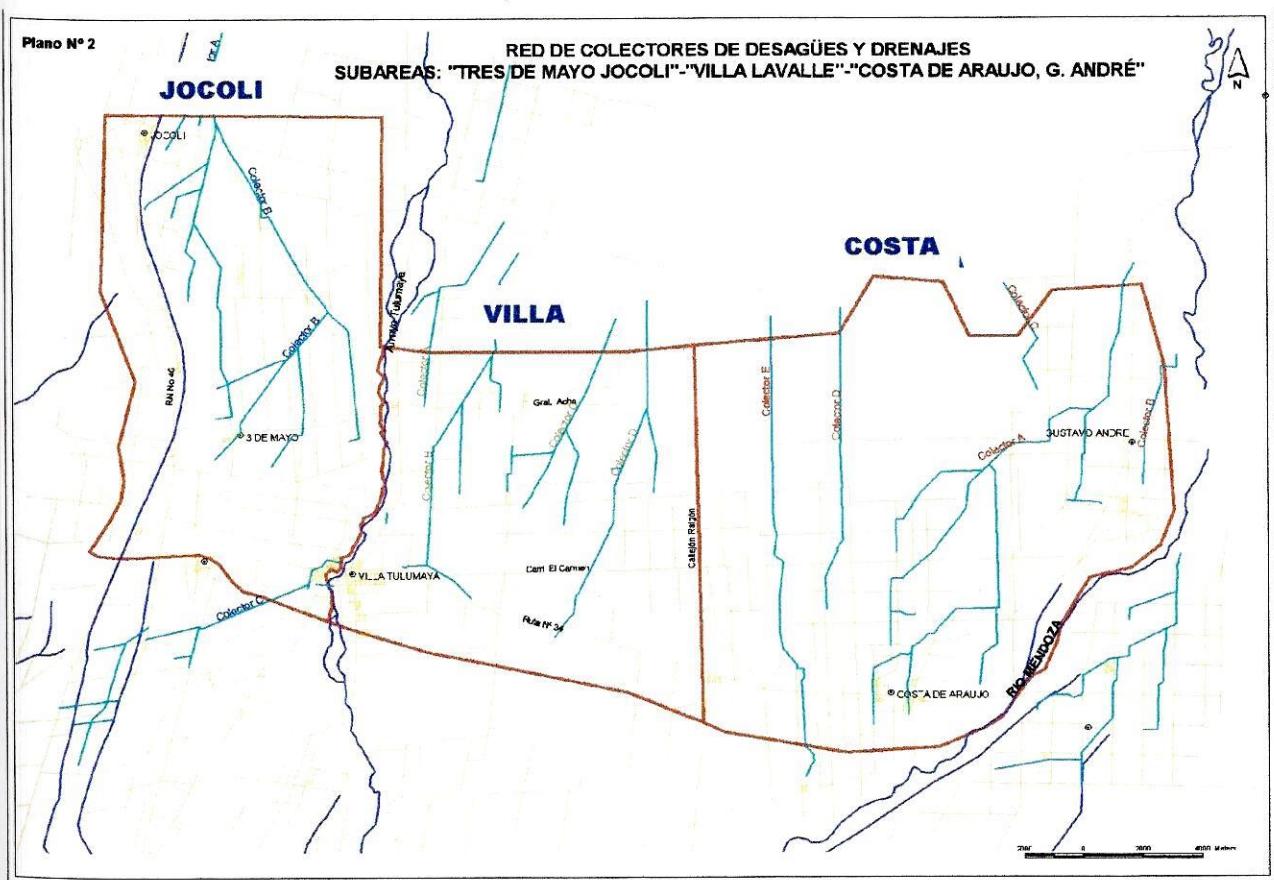


Foto n° 1 Campo de derrame, camino de los Huarpes, a 10 km al Este de la ruta n° 40-Dpto. Lavalle - Año 1992 – Mendoza.

Las Subáreas poseen las siguientes superficies e infraestructuras hidráulicas (Plano nº2 Red de Colectores de Desagües y Drenajes. Subáreas “Jocolí”, “Villa”, “Costa” que a continuación se describen:

-Subárea “Jocolí”, abarca los distritos de Tres de Mayo y Jocolí, y encuentra ubicada: entre la ruta nº40 y el Arroyo Tulumaya , superficie 13.972 hectáreas y con 5.452 hectáreas cultivadas. Se provee de agua por los canales San Esteban y Jocolí, la red terciaria es de 89,50 km, la red de drenaje es de 79,2 km. compuesta por los colectores: “A” (43,6 km), “B” (34,5 Km) y el “C” (13 km). Este último desagua en el Arroyo Tulumaya y los dos primeros lo hacen a “campo abierto”.

-Subárea “Villa”, comprende los distritos de la Villa Lavalle, Las Palmeras y Colonia Italia, se ubica: entre el Arroyo Tulumaya y el callejón Raigón, tiene una superficie total de 9.240 hectáreas y 5.452 hectáreas de superficie cultivada, recibe las aguas por medio del canal Tulumaya, consta de 98,65 kilómetros de cauces, la red de colectores de drenajes es de 59,4 km identificados como: “A” (9,5 km), “B” (18,3 km), “C” (13,9 km) y “D” (17,7 km). Todos ellos desaguan a campo abierto.

-Subárea “Costa”, comprende a los distritos de Costa de Araujo y Gustavo André, y abarca el área comprendida entre el callejón Raigón y el río Mendoza con una superficie de 20.410,3 hectáreas y 6.976 hectáreas cultivadas. Los aportes de agua de riego se efectúan a través de dos tomas directas del río Mendoza que derivan a los canales Bajada de Araujo, San Pedro y San Pablo, Natalio Estrella y Gustavo André. La longitud de los mismos y sus cauces derivados es de 184,8 Km los que, a la fecha, hay 20,5 kilómetros impermeabilizados. La infraestructura de colectores esta compuesta por 91 km: “A” (47,7 km), “B” (5,1 km), “C” (4,5 km), “D” (8,2 km) y el “E” (13,7 km). Los colectores “A” y “B” desaguan en el río Mendoza y los restantes a campo abierto (ver foto nº 1 adjunta)

Resultando una longitud total de colectores principales de drenajes, para las tres Subáreas, es de 229,6 kilómetros.

Los colectores son cauces que poseen, aproximadamente, las siguientes dimensiones: 2,8 a 3,2 metros de profundidad, pendiente de taludes 1:1, base de fondo de 1 metro, base superior de 5 a 7 metros, construidos en una franja, de 32 metros de ancho. Desde el eje longitudinal del colector se destinaron 7 metros hacia una margen y 25 metros hacia la margen contraria por donde circula la maquinaria y donde se depositan los sedimentos y malezas producto de las limpiezas. Con el tiempo y por acción de los implementos de las maquinarias, estas dimensiones han sufrido modificaciones.

Las franjas de terreno fueron expropiadas a los particulares por el Estado Provincial de acuerdo a lo contemplado en la Ley Provincial nº 971 (complementaria de la Ley General de Aguas) que en su artículo segundo dice:...”Quedan declaradas de utilidad pública y sujetas a expropiación forzosa y ocupación inmediata, de acuerdo con la ley en la materia, todas las superficies de terreno necesarias para la construcción o terminación de los cauces generales y conexiones particulares, márgenes y obras necesarias, en la medida que lo determine el decreto correspondiente del Poder Ejecutivo, conforme a los estudios proyectos de obras, informes técnicos y presupuestos que se realicen para cada obra. Y agrega: “Cuando por las circunstancias, las aguas de los colectores no puedan ser vertidas en algún río u otro cauce natural apropiado, quedan también sujetas a expropiaciones por utilidad pública, las zonas de terrenos necesarias para recibirlas, en la extensión suficiente para que las propiedades particulares limítrofes se encuentren en absoluto fuera de su radio”.

6- ANTECEDENTES

En 1935, Rodolfo Corominas diputado nacional, por la provincia de Mendoza, presentó en el Congreso Nacional un vasto proyecto de saneamiento de tierras que abarcaba los departamentos de San Rafael, General Alvear, Lavalle, San Martín, Rivadavia y Junín, entre otros, solicitándose ayuda económica con el fin de evacuar las aguas afuera de la zona cultivada, evitando de esta manera la salinización y “encenegamiento” de los suelos, su abandono y éxodo de la población. También, en la presentación, se incluyeron los fundamentos por los cuales la Provincia no podía encarar con fondos propios, por encontrarse con una profunda crisis vitivinícola. Por ley nº 12.282 se autorizó al Poder Ejecutivo Nacional a invertir hasta una suma de \$ 6.500.000 para las obras de desagües en los departamentos mencionados. En dicha ley se estableció que los proyectos definitivos, modificaciones y ampliaciones de la extensa red debían ser elaborados por una comisión específica en la materia. A tal efecto se creó la Dirección de Desagües de la Provincia, a la que se agregó la participación de la Dirección General de Irrigación, ambas dependientes del Ministerio de Industrias y Obras Públicas. Estas debían cumplir las siguientes funciones: la primera, se responsabilizó de: la elección de las zonas a sanear, elaborar los proyectos, presupuesto y licitación y, la Dirección General de Irrigación de: la aprobación de los proyectos, control de ejecución y confección del catastro de beneficiarios a los efectos de cobrar el reembolso de la inversión.

Pero en la práctica, la realidad fue otra, la Dirección General de Irrigación no participó del control de ejecución de las obras, pues existían criterios encontrados entre los técnicos de la Dirección de Desagües con los de la Dirección General de Irrigación, limitándose exclusivamente a la ejecución del catastro de beneficiarios. Este fue el origen de la existencia de los actuales 1.800 kilómetros de canales de drenajes y desagües ejecutados entre los años 1936 y 1941, entre ellos los del Departamento de Lavalle (1936-1939). Puede decirse que hubo, durante 6 años, un extraordinario despliegue de obras en las que participaron no menos de 10 empresas constructoras, entre ellas Martinelli y Torrent, Roberto Cassone, Basso y Tonelier, Juan B. Arenas, Victorio D'Agostini, Boldrini y Marsilli. Algunas de ellas se endeudaron para adquirir las maquinarias de tipo dragalinas, y quebraron empresarialmente y otras dieron origen a empresas exitosas. Fotos nº 2.

Es pertinente aclarar que parte de estos 1.800 kilómetros, que corresponden al Departamento de General Alvear, ya estaban construidos desde 1929 o en proceso de ampliación con fondos de “Ferrocarriles del Oeste de Buenos Aires” y de la Provincia de la Mendoza. Es interesante mencionar que posteriormente, en 1948, varios legisladores provinciales como: Alejandro Mathus Hoyos, Ernesto Matons, Lorenzo Soler, Alberto Saá, entre otros, reclamaron en la Cámara Senadores de la Nación: la utilidad de las obras, la falta de mantenimiento de obras ejecutadas (ya se encontraban enmalezados), y el cobro por superficie beneficiada a los agricultores. Esta denuncia originó la creación de una “Comisión Investigadora del Cumplimiento de la Ley nº 12.282”, la que viajó a la Provincia de Mendoza con el objeto de realizar una inspección ocular, comprobar su utilidad, beneficios y remitir un informe técnico pormenorizado sobre los alcances de las obras, informe que “aparentemente” satisfizo las dudas y sospechas de los legisladores poniendo fin a más de 10 años de controversias, denuncias y aciertos.

Como conclusión puede decirse que:

- 1) Entre 1930 y 1940 se construyeron las obras de desagües más importantes en la historia hidráulica de la Provincia.
- 2) Obedeció a una necesidad inobjetable, producto de la no inclusión de los colectores de desagües en proyectos de riego. La agricultura de regadío en Mendoza fue creciendo y expandiéndose, en algunos ríos, en forma desordenada y con escasa previsión por las consecuencias en cuanto a la elevación de la capa freática y salinización de suelos.



Fotos nº 2 Colector "A" de Costa de Araujo- Año 1938. Gentileza Ing. Antonio Urfalino.

3) Aún, en la actualidad, persisten dos indefiniciones: a) respecto a la metodología de mantenimiento y, b) respecto a la participación de los aportes económicos.

En efecto, la metodología y periodicidad no son acordes a los fines que se persiguen, que son el abatimiento de la tabla freática y la evacuación de las aguas fuera de la zona cultivada. Continúan usándose, como única forma de mantenimiento, el desembarque a través de excavadoras y dragalinas. Este método provoca, además del incremento de la sección transversal, la proliferación de la "totora" (maleza perenne) al romper la rasante de la base de fondo con los baldes de extracción de sedimentos, provocando la formación de piletas y el estancamiento del agua, condiciones ideales para la proliferación de "totora", por lo tanto el eficiente abatimiento de la freática no se produce. Y en cuanto a la periodicidad de los trabajos de rehabilitación o mantenimiento, son esporádicos ejecutándose cada 6 a 8 años.

En el año 1959 la Agencia de Extensión Lujan de Cuyo del INTA seleccionó el distrito de Costa de Araujo para realizar el estudio denominado "Intoxicación salina de vides en Costa de Araujo, Mendoza" (Braun, Pizarro, Pacheco y Gilobert). El trabajo, de gran valor, consistió en observaciones y análisis practicados sobre muestras de suelos (de 30 perfiles), aguas (de riego y freáticas) y hojas afectadas y sanas. Las conclusiones, entre otras, fueron: 1) que existe relación entre los síntomas y las elevadas concentraciones de cloruros, boro, y sodio en hojas, suelos y agua freática; 2) la absorción de cantidades excesivas de elementos tóxicos, es posible por el deficiente drenaje natural de los suelos, 3) las condiciones físico-mecánicas de los suelos, en cuanto dificultan un buen drenaje natural, favorecen la presencia de capas de agua próximas a la superficie, que perjudican a las plantas por su alto contenido en los elementos mencionados, y 4) surge la necesidad de realizar prácticas adecuadas a las condiciones de la zona, así como un buen manejo del agua de riego. Debe efectuarse el drenaje artificial, lo cual requiere contar con una red pública de desagües en permanente y perfecto mantenimiento.

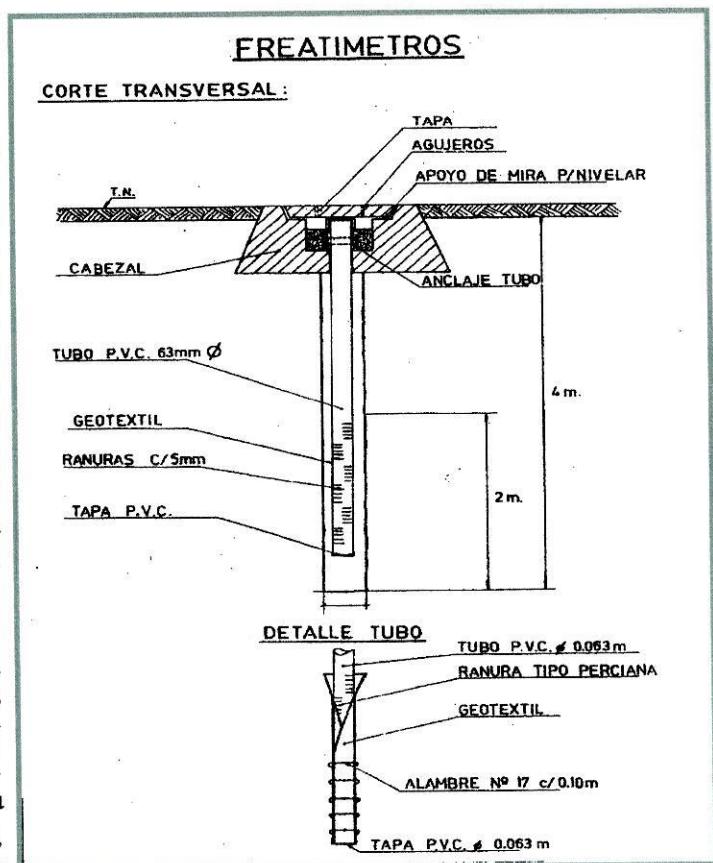
En el trabajo publicado por Nijensohn L., "Intoxicación de Vides por Cloruros" en el año 1960 producto de observaciones realizadas durante los años 1953 al 1955 en varios departamentos de la provincia, entre ellas el distrito de Colonia Italia del departamento de Lavalle, señala "En cuanto a la textura, es considerada por nosotros un elemento importante pero no por si misma, sino en relación a la facilidad de profundización de las raíces y a la capacidad de ascensión de la napa freática. A nuestro entender la clave del problema está en la presencia de la napa freática en contacto con las raíces, asociada a un disturbio fisiológico en la planta que la lleva a absorber el

agua directa y preferentemente de ella". Y agrega "Se concluye que el desarrollo de éste proceso tóxico es independientemente de la salinidad de la tierra pero está ligado a su textura en cuanto influye en la penetración de las raíces y a la profundidad de la napa freática salina. Se presenta donde las raíces de la viña se han puesto en contacto con la napa ascendida por exceso de lluvia, riego y deficiencias de drenaje". Entre las medidas de control aconsejadas enuncia que un "Remedio radical es lograr el descenso de la napa freática hasta niveles no peligrosos y tomar precauciones necesarias para impedir su posterior reascensión. Esto está ligado a la necesidad de mantener un sistema permanente de drenaje, público y privado, en buenas condiciones de funcionamiento y a eliminar los factores de ascenso de la napa constituidos por las infiltraciones de los canales y los riegos excesivos".

