

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y  
FORESTALES**

**TESIS DOCTORAL**

**Resiliencia a la degradación salina y sódica de algunos  
suelos pampeanos, regados complementariamente con  
aguas subterráneas bicarbonatadas sódicas.**

**Doctorando: M. Sc. Leopoldo Julio Génova**

**Director: Dr. Mario A. Hernández**

**Codirector: Dr. Daniel Jorajuría Collazo**

**La Plata, agosto de 2006**

**A mi querida esposa Susana,**

**a mis queridos hijos Elena, Jorge, Juan y Franco.**

## AGRADECIMIENTOS.

- A mi director Dr. Mario Hernández, cuyo equilibrio entre los apoyos científicos y afectivos, impulsó permanentemente la concreción de esta tesis.
- A mi codirector, Dr. Daniel Jorajuría Collazo, artífice primero de la decisión de iniciar el doctorado, por su continuo apoyo desde la planificación del proyecto de tesis hasta la revisión del documento final.
- A mis tres modelos profesionales, los ingenieros agrónomos Jorge Luis Luque e Ischiro Mizuno, que posibilitaron mis primeros estudios de postgrado e introdujeron en el camino de la academia y el Dr. Roberto Ronchietto, quien definió mi perfil profesional y permanentemente apoyó mi desarrollo.
- Al presidente de Dekalb Argentina S.A. Ing. Ramón Agrazar, quien por su intuición y confianza en la propuesta de regar en la zona húmeda, financió en 1984 el proyecto de riego de maíz por surcos en la Ea. Sol de Mayo, cuyo éxito dinamizó la incorporación del riego complementario en la Zona Núcleo Maicera. A partir de ese hito, el apoyo de la empresa desde sus áreas de genética y de producción, a través de Fabio Nider, Roberto Martín y Omar Paolucci, contribuyó a definir y sostener durante más de una década, la línea de investigación desarrollada.
- Al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, que en las etapas iniciales y finales de este trabajo, contribuyó a su realización, en 1986 con la siembra en la EEA INTA Pergamino del primer ensayo de campo para investigar el impacto del riego complementario en suelos pampeanos y en 2006, con los apoyos del Lic. Jesús Leguiza y del Ing. Raul Castellini, para finalizar la redacción de esta tesis.
- Al discípulo, ex-socio y amigo Ing. Agr. Gabriel Santos y a su esposa y tesista Ing. Agr. Amalia Wyckers, que gestaron y colaboraron con las primeras oportunidades de estudios y proyectos sobre riego complementario.
- A los laboratorios del Instituto de Suelos del CIRN-INTA, de las Facultades de Agronomía UBA y de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP y de Tecnoagro S.A., por las facilidades concedidas en las tareas de análisis de aguas y suelos.
- A las empresas semilleras Dekalb, Morgan, Pionner, Asgrow y Cargill, que facilitaron la construcción de la base de datos, sustento de esta tesis, permitiendo el monitoreo de suelos en sus lotes experimentales y de producción.
- Al Lic. Juan Born y al Sr. Alberto Guil, sucesivos propietarios de la Ea. Santa Ida y a su Encargado, ex-alumno y amigo Ing. Agr. Norberto Moriones, que apoyaron decididamente la generación de información de campo.

- A mi amigo emprendedor Ing. Agr. Luis María Urriza, que produjo mi reinserción laboral en el medio rural, permitiendo la concreción de la última etapa de estudios de casos en la región pampeana.
- Al Dr. José Ramón Santamarina y sus colaboradores de las estancias La Carreta, La Granja, La Gloria, Las Lomas, Ojo de Agua y Santa Anita, que han hecho posible la obtención de datos de campo durante el último ciclo de trabajo.
- A mis colegas de profesión y de línea de investigación Daniel Grenón, José Luis Costa y Roberto Marano, por sus consejos y aliento.
- A mis amigos y compañeros de las Cátedras de Riego y Drenaje de las Facultades de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, Ingenieros Hugo Días y Héctor Salgado y de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, Ingenieros Sergio Seren, Ricardo Andreau, Marta Etcheverry, Eduardo Soza y Walter Chale, cuya ayuda resultó decisiva para culminar este trabajo.
- A los Licenciados Jorge Neme y Martín Galíndez del Programa de Servicios Agropecuarios Provinciales PROSAP, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Ministerio de Economía y Producción de la Nación, por el apoyo recibido durante el último período de elaboración de esta tesis, sin el cual aún permanecería inconclusa.
- A mi amigo Diego Unchalo, por su constante colaboración informática durante la elaboración de este documento.

## Indice de contenido

	Página
<b>1. Resumen.</b>	1
<b>2. Introducción.</b>	10
<b>3. Antecedentes y marco teórico.</b>	12
3.1. Sobre la región pampeana y el riego complementario.	12
3.2. Sobre el problema de la salinidad y sodicidad de suelos y aguas.	14
3.3. Sobre la sustentabilidad de los ecosistemas productivos.	18
3.4. Sobre la resiliencia de los ecosistemas y su importancia en la evaluación de la sustentabilidad.	20
3.5. Sobre la resiliencia de los suelos.	22
<b>4. Hipótesis.</b>	27
<b>5. Objetivos.</b>	27
<b>6. Materiales y métodos.</b>	28
6.1. Descripción del área y caracterización de los ambientes estudiados.	28
6.1.1. Aspectos climáticos.	28
6.1.2. Aspectos edáficos.	28
6.1.3. Aspectos hidrológicos superficiales.	29
6.1.4. Aspectos hidrogeológicos.	29
6.2. Identificación, selección y construcción de indicadores de la calidad de suelos y aguas y de la degradación salina de suelos.	31
6.3. Medición de la resistencia y resiliencia del suelo a cambios en la sodicidad y salinidad.	32
6.4. Balances salinos.	34
6.5. Estadística.	36
6.6. Cartografía y mapeo.	36
6.7. Validación del modelo conceptual de control natural de la salinidad y sodicidad de suelos pampeanos regados complementariamente.	36
<b>7. Resultados y discusión.</b>	37
7.1. Descripción del área y del agua subterránea estudiada. Zonificación en cuencas hídricas superficiales y en regiones hidrogeológicas.	37
7.2. Caracterización agroclimática, edáfica e hidrogeológica de las cuencas hídricas	49
7.2.1. Cuenca de Arroyos del sudeste de Santa Fe y norte de Buenos Aires.	49
7.2.2. Cuenca del Río Arrecifes.	53
7.2.3. Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.	59
7.2.4. Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.	61
7.2.5. Cuenca de Arroyos del sudeste de Buenos Aires.	69