Posteriormente entre 1983 y 1985, y con el objeto de efectuar las prospecciones de los niveles freáticos y conocer las profundidades, rango y época de oscilación, direcciones de los flujos y calidad del agua, el DGI a través de su Departamento de Drenaje, diseñó y construyó redes freatimétricas en los siguientes lugares: a) río Mendoza las redes "Red Lavalle" que abarcaba el departamento Lavalle y el "Área de Surgencia" (departamentos de Maipú, Guaymallén y Las Heras); b) en el río Tunuyán Inferior la "Red Tunuyán Inferior" (departamentos de San Martín, Junín y Rivadavia), c) en el río Tunuyán Superior la "Red Tunuyán Superior" (distritos de Vista Flores, Salto de Las Rosas, La Primavera), d) en el río Atuel (distritos de Bowen, Escandinava), e) en el río Malargüe la "Red Malargüe"; e) en el río Diamante la red fue construida y actualmente atendida por exCRAS (actual INA-CRA). Todas estas redes fueron proyectadas a escala zonal y consiste en perforaciones distanciadas entre 2 a 2,5 kilómetros entre ellas, dependiendo de la red caminera existentes.

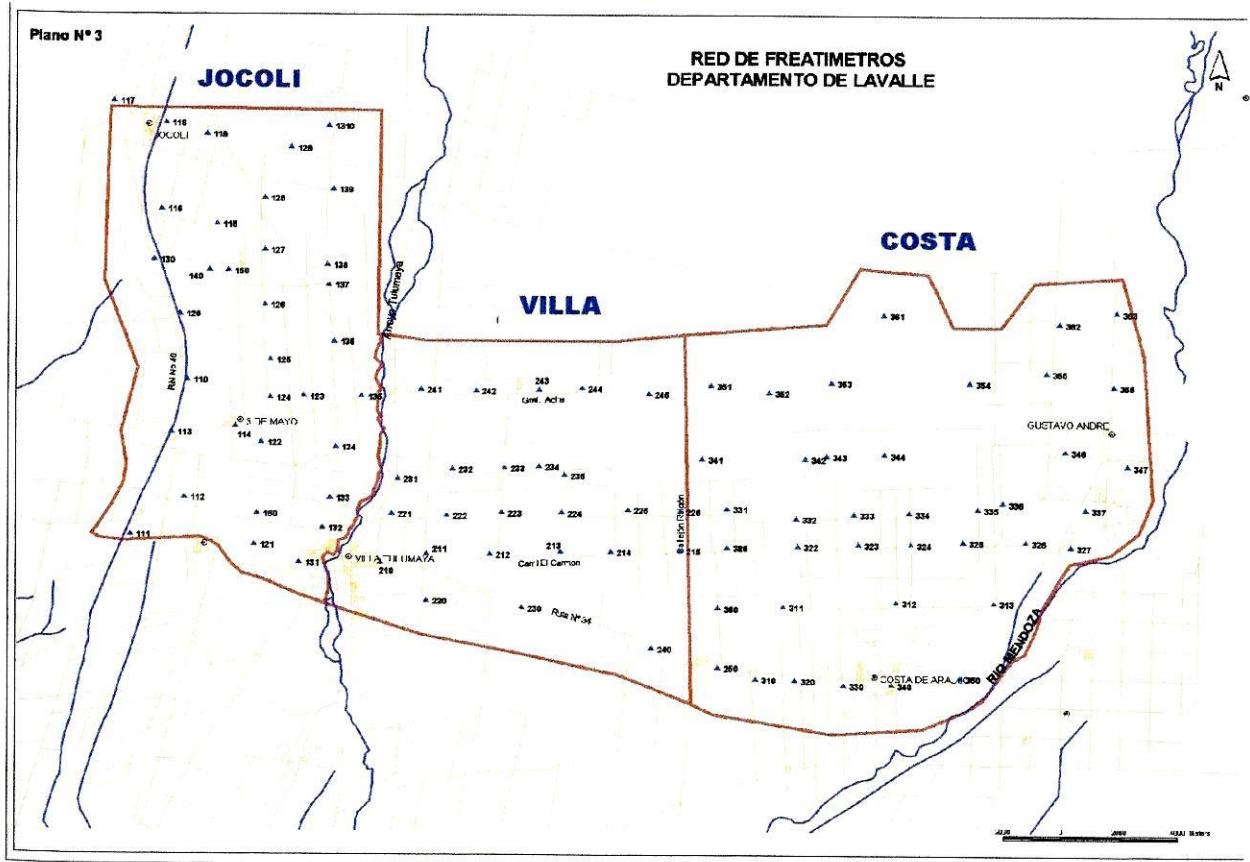
Un freatímetro es un pozo de una profundidad promedio de 3 metros, con mínimos de 2,5 hasta los 4 metros dependiendo de las dificultades que se presentaron durante la ejecución, influyendo la textura de los suelos y la profundidad freática. En éstos pozos realizados a pala barreno, en unos casos y perforadora mecánica, en otros, se introducen caños de P.V.C. de 63 milímetros, ranurados en forma radial en su mitad inferior y envueltos con una membrana geotextil y en su parte final tapados con una tapa de P.V.C.. El ingreso del flujo del agua es exclusivamente por las ranuras evitando, con la colocación del geotextil, el pasaje de los sólidos de textura fina que podrían obturar las ranuras. En su parte superior el caño se encuentra amurado a un cabezal de cemento con tapa. El peso de ésta estructura es de 60 kilos y tiene como objeto identificar al freatímetro "a campo", protegerlo y disponer de un punto fijo para su amojonamiento.

Cada freatímetro es balizado, georeferenciado con coordenadas Gaus-Kruger (coordenadas X, Y) y nivelado tomando como referencia el nivel del mar (coordenada Z). Esta coordenada de altura fue, posteriormente, vinculada con los



puntos fijos existentes de la red caminera provincial. Tabla nº 1“Coordenadas de Red de Freatímetros Lavalle”.

La casi totalidad de la superficie cultivada del Dpto. de Lavalle posee una red de prospección freatimétrica operada por el Área de Drenaje del Departamento General de Irrigación y el área de influencia de la red es de 46.778 hectáreas. Está integrada por 110 pozos, de los cuales 39 corresponden a la subárea “Costa” (Plano nº3). Se comenzaron con las mediciones con una “sonda acústica” a mediados del año 1983 con frecuencia mensual, al año siguiente con frecuencia



bimensual, y luego de conocer los primeros hidrogramas anuales se decidió proseguir con mediciones trimestrales, eligiendo los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre por producirse las mayores variaciones freáticas.

Como consecuencia de la prolongación de un ciclo hidrológico abundante, iniciado en 1981, el que provocó elevaciones generalizadas de niveles freáticos, lo que, sumado a la desatención en el mantenimiento de los cauces principales de drenajes, se produjo por ello problemas graves de revenición de suelos. Por tal motivo, el Departamento General de Irrigación (DGI), organizó el Plan Provincial de Drenaje (1983-1997) en la que participaron los siguientes organismos provinciales: Dirección Agropecuaria (hoy, Dirección de Agricultura y Prevención de Contingencias), Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas (INCYTH hoy INA-CRA), Centro Regional de Aguas Subterráneas (CRAS hoy INA-CRA) e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). En dicho grupo de trabajo se procedió a asignar las responsabilidades respecto a las mediciones de niveles freáticos de las redes freatimétricas existentes en los diferentes ríos de la Provincia.

En esa oportunidad el autor del presente estudio, ejecutó el trabajo “Instalación de Redes Freatimétricas en las Áreas Irrigadas de la Provincia de Mendoza”, (Ortiz Maldonado, G. 1988-

Serie de Divulgación nº 11 del DGI). En él se detallan río por río la ubicación de las redes de pozos de observación en forma gráfica, las respectivas planillas de identificación de cada freatímetro (propietario, coordenadas geográficas y altura) y se acompañan los primeros planos de niveles freáticos a escala zonal de la provincia. En el marco del mismo “Plan Provincial de Drenaje” se ejecutó también el trabajo “El Suelo en las Áreas Bajo Riego de la Provincia” (Chambouleyron, J., Luraschi, M. y Hernández, J., (1987) publicación técnica nº 12 del DGI). El mismo tenía como objetivo, frente a la problemática de elevación de niveles freáticos, recopilar los distintos trabajos realizados sobre cartografía de suelos irrigados que se encontraban dispersos, logrando ampliamente el objetivo y poniendo en evidencia el déficit por falta de uniformidad de metodológica y de detalle en algunas áreas.

Posteriormente en el año 1989, en el marco del programa “Prevención de la Degradación de Tierras en el Desarrollo de la Agricultura con Riego y Drenaje en América Latina” proyecto organizado por F.A.O. y con financiación del Gobierno de Japón, se construyó, un área piloto de drenaje parcelario, en una propiedad privada de 7 hectáreas, del Distrito de Colonia Italia (Subárea “Villa”) del departamento de Lavalle. Los objetivos que se plantearon fueron dos: 1) conocer los parámetros técnicos hidrodinámicos para la aplicación de fórmulas de distanciamiento entre drenes y, 2) transferir los resultados obtenidos a fincas de mayor extensión que presenten características similares. Se utilizaron tuberías de PVC corrugado y ranuradas de 200 y 100 mm de diámetro que fueron provistas por una fábrica desde la vecina República de Chile.

Los resultados fueron, en los aspectos técnicos, satisfactorios y, en lo referente a la transferencia la misma no se logró por varios motivos: falta de entusiasmo de los agricultores, inexistencia de disponibilidad de tuberías en el medio, dificultades con el propietario del predio. El trabajo fue ejecutado por el técnico Escurra, J. provisto por FAO en estrecha colaboración con ingeniero Mirábile, C. (INA-CRA)

Posteriormente, se realizó el primer estudio freatimétrico con una serie extensa de observaciones denominado: “Análisis de las Serie 1983-1997 de Registros Freatimétricos y la Vinculación con los Aportes del Río Mendoza-Departamento de Lavalle”, (Ortiz Maldonado, G.1999) obteniendo los siguientes resultados: cuadro nº 1 “Superficies afectadas a diferentes profundidades con niveles freáticos promedios de la serie 1983-1997” y, en el cuadro nº 2 las “Superficies afectadas para diferentes profundidades con niveles freáticos mínimos absolutos de la serie 1983-1997”.

Cuadro nº1

SUPERFICIES DE NIVELES FREATICOS PROMEDIOS – DPTO. LAVALLE - SERIE 1983-1997						
Intervalo prof. NF(m)	0,0-0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	> 2,5
Superficie (ha)	0	0	6028	17.063	10.973	12.714
Porcentaje (%)	0,0	0,0	13,0	36,0	24,0	27,0
						100,0

Cuadro nº2

SUPERFICIES DE NIVELES FREATICOS MÍNIMAS ABSOLUTAS- DPTO. LAVALLE - SERIE 1983-1997						
Intervalo prof.NF (m)	0,0-0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	> 2,5
Superficie (ha)	3.562	21.221	11.108	3.190	2.910	4.787
Porcentaje (%)	8,0	45,0	24,0	7,0	6,0	10,0
						100,0

Además se efectuaron correlaciones gráficas entre las oscilaciones mensuales de los niveles freáticos y los volúmenes distribuidos por la red de cauces. Estos hidrogramas demostraron escasa correlación evidenciando que existen otros factores que influyen en la oscilación de los niveles freáticos además de los “aportes” por la red de distribución, dando origen a la parte central del presente estudio.

Respecto a la salinidad de la freática, en el estudio “Calidad del Agua Freática en el Área Regadío del Río Mendoza” ejecutado (Ortiz Maldonado, G.; Morábito, J. ; Rearte, E. -Año 2002) se determinó las siguientes salinidades medias para cada subárea: “Jocoli” de $9.000 \mu \text{S.cm}^{-1}$ (máx. $19.800 \mu \text{S.cm}^{-1}$ y mín $2.200 \mu \text{S.cm}^{-1}$) ; “Villa” de $11,6 \mu \text{S.cm}^{-1}$ (máx. $29.800 \mu \text{S.cm}^{-1}$ y mín $3.900 \mu \text{S.cm}^{-1}$) y “Costa” de $15,5 \mu \text{S.cm}^{-1}$ (máx. $38.200 \mu \text{S.cm}^{-1}$ y mín. $1.700 \mu \text{S.cm}^{-1}$)

No se encontraron para el área del Dpto. Lavalle, ni para las Subáreas que lo integran, estudios que relacionen las variaciones los niveles freáticos con de la necesidades de riego (NR) y los volúmenes distribuidos (VD) con fines de riego. Existe un estudio similar para el área regada por el río Tunuyán Inferior que abarca a una superficie de 55.000 hectáreas. Esta área se encuentra ubicada al Este de la provincia de Mendoza. Los suelos son de textura media a gruesa, homogéneos en profundidad y baja salinidad. Características edáficas que permiten un mayor espectro de cultivos. En efecto, es común observar frutales de carozo como duraznos, pelones, damascos, cultivos que en el departamento de Lavalle no prosperan. El estudio “La Operación del Agua de Riego en el Río Tunuyán Inferior-Mendoza-Argentina. Indicadores de Desempeño” (Morábito, Salatino, Mirábile y Chambouleyron, 1999) arrojó las siguientes conclusiones: con valores de NR / VD superiores a 0,42 el nivel freático medio de la zona desciende, por lo cual se recomienda elevar la relación a 0,5 a 0,6.

7- HIPÓTESIS DE TRABAJO

-Se considera que las variaciones de los niveles freáticos (ΔNF), en zonas áridas cultivadas, tienen estrecha vinculación con la evapotranspiración de los cultivos (ETc), las precipitaciones efectivas (Pp. ef) y con los volúmenes distribuidos (VD) para riego.

8- OBJETIVOS

Objetivo Principal

Determinar las relaciones matemáticas entre las variaciones anuales de los niveles freáticos (ΔNF) en función de la evapotranspiración de los cultivos (ETc), de la precipitación efectiva (Pp. ef.) y de los volúmenes distribuidos en la red canales (VD) en la Subárea “Costa”.

Objetivos Secundarios:

1) Isobatas Medias - Subárea “Costa” y Dpto. “Lavalle”-Serie 1983-2002.

Determinar gráfica y numéricamente, para la Subárea “Costa” y para el Dpto. “Lavalle”, las superficies afectadas (en ha) con niveles freáticos para intervalos de 0,5 metro de profundidad hasta los 2,5 metros usando el promedio de las mediciones de cada freatímetro durante el periodo 1983 – 2002.

2) Isobatas Mínimas Absolutas – Subárea “Costa” y Dpto. “Lavalle” -Serie 1983-2002.

Determinar gráfica y numéricamente, para la Subárea “Costa” y para el Dpto. “Lavalle”, las superficies afectadas (en ha) con niveles freáticos para intervalos de 0,5 m de profundidad hasta los 2,5 metros usando la mínima profundidad freática de cada freatímetro para el periodo 1983 – 2002.

3) Isobatas Medias de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre - Subárea “Costa” y Dpto. “Lavalle”.
- Serie 1983-2002.

Determinar gráfica y numéricamente, para la Subárea “Costa” y para el Dpto. “Lavalle”, las superficies afectadas (en ha) con niveles freáticos para intervalos de 0,5 metros de profundidad hasta los 2,5 metros calculando el promedio de las mediciones de profundidades del periodo 1984-2002 para los meses de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre.

4) Isobatas Mínimas Absolutas de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre - Subárea “Costa” y Dpto. “Lavalle” - Serie 1983-2002.

Determinar gráfica y numéricamente, departamento de Lavalle, las superficies afectadas (en ha) con niveles freáticos para intervalos de 0,5 metro de profundidad hasta los 2,5 metros calculando la mínima profundidad freática del periodo 1984-2002 para los meses de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre.

5) Isohypsas Medias – Serie 1983-2002 de “Lavalle”

Determinar gráficamente las curvas de igual altura o cota de agua con respecto al nivel del mar y determinar las líneas de flujo.

9- MATERIAL Y METODOS

Para llevar a cabo este estudio se optó trabajar por ciclo hidrológico, que se inicia el 1 de julio y finaliza el 30 de junio. Las lecturas de profundidades freáticas se efectuaron con una sonda acústica marca SIAP que posee una precisión del orden de un centímetro, operación que se realizó en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre, durante el periodo junio 1983 a junio 2002. La serie de observaciones tiene en consecuencia una extensión de 19 años.

Previamente se convienen el los siguientes interpretaciones: cuando el freatímetro no marca nivel de agua nivel de agua se asume que es de 4 metros de profundidad, y cuando el mismo se encuentra fuera de servicio por taponamiento o rotura, no se consigna valor alguno.

Para alcanzar los objetivos del presente estudio se depuraron, ordenaron y clasificaron 5.500 observaciones de profundidades freáticas.

Del presente análisis no participaron las observaciones freatimétricas efectuadas a partir de junio del año 2002 por haberse modificado la calidad de las aguas como consecuencia de la operación del Embalse Potrerillos atentando contra la uniformidad de datos recolectados durante 18 años.

9-1 Del Objetivo Principal:

9-1-1 Análisis de las Mediciones de Niveles Freáticos del Periodo Junio 1983 a Junio del 2002 y Variaciones de los Niveles Freáticos Anuales (ΔNF) en la Subárea “Costa de Araujo-G.André”

Con las mediciones de profundidades freáticas ejecutadas por el DGI se confeccionaron, previa depuración de datos inconsistentes, la tabla nº 2-3 denominada “Registros de Freatímetros y Profundidad Freática Años 1983-2002”, correspondiente a la subárea “Costa de Araujo-G.André”

que costa de 39 freatímetros. Procediendo a efectuar una primera selección de correspondientes a mediciones de profundidades “reales”, desechando aquellas en las que por no encontrarse agua en el freatímetro se había asumido una profundidad freática de cuatro metros. A esta selección se la denominó “Real”, resultando la tabla nº 3 de “Registros de Niveles Freáticos Reales-Subárea “Costa de Araujo-G. André- Serie 1983-2002”. Posteriormente se procedió a una segunda selección de freatímetros eligiendo aquellos que mayor cantidad de datos aportaron durante el periodo de estudio, adoptando el criterio de aceptar aquellos que hubiesen medido profundidades freáticas en el 70 % del total de las observaciones realizadas durante el periodo, desechando aquellos que por diversos motivos no funcionaron temporalmente por encontrarse obstruidos o embancados, quedando finalmente 16 freatímetros. A esta selección se la denominó “Reducida”, obteniendo la tablas nº 4 y nº 4-1 de “Registros de Niveles



Foto nº 3 Medición de un freatímetro

Freáticos Reales y Reducidos-Participación de cada freatímetro- Serie 1983-2002”- Subárea “Costa”. Con este registro de profundidades reales y reducidas se procedió a calcular los promedios mensuales (marzo, junio, septiembre y diciembre) y anuales de todos los freatímetros, resultando la tabla nº (5) denominada “Promedios de Niveles Freáticos Mensuales y Anuales-Subárea “Costa” - Serie 1983-2002”. Luego, con los valores de los promedios mensuales correspondientes a los meses de junio se procedió a calcular por diferencias las variaciones entre un año y el siguiente, obteniéndose la tabla nº 6 denominada “Variaciones de Profundidades de Niveles Freáticos (m) correspondientes a los meses de Junio- Serie 1984-2002- Subárea “Costa”.

Tabla nº 6

PROFUNDIDAD DE NIVELES FREÁTICOS (m) – VARIACIONES ANUALES CORRESPONDIENTES AL MES DE JUNIO- SUBAREA “COSTA”

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Prof .NF (m)	1.68	1.8	2.13	2.15	1.84	1.8	1.85	2.29	1.98	1.72	1.81	1.59	2.46	2.03	2.03	2.5	2.23	2.16	2.2
Δ NF (m)		-0.12	-0.33	-0.02	0.31	0.04	-0.05	-0.44	0.31	0.26	-0.09	0.22	-0.87	0.43	0.00	-0.47	0.27	0.07	-0.04

9-1-2 Volumen Derivado a la Red de Riego (VD)

La subárea de estudio recibe los aportes desde el río Mendoza a través de dos azudes derivadores los que dan origen a dos canales cada uno de ellos denominados: Bajada de Araujo, San Pedro y San Pablo, Natalio Estrella y Gustavo André.

Estos canales poseen sus correspondientes secciones de aforo provistos de escalas de altura de agua, foto nº 3. Estas alturas están vinculadas con caudales conocidos con cuyos datos se confeccionan las “curvas de caudales” ó “curvas de gasto”.

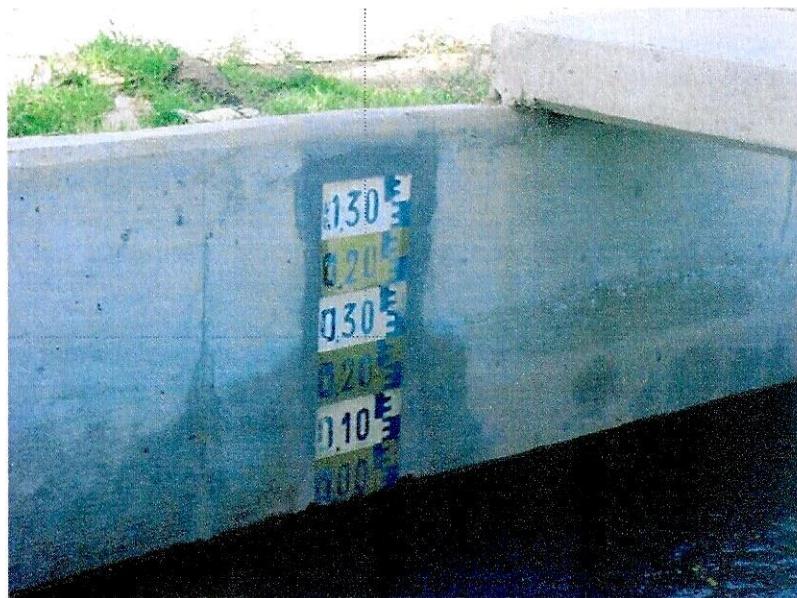


Foto n°3 Escala de una sección de aforo

Los encargados de medir se denominan “diqueros”, cuyas funciones son: distribuir los caudales desde los canales principales a la red secundaria registrando: hora de inicio, finalización y lecturas de altura de agua. Estas se realizan cada 6 horas, registrándose en las “planillas de aforo”. Luego en el Departamento de Operaciones del Río Mendoza, se procede a la carga al sistema computarizado que poseen las “curvas de caudales” correspondientes a cada canal, calculándose los caudales y volúmenes derivados.

Este traspaso de información ó “carga de datos” de las planillas de aforo al sistema computarizado no se encontraba disponible en su totalidad, faltando los volúmenes correspondientes del año 1997 al año 2000 procediendo por lo tanto, previa revisión, a su traspaso con el objeto de completar la serie 1983 – 2002.

En ocasiones y durante algunos períodos estas “planillas de aforo” no fueron procesadas por el Departamento de Operaciones de la Subdelegación, siendo ejecutadas por organismos de investigación, como el ex Centro Regional de Aguas Subterráneas y el INA-CRA. Como resultado se obtuvo la siguiente tabla nº 8, de “Volúmenes Mensuales Distribuidos (hm³) – Serie 1983-2002 – Costa de Araujo y Gustavo André”. Con estos datos se confeccionó la tabla nº 9 de “Volúmenes Anuales Distribuidos (hm³) - Serie 1983-2002. Subárea “Costa”.

Tabla nº9 Volúmenes Anuales Distribuidos en hm³ 1982-2002 -Resumen
Canales Bajada, San P. y San Pablo, N. Estrella, G. André.

Ciclo Hidrológico	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95
VD (hm ³)	118.72	101.84	109.37	79.40	137.98	141.14	126.96	123.70	142.40	136.12	133.53	138.16

Ciclo Hidrológico	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02
VD (hm ³)	107.80	129.53	123.53	104.92	115.92	143.77	188.28

9-1-3 Necesidad de Riego (NR)

9-1-3-1 Superficie cultivada

Para el seguimiento de la evolución de la superficie cultivada durante el periodo de estudio, años 1983 a 2002, se utilizaron los censos provenientes de la Dirección de Censos y Estadísticas, Dirección de Recursos Renovables (ex Dirección de Bosques), Instituto nacional de Vitivinicultura (INV), e imagen satelital proveniente del Área Gis y Telemetría del DGI.

Se analizaron los censos agrícolas de los años 1988, 1994, e imágenes satelitales del año 2001. Para ello se asumió el siguiente periodo de influencia para cada uno de ellos: el censo del año 1988 se lo hizo expansivo desde el año 1983 hasta 1990, el censo del año 1994 comprendió el periodo 1991-1996 y, la imagen satelital del 2001 abarcó el periodo 1997-2002.

Del análisis de las superficies implantadas por los diferentes cultivos se observó que: en el periodo 1983-1990 hubo mayor preponderancia de los cultivos de las vides de variedades rústicas, en el periodo 1991-1996 el incremento de superficie fue de frutales de carozo (ciruelos) y, en el periodo 1997-2002 el incremento fue de olivos.

A favor de un mayor detalle en el análisis de las variaciones de superficies cultivadas, se puede decir, que el incremento de ciruelos detectado en el censo de 1988 fue motivado por el advenimiento de la nueva colección de ciruelos japoneses como Red Beauty, Black Beauty, Larry Ann y Angeleno, que desplazaron a las tradicionales Santa Rosa y President. Complementariamente otro factor que incidió fue la mayor difusión como pie o patrón de injerto de la variedad Mariana, de hábito radicular superficial evitando con ello la asfixia radicular por ascenso de la freática. Esta variedad reemplazó a los pies franceses y Mirabolano, en principio vigorosos, pero de hábito radical profundo y pivotante que en suelos pesados y con freática cercana a superficie, como los del área de estudio, provocaban plantaciones menos longevas. De la imagen satelital del año 2001 se observó el avance de las plantaciones de olivos implantados en alta densidad, predominando las variedades aceiteras como Arbequina, Frantollo y Picual y, entre las variedades de mesa, a Manzanilla Real y Manzanilla Sevillana, desplazando a la tradicional Arauco.

En términos generales se puede agregar que durante el periodo 1983 a 2002 ha existido un retroceso de la vid, alfalfa y forestales e incremento de frutales como ciruelos y olivos. La célula de cultivo en la zona y las superficies se muestran a continuación en las tablas nº 10-1, nº 10-2 y nº 10-3.

Tabla nº 10-1

CENSO 1988 (COMPRENDE DESDE 1983 A 1990)							
Célula Cultivada.	VID	Hortícola	Frutícola	Olivos	Forestal	Alfalfa	Total
% de la sup. cultivada	85,00	4,64	8,10	1,25	0,90	0,10	100,00
Superficie (ha)	5928	322	571	86	62	7	6976

Tabla nº 10-2

CENSO 1994 (COMPRENDE DESDE 1991 a 1996)							
Célula Cultivada	Vid	Hortícola	Frutícola	Olivos	Forestal	Alfalfa	Total
% de la sup. cultivada	81,80	4,76	10,70	1,79	0,82	0,13	100,00
Superficie (ha)	5706	332	746	125	58	9	6976

Tabla nº 10-3

CENSO 2001 (COMPRENDE DESDE 1997 a 2002)							
Célula de Cultivo.	Vid	Hortícola	Frutícola	Olivos	Forestal	Alfalfa	Total
% de la sup. cultivada	82,30	4,90	9,40	1,90	0,74	0,76	100,00
Superficie (ha)	5760	332	653	131	51	49	6976

9-1-3-2 Evapotranspiración de los cultivos (Etc)

Se utilizo la formula de Penman - Monteith por considerar que es la formula que involucra la mayor cantidad de datos meteorológicos que intervienen en el proceso de predicción de la evapotranspiración.

$$ETo = \frac{0.408\Delta(R_{n-G}) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

donde:

Eto = Evapotranspiración del cultivo de referencia en mm/día

Rn = radiación neta en equivalente de evaporación en mm/día.

G = densidad del flujo del calor de suelo MJ m^{-2} / dia

T = temperatura media del aire a 2 m de altura del suelo

u₂ = velocidad del viento a 2 m de altura en m/s

e_s = presión del vapor [kPa]

e_s - e_a = déficit de presión de vapor [k Pa]

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor [kPa/°C]

γ = constante psicrométrica [kPa / °C]

En las Tablas nº 11 corresponden al cálculo de la “Evapotranspiración Máxima de Referencia Mensual (Eto) - Desde 1983 a 2002”, calculados realizados mediante el programa Cropwat, de propiedad intelectual de FAO (1992).

Con los datos de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) en mm/mes se procedió a calcular la evapotranspiración real (ETc) de los cultivos de la zona para lo cual se procedió ha afectar aquel por los respectivos coeficientes de cultivos Kc.

$$ETC = KC \times ETo = (mm / mes)$$

Los valores de los coeficientes Kc de cultivos dependen de las características anatomo-morfológicas y fisiológicas de las especies y a las características edafoclimáticas. En términos generales expresa la variación de la capacidad para extraer agua del suelo durante el ciclo vegetativo. Los valores utilizados fueron los resultados de las experimentaciones realizadas por el Ing. Agr. Oriolani M., profesional del INTA de Lujan de Cuyo, Mendoza.

9-1-3-3 Datos Meteorológicos

Los datos meteorológicos que participan en la formula de Penman-Monteith son: temperatura máxima mensual en grados centígrados (°C), temperatura mínima en grados

centígrados (°C), humedad relativa en %, brillo solar o insolación en hs, viento en km/día y la precipitación efectiva en mm. Los datos corresponden a la Estación Meteorológica San Martín y fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional. La misma se encuentra ubicada en el Departamento de San Martín, Provincia de Mendoza, Argentina. Sus coordenadas son: Lat. 33° 5' (sud), Long. 68° 25' (Oeste) – Altitud 653 m.s.n.m. Tablas nº (14/1 a 14/4) “Datos Meteorológicos Estación San Martín – Serie 1983-2002”.

Los datos meteorológicos de temperatura mínima, máxima, humedad relativa y viento obtenidos a nivel diario debieron ser procesados a nivel mensual y, los valores de precipitaciones previamente, se debieron transformarse, evento por evento, a precipitación efectiva como se describirá a continuación.

9-1-3-4 Precipitación Efectiva (pp. ef.)

Debido al clima árido, la baja humedad relativa y la alta insolación de la provincia de Mendoza y en particular de su zona norte donde se encuentra el área de estudio, se consideró que las precipitaciones no tienen influencia en las necesidades de riego de los cultivos. Por tal motivo se adoptó la siguiente fórmula, propuesta como una de las alternativas del programa CROPWAT.

$$(Pp.ef) = (0.9 \times pp.real) - 12 = (mm)$$



Foto nº 4 Estación agro meteorológica de “Tres Porteñas” (2004).

Confeccionándose las siguientes tablas: nº 15 “Precipitaciones totales y efectivas de la Estación San Martín- Periodo 1983/1984 a 2002/2003- Mendoza – Argentina”, cuyo resumen se encuentra en tabla nº 16 que se presenta a continuación “Resumen- Precipitaciones efectivas de la Estación San Martín-Periodo 1983/1984 a 2002/2003- Mendoza-Argentina”.

Tabla nº 16

Ciclo Hidrológico	PRECIPITACION EFECTIVA (Pp.ef) MENSUAL Y ANUAL en mm												Total mm / año
	Jul	agosto	sept	octu	Nov	dic	Ene	Febre	Marzo	abril	mayo	junio	
83-84	0.0	7.0	0.0	0.0	18.9	50.6	67.0	60.4	11.5	12.8	0.0	0.0	228.0
84-85	0.0	0.0	2.4	0.0	15.5	17.2	31.9	67.0	0.0	0.0	0.0	0.0	134.0
85-86	62.4	0.0	1.1	0.0	12.8	48.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	124.7
86-87	0.0	0.0	22	0.0	0.0	9.0	9.0	8.0	60.0	0.0	13.0	0.0	122.0
97-88	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.6
88-89	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	12.2	4.2	7.5	0.0	0.0	0.0	30.1
89-90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.9	1.5	46.9	9.8	11.5	0.0	0.0	104.5
90-91	0.0	0.0	0.0	15.5	25.6	0.0	17.2	31.6	21.4	0.0	0.0	0.0	111.2
91-92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.0	23	0.0	0.0	14.0	0.0	0.0	102.0
92-93	0.0	6.9	0.0	0.0	40.0	35	46	65.0	39.0	0.0	0.0	0.0	232.0
93-94	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	41.8	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	55.3
94-95	0.0	0.0	0.0	38.4	0.0	0.0	13.9	0.0	13.4	0.0	0.0	0.0	65.7
95-96	0.0	0.0	50.1	0.0	0.0	0.0	32.9	4.2	59.9	1.5	0.0	0.0	148.6
96-97	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0	1.5	36.6	40.2	91.9	0.0	0.0	0.0	183.4
97-98	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	44.4	16.8	89.5	138.3	10.1	0.0	0.0	310.5
98-99	0.0	0.0	22.2	0.0	30.1	0.0	44.1	0.0	12.3	62.7	0.0	0.0	171.4
99-00	0.6	0.0	21.2	117.4	17.6	42.0	0.0	4.6	123.3	16.8	23.6	3.5	370.5
00-01	2.1	0.0	0.0	13.6	12.3	0.0	80.7	20.4	44.3	24.0	21.5	0.0	218.9
01-02	0.0	0.0	5.6	51.0	0.0	1.8	14.5	8.7	0.0	10.5	0.0	0.0	92.0
02-03	0.0	0.0	0.0	0.0	23.3	8.1	51.2	11.9	16.8	12.1	0.0	0.0	123.4

Luego, se determinaron las necesidades de riego (NR) anuales de los cultivos, para lo cual se procedió a descontar de la evapotranspiración real de los cultivos (ETc) la precipitación efectiva (Pp.ef.)

$$NR = ETc - Pp.ef = (mm/año)$$

Para las determinación de los volúmenes en hectómetros cúbicos (hm^3) se transformaron las necesidades de riego en volúmenes por hectárea y luego se la afectó por las superficies de cada cultivo, obteniendo las Tablas 12-1 a 12-19 “Evapotranspiración (ETc), Necesidad de Riego y Volumen (hm^3) Mensual - Subárea Costa de Araujo – G. André”. Año de 1984 hasta 2002

Un resumen de las anteriores se pudo confeccionar la siguiente tabla nº 13 denominada “Necesidad de Riego (Eto-pp ef) Mensual y Anual (hm^3) – Subárea Costa -Periodo 1984-1985 a 2001-2002”, cuyo resumen es el siguiente:

Tabla nº (13)

Necesidad de Riego Anual en hm^3 -Desde 1984 a 2002

Ciclo	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02
NR (hm^3)	51.06	59.46	55.43	71.09	84.75	77.02	76.04	66.74	54.34	71.39	73.55	75.23	70.38	53.00	66.82	57.68	67.73	71.77

9-1-4 Determinación de los cocientes entre las Necesidades de Riego (NR) y los Volúmenes Distribuidos (VD)

Se calcularon los cocientes entre NR / VD con los valores obtenidos en tabla nº 13 de “Necesidad de Riego (ETc- Pp. ef) Anual (hm³) – Subárea Costa” y los valores de “Volúmenes Anuales en (hm³) Distribuidos 1983-2002. Canales Bajada, San Pedro y San Pablo, N. Estrella, G. André” obtenidos en tabla nº 9. Se procedió vincular las diferencias anuales (entre junio y junio del año subsiguiente) de profundidad freática Δ NF, con el cociente NR / VD dando origen a la tabla nº 17 de las “Variaciones de las Profundidades Freáticas Anuales (Δ NF) en metros correspondientes a los meses de Junio y los valores de los cocientes entre las necesidades de riego (NR) anuales en hm³ y los volúmenes distribuidos (VD) anuales en hm³”

Tabla nº17

Ciclo	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02
Δ NF (m)	-0.12	-0.33	-0.02	0.3	0	-0.05	-0.44	0.3	0.3	-0.09	0.2	-0.87	0.4	0	-0.47	0.3	0.1	-0.04
NR / VD	0.43	0.58	0.7	0.52	0.6	0.61	0.61	0.47	0.4	0.53	0.53	0.7	0.54	0.56	0.64	0.5	0.47	0.38

9-2 De los Objetivos Secundarios

Objetivo nº 1: Determinación gráfica y numérica de las profundidades medias de los niveles freáticos o isobatas medias de la serie 1983-2002 para la subárea “Costa” y para el Dpto. “Lavalle”.