7.2.6.	Cuenca de Arroyos del sur de Buenos Aires.	72
7.2.7.	Región lagunera del sudoeste de Buenos Aires.	73
7.2.8.	Síntesis de la caracterización de las cuencas hídricas.	77
7.3.	Descripción de los agroecosistemas estudiados.	79
7.3.1.	Sistemas de manejo agronómico de secano SISMASEC.	79
7.3.2.	Sistemas de manejo agronómico con riego complementario SISMARIE.	81
7.3.2.1.	Tecnología y producción de los principales cultivos.	81
7.3.2.2.	Métodos y equipamiento de riego.	82
7.4.	Análisis del registro de datos de salinidad y sodicidad de los suelos regados durante el período 1986 y 2005.	85
7.5.	Análisis comparativo de la salinidad y sodicidad de los suelos regados, perteneciente a las distintas cuencas hídricas.	91
7.6.	Relación entre la salinidad y sodicidad alcanzada por los suelos regados y la calidad de las aguas de riego.	98
7.7.	Evaluación de la resiliencia y resistencia de los suelos a cambios en la salinidad y la sodicidad.	109
7.7.1.	Análisis de sensibilidad de los modelos.	109
7.7.2.	Resistencia y resiliencia del perfil total del suelo a los impactos por sales y sodio.	111
7.7.2.1.	Resistencia y resiliencia en función de la distinta calidad de las aguas de riego.	111
7.7.2.2.	Resistencia y resiliencia de los tipos de suelos Argiudoles y Hapludoles.	115
7.7.2.3.	Resistencia y resiliencia en función de la capacidad de intercambio catiónico.	118
7.7.3.	Resistencia y resiliencia de los horizontes superficial y subsuperficial del suelo a los impactos por sales y sodio.	122
7.7.4.	Análisis comparativo entre las resistencias y resiliencias a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI del perfil total de los suelos y de cada horizonte y entre horizontes.	131
7.8.	El lavado como principal mecanismo de recuperación de la salinidad. Modelo Balansal.	133
7.9.	La eficiencia de adsorción de sodio como método de pronóstico de sodicidad de los suelos regados. Modelo de Marano.	148
7.10.	La sustentabilidad de los agroecosistemas bajo riego complementario.	155
<b>8.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.</b>	<b>158</b>
<b>9.</b>	<b>Bibliografía consultada.</b>	<b>165</b>
<b>10.</b>	<b>Anexo.</b>	<b>176</b>

## Índice de cuadros en el documento.

	<b>Página</b>
Cuadro 3.5. Clases de resiliencia de suelos. Fuente Rozanov (1994)	24
Cuadro 6.1.4. Directrices para interpretar la calidad del agua de riego. Adaptación del original de Ayers y Westcot (1989)	30
Cuadro 7.1.1 Pertenencia de los sitios estudiados a las cuencas hidrográficas	38
Cuadro 7.1.2. Pertenencia de los sitios estudiados a las cuencas hídricas superficiales y a las regiones hidrogeológicas.	40
Cuadro 7.1.3. Clasificación de calidad para riego de las aguas utilizadas. Métodos del US Salinity Lab. y de la FAO.	46
Cuadro 7.1.4. Clasificación de calidad para riego de las aguas utilizadas. Método Propuesto por el Proy. IPG-INTA.	47
Cuadro 7.2.1. Variables climáticas de la Estación Meteorológica San Pedro.	50
Cuadro 7.2.2.1. Variables climáticas de la Estación Meteorológica Pergamino.	53
Cuadro 7.2.2.2. Variables climáticas para la clasificación de Koeppen.	54
Cuadro 7.2.2.3. Configuración física del Sistema Hidrogeológico del Noreste	58
Cuadro 7.2.3. Variables climáticas de la Estación Meteorológica Junín.	59
Cuadro 7.2.4.1. Variables climáticas de la Estación Meteorológica Bolívar.	62
Cuadro 7.2.4.2. Configuración física del Sistema Hidrogeológico del Noroeste	68
Cuadro 7.2.4.3. Configuración física del Sistema Hidrogeológico del Salado-Vallimanca	68
Cuadro 7.2.4.4. Configuración física del Sistema Hidrogeológico Interserrano-Periserrano.	69
Cuadro 7.2.5.1. Variables climáticas de la Estación Meteorológica Balcarce.	70
Cuadro 7.2.5.2. Configuración física del Sistema Hidrogeológico Serrano.	72
Cuadro 7.2.7.1. Variables climáticas de la Estación Meteorológica Coronel Suárez.	73
Cuadro 7.2.8. Síntesis de la caracterización de las cuencas hídricas estudiadas.	78

Cuadro 7.3.1.1. Estadística descriptiva de los indicadores salinos de suelos de secano.	79
Cuadro 7.3.1.2. Indicadores salinos en los suelos de secano.	80
Cuadro 7.3.2.1. Fechas de siembra y cosecha de los principales cultivos regados.	81
Cuadro 7.4.1. Estadística de los datos de salinidad y sodicidad de los suelos regados.	85
Cuadro 7.4.2. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados.	89
Cuadro 7.4.3. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados.	90
Cuadro 7.6.1. Valores medios de los indicadores salinos y sódicos de las clases de aguas usadas para el riego de los suelos estudiados	98
Cuadro 7.6.2. Diferencias entre los valores de los indicadores correspondientes a las aguas y los suelos, obtenidos antes y después de la temporada de riego.	102
Cuadro 7.6.3. Diferencias entre la RAS <sub>a</sub> de las aguas de distinta calidad y los PSI de los horizontes de los suelos regados.	108
Cuadro 7.7.1. Valores medios de resistencia, resiliencia y tasa de resiliencia del perfil total de los suelos regados con aguas de distinta clase.	113
Cuadro 7.7.2. Valores medios de resistencia, resiliencia y tasa de resiliencia del perfil total de suelos Argiudoles y Hapludoles, para las clases de agua C2S2, C3S1, C3S2 y C3S3.	116
Cuadro 7.7.3. Capacidad de intercambio catiónico, resistencia y resiliencia del perfil total de Argiudoles y Hapludoles a cambios de pH, CE <sub>ex</sub> y PSI.	119
Cuadro 7.7.4. Valores medios de capacidad de intercambio catiónico, resistencia y resiliencia del perfil total de Argiudoles y Hapludoles a cambios de pH, CE <sub>ex</sub> y PSI regados con aguas de las clases C2S2, C3S1, C3S2 y C3S3.	120
Cuadro 7.7.5. Datos analíticos medios de los suelos estudiados.	123
Cuadro 7.7.6. Valores medios de resistencia, resiliencia y tasa de resiliencia del horizonte superficial de los suelos regados con aguas de distinta clase.	124
Cuadro 7.7.7. Valores medios de resistencia, resiliencia y tasa de resiliencia del horizonte subsuperficial de los suelos regados con aguas de distinta clase.	128
Cuadro 7.7.8. Valores medios de resistencia y resiliencia a cambios de pH, CE <sub>ex</sub> y PSI de las tres capas de suelo estudiadas.	131
Cuadro 7.7.9. Coeficientes de determinación de las comparaciones efectuadas.	132