Consistió en graficar y determinar numéricamente las superficies afectadas (en ha) con niveles freáticos en intervalos de 0,5 metro de profundidad hasta los 2,5 metros, usando los promedios de las observaciones de cada freatímetro desde 1983 hasta 2002 (18 años) para la red Dpto. “Lavalle”. Se aclara que cuando se menciona a la red Dpto. “Lavalle” participan las tres Subáreas “Jocolí”, “Villa” y “Costa”.

Con las mediciones de profundidades freáticas ejecutadas por el DGI desde el año 1983 hasta el año 2002 se confeccionaron, previa depuración de los datos inconsistentes, las tablas nº2-1 y nº2-2 y nº 2-3 denominadas “Registros de Freatímetros y Profundidad Freática Años 1983-2002”, correspondientes a las Subáreas “Jocolí”, “Villa” y “Costa”. Con estos valores se calcularon las profundidades freáticas medias y mínima absoluta de cada freatímetro para el periodo 1983-2002 y las alturas medias, con respecto al nivel del mar, de cada freatímetro para igual periodo, resultando la tabla nº 7 “Profundidades y Alturas Medias y Mínimas Absolutas de Niveles Freáticos por Freatímetro- Serie 1983-2002” para cada subárea. Con esos datos se construyó un único plano para el departamento de “Lavalle”, que involucra a las tres subáreas, denominado “Isobatas Medias de la Serie 1983-2002” identificado como Plano nº4. Este plano fue elaborado por medio de software Arc-View, que es una herramienta desarrollada por la empresa norteamericana ESRI, con ella se pueden representar datos georeferenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis. Los valores de superficies afectadas con niveles freáticos, para intervalos de profundidad cada 0,5 m hasta 2,5 m, obtenidos por medio de este software, son los que se indican en la tabla nº 17 “Isobatas Medias - Valores de superficies afectadas en la Subárea Costa” – Serie 1983-2002”.

Objetivo nº 2: Determinación gráfica y numérica de las profundidades mínimas de niveles freáticas o isobatas mínimas absolutas de la serie 1983-2002 para la subárea “Costa” y para el Dpto. “Lavalle”.

Consistió en graficar y determinar numéricamente, para la subárea “Costa” y para el Dpto. “Lavalle”, las superficies afectadas (en ha) con niveles freáticos mínimos en intervalos de 0,5 metros de profundidad hasta los 2,5 metros para la serie 1983 – 2002.

De la tabla nº 7 de “Profundidades y Alturas Medias y Mínima Absoluta de Niveles Freáticos por Freatímetro- Serie 1983-2002” para cada subárea, se extrajeron los valores de la mínima profundidad absoluta correspondiente a cada freatímetro construyéndose un único plano para todo para el Dpto. Lavalle denominado “Isobatas Mínimas Absolutas de la Serie 1983-2002 - Departamento de Lavalle” identificado como Plano nº 5. Este plano de niveles freáticos es de carácter hipotético, no real, pues los tiempos en se produjeron las mínimas profundidades en cada freatímetro fueron diferentes. Este análisis tiene por objeto identificar los lugares puntuales en los cuales, en “algún momento” de los 18 años de la serie, se produjeron las máximas elevaciones. Es una información de mayor nivel de detalle, de utilidad para el sector agrícola, para obras civiles, construcción de barrios y para la elaboración de informes de factibilidad de cementerios parques. Los resultados analíticos para el área o Dpto. “Lavalle” y la subárea de “Costa” corresponden a la tabla nº 18 “Isobatas Mínimas Absolutas - Valores de superficies afectadas en Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

Objetivo nº 3: Determinación gráfica y numérica de las profundidades medias o isobatas medias de los niveles freáticos correspondientes a los meses de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre de la serie 1983-2002 para la subárea “Costa” y para el Dpto. “Lavalle”.

Consistió en graficar y determinar numéricamente, para la subárea “Costa” y para el Dpto. de Lavalle, las superficies afectadas (en ha) con niveles freáticos en intervalos de 0,5 metros de profundidad hasta los 2,5 metros calculando el promedio de las mediciones de profundidades freáticas para los meses de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre.

De las tablas nº 2-1 y nº 2-2 y nº 2-3 de “Registros de Freatímetros y Profundidad Freática Años 1983-2002”, correspondientes a las Subáreas “Jocolí”, “Villa” y “Costa”, se procedió a calcular las medias de las observaciones de cada freatímetro, correspondientes a los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre de la serie 1983-2002. Los resultados se observan en las Tablas nº 7-1, denominadas “Profundidades y Alturas Medias y Mínimas Absolutas de Niveles Freáticos por Freatímetro-Mes de Marzo” y los correspondientes a los meses de Junio, Septiembre y Diciembre en las tablas nº 7-2, nº 7-3 y nº 7-4 respectivamente. De cuyos datos resulta el plano nº 6-1, denominado de “Isobatas Media mes de Marzo, -Serie 1983-2002 - Departamento Lavalle”, y los correspondientes a los meses de Junio, Septiembre y Diciembre identificados como planos nº 6-2, nº 6-3 y nº 6-4 respectivamente. Los valores de las superficies afectadas para la subárea de “Costa” y Dpto. “Lavalle” se indica en la tabla nº 19-1 denominada “Isobatas Medias - Mes de Marzo - Valores de superficies afectadas en la subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”, y en las tablas nº 19-2, nº 19-3 y nº 19-4 para los meses de Junio, Septiembre y Diciembre respectivamente.

Objetivo nº 4: Determinación gráfica y numérica de las profundidades mínimas absolutas o isobatas mínimas absolutas de los niveles freáticos correspondientes a los meses de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre de la serie 1983-2002 para la Subárea “Costa” y para el Dpto. “Lavalle”.

Consistió en graficar y determinar numéricamente, para la Subárea “Costa” y para el Dpto. “Lavalle”, las superficies afectadas (en ha) con niveles freáticos en intervalos de 0,5 metro de profundidad hasta los 2,5 metros usando las mínimas observaciones registradas en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre de cada freatímetro, durante el periodo 1983- 2002.

De las tablas nº 2-1 y nº 2-2 y nº 2-3 de “Registros de Freatímetros y Profundidad Freática - Años 1983-2002”, correspondientes a las Subáreas “Jocolí”, “Villa” y “Costa”, se procedió a seleccionar la mínima observación de cada freatímetro, correspondientes a los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre, independientemente del tiempo en que ésta se produjo. Los resultados de este análisis de datos se observan en las Tablas nº 7-1, denominadas “Profundidades y Alturas Medias y Mínimas de Niveles Freáticos por Freatímetro-Mes de Marzo” y los correspondientes a los meses de Junio, Septiembre y Diciembre en las tablas nº 7-2, nº 7-3 y nº 7-4 respectivamente. De cuyos datos resultaron: el plano nº 7-1, denominado de “Isobatas Mínimas - Mes de Marzo - Serie 1983-2002 - Departamento Lavalle”, y los planos nº 7-2, nº 7-3 y nº 7-4 correspondientes a los meses de Junio, Septiembre y Diciembre respectivamente. Los resultados analíticos para la Subárea “Costa” y Dpto. “Lavalle”, se muestran en la tabla nº 20-1, denominada “Isobatas Mínimas Absolutas - Mes Marzo - Valores de superficies afectadas en la Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”, y en las tablas nº 20-2, nº 20-3 y nº 20-4 para los meses de Junio, Septiembre y Diciembre respectivamente.

Objetivo nº 5: Determinación gráfica de las alturas medias con respecto al nivel del mar o “Isohypsas Medias del departamento de Lavalle – Serie 1983-2002”

Consistió en graficar las alturas o cotas de agua freática para el Dpto. “Lavalle”, para tal fin se procedió a restar a la cota del terreno, la profundidad media freática del periodo 1983-2002, de cada freatímetro. La columna de la derecha de la tabla nº 7 muestra las “Profundidades y Alturas Medias de Niveles Freáticos por Freatímetro de Junio de 1983 a Junio de 2002” cuyos valores se utilizaron para la confección del plano nº 8, denominado “Isohypsas Medias – Serie 1983-2002- Departamento Lavalle”. Teniendo en cuenta la pendiente topográfica se fijó un intervalo o equidistancia de 4 metros entre líneas de igual cota. Posteriormente se procedió al trazado de las líneas o senderos de flujo las que, en su conjunto indican en forma aproximada, las áreas de carga y de descarga de las aguas subsuperficiales.

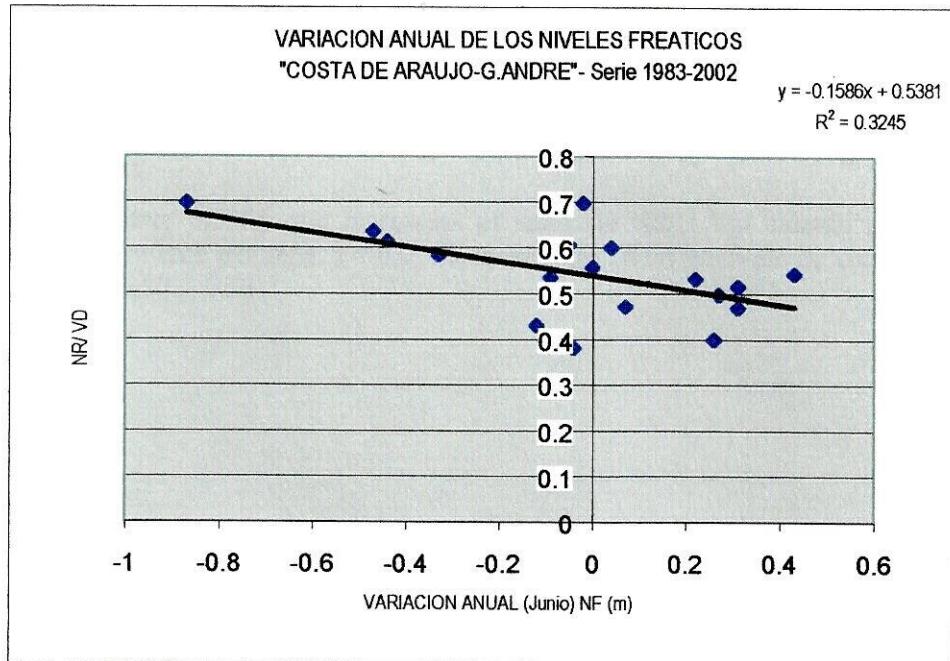
10- RESULTADOS DEL OBJETIVO PRINCIPAL

Con los valores de tabla nº 17 de las “Variaciones de las Profundidades Freáticas Anuales (ΔNF) en metros correspondientes a los meses de Junio y los valores de los cocientes entre las necesidades de riego (NR) anuales en hm^3 y los volúmenes distribuidos (VD) anuales en hm^3 ”, se procedió a ejecutar el gráfico nº1.

Tabla nº17

Ciclo	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02
ΔNF (m)	-0.12	-0.33	-0.02	0.3	0	-0.05	-0.44	0.3	0.3	-0.09	0.2	-0.87	0.4	0	-0.47	0.3	0.1	-0.04
NR / VD	0.43	0.58	0.7	0.52	0.6	0.61	0.61	0.47	0.4	0.53	0.53	0.7	0.54	0.56	0.64	0.5	0.47	0.38

Gráfico nº1 “Variación Anual de los Niveles Freáticos- Costa de Araujo-G.André- Serie 1983-2002”.



1) Se determinaron los cocientes NR/ VD dist. para cada año hidrológico, y con los valores de las variaciones de niveles freáticos (Δ NF) correspondientes a los meses de junio de cada año, se procedió a correlacionarlos obteniendo la siguiente ecuación de regresión $y = -0,1586 x + 0,5381$ con un coeficiente de ajuste $R^2 = 0,3245$, donde $y = \Delta$ NF y, $x = \text{NR/VD}$.

2) De la representación gráfica se demuestra que el valor de la relación NR / VD de 0,54 es el punto de equilibrio en el cual los niveles freáticos no sufren variaciones. Valores superiores a 0,54 influirán favorablemente en los cultivos haciendo descender la tabla freática y viceversa.

El análisis de la correlación gráfica indica que la relación responde a la ecuación de $\text{Nr} / \text{VD} = 0.54$ y con estos valores los niveles freáticos de la Subárea "Costa" se mantendrán invariables. Indica, además, que un incremento de la relación provocara un descenso de los niveles freáticos y la inversa, a menor cociente influirá en el ascenso de la tabla freática.

Análisis Estadístico

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.570
Coeficiente de determinación R^2	0.325
R^2 ajustado	0.282
Error típico	0.078
Observaciones	18

Análisis de la Varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0.047	0.047	7.687	0.014
Residuos	16	0.098	0.006		
Total	17	0.145			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	0.538	0.018	29.112	0.000	0.499	0.577
Variable X 1	-0.159	0.057	-2.773	0.014	-0.280	-0.037

El coeficiente de determinación de $R^2 = 0,32$ es bajo, lo que se explica por la gran variabilidad de los volúmenes derivados respecto a los valores de demanda, al no producirse una derivación consistente con las necesidades de riego. Sin embargo es significativo ($F= 7,687$, $p= 0,014$). La pendiente de $-0,1586$ es altamente significativa ($t = -2,773$, $p = 0,014$).

El coeficiente $0,5381$ que representa el valor de NR / VD cuando $\Delta NF = 0$, tiene una dispersión relativamente pequeña, $s = 0,0185$, resultando en un intervalo de confianza del 95% para el coeficiente de $0,50 - 0,58$.

11- RESULTADOS DE LOS OBJETIVOS SECUNDARIOS

Objetivo n° 1

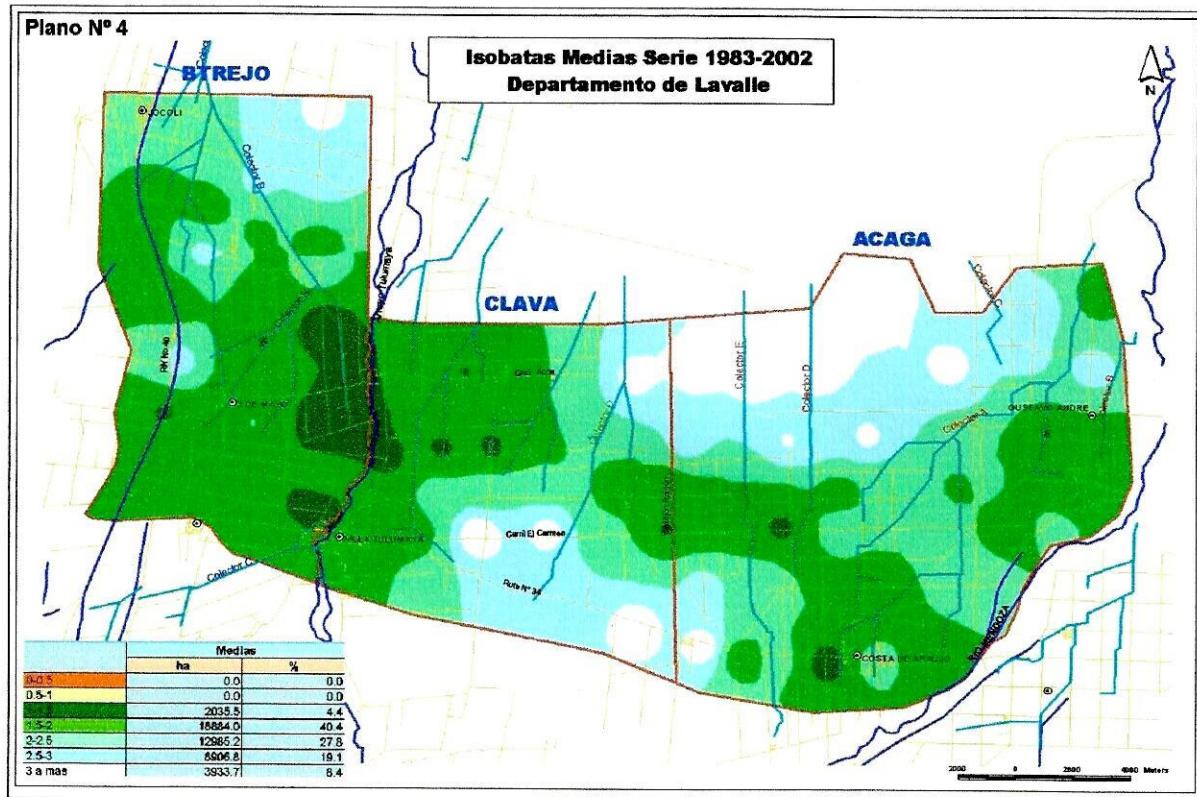


Tabla n° 17 “Isobatas Medias - Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002”

ISOBATAS MEDIAS - SERIE 1983 – 2002					
INTERVALO	SUBÁREA COSTA		DPTO. LAVALLE		
	PROF. NF(m)	Ha	%	ha	%
0-0,5		0,0	0,0	0,0	0,0
0,5-1		0,0	0,0	0,0	0,0
1-1,5		173,5	0,9	2036,8	4,4
1,5-2		6508,0	31,9	18892,3	40,4
2-2,5		6358,0	31,2	12982,8	27,8
2,5-3		4358,0	21,4	8899,5	19,0
+ de 3		3012,8	14,8	3933,3	8,4
Total		20410,3	100,0	46744,5	100,0

Objetivo nº 2

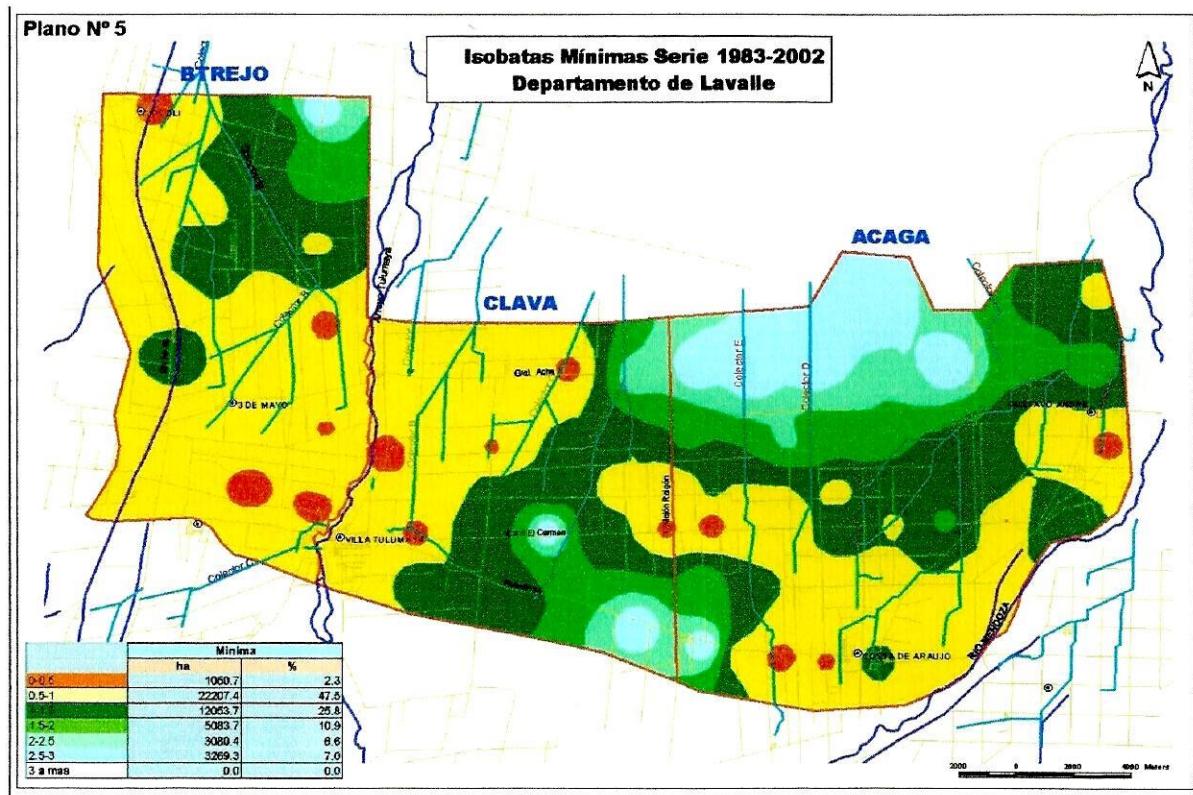


Tabla nº 18 “Isobatas Mínimas Absolutas - Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

ISOBATAS MINIMAS ABSOLUTAS - SERIE 1983-2002					
INTERVALO	SUBAREA COSTA		DPTO. LAVALLE		
	PROF. NF (m)	ha	%	ha	%
0-0,5		239,8	1,2	1052,0	2,3
0,5-1		7005,5	34,3	22218,3	47,5
1-1,5		5442,5	26,7	12053,3	25,8
1,5-2		2937,3	14,4	5082,8	10,9
2-2,5		1895,3	9,3	3066,8	6,6
2,5-3		2890,0	14,2	3271,5	7,0
+ de 3		0,0	0,0	0,0	0,0
Total		20410,3	100,0	46744,5	100,0

Objetivo nº3

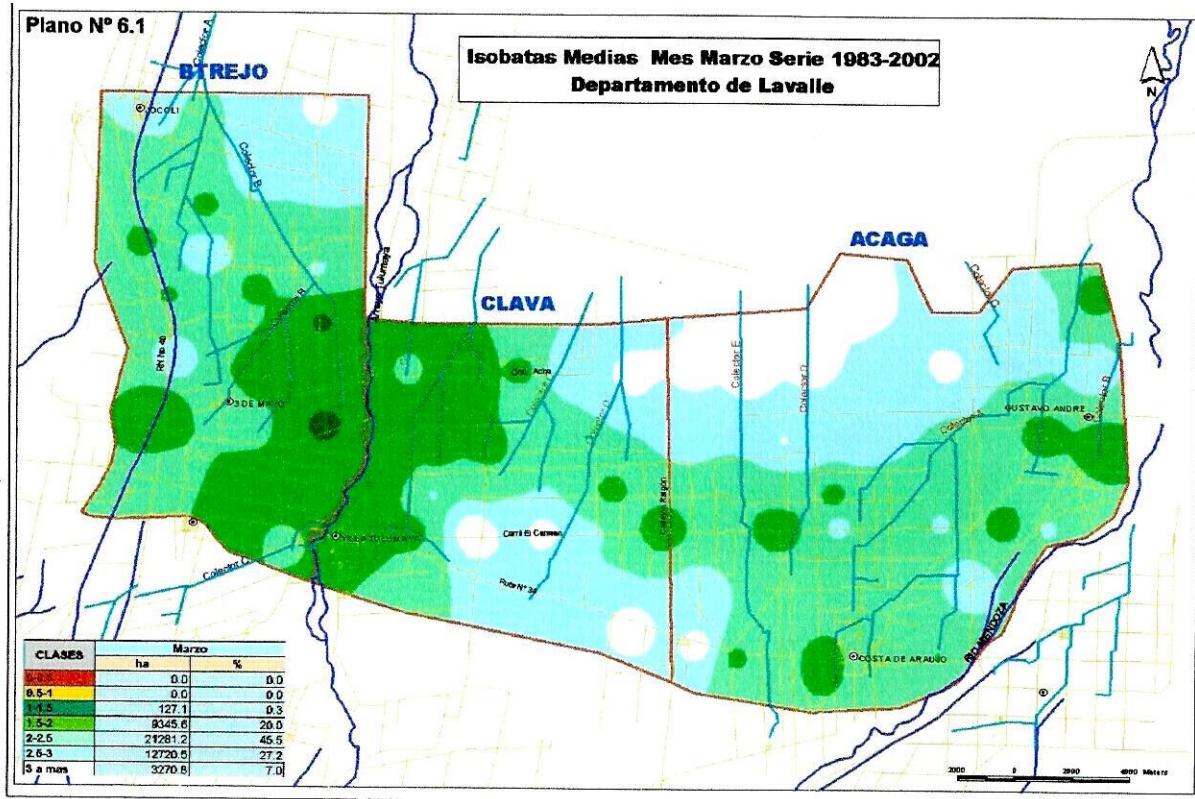


Tabla nº 19-1 “Isobatas Medias - Mes de Marzo - Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

ISOBATAS MEDIA - MES MARZO - SERIE 1983-2002				
INTERVALO PROF. NF (m)	SUBAREA COSTA		DPTO. LAVALLE	
	Ha	%	ha	%
0-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5-1	0,0	0,0	0,0	0,0
1-1,5	0,0	0,0	128,2	0,3
1,5-2	1353,5	6,6	9348,7	20,0
2-2,5	10546,7	51,6	21286,7	45,5
2,5-3	6069,7	29,7	12707,2	27,2
+ de 3	2440,2	11,9	3273,5	7,0
Total	20410,2	100,0	46744,5	100,0

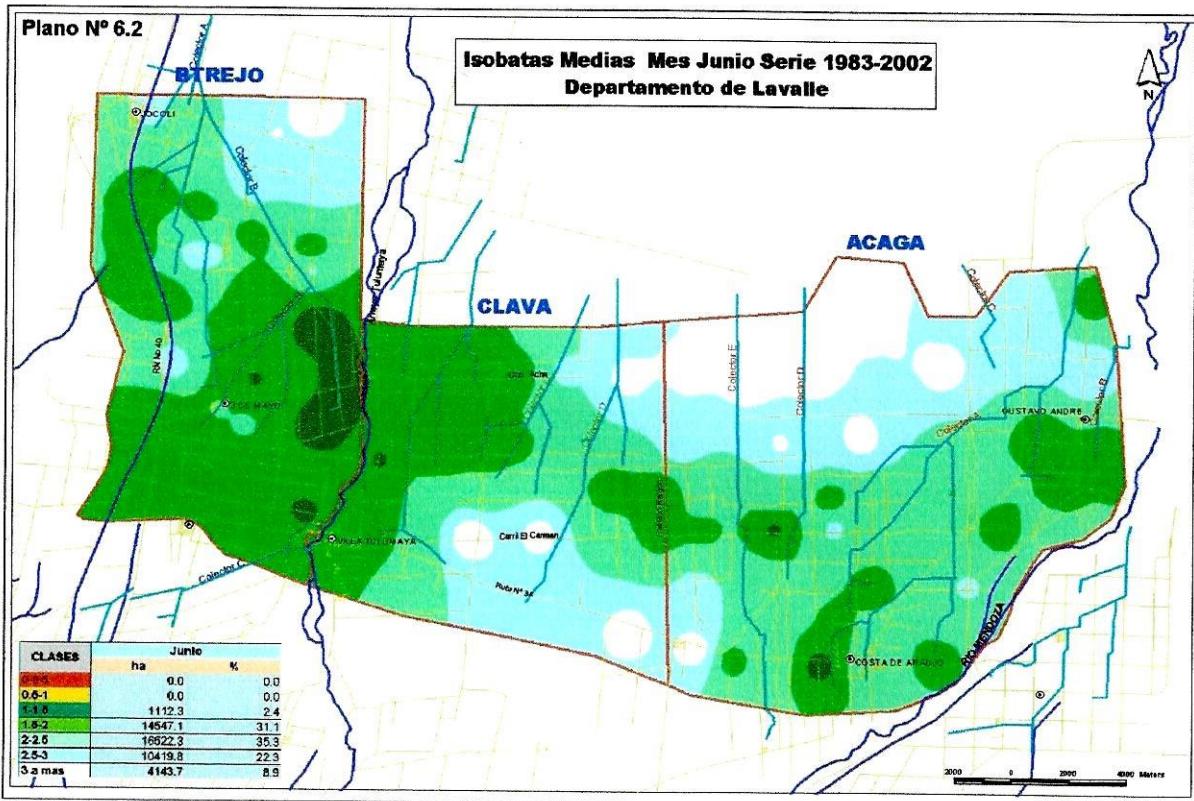


Tabla n° 19-2 “Isobatas Medias - Mes Junio - Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

ISOBATAS MEDIA - MES DE JUNIO - SERIE 1983-2002				
INTERVALO PROF. N.F (m)	SUBÁREA COSTA		DPTO. LAVALLE	
	ha	%	ha	%
0-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5-1	0,0	0,0	0,0	0,0
1-1,5	83,0	0,4	1111,8	2,4
1,5-2	3091,3	15,1	14549,0	31,1
2-2,5	9017,0	44,2	16531,0	35,4
2,5-3	4992,0	24,5	10407,8	22,3
+ de 3	3227,0	15,8	4145,0	8,9
Total	20410,0	100,0	46744,5	100,0

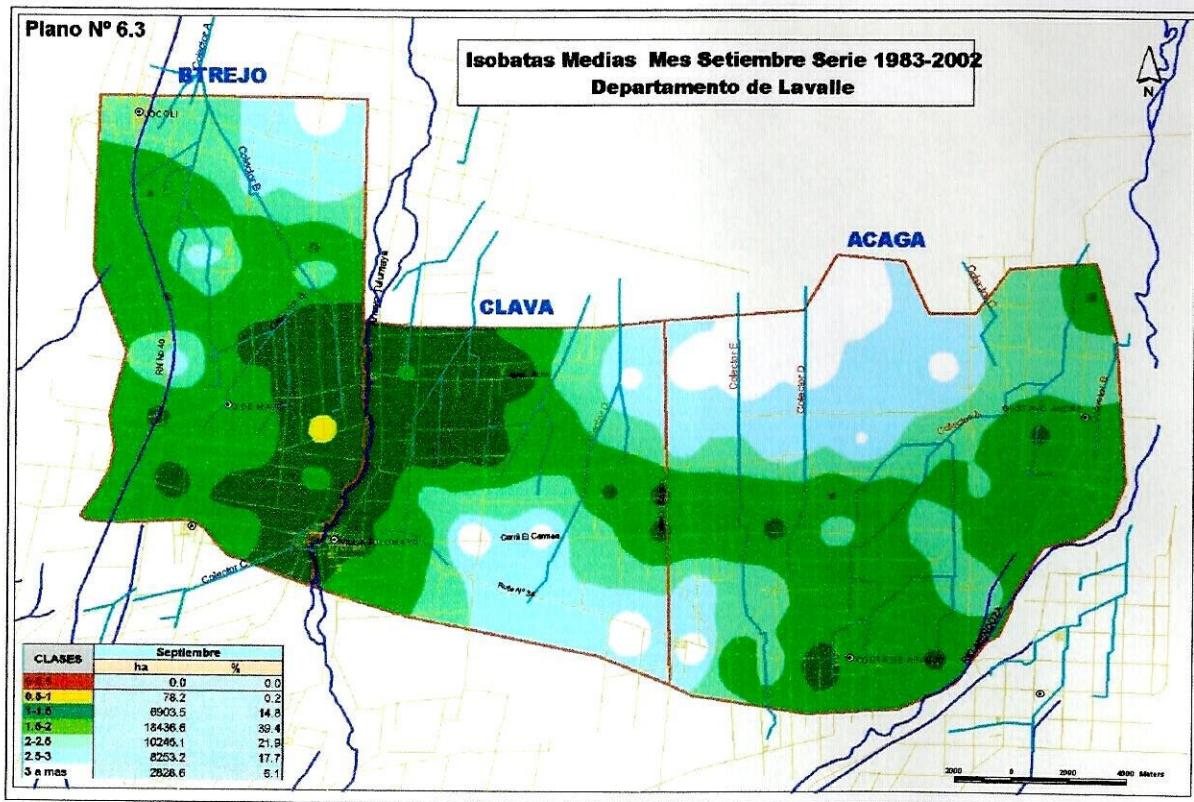


Tabla nº 19-3 “Isobatas Medias - Mes Septiembre - Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

ISOBATAS MEDIA - MES DE SEPTIEMBRE - SERIE 1983-2002				
INTERVALO PROF. NF(m)	SUBÁREA COSTA		DPTO. LAVALLE	
	ha	%	ha	%
0-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5-1	78,5	0,7	0,0	0,0
1-1,5	6909,3	14,7	338,0	1,7
1,5-2	18440,0	39,4	8825,8	43,2
2-2,5	10245,0	21,9	5113,5	25,1
2,5-3	8243,0	17,6	3889,3	19,1
+ de 3	2828,8	6,0	2243,8	11,0
Total	46744,5	100,0	20410,3	100,0