Cuadro 7.8.1. Principales características de los sitios estudiados, donde se realizaron balances hídricos-salinos con el Programa Balansal.	134
Cuadro 7.8.2. Planilla de salida del programa Balansal. Ea Santa Ida, lote 1.	135
Cuadro 7.8.3. Planilla de salida del modelo Balansal. Estancia Santa Ida, lote 2.	137
Cuadro 7.8.4. Planilla de salida del programa Balansal. Lote San Pedro Chico, Ea. Ojo de Agua, Balcarce. Período: octubre de 1997 a marzo de 2002.	141
Cuadro 7.8.5. Planilla de salida del programa Balansal. Lote San Pedro Grande, Ea. Ojo de Agua, Balcarce. Período: octubre de 1997 a marzo de 2001.	144
Cuadro 7.9.1. Cantidad de sodio aplicado al suelo con el agua de riego.	149
Cuadro 7.9.2. Cantidad de sodio adsorbido en el espesor del suelo regado.	150
Cuadro 7.9.3. Eficiencia de adsorción de sodio EFNa.	151
Cuadro 7.9.4. Pronóstico de la variación del PSI del suelo regado.	152
Cuadro 7.9.5. Correlación entre los valores de PSI estimados y medidos.	153

## Índice de figuras en el documento.

	<b>Página</b>
Fig. 7.1.1. Cuencas hídricas estudiadas y localidades de referencia.	37
Fig. 7.1.2. Excesos y déficit hídricos mensuales durante la temporada de riego de las localidades representativas de las cuencas hídricas.	39
Fig. 7.1.3. Ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Santa Fe.	41
Fig. 7.1.4. Regiones hidrogeológicas de la Provincia de Buenos Aires.	42
Fig. 7.1.5. Delimitación de las cuencas hídricas superficiales y las regiones hidrogeológicas.	43
Fig. 7.1.6. Ubicación de los datos analíticos de las aguas en el diagrama del US Salinity Lab. (1954), modificado.	45
Fig. 7.1.7. Frecuencia de ocurrencia de las clases de aptitud de las aguas de riego en el territorio estudiado	45
Fig. 7.2.1.1. Excesos y déficit hídricos mensuales en San Pedro.	50
Fig. 7.2.1.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 33.	52
Fig. 7.2.2.1. Excesos y déficit hídricos mensuales en Pergamino.	53
Fig. 7.2.2.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 35.	59
Fig. 7.2.3.1. Excesos y déficit hídricos mensuales en Junín.	59
Fig. 7.2.3.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 36.	61
Fig. 7.2.4.1. Excesos y déficit hídricos mensuales en Bolívar.	62
Fig. 7.2.4.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 48.	69
Fig. 7.2.5.1. Excesos y déficit hídricos mensuales en Balcarce.	70
Fig. 7.2.5.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 50.	72
Fig. 7.2.6. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 51.	73
Fig. 7.2.7.1. Excesos y déficit hídricos mensuales en Coronel Suárez.	73
Fig. 7.2.7.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 98.	77
Fig. 7.4.1. Distribución de frecuencias del pH de los horizontes superficial y subsuperficial de los suelos regados.	86
Fig. 7.4.2. Distribución de frecuencias de la salinidad de los horizontes superficial y subsuperficial de los suelos regados.	86
Fig. 7.4.3. Distribución de frecuencias de la sodicidad de los horizontes superficial y subsuperficial de los suelos regados.	87
Fig. 7.4.4. Valores de pH, $CE_{ex}$ y PSI del horizonte superficial de suelos regados con aguas de distinta clase, obtenidos en pre y posttemporada de riego.	88
Fig. 7.4.5. Valores de pH, $CE_{ex}$ y PSI del horizonte subsuperficial de suelos regados con aguas de distinta clase, obtenidos en pre y posttemporada de riego.	88
Fig. 7.5.1. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 33.	91
Fig. 7.5.2. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 33.	92
Fig. 7.5.3. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 35.	92
Fig. 7.5.4. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 35.	93
Fig. 7.5.5. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 36.	93

Fig. 7.5.6. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 36.	94
Fig. 7.5.7. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 48.	94
Fig. 7.5.8. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 48.	95
Fig. 7.5.9. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 50.	95
Fig. 7.5.10. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 50.	96
Fig. 7.5.11. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 98.	96
Fig. 7.5.12. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 98.	97
Fig. 7.6.1. Indicadores de salinidad del perfil total de los suelos regados con aguas de distinta calidad, obtenidos en pre y posttemporada de riego.	98
Fig. 7.6.2. Comparación entre el $pH_a$ de las aguas de riego de distinta clase y el pH de los suelos regados. Datos de pretemporada (1) y posttemporada (2)	99
Fig. 7.6.3. Correlación entre el $pH_a$ del agua de riego y los pH del suelo obtenidos antes (1) y después (2) de la temporada de riego.	100
Fig. 7.6.4. Comparación entre la $CE_a$ de las aguas de riego de distintas clases y las $CE_{ex}$ de los suelos regados. Datos de pretemporada (1) y posttemporada (2)	100
Fig. 7.6.5. Correlación entre la $CE_a$ del agua de riego y las $CE_{ex}$ del suelo obtenidas antes (1) y después (2) de la temporada de riego	100
Fig. 7.6.6. Comparación entre la $RAS_a$ de las aguas de riego de distintas clases y los PSI de los suelos regados. Datos de pretemporada (1) y posttemporada (2).	102
Fig. 7.6.7. Correlación entre la RAS del agua de riego y los PSI de los suelos, obtenidos antes y después de la temporada de riego.	102
Fig. 7.6.8. Correlación entre las diferencias de salinidad de las aguas de riego y de los suelos regados. Datos de pre y posttemporada de riego.	103
Fig. 7.6.9. Correlación entre las diferencias de sodicidad de las aguas de riego y de los suelos regados. Datos de pre y posttemporada de riego.	103
Fig. 7.6.10. Relación entre el pH de las aguas de distinta clase y el pH del horizonte superficial del suelo, antes y después de la temporada de riego.	104
Fig. 7.6.11. Relación entre el pH de las aguas de distinta clase y el pH del horizonte subsuperficial del suelo, antes y después de la temporada de riego.	104
Fig. 7.6.12. Correlación entre el $pH_a$ de las aguas de distinta clase y el pH de los horizontes del suelo, antes y después de la temporada de riego.	105
Fig. 7.6.13. Comparación entre la $CE_a$ de las aguas de distinta clase y la $CE_{ex}$ del horizonte superficial del suelo, antes y después de la temporada de riego.	105
Fig. 7.6.14. Comparación entre la $CE_a$ de las aguas de distinta clase y la $CE_{ex}$ del horizonte subsuperficial del suelo, antes y después de la temporada.	106
Fig. 7.6.15. Correlación entre la $CE_a$ de las aguas de distinta clase y la $CE_{ex}$ de los horizontes del suelo, antes y después de la temporada de riego.	106
Fig. 7.6.16. Comparación entre la RAS de las aguas de distinta clase y el PSI del horizonte superficial del suelo, antes y después de la temporada de riego.	107