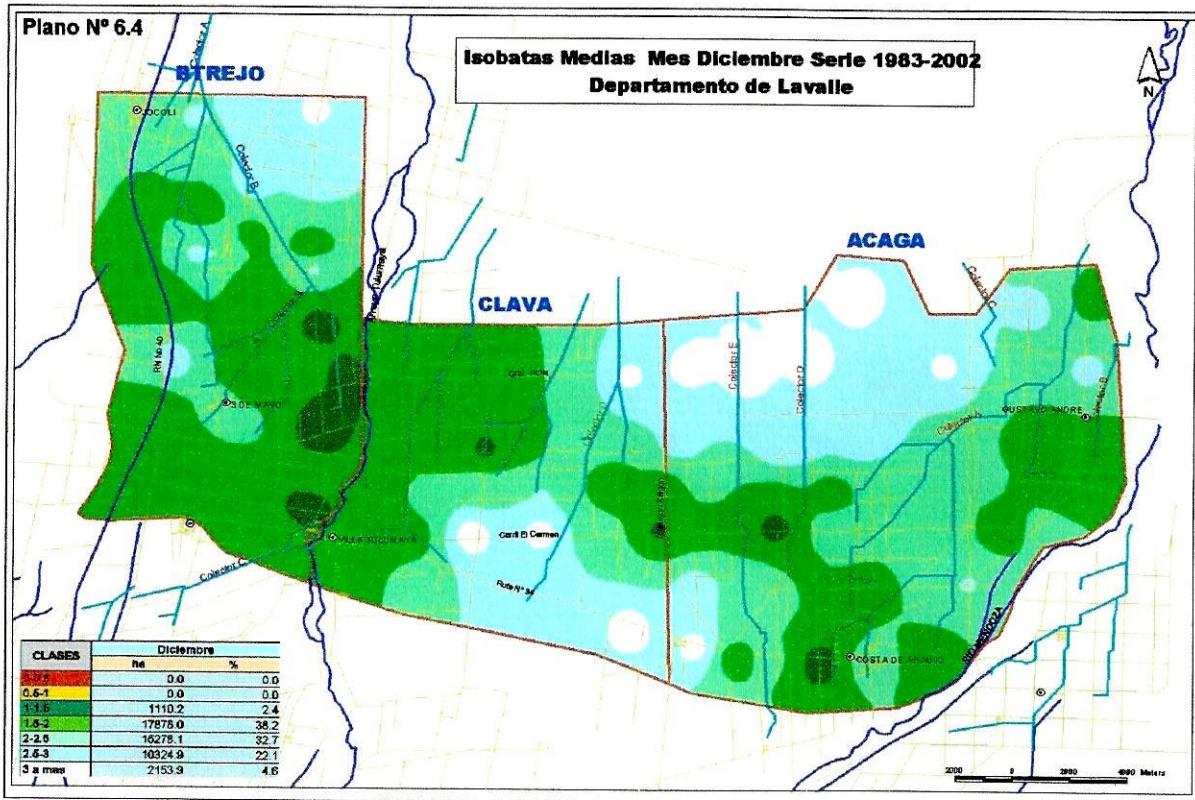


Tabla n° 19-4 “Isobatas Medias - Mes Diciembre - Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

ISOBATAS MEDIA – MES DE DICIEMBRE – SERIE 1983-2002				
INTERVALO PROF. NF (m)	SUBÁREA COSTA		DPTO. LAVALLE	
	ha	%	ha	%
0-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5-1	0,0	0,0	0,0	0,0
1-1,5	195,0	1,0	1113,5	2,4
1,5-2	5442,0	26,7	17886,8	38,3
2-2,5	7925,5	38,8	15271,5	32,7
2,5-3	5165,0	25,3	10318,0	22,1
+ de 3	1682,8	8,2	2154,8	4,6
Total	20410,3	100,0	46744,5	100,0

Objetivo nº4

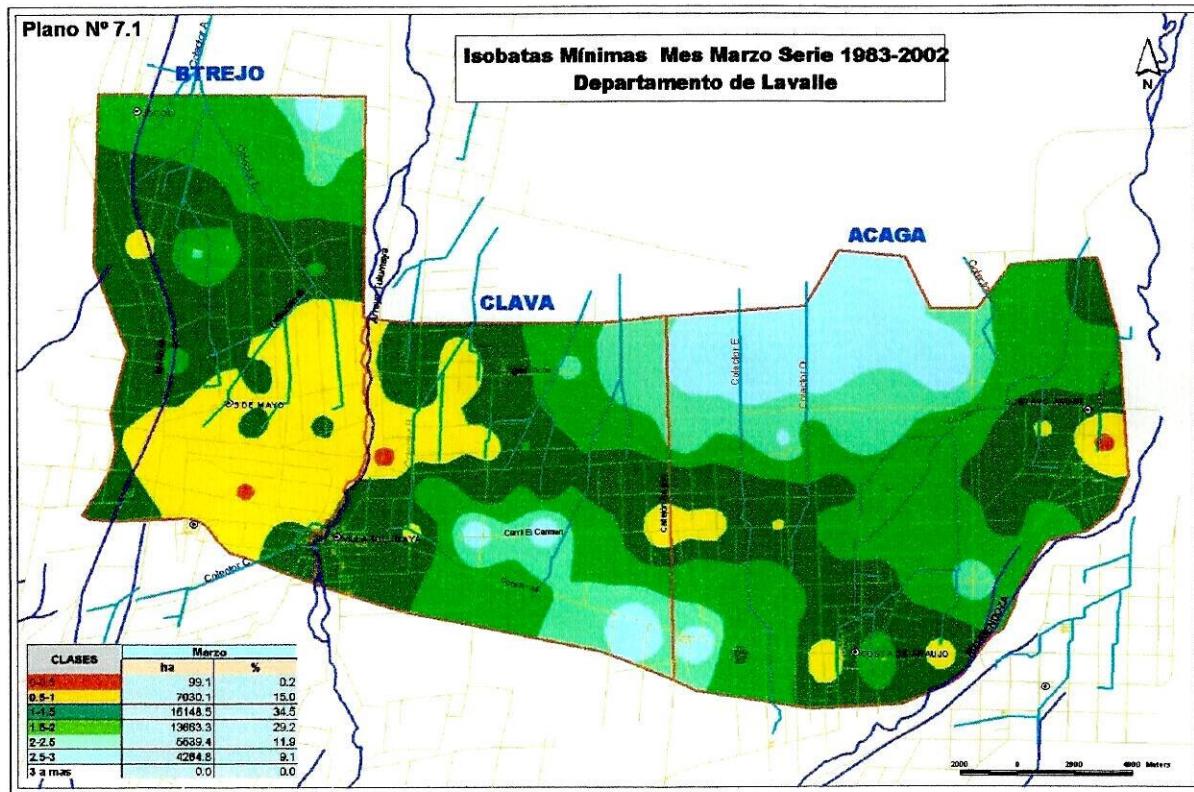


Tabla nº 20-1 “Isobatas Mínimas Absolutas - Mes Marzo - Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

ISOBATAS MINIMAS - MES DE MARZO - SERIE 1983-2002					
INTERVALO	SUBÁREA COSTA		DPTO. LAVALLE		
	PROF.NF (m)	ha	%	ha	%
0-0,5		33,0	0,1	99,0	0,2
0,5-1		809,2	3,9	7032,5	15,0
1-1,5		5817,5	28,5	16152,0	34,5
1,5-2		7403,7	36,2	13665,5	29,2
2-2,5		2742,0	13,4	5531,0	11,8
2,5-3		3604,7	17,6	4264,5	9,1
+ de 3		0,0	0,0	0,0	0,0
Total		20410,2	100,0	46744,5	100,0

Plano N° 7.2

Isobatas Mínimas Mes Junio Serie 1983-2002
Departamento de Lavalle

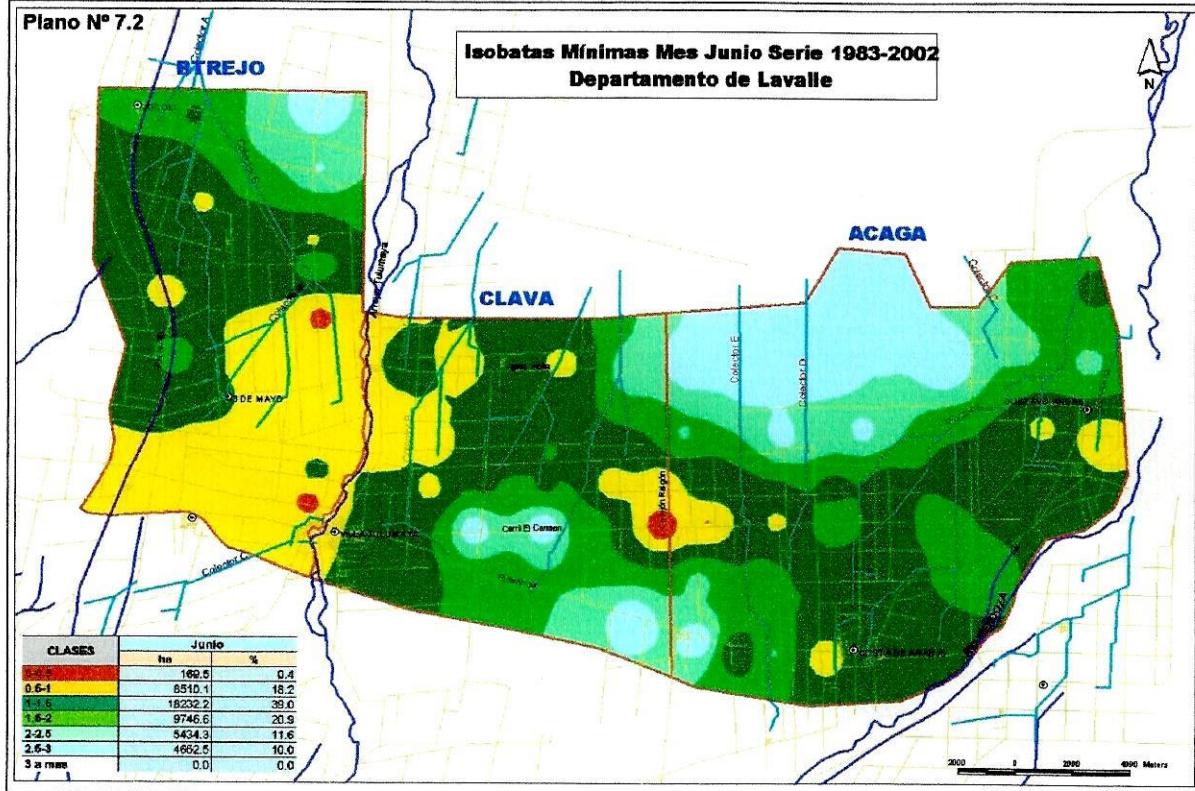


Tabla n° 20-2 “Isobatas Mínimas Absolutas - Mes Junio - Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

ISOBATAS MINIMAS - MES DE JUNIO - SERIE 1983-2002					
INTERVALO	SUBÁREA COSTA		DPTO. LAVALLE		
	PROF. NF (m)	Ha	%	ha	%
0-0,5		17,8	0,1	169,5	0,4
0,5-1		858,5	4,2	8513,0	18,2
1-1,5		7515,5	36,8	18240,0	39,0
1,5-2		5357,5	26,2	9744,3	20,8
2-2,5		2727,3	13,4	5428,0	11,6
2,5-3		3933,8	19,3	4649,8	9,9
+ de 3		0,0	0,0	0,0	0,0
Total		20410,3	100,0	46744,5	100,0

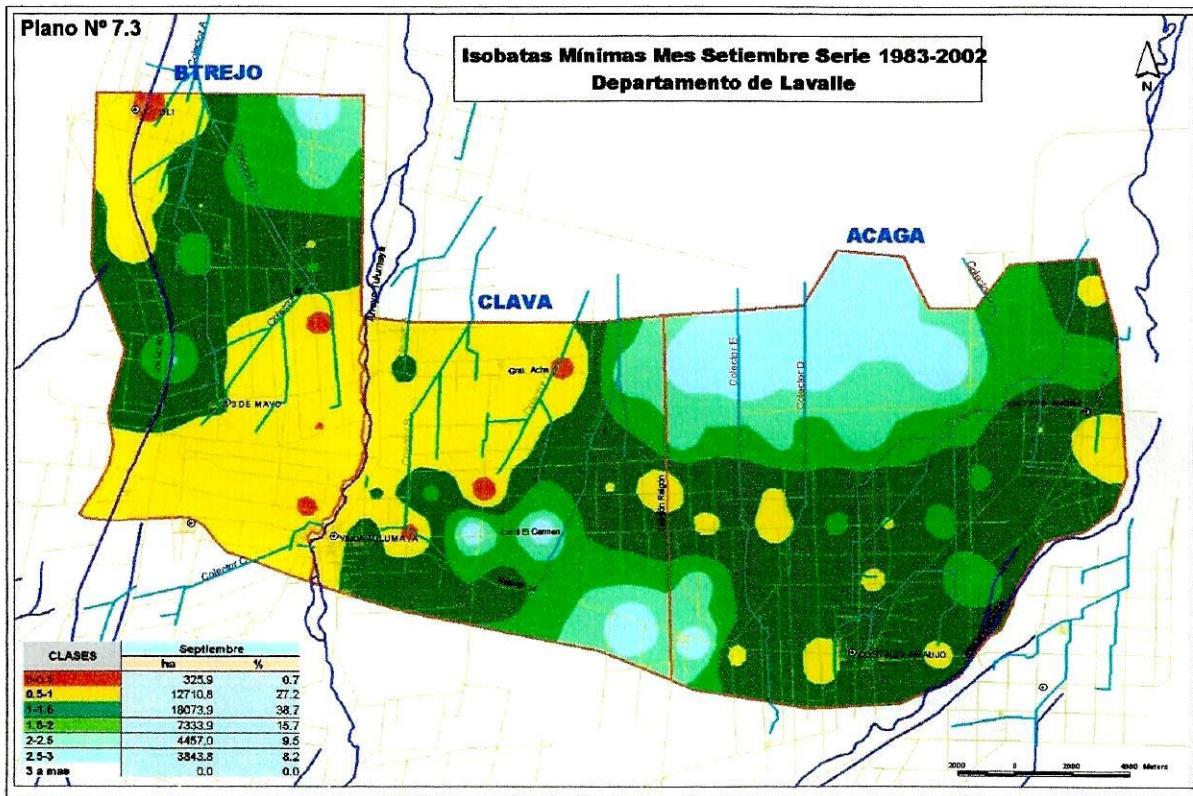


Tabla n° 20-3 “Isobatas Mínimas Absolutas - Mes de Septiembre - Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

ISOBATAS MINIMAS - MES DE SEPTIEMBRE - SERIE 1983-2002					
INTERVALO	SUBÁREA COSTA		DPTO. LAVALLE		
	PROF. NF (m)	Ha	%	ha	%
0-0,5		0,0	0,0	326,3	0,7
0,5-1		1154,8	5,7	12713,5	27,2
1-1,5		9780,5	47,9	18079,5	38,7
1,5-2		3665,0	18,0	7334,5	15,7
2-2,5		2518,3	12,3	4448,3	9,5
2,5-3		3291,8	16,1	3842,5	8,2
+ de 3		0,0	0,0	0,0	0,0
Total		20410,3	100,0	46744,5	100,0

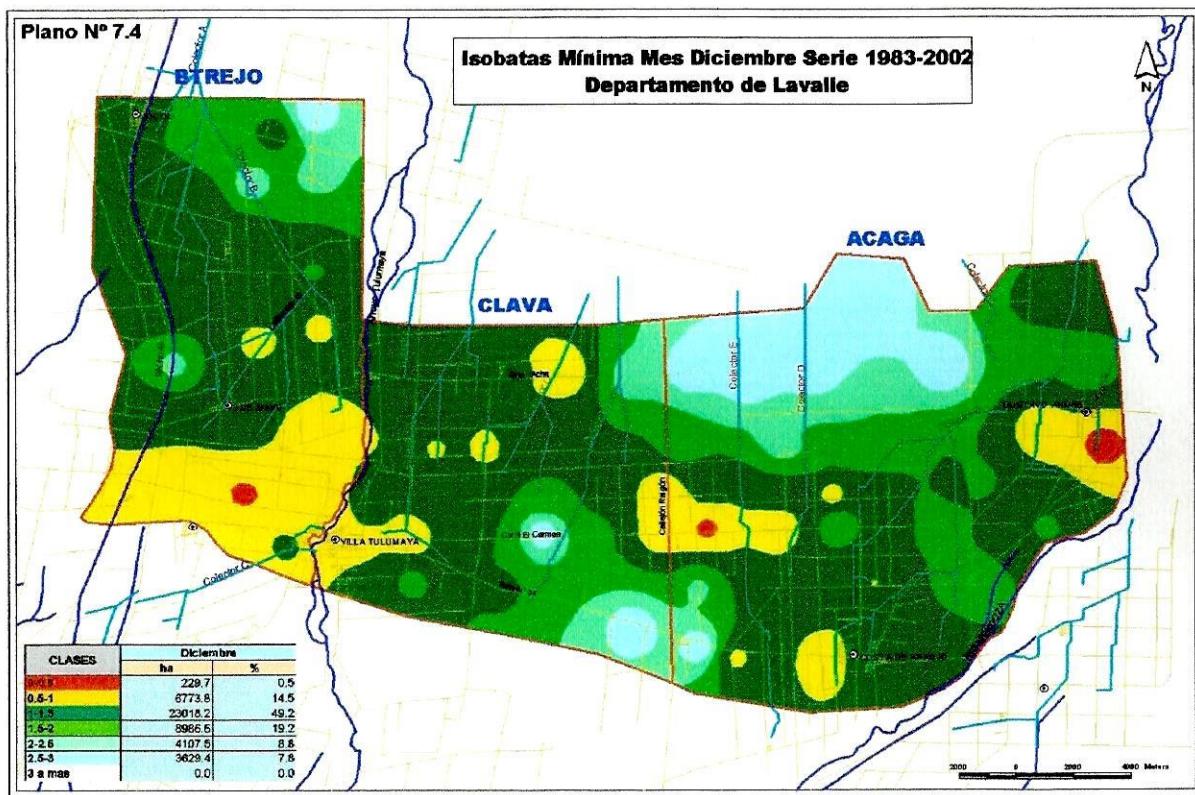
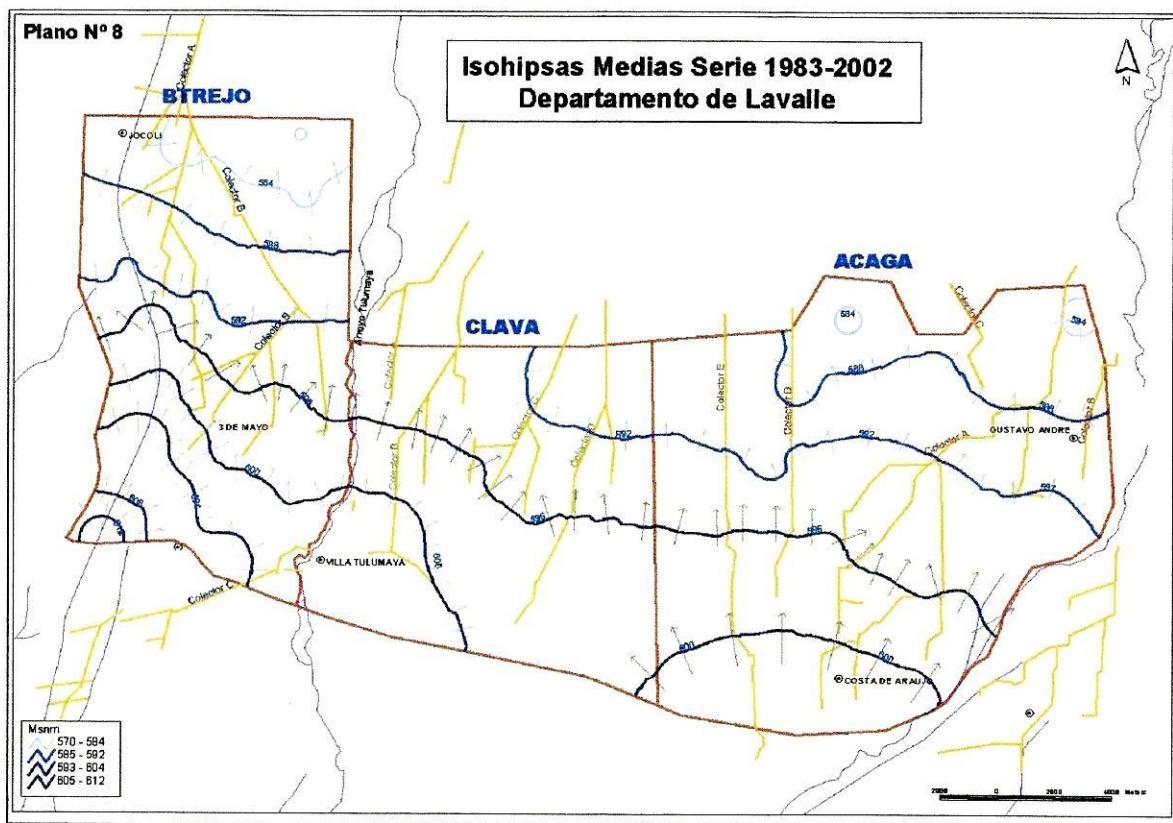


Tabla n° 20-4 “Isobatas Mínimas Absolutas - Mes de Diciembre - Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

ISOBATAS MINIMAS – MES DE DICIEMBRE – SERIE 1983-2002					
INTERVALO	SUBÁREA COSTA		DPTO. LAVALLE		
	PROF. NF (m)	ha	%	ha	%
0-0,5	172,5		0,8	230,3	0,5
0,5-1	1910,0		9,4	6775,8	14,5
1-1,5	8357,3		40,9	23025,8	49,3
1,5-2	4641,8		22,7	8985,3	19,2
2-2,5	2170,8		10,6	4099,8	8,8
2,5-3	3158,0		15,5	3627,8	7,8
+ de 3	0,0		0,0	0,0	0,0
Total	20410,3		100,0	46744,5	100,0

Objetivo nº5



La Subárea “Jocolí”: la zona de carga subsuperficial es en dirección Sur hacia norte correspondiendo los aportes por los canales Sauce–Jocolí y los desagües de efluentes cloacales provenientes del Campo Espejo.

La Subárea “Villa” los ingresos se producen por los canales Auxiliar Tulumaya y sus derivados canales Santos Lugares y Colonias. Estas aguas son de diferentes orígenes: derivadas del dique Cipolletti, canal Pescara (desagües industriales) y afloramientos de las nacientes de los Arroyos Fernández y Tulumaya. Las descargas de los colectores son a campo abierto, no presentando inconvenientes evacuación.

La Subárea “Costa” la carga se produce en dirección de sur-este hacia el nor-oeste, por medio de los cauces que se derivan del río y del propio río. Las descargas de los colectores “D” y “E” son a campo abierto y no presentan dificultades de evacuación. Pero los colectores “A”, “B” y “C” presentan condiciones topográficas que dificultan las descargas

12- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL OBJETIVO PRINCIPAL

-El valor de la relación 0.54 indica que se entrega a través de los canales el doble cantidad de agua que las necesidades de los cultivos.

-El bajo R^2 obtenido (0.32) se debe a la variabilidad de los volúmenes derivados, los que en algunos años, son excesivos e injustificados durante los meses invernales.

-Por ello la hipótesis de trabajo de que, las variaciones de los niveles freáticos, en zonas áridas cultivadas, tienen vinculación con la evapotranspiración de los cultivos (ETc), las precipitaciones (Pp.ef.) y los aportes de agua para riego a través de la red de distribución (VD), es válida, aunque intervienen otros factores para mejor ajuste de la ecuación.

-Se recomienda: Un mejor ajuste de la recta de regresión se obtendría con la participación de otros parámetros como: a) los volúmenes egresados por los consumos de la flora autóctona cuya superficie es significativa en la Subárea “Costa”, b) la variación zonal de la profundidad de los niveles estáticos del acuífero, c) de los volúmenes egresados del área de estudio por la red de colectores de desagües y los volúmenes ingresados por perforaciones de agua subterránea, que en el presente análisis se los consideró equivalentes.

13- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LOS OBJETIVOS SECUNDARIOS

Previamente a extraer conclusiones, se asume que para frutales perennes, cultivados en zonas áridas, con riego integral y en suelos de textura fina y estratificados, la profundidad freática media mínima admisible para obtener rendimientos comerciales aceptables, es de 1,5 metros de profundidad.

Por ello, se asume la siguiente clasificación de “Riesgo Freático de Áreas Irrigadas en relación con la profundidad freática y las superficies afectadas”.

Porcentaje del Área Irrigadas con NF < 1.5 m	Riesgo Freático
< 3,0 %	Bajo Riesgo
3,1 al 10,0 %	Riesgoso
> 10,0 %	Alto Riesgo

Objetivo nº 1: “Isobatas Medias -Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle - Serie 1983-2002”.

Con relación a los resultados de la tabla nº 17 y a la clasificación de “Riesgo Freático en relación con la profundidad y superficie afectada” se puede calificar a la Subárea “Costa” con el 0.9% de “Bajo Riesgo Freático” y el Dpto. “Lavalle” con el 4.4 % de “Riesgoso”. Es evidente que el promedio de mediciones de una serie extensa homogeniza o “achata” los picos de ascensos y descensos freáticos que se producen anualmente e interanual. Por ello, analizados hidrológicamente, los resultados inducen a concluir que las superficies afectadas con niveles freáticos son bajos no implicando, en consecuencia, peligro para la agricultura. Pero analizado hidroquímicamente, no se ha tenido en cuenta el ascenso capilar, por no quedar registrado en las mediciones de los

freatímetros, y éste ascenso es significativo en suelos de textura fina, franco limosos como son los en la zona de estudio. La capilaridad implica transporte y acumulación de sales pudiendo ascender hasta superficie. En 1969, Nijensohn en el estudio denominado "Profundidad Crítica de la Freática" (Corporación del Río Dulce - Santiago del Estero) estimó ascensos capilares teóricos para diversas texturas señalando para el limo fino ascensos del orden de los 360 centímetros sobre el plano freático. Por otra parte, la calidad del agua freática, como se mencionó en los antecedentes, es altamente salina con valores medios de $15.500 \mu \text{S.cm}^{-1}$, superior a los determinados por Nijensohn en 1953-1955 y Braun en 1964. Por ello la capilaridad adquiere una mayor peligrosidad debido a que implica transporte y acumulación de sales, las que pueden invadir la rizósfera y ascender hasta la superficie, situación visible durante los meses invernales. El plano n° 4 de Isobatas Medias muestra que el 32 % y el 40 % de la superficies de "Costa" y Dpto. "Lavalle" respectivamente se encuentran con la tabla freática en el intervalo de 1,5-2,0 m. de profundidad, indicando la extensa superficie en la que se produce ascenso capilar. En mismo trabajo de "Intoxicación de vides por cloruros" antes mencionado, el Dr. Nijensohn señala "Las variaciones de los niveles freáticos producen mayores afectaciones a los cultivos que una freática de profundidad constante. Esto es debido a la falta de adaptación del sistema radical provocado por la alternancia de las condiciones de aerobiosis y anaerobiosis y por la selectividad a las sales que adquieren las raíces, provocando desequilibrios fisiológicos" que inciden en los rendimientos hasta la muerte de los cultivos. Esta es la causa de las intoxicaciones salinas con cloruros en vid y frutales que se observan en forma generalizada.

En el mismo plano se observan que las zonas de mayor riesgo freático y, en consecuencia salina son: ruta n° 34 (o carril Belgrano) entre calles Roca y Lamadrid, carril El Plomero entre ruta n° 34 y El Carmen y, las inmediaciones de la Colonia Perfoga. En el distrito de Gustavo André se destaca la Ruta n° 33 o carril Las Cortaderas entre calle Peña y Moyano.

Objetivo n° 2 "Isobatas Mínimas Absolutas-Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002".

En relación con los resultados de la Tabla n° 18 se demuestra el "Alto Riesgo Freático" para ambas áreas. Sumado las superficies correspondientes a los intervalos de 0,0-0,5m a 1,0-1,5 m arroja valores del 62,2 % y 75,6 % para "Costa" y "Lavalle" respectivamente. Del plano de isobatas mínimas absolutas, plano n° 5, muestra que en general las zonas donde se emplazan las zonas urbanas como Jocolí, Tres de Mayo, Villa Lavalle, Costa de Araujo, Gustavo André y sus alrededores han tenido la tabla freática a menos de 1 metro de la superficie, y en ciertos lugares a menos de 0,5 m. Esta situación debe ser tenida en cuenta, no solo para la agricultura, sino en zonas urbanas previo a la ejecución de construcciones de obras civiles, como: galpones, talleres, barrios de viviendas, construcción de red de alcantarillado (cloacas) y proyectos de cementerios parque. Por ello los colectores de desagües y drenaje principales que atraviesan estas áreas poblaciones rurales deben transformarse en drenes subterráneos con el fin de asegurar el abatimiento de la freática, conectarse a la red de desagües pluvial, evitar que ser utilizados como receptores de basura y evitar la proliferación de insectos (moscas y mosquitos).

Objetivo n° 3 "Isobatas Medias – Meses Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre - Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002"

De las tablas 19-1 (marzo), n° 19-2 (junio), n° 19-3 (septiembre) y n° 19-4 (diciembre) se desprenden que: para la Subárea "Costa" resalta con énfasis el mes de septiembre con mayor superficie afectada con un 14,8 % calificándose de "Alto Riesgo". Esta fuerte oscilación tiene sus causas, una de ellas, corresponden a las pérdidas en la red de riego, que al ser de tierra, la limpieza es realizada "a pala" entre junio y agosto en coincidencia con la "corta" de agua. Esta consiste en extracciones de la capa de sedimentos de textura fina (limos y arcillas) depositados durante la temporada de riego. A esta causa se agrega la aplicación de pesadas láminas de riego en las parcelas

de cultivos, como método de defensa pasiva contra las heladas. Esta acción, de práctica generalizada de los agricultores, provoca elevadas pérdidas a nivel de parcelas constituyendo los riegos más ineficientes de toda la temporada agrícola.

Para la red Dpto. "Lavalle": no existen diferencias significativas siendo los meses con mayor superficie afectada los correspondientes a junio y diciembre, ambos con 2,4 % correspondiendo "Bajo Riesgo", resultando el mes de marzo el de menor superficie afectada.

De los planos nº 6-1, nº 6-2, nº 6-3 y nº 6-4 se desprende que para la Subárea "Costa" para el mes de septiembre, la zona que comprende la cabecera de la red de riego (canales Bajada de Araujo y San Pedro y San Pablo) es donde se producen las mayores elevaciones de niveles freáticos. Y para el resto del Dpto. Lavalle, para igual mes, las mayores variaciones se producen en la Villa de Lavalle, Las Palmeras y en las inmediaciones de las Ramas nº 6 y nº 7 del distrito de Tres de Mayo.

Objetivo nº 4: "Isobatas Mínimas Absolutas - Meses de Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre- Valores de superficies afectadas - Subárea Costa y Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002"

Los valores de superficies afectadas que se detallan en las tablas nº 20-1 (marzo), nº 20-2 (junio), nº 20-3 (septiembre) y nº 20-4 (diciembre) muestran claramente la "Alto Riesgo Freática" para ambas áreas, Subárea "Costa" y Dpto. "Lavalle" con valores del orden de 50 %. Los meses más desfavorables son Septiembre y Junio respectivamente. Los motivos de los picos que se producen durante el mes de septiembre ya ha sido comentado en el objetivo nº 4 y los ascensos correspondientes al mes de junio es producido, en algunas zonas, por la exigencia de los regantes de recibir los turnos, aún sin la necesidad por parte de los cultivos.

De los planos nº 7-1 (marzo), nº 7-2 (junio), nº 7-3 (septiembre) y nº 7-4 (diciembre) se desprenden que para la Subárea "Costa" los mismos lugares son los de alto riesgo freático, se repiten con mayor o menor intensidad durante los cuatro meses. Estos corresponden, igual que en el plano de isobatas medias, a las inmediaciones de la ruta provincial nº 34 (o Belgrano) y calle Lamadrid y en el distrito de Gustavo André en calle Moyano y Peña que forma parte de un bajo del río Mendoza. Para el área del Dpto. Lavalle se demuestra con evidencia la fuerte influencia que tiene, desde el Oeste, los canales Jocoli y Tulumaya que conducen: aparte de las aguas de riego, los desagües pluviales producidos en el gran Mendoza y los desagües cloacales provenientes de Campo Espejo. Estas "conexiones" desde el Área de Cultivo Restringido (ACRE) hacia el Este se producen con mayor frecuencia durante los meses de otoño e invierno y constituyendo un área de alta peligrosidad freática, situación que se demuestra en los planos nº 7-2 (junio) y nº 7-3 (septiembre).

Conclusión de los Objetivos Secundarios

La red principal de colectores es insuficiente para el abatimiento de niveles freáticos por debajo de los 1,5 metros. Su utilidad es, fundamentalmente, de evacuación.

Respecto a la responsabilidad de los aportes económicos, se concluye que: si bien los rasgos de 32 metros ocupados por los colectores y las servidumbres son de patrimonio del Estado Provincial, los recursos económicos destinados para su mantenimiento han sido siempre insuficientes. Estos provienen, únicamente, de un ítem del canon de riego, identificado como TEM (Trabajo Equipo Mecánico), siendo que las aguas que transportan los colectores son en ocasiones producto de lluvias, las que escurren superficialmente de Oeste a Este siendo interceptadas por la red de riego, que corre de Sur a Norte y finalmente sus caudales descargan en los colectores y, en ocasiones en fincas produciendo inundaciones de cultivos. Por lo expuesto, es necesario aportes económicos provenientes de las zonas urbanas para el mantenimiento de los colectores de desagües y drenajes, que en la actualidad se agrava por el vuelco de residuos sólidos urbanos (envases PET, metálicos de aluminio, hojalatas y de polietileno).