Fig. 7.6.17. Comparación entre la RAS de las aguas de distinta clase y el PSI del horizonte subsuperficial del suelo, antes y después de la temporada.	107
Fig. 7.6.18. Correlación entre la RAS de las aguas de distinta clase y los PSI de los horizontes del suelo, antes y después de la temporada de riego.	108
Fig. 7.6.19. Correlación entre las diferencias de la RAS de las aguas de distinta clase con los PSI de los horizontes, antes y después de la temporada de riego.	108
Fig. 7.7.1. Variación de la RT y RL cuando los valores de los indicadores de secano (A) superan a los de pretemporada (B).	110
Fig. 7.7.2. Variación de la RT y RL cuando los valores de los indicadores de secano (A) igualan a los de pretemporada (B).	110
Fig. 7.7.3. Variación de la RT y RL cuando los valores de los indicadores de secano (A) son inferiores a los de pretemporada (B).	111
Fig. 7.7.4. Resistencia del perfil total de los suelos a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI, regados con aguas de distinta clase.	112
Fig. 7.7.5. Correlación entre la resistencia del perfil total del suelo a cambios de PSI y la RAS del agua de riego.	112
Fig. 7.7.6. Resiliencia del perfil total del suelo a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI.	114
Fig. 7.7.7. Correlación entre la RL(PSI) del perfil total del suelo regado con aguas C3S1, C3S2 y C3S3.	114
Fig. 7.7.8. Tasa de resiliencia del perfil total de los suelos a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI.	115
Fig. 7.7.9. Resistencia del perfil total de suelos Argiudoles y Hapludoles a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI, regados con aguas de distinta clase.	116
Fig. 7.7.10. Correlación entre la resistencia del perfil total de los suelos Hapludoles y la RAS del agua de riego.	117
Fig. 7.7.11. Resiliencia del perfil total de suelos Argiudoles y Hapludoles a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI, regados con aguas de distinta clase.	117
Fig. 7.7.12. Resiliencia a cambios de salinidad del perfil total de Argiudoles y Hapludoles regados con aguas de distinto tenor salino.	118
Fig. 7.7.13. Resiliencia del perfil total de Hapludoles a cambios en la sodicidad, regados con aguas de RAS creciente.	118
Fig. 7.7.14. Valores medios de la capacidad de intercambio catiónico, resistencia y resiliencia a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI de Argiudoles y Hapludoles.	120
Fig. 7.7.15. Relación entre la resistencia a cambios de PSI y la CIC del perfil total de suelos Argiudoles regados con aguas de clase C2S2.	121
Fig. 7.7.16. Relación entre la resistencia a cambios de PSI y la CIC del perfil total de suelos Argiudoles regados con aguas de clase C3S1.	121
Fig. 7.7.17. Relación entre la resistencia a cambios de PSI y la CIC del perfil total de suelos Argiudoles regados con aguas de clase C3S2.	121
Fig. 7.7.18. Relación entre la resiliencia a cambios de PSI y la CIC del perfil total de suelos Argiudoles regados con aguas de clase C2S2.	122
Fig. 7.7.19. Relación entre la resiliencia a cambios de PSI y la CIC del perfil total de suelos Argiudoles regados con aguas de clase C3S1.	122
Fig. 7.7.20. Resistencia del horizonte superficial de los suelos a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI, regados con aguas de distinta clase.	125
Fig. 7.7.21. Resiliencia del horizonte superficial de los suelos a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI, regados con aguas de distinta clase.	125

Fig. 7.7.22. Tasa de resiliencia del horizonte superficial de los suelos a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI, regados con aguas de distinta clase.	126
Fig. 7.7.23. Resistencia del horizonte superficial de los suelos Argiudoles y Hapludoles a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI.	126
Fig. 7.7.24. Resiliencia del horizonte superficial de suelos Argiudoles y Haplodules a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI, regados con aguas de distinta clase.	127
Fig. 7.7.25. Resistencia del horizonte subsuperficial de los suelos a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI, regados con aguas de distinta clase.	129
Fig. 7.7.26. Resiliencia del horizonte subsuperficial de los suelos a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI, regados con aguas de distinta clase.	129
Fig. 7.7.27. Tasa de resiliencia del horizonte subsuperficial de los suelos a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI, regados con aguas de distinta clase.	130
Fig. 7.7.28. Coeficientes de determinación de las regresiones entre RT y RL frente al pH, $CE_{ex}$ y PSI de las tres capas de suelo (PT perfil total, HS horizonte y HSS horizonte subsuperficial).	132
Fig. 7.8.1. Evolución de la humedad del suelo y de la percolación. Ea. STa Ida, lote 1.	134
Fig. 7.8.2. Salinidad del suelo simulada con el programa Balansal y medida en el terreno. Ea. Santa Ida, lote 1.	136
Fig. 7.8.3. Correlación entre los valores de la salinidad del suelo simulada con el programa Balansal y medida. Ea. Santa Ida, lote 1.	136
Fig. 7.8.4. Evolución de la evapotranspiración, precipitación y riego. Sta Ida, lote2	139
Fig. 7.8.5. Humedad del suelo (W) y volumen lixiviado (R) del lote 2, Ea. Santa Ida.	139
Fig. 7.8.6. Evolución de la salinidad del suelo simulada y medida. Ea. Sta Ida, lote 2.	139
Fig. 7.8.7. Correlación entre los valores de la salinidad del suelo simulada con el modelo Balansal y medida. Ea. Santa Ida, lote 2.	140
Fig. 7.8.8. Evolución de la humedad del suelo W y de la lámina de lavado R en el lote San Pedro Chico, Ea. Ojo de Agua.	140
Fig. 7.8.9. Evolución de la salinidad del suelo simulada con el Modelo Balansal y medida. Ea. Ojo de Agua, lote San Pedro Chico.	143
Fig. 7.8.10. Correlación entre la salinidad del suelo simulada con el Modelo Balansal y la salinidad medida en el terreno. Ojo de Agua, lote San Pedro Chico.	143
Fig. 7.8.11. Cambios de la humedad del suelo y de la percolación en el lote San Pedro Grande, Ea. Ojo de Agua.	146
Fig. 7.8.12. Evolución de la salinidad del suelo simulada con el programa Balansal y medida en el terreno. Ea. Ojo de Agua, lote San Pedro Grande.	146
Fig. 7.8.13. Correlación entre la salinidad simulada y medida. Ea. Ojo de Agua, lote San Pedro Grande.	146
Fig. 7.9. Correlación entre los valores de PSI estimados con el modelo de Marano y los PSI medidos.	154
Fig. 7.10. Evolución de la salinidad y la sodicidad de suelos regados durante igual cantidad de series de tiempo. Oct.1987 a Oct. 1988, Ea. Carquen Hue; Oct 1988 a Mar. 1991, Ea. La Guardia; Oct. 1992 a Mar. 1993, Ea. Sta. Ursula; Oct. 1995 a Mar. 1998, Ea. La Federala y Oct. 2001 a Mar. 2005, Ea. Ojo de Agua.	155

<b>Indice de cuadros del anexo.</b>	A 1-2
Cuadros A 1 a A 9. Estadística climática de las principales localidades de las cuencas hídricas. Serie 1961-90. Estaciones Meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional correspondientes a San Pedro, Pergamino, Junín, Nueve de Julio, Bolívar, Balcarce, Mar del Plata, Tres Arroyos y Cnel. Suárez	A 3-11
Cuadros B 1 a B 2. Datos analíticos y clasificación de la aptitud de las aguas subterráneas, ordenados por su pertenencia a las cuencas hídricas y por clase de calidad de agua	A 12-13
Cuadros C 1 a C 1 2. Base de datos generales sobre la salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente	A 14-19
Cuadro C.1.1. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36	A 20
Cuadro C.1.2. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 48 y 50.	A 21
Cuadro C.1.3. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 98.	A 22
Cuadro C.2.1. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36	A 23
Cuadro C.2.2. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 48 y 50	A 24
Cuadro C.2.3. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 98.	A 25
Cuadro D.1.1. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36.	A 26
Cuadro D.1.2. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 48 y 50.	A 27
Cuadro D.1.3. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 98.	A 28
Cuadro D.2.1. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36.	A 29
Cuadro D.2.2. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 48 y 50.	A 30

Cuadro D.2.3. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 98.	A 31
Cuadros E.1.1 a E.1.3. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36.	A 32
Cuadros E.1.4. a E 1.6. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuencas 48, 50 y 98.	A 33
Cuadros F.1.1. a F 1.3. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36.	A 34
Cuadros F.1.4. a F.1.6. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 48, 50 y 98.	A 35
Cuadro G.1.1. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad del perfil total de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada, de las cuencas 33, 35 y 36.	A 36
Cuadro G.1.2. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad del perfil total de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada, de las cuencas 48, 50 y 98.	A 37
Cuadro G.1.3. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada. Cuencas 33, 35 y 36.	A 38
Cuadro G.1.4. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada. Cuencas 48, 50 y 98.	A 39
Cuadro G.1.5. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada. Cuencas 33, 35 y 36.	A 40
Cuadro G.1.6. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada. Cuencas 48, 50 y 98.	A 41
Cuadro H.1. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del perfil total de los suelos, a cambios de pH, CE <sub>ex</sub> y PSI.	A 42
Cuadro H.2. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del horizonte superficial de los suelos, a cambios de pH, CE <sub>ex</sub> y PSI.	A 43

Cuadro H.3. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del horizonte subsuperficial de los suelos, a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI.	A 44
Cuadro I. Planilla de salida original del Programa Balansal.	A 45



### Listado de abreviaturas, acrónimos, siglas y símbolos.

A°	Arroyo
Ap, A12.	Horizontes del perfil del suelo.
B1, B2t, B22t	Horizontes del perfil del suelo.
BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial)
C	Carbono
°C	Grados centígrados
Ca	Calcio
Ca <sup>++</sup>	Ión calcio
CE	Conductividad eléctrica
CE <sub>a</sub>	Conductividad eléctrica del agua
cmol/kg	Centimoles por kilogramo
CEPAL	Centro de Estudios para América Latina y el Caribe
CIAT	Centro Internacional de Aguas y Tierras
CIC	Capacidad de intercambio catiónico del suelo
CNUMAD	Comisión de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo
CSR	Carbonato de sodio residual
CRA	Centro Regional Andino del INA (ex INCYTH)
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Ión carbonato
Cnel	Coronel
CV	Coefficiente de variación
dS/m	DeciSiemens por metro, dimensión de la CE
δap	Densidad aparente del suelo
E	Este
E <sub>a</sub> .	Estancia
E <sub>fa</sub>	Eficiencia de aplicación de riego
EfNa	Eficiencia de adsorción de sodio
Eto	Evapotranspiración de referencia
Etc	Evapotranspiración del cultivo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación
Fm.	Formación
g/l	Gramo por litro
GIS	Sistema de información geográfica
GIRA	Grupo interdisciplinario de tecnología rural apropiada
Gral	General
GTZ	Agencia de cooperación técnica alemana.
ha	Hectárea
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ión bicarbonato

HNaCO <sub>3</sub>	Bicarbonato de sodio
HS	Horizonte superficial del suelo
HSS	Horizonte subsuperficial del suelo
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INA	Instituto Nacional del Agua
INCYTH	Instituto Nacional de Técnica y Ciencia Hídricas
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
ILRI	Instituto Internacional de Recuperación de Tierras
IPG-INTA	Proyecto de incremento de la producción de granos del INTA
kc	Coefficiente de cultivo
KG	Constante de Gappón
km/d	Kilómetro por día
km/h	Kilómetro por hora
LEACHC	Programa de balance salino (lavado de sales del suelo)
m <sup>3</sup>	metro cúbico
µmho/cm	Micromho por centímetro
meq/l	Miliequivalentes por litro, equivalente a cmol/kg
MESMIS	Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo con Indicadores de Sustentabilidad
mg	Miligramo
Mg	Magnesio
mm	Milímetro
mm/d	Milímetro por día
MO	Materia orgánica
N	Norte
NE	Noreste
NW	Noroeste
N°	Número
Na	Sodio
Na <sup>+</sup>	Ión sodio
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
Pcia.	Provincia
PBA	Producto bruto agropecuario
PE	Polietileno
Pe	Precipitación efectiva
Pdo	Partido
Pp	Precipitación
pH	Potencial hidrógeno
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PSI	Porcentaje de sodio intercambiable
PVC	Policloruro de vinilo
RAS	Relación de adsorción de sodio
RAS <sub>a</sub>	Relación de adsorción de sodio del agua
RAS <sub>ex</sub>	Relación de adsorción de sodio del extracto de saturación del suelo
RL	Resiliencia
RT	Resistencia
S	Sur
SE	Sudeste
SW	Sudoeste
SISMARIE	Sistema de manejo agronómico bajo riego complementario
SISMASEC	Sistema de manejo agronómico de secano
ton/ha	Tonelada por hectárea
TRL	Tasa de resiliencia
UNAM	Universidad Autónoma de México
UNSATCHEM	Programa de balance salino de la zona no saturada
μmho/cm	Micromho por centímetro
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica
W	Oeste
W <sub>c</sub>	Contenido hídrico del suelo a capacidad de campo
W <sub>m</sub>	Contenido hídrico del suelo al punto de marchitez permanente
WRI	World Resources Institute

## 1. RESUMEN

Con esta tesis culmina un período de 20 años de estudio, trabajo y reflexión relacionados con la sustentabilidad de los agroecosistemas pampeanos bajo riego complementario, enfocado en las alteraciones que el riego con aguas salinas produce en la calidad de los suelos.

El riego complementario al régimen de lluvias, es una práctica agrícola integrante de sistemas de manejo agronómico para la producción de cultivos en la región pampeana húmeda, que altera los recursos naturales edáficos e hídricos de los ecosistemas agroproductivos, tanto por la extracción de agua subterránea como por su aplicación al suelo. Ambos hechos causan impactos ambientales de naturaleza, ubicación, intensidad, duración y consecuencias variables. La factibilidad técnico-económica de esta modalidad de riego de cultivos extensivos en la zona núcleo maicera, fue demostrada en la década de 1980 y junto a otros factores, contribuyó a su rápida difusión, ocupando actualmente más del 14% del total del área regada en el país, pero aún se mantienen interrogantes sobre los efectos degradativos del riego.

El productor agropecuario alcanza con el riego, objetivos que optimizan su actividad económica, pero desde una perspectiva socioeconómica y antropológica, es necesario lograr la sostenibilidad de los ecosistemas agroproductivos, que resulta de la relación entre dos variables: el crecimiento económico que consume energía y produce residuos y la resiliencia de los ecosistemas, que es la capacidad de reponer los compuestos tomados y de absorber-reciclar los desechos producidos. La resiliencia alude a la persistencia de las relaciones de un ecosistema y mide su capacidad para absorber los cambios y seguir existiendo. Es uno de los atributos principales de los agroecosistemas, junto con la productividad, la estabilidad y confiabilidad, la adaptabilidad, la equidad y la autogestión. Específicamente, la resiliencia del suelo expresa la capacidad de recuperar su integridad funcional y estructural, después de sufrir disturbios.

El riego complementario genera disturbios, cuyo impacto viene estudiándose en la región pampeana húmeda en forma lenta y aislada, con deficiente tratamiento interdisciplinario, desde principios de la década de 1970. Los resultados de las investigaciones realizadas, aún no permiten formular pronósticos confiables sobre el impacto del riego complementario en los suelos y la capacidad de resiliencia de los agroecosistemas o cuencas hidrográficas, para absorber dicho impacto y mantener la productividad agrícola.

Fueron revisados los antecedentes sobre la salinidad y sodicidad de suelos regados en la región pampeana húmeda, encontrándose datos y conclusiones contradictorias, salvo que el sodio aumenta en el complejo de intercambio del suelo, debido al riego, coincidencia que ha sido reportada en la mayoría de los trabajos publicados sobre el tema. En 1992 y 1993, con los primeros resultados de estudios sistemáticos sobre el impacto salino y sódico en suelos pampeanos regados, se propuso un modelo conceptual de control natural de la salinidad y la sodicidad de la rizósfera, debido a la interacción de factores asociados con la naturaleza de las aguas y los suelos y con la ocurrencia de procesos físicos, químicos y

biológicos en las condiciones ambientales y de manejo agronómico en que se producen las cosechas bajo riego. Actualmente, esta problemática es estudiada por disciplinas como Ecología, Edafología, Hidrología Agrícola y Manejo y Conservación de Suelos y por transdisciplinas, como Economía Ecológica, en el marco de la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas, con indicadores que reflejen la resiliencia del suelo.

La hipótesis planteada fue la siguiente: en la región pampeana húmeda, los suelos regados complementariamente con aguas bicarbonatadas sódicas, modifican su composición química, pero dicha degradación es variable y alcanza niveles umbrales de resiliencia edáfica, dada por la interrelación de procesos de recuperación físicos, químicos y biológicos, que determina el mantenimiento de la calidad del suelo y con ello, la sustentabilidad del sistema de manejo agronómico bajo riego. Con este enfoque, el principal objetivo del trabajo fue garantizar la sustentabilidad de los sistemas agroecológicos pampeanos bajo riego complementario, estudiando la dinámica salina y sódica de suelos Molisoles regados complementariamente durante distintas series de tiempo, dentro de un período máximo de 20 años entre los años 1986 y 2005.

La metodología utilizada se basó en la identificación de indicadores de degradación salina y sódica y de la calidad del suelo, como principal criterio de diagnóstico, ya que calidad y resiliencia del suelo están altamente asociadas en términos de la recuperación de las funciones edáficas. La degradación salina fue considerada un punto crítico del sistema, que responde al disturbio generado por la incorporación de sales con el riego y se estudiaron dos tipos de sistemas de manejo agronómico, el SISMASEC, que representa la modalidad de producción agrícola en condiciones de secano y el SISMARIE, incorporando el riego complementario. En estos últimos se efectuaron análisis evolutivos de tiempo variable y con ambos se hicieron análisis comparativos, tomando al primero como referencia. La mínima unidad de escala espacial escogida fue el lote agrícola de 35-60 ha, mientras que las escalas temporales fueron dos: a) menores de un año, para la medición de los cambios de las condiciones salinas, antes y después de cada temporada de riego y b) mayores de un año, en series de dos a ocho años, para caracterizar la evolución del sistema bajo riego respecto del testigo sin riego.

Los indicadores preseleccionados fueron, de la calidad de suelo: pH, conductividad eléctrica  $CE_{ex}$  y relación de adsorción de sodio  $RAS_{ex}$ , ambas del extracto de saturación, capacidad de intercambio catiónico CIC, % de sodio de cambio PSI, capacidad de almacenaje de humedad del suelo Walm y de la calidad de las aguas subterráneas: pH,  $CE_a$ ,  $RAS_a$  y carbonato de sodio residual CSR. Se utilizaron los siguientes modelos matemáticos: los de Herrik y Wander para evaluar la resistencia y resiliencia a la degradación por sales, el modelo Balansal para simular la dinámica salina en la solución del suelo, elaborando balances hídricos y salinos del perfil del suelo regado hasta los 60 cm de profundidad y el de Marano para medir la eficiencia de adsorción de sodio y pronosticar el PSI de suelos regados.

El territorio abarcado en el estudio fue de alrededor de 215.000 km<sup>2</sup>, donde se encuentran los 80 lotes agrícolas regados, pertenecientes a 34 estancias ubicadas en 22 localidades pampeanas, cuya zonificación correspondió a 7 cuencas hídricas superficiales

de la Vertiente Atlántica de los Sistemas del Río Paraná y del Río de la Plata y Pcia. de Buenos Aires y a 6 regiones hidrogeológicas, con escasas coincidencias entre sus límites. Las cuencas hídricas superficiales resultaron ser las siguientes: A° del Sudeste de Santa Fe y Norte de Buenos Aires, Río Arrecifes, A° del Noreste de Bs. Aires, Río Salado, A° del Sudeste de Bs. Aires, A° del Sur de Bs. Aires y Región Lagunar del Sudoeste de Bs. Aires. Los ambientes hidrogeológicos fueron: Sudeste de la Pcia. de Santa Fe y Noreste, Noroeste, Salado-Vallimanca, Interserrana y Serrana, todos dentro de la Pcia. de Bs. Aires.

Las aguas subterráneas utilizadas provinieron mayoritariamente de los acuíferos Pampeano y Puelche, extraídas de pozos de 40 a 100 m de profundidad, productores de un amplio rango de caudales, entre 30 y 140 m<sup>3</sup>/h, con un Q modal de 90 m<sup>3</sup>/h. Los 66 tipos de agua con que han sido regados los lotes, fueron de naturaleza bicarbonatada sódica, con valores medios de pH = 7,7; CE<sub>a</sub> = 1,15 dS/m; RAS<sub>a</sub> = 12,8 y CSR = 8,74 me/l. La aptitud agrícola de las aguas de riego fue evaluada mediante los métodos de clasificación del US Salinity Lab., también conocida como de Riverside, de la FAO y del IPG-INTA. Atendiendo a la amplia difusión y a sus cualidades identificatorias, se prefirió usar el primer método, aunque el cuestionamiento de su capacidad de pronóstico de la sodificación de suelos regados en zonas húmedas, es parte de las conclusiones de este trabajo, habida cuenta que tanto por los valores de CSR de todas las aguas usadas como por los altos valores de RAS<sub>a</sub> de la mitad de ellas, esta metodología las clasifica como no aptas para riego.

Se consideró promisorio la propuesta de evaluación de la calidad del agua para riego formulada por el IPG-INTA, pues se basa en el análisis conjunto de la naturaleza química del agua, de algunas propiedades del suelo y el clima y de las láminas de riego. Aplicando esta metodología, solo unas pocas aguas de las estudiadas son consideradas de alto riesgo respecto a la sodicidad, coincidentes con las clases C3S3, C3S4 y C4S4 de Riverside.

El 33 % de las aguas derivadas a los sitios de estudio, correspondió a la clase C3S2, seguida por el 26 % de la clase C3S4 y el 21% de la clase C3S3. Más del 86 % clasificó en la subclase C3 de salinidad, con CE<sub>a</sub> entre 0,75 y 2,25 dS/m. De la distribución de frecuencias de clases ocurrida en cada cuenca, surge que el agua más salina y sódica, clase C4S4, se encontró en la cuenca del sur de Buenos Aires. Con valores similares de salinidad y altos de sodio, en las cuencas del sudeste de Buenos Aires y del sudeste de Santa Fe dominaron las clases C3S4, con una presencia del 90 y 80%, respectivamente. En las cuencas del centro del territorio estudiado (del Río Arrecifes, del noreste de Buenos Aires y del Salado), la clase de calidad intermedia C3S2 fue la más frecuente. Las cuencas del Salado y del sudoeste de Buenos Aires presentaron la mayor variabilidad de calidad de aguas, pero mientras que en la primera se ubicaron las aguas con menor tenor salino y cantidad relativa de sodio, de clase C2S1, en la segunda prevalecieron las aguas C3S3, siguiéndole la clase C3S2, que constituye la moda del conjunto muestral analizado.

Se describieron las características agroclimáticas, edáficas e hidrogeológicas de las 7 cuencas hídricas. Con las variables agrohidrológicas se estimaron las Eto y calcularon los excesos y déficit hídricos mensuales. Fueron transcritos, por un lado, los perfiles típicos de las series de suelos existentes en los lotes regados y los datos analíticos de los primeros

cuatro horizontes y por otro lado, las características de las aguas subterráneas utilizadas, de acuerdo al acuífero a que pertenecieron, su litología y comportamiento hidrogeológico.

Dentro de las características más distintivas de las cuencas hídricas consideradas, se destacó que el régimen de precipitaciones anuales fue máximo en el norte del área estudiada (Sur de Santa Fe), con 1079 mm y mínimo en el sudoeste (Cnel. Suárez), con 800 mm, con una diferencia importante entre ellos, de 280 mm. En cambio el régimen de Eto se distribuyó similarmente al de las lluvias, con máximos de 1301 mm en el norte pero desplazándose el mínimo al sudeste (Balcarce), con una diferencia de 213 mm. Los déficit hídricos fueron cercanos entre si en las cuencas norteñas, entre 112 y 126 mm centralizados en los meses de noviembre a febrero, mientras que en marzo ocurrieron pequeños excesos. En la cuenca central (del Salado) sucedió el menor déficit, de 83 mm, también distribuido en los mismos meses primavera-estivales.

Por el lado de los suelos, solo han participado en los lotes regados, Argiudoles y Hapludoles, siendo más frecuentes los primeros al este del área estudiada (Pampa Ondulada) y los segundos al oeste, coincidiendo en parte con la Pampa Arenosa.

Las aguas subterráneas captadas en los ambientes de los lotes regados, se distribuyeron de la siguiente manera: las localidades que pertenecen a la cuenca del SE de Santa Fe y N de Bs. Aires, en profundidad corresponden al ámbito hidrogeológico del Acuífero Pampeano, donde el acuífero homónimo es el explotado para riego, con caudales inferiores a 80 m<sup>3</sup>/h y aguas de alta salinidad, con 80% de clase C3S4 alumbradas en las estancias santafesinas y el resto, de buena calidad, clase C2S2, en el Pdo. de San Pedro. Las localidades de la cuenca del Río Arrecifes y de los A° del NE de Bs. Aires caen dentro de los límites de la misma región hidrogeológica, la Noreste, cuyos acuíferos Pampeano y Puelche son usados para riego, más profusamente el primero, por sus altos caudales, del orden de 120 m<sup>3</sup>/h y menor salinidad que el segundo. Las clases de agua más frecuentes han sido la C3S2 para las dos cuencas, seguramente debido a que explotan preferentemente el mismo acuífero. La cuenca del Salado presenta la mayor diversidad subterránea, ya que bajo su superficie coexisten tres ambientes hidrogeológicos (del Salado-Vallimanca para Chacabuco y Junín, del Noroeste para Lincoln y 25 de Mayo y el Interserrano para Gral. La Madrid y Laprida). En los dos primeros se suceden en profundidad los acuíferos Pampeano, Puelche y Araucano (en la región geohidrológica Interserrana no aparece el Puelche). Las calidades de agua son buenas, predominando la clase C3S2, seguida con igual frecuencia por las clases C3S1 y C2S2.

Para estudiar el impacto del riego en los suelos se identificaron y describieron los sistemas de manejo agronómico de producción de cultivos sin riego, de secano SISMASEC y con riego complementario SISMARIE, que difieren entre si solamente por las mayores densidades de siembra y dosis de fertilización usadas en este último. Se describieron las tecnologías de cultivo de maíz, soja y trigo y las tecnologías de riego por surcos y por aspersión con equipos enrolladores y de pivote central.

Se conformó una base de datos de salinidad y sodicidad de los suelos representativos de ambos sistemas. Los valores medios de los indicadores salinos de los suelos SISMASEC, provenientes de 34 estancias estudiadas, fueron: pH= 5,99 y 6,27; CE<sub>ex</sub>= 0,27 y 0,24 dS/m

y  $PSI=1,79$  y  $1,88 \%$ , para los horizontes superficial HS y subsuperficial HSS, respectivamente. Alrededor de 5.000 registros de  $pH$ ,  $CE_{ex}$ ,  $PSI$  y  $RAS_{ex}$  de los 80 lotes agrícolas regados durante el período 1986-2005, generaron 1309 valores medios de los suelos SISMARIE, cuyos promedios generales fueron:  $pH= 6,24$  y  $6,43$ ;  $CE_{ex}= 0,47$  y  $0,42$  dS/m y  $PSI= 3,22$  y  $3,10 \%$ , para los HS y HSS, respectivamente.

Los valores medios de los indicadores en SISMARIE siempre se incrementaron respecto de SISMASEC, levemente en el  $pH$ , del orden del  $4,0 \%$  para el HS y del  $2,5 \%$  para el HSS y muy notoriamente en los otros dos indicadores. Los aumentos de las  $CE_{ex}$  fueron del  $174$  y  $105 \%$  y del  $PSI$  del  $180$  y  $165\%$ , para los HS y HSS, respectivamente.

Se analizaron los comportamientos de los horizontes de los suelos en función de dos variables: época de muestreo y calidad del agua. Se verificó un mismo patrón de respuesta al riego por parte de los HS y HSS, que en posttemporada presentaron mayores valores de  $pH$ ,  $CE_{ex}$  y  $PSI$  que en pretemporada, para las seis clases de calidad de agua usadas, dejando en evidencia el enriquecimiento de sales y sodio del suelo aportados por el riego, salvo el caso de la salinidad producida por el agua C3S3, en que se invirtió el comportamiento. Otra tendencia observada fue que las aguas de más alto  $RAS_a$  generaron los mayores  $PSI$ , en ambos horizontes.

Efectuado el análisis comparativo de los indicadores en HS y HSS, correspondientes a la pre y posttemporada, entre las distintas cuencas, se observó el mantenimiento de las mismas tendencias, con pocas excepciones, respecto de las halladas en el conjunto de datos medios sin discriminar por su localización geográfica. En efecto, las magnitudes del  $pH$ ,  $CE_{ex}$  y  $PSI$  obtenidos en posttemporada fueron más altos que en pretemporada y las aguas más sódicas generaron los  $PSI$  más elevados.

Se estudió la vinculación entre la calidad de las aguas de riego y la salinidad y la sodicidad de los suelos regados con esas aguas. Los  $pH_a$  de todas las clases de aptitud de aguas superaron en alrededor de  $1,5$  unidades al  $pH$  de los suelos, pero el grado de correlación resultó medio, con  $r^2=0,62$  para el  $pH$  medido en posttemporada y  $r^2=0,45$  para el de pretemporada. Si bien se encontró que las aguas más mineralizadas salinizaron en mayor medida a los suelos, el coeficiente de determinación de la regresión calculada fue medio, con  $r^2= 0,68$  y  $0,67$  para las épocas de muestreo después y antes de la temporada de riego, respectivamente. Es lógico que la asociación entre las salinidades no pueda explicarse solamente con la relación  $CE_a/CE_{ex}$ , sin considerar las consecuencias del lavado.

La relación entre la  $RAS_a$  y el  $PSI$  es de trascendental importancia debido a que el principal factor degradativo de los suelos regados es la incorporación de sodio en el complejo de intercambio. Los criterios del US Salinity Lab. (Riverside) para pronosticar el grado de sodificación del suelo regado con aguas de  $RAS$  elevado a partir de la ecuación de regresión de Richards ed (1954), con la cual una  $RAS_a$  mayor de  $13$  produciría una sodificación del suelo que superaría un  $PSI$  del  $15\%$ , no se cumplen en la región húmeda. Las distintas aguas usadas en este estudio presentaron  $RAS_a$  entre  $2,2$  y  $20,24$  pero los máximos  $PSI$  registrados en  $222$  datos referidos al HS y  $223$  datos del HSS, fueron de  $9,33$  y  $11,67\%$ , respectivamente.



Los bajos grados de correlación hallados entre la  $RAS_a$  y el PSI, tanto en pre como en posttemporada de riego, de  $r^2=0,2$  y  $0,37$ , evidencian que la solución del suelo dista mucho de equilibrarse químicamente con el agua aportada con el riego complementario, por la dilución producida por las lluvias, además de la acción de los intercambiadores.

También se analizaron las relaciones entre las calidades del agua de riego y la salinidad y sodicidad de los HS y HSS de los suelos regados, para los registros de pre y posttemporada. Se mantuvieron, en ambos horizontes, las tendencias definidas en el perfil total de los suelos, pues no se hallaron diferencias significativas entre los pH,  $CE_{ex}$  y PSI de cada horizonte regado con la misma clase de agua. Como respuesta