Objetivo nº5: “Isohipsas Medias del Dpto. Lavalle – Serie 1983-2002”

Subárea “Costa”: los colectores generales de desagües y drenajes no interceptan a las líneas de flujo y el excesivo desarrollo en longitud de algunos de ellos, conspira contra un correcto mantenimiento de los mismos. Por ello, la eficiencia de abatimiento y de evacuación es baja. El colector “A” con 50 kilómetros de longitud es un claro ejemplo de lo mencionado. La descarga en el río Mendoza se encuentra impedida por sedimentos del propio río.

Subárea “Villa”: el arroyo Tulumaya se comporta como un dren interceptor, no existiendo otra alternativa para mejorar las descargas a campo abierto, las que a su vez son utilizadas para abrevar caprinos y vacunos.

En las Subárea “Jocolí”: la zona de carga se produce desde el Sur hacia Norte, recibiendo los aportes permanentes provenientes de varias fuentes: derivaciones del “Campo Espejo”, desagües industriales de los departamentos de Guaymallén, Las Heras y Maipú, precipitaciones ocurridas dentro de la zona de estudio y las ocurridas en la ciudad de Mendoza y alrededores, a las que se agregan las correspondientes a las pérdidas de la red de riego y las ineficiencias producidas en las fincas cultivadas. Estos aportes deben ser disminuidos y controlados, cada uno con tratamientos diferentes. Los provenientes del Campo Espejo deben disponerse al Oeste de la ruta nº 40, para ello debe extenderse lo mas posible en su origen hacia el Oeste y Norte. Los desagües pluviales pueden minimizarse su evacuación con la construcción de balsas.

La descarga es por medio de un único colector que corre paralelo a la ruta nº 40 en dirección al norte, donde va perdiendo profundidad y finalmente se abre en forma de abanico alimentando, junto al confín del arroyo Tulumaya y al río Mendoza, a las lagunas de Guanacache.

Se recomienda:

-A nivel de parcela la instalación de freatímetros para conocer la profundidad freática antes y después de cada riego, riego de menor lámina y el uso de portainjertos adecuados.

-Modificar el método de mantenimiento de la red principal de desagües y drenajes actualmente se ejecuta por medio de retroexcavadoras y dragalinas. La metodología propuesta implica el uso de: a) mantenimiento de los caminos de servidumbres de los colectores, b) mantenimiento químico con el uso de herbicidas, c) mantenimiento mecánico con baldes segadores acoplados a maquinaria pesada complementado con el uso de motoguadañas manuales y, d) limpieza manual y periódica de los puentes carreteros.

Establecer una “política de saneamiento” de carácter provincial que complemente a la Ley Nacional de Conservación de Suelos (Ley nº 22.428), por la cual el Estado aporte recursos económicos para completar la red principal de drenaje, construyendo drenes secundarios subterráneos y permitiendo los desagües de aquellas parcelas, que hallan instalado drenes parcelarios.

-Profundizar el cauce del río Mendoza, desde el puente sobre el río en el distrito de Costa de Araujo hacia el norte, con el objeto de disponer de desnivel para desaguar el colector “A” y los colectores de la margen derecha, utilizando para ello el poder erosivo de las actuales aguas claras. -

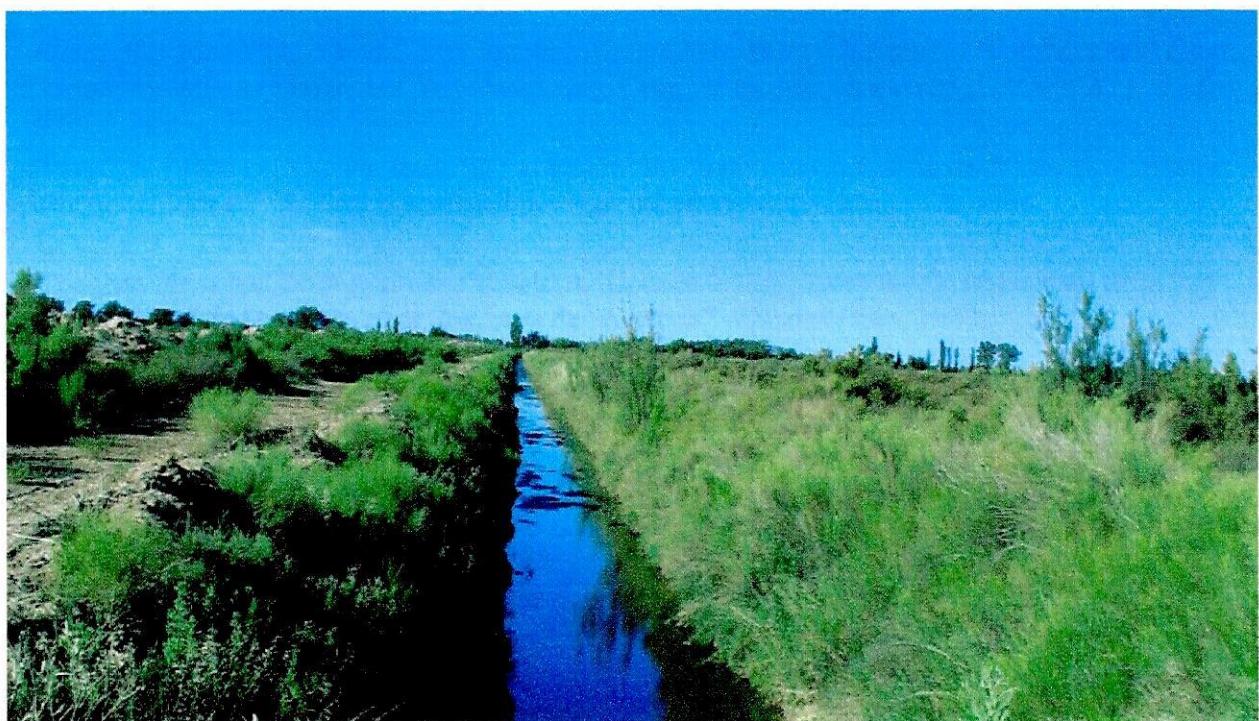


Foto nº 4: Colector “B” - Subárea “Villa” (Nov. 2004)



FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS

Foto nº 5 Vid con síntomas de intoxicación de cloruros - Finca Centenario-Subárea “Jocolf” - (Nov. 2004)

14 – BIBLIOGRAFÍA

14-1 Bibliografía: Citada

- Allen, R., Raes, D., Smith, M., Pereira, L. UTAH- State University- Logan, Utah Crop Evapotranspiration- Guidelines for Computing Crop Water Requirements (CROPWAT). FAO-1998.
- Braun, W.; Pizarro, O.; Pacheco, M.; Gilobert, V. “Intoxicación Salina de Vides en Costa de Araujo, Mendoza” – Revista Investigaciones Agropecuarias-Vol. I, nº5 INTA, 1964.
- Congreso de la Nación Argentina- “Comisión Especial Investigadora del Cumplimiento de la Ley 12.282- Obras de Desagües en la Provincia de Mendoza” - Buenos Aires, 1948.
- Dastane, N.G. “Effective Rainfall”. Irrigation and Drainage Paper nº 25 - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. 1974
- Rodriguez Aguilera, P.; Femenía, A.; Antonio, J.; Mustoni, N. “Cuenca Irrigada del Río Mendoza: Interpretación visual de imágenes Ikonos”, (Inédito). Departamento General de Irrigación -FAO Área Unidad SIG y Teledetección. Provincia de Mendoza-Argentina-2004.
- Departamento General de Irrigación- Recopilación de Leyes. 2º Serie 2, 1926-1937 – Provincia de Mendoza- Argentina.
- Departamento General de Irrigación- Memoria 1938-1941- Tomo 7- Provincia de Mendoza-Argentina
- Environmental Systems Research Institute, Inc. Arc View Gis- “The Geographic System for Everyone”- United State of America.1996.
- Escurra, J. “Áreas Pilotos para la Rehabilitación de Tierras Degradas por Empantanamiento y/o Salinidad en San Juan y Mendoza, Argentina”, GCP/RLA/084/JPN. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Documento de campo 10, 1990.
- Grassi, C. J. “Diseño y Operación del Riego por Superficie”. Serie Riego y Drenaje RD-36- CIDIAT- Mérida Venezuela - 1986
- Instituto de Desarrollo Rural (IDR) – “Censo de Cultivos Ciclo 1999/2000”. Provincia de Mendoza.
- Morábito, J.; Salatino,S.; Mirábile, C.; Chambouleyron, J. “La Operación del Agua de Riego en el Río Tunuyán Inferior-Mendoza- Argentina. Indicadores de Desempeño” - Instituto Nacional del Agua. 1998.
- Nijensohn, L. “Intoxicación de vid por Cloruros”. Instituto Provincial Agropecuario. Boletín Técnico nº2. Mendoza. 1960.
- Nijensohn, L. “Profundidad freática crítica” Actas de la Primera Mesa Redonda Nacional sobre Riego y Drenaje. Editada por la Corporación del Río Dulce”. Santiago del Estero. 1969.

- Oriolani, M. "Requerimientos Hídricos de los Cultivos Principales de Mendoza. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)- 1981
- Ortiz Maldonado, G. "Instalación de Redes Freatimétricas en las Áreas Irrigadas de la Provincia de Mendoza- Plan Provincial de Drenaje". Publicación Técnica nº11- Departamento General de Irrigación, Facultad de Ciencias Agrarias-UNC. Mendoza-Argentina.1988
- Ortiz Maldonado, G.; Morábito, J. A.; Rearte, E. "Calidad del Agua Freática en el Área Regadía del Río Mendoza". Departamento General de Irrigación, Instituto Nacional del Agua, Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza 2002.
- Servicio Meteorológico Nacional. Datos Climáticos de la estación El Plumerillo. Provincia de Mendoza. 1982 a 2002

14-2 Bibliografía Consultada

- Bos M.; Wolters, W.; Drovandi, A. & J. Morábito. "The Viejo Retamo secondary canal. Performance evaluation case study Mendoza, Argentina". (ILRI & INCYTH). Journal of Irrigation and Drainage Systems, volume 5 nº1 February, 1991 (77-88).
- Bos M. "Performance indicators for irrigation and drainage, and Drainage Systems". Volume 11. Nº2,119-137. 1997.
- Chambouleyron, J.; Fornero, L.; Morábito, J; Menenti, M.; Stefanini, L. "Evaluación y Optimización del Uso del Agua en Grandes Redes de Riego", INCYTH- I.I.L.A - 1982.
- Chambouleyron J.; Luraschi M.; Hernandez, J.; "El Suelo en las Áreas Bajo Riego de la Provincia-Plan Provincial de Drenaje" - Departamento General de Irrigación. Provincia de Mendoza- Argentina.1988
- Olmos F.S.; Nijensohn L.; Castro, T., y Gálvez, M. "Influencia de la aireación del suelo sobre la vid: sintomatología y diagnóstico" Actas de la Quinta reunión Nacional de la Ciencia del Suelo. Santa Fé. 1969
- Ortiz Maldonado, G. "Anteproyecto de Saneamiento del Área de Riego del Río Mendoza - Departamento de Lavalle". Publicación Técnica nº 7- Departamento General de Irrigación. 1987
- Pereyra, G., Luján, H., Estadística Hídrica de los Ríos de la Provincia de Mendoza .División Hidrología- Dirección Investigación, Departamento General de Irrigación-.Mendoza-Argentina, 1999.
- Satlari, G.; Antonietti, G.; Molina, J. "Análisis de los usos hortícolas en la zona irrigada del oasis norte de Mendoza". Departamento General de Irrigación. 1996
- Satlari, G.; Bagini, R. "Rehabilitación y Mejoramiento de Riego del Área de Influencia de los Canales Tulumaya y Colonias" - II Etapa. Departamento General de Irrigación e I.N.T.A. 1992
- Zuleta, J.; Baldaso,R.; Satlari,G.y Pereyra, G. "Caracterización y Evaluación de las Áreas de Manejo d el Río Mendoza". Departamento General de Irrigación, 1997.

15- ANEXOS:TABLAS

Tabla nº 1: “Coordenadas de la Red de Freatímetros - Departamento de Lavalle”

Tabla nº 2-1: “Registros de Freatímetros y Profundidad Freática-Años 1983-2002 - Subárea “Jocoli”

Tabla nº 2-2: “Registros de Freatímetros y Profundidad Freática-Años 1983-2002 - Subárea “Villa”

Tabla nº 2-3: “Registros de Freatímetros y Profundidad Freática-Años 1983-2002 - Subárea “Costa”

Tabla nº 3: “Registros de Niveles Freáticos Reales” - Subárea “Costa” Serie 1983-2002

Tabla nº 4: “Registros de Niveles Freáticos Reales y Reducidos - Participación de cada Freatímetro -Serie 1983-2002” - Subárea “Costa”

Tabla nº 5: “Promedios Mensuales de Niveles Freáticos Reales y Reducidos- Serie 1983-2002” - Subárea “Costa de Araujo-G.André”.

Tabla nº 6: “Variaciones de Profundidad Niveles Freáticos (m) correspondientes a los meses de Junio - Serie 1984 a 2002 – Subárea “Costa”-

Tabla nº 7: “Profundidades y Alturas Medias y Mínimas Absolutas de Niveles Freáticos por Freatímetro De Junio 1983 a Junio 2002” - Subáreas “Jocoli” (B); “Villa” (C) y “Costa”

Tabla 7-1: “Profundidades y Alturas Medias y Mínimas Absolutas de Niveles Freáticos por Freatímetro- Mes de Marzo- Serie 1983-2002” - Subáreas “Jocoli” (B); “Villa ” (C) y “Costa” (A).

Tabla 7-2: “Profundidades y Alturas Medias y Mínimas Absolutas de Niveles Freáticos por Freatímetro- Mes de Junio- Serie 1983-2002 - Subáreas “Jocoli” (B); “Villa ” (C) y “Costa” (A).

Tabla 7-3: “Profundidades y Alturas Medias y Mínimas Absolutas de Niveles Freáticos por Freatímetro- Mes de Septiembre- Serie 1983-2002” - Subáreas “Jocoli” (B); “Villa” (C) y “Costa” (A)

Tabla 7-4: “Profundidades y Alturas Medias y Mínimas Absolutas de Niveles Freáticos por Freatímetro- Mes de Diciembre- Serie 1983-2002” - Subáreas “Jocoli” (B); “Villa” (C) y “Costa ” (A)

Tabla nº 8: “Volúmenes Mensuales Distribuidos (hm^3) – Serie 1983 – 2002 – Costa de Araujo – Gustavo André”. Canales Bajada de Araujo- San Pedro y San Pablo- Natalio Estrella y Gustavo André”

Tabla nº 9: “Volúmenes Anuales Distribuidos (hm^3) – Serie 1983 – 2002 –Resumen - Canales Bajada de Araujo- San Pedro y San Pablo- Natalio Estrella y Gustavo André”- (Incluido en el texto).

Tabla nº 10 -1: “Censo 1988 (Comprende desde 1983 A 1990)”. Incluido en el texto). (Incluido en el texto).

Tabla nº 10 – 2: “Censo 1994 (Comprende desde 1991 a 1996)”. (Incluido en el texto).

Tabla nº 10 – 3: “Censo 2001 (Comprende desde 1997 a 2002)”. (Incluido en el texto).

Tabla nº 11: “Evapotranspiración Máxima de Referencia Mensual - Desde 1983 a 2002”

Tablas nº 12-1 a 12-19: “Evapotranspiración, Necesidad de Riego y Volumen (hm^3) Mensual - Subárea Costa”. Año de 1984 hasta 2002

Tabla nº 13: “Necesidad de Riego (Eto-pp ef) Mensual y Anual (hm^3) – Subárea Costa- Periodo 1984-1985 a 2001-2002”

Tablas nº 14/1 a 14/4: “Datos Meteorológicos Estación San Martín – Serie 1983-2002”

Tabla nº 15: “Precipitaciones totales y efectivas de la Estación San Martín- Periodo 1983/1984 a 2002/2003- Mendoza – Argentina”

Tabla nº 16: “Resumen- Precipitaciones efectivas de la Estación San Martín-Periodo 1983/1984 a 2002/2003- Mendoza-Argentina”. (Incluido en el texto).

Tabla nº 17: “Isobatas Medias-Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002. (Incluido en el texto).

Tabla nº 18: “Isobatas Mínimas Absolutas-Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002. (Incluido en el texto).

Tabla nº 19-1: “Isobatas Medias - Mes de Marzo - Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002. (Incluido en el texto).

Tabla nº 19-2: “Isobatas Medias - Mes Junio - Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002. (Incluido en el texto).

Tabla nº 19-3: “Isobatas Medias - Mes Septiembre - Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002. (Incluido en el texto).

Tabla nº 19-4: “Isobatas Medias - Mes Diciembre - Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002. (Incluido en el texto).

Tabla nº 20-1: “Isobatas Mínimas Absolutas - Mes Marzo - Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002. (Incluido en el texto).

Tabla nº 20-2: “Isobatas Mínimas Absolutas - Mes Junio - Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002. (Incluido en el texto).

Tabla nº 20-3: “Isobatas Mínimas Absolutas - Mes de Septiembre - Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002. (Incluido en el texto).

Tabla nº 20-4: “Isobatas Mínimas Absolutas - Mes de Diciembre - Valores de superficies afectadas- Subárea Costa y Dpto. Lavalle” – Serie 1983-2002. (Incluido en el texto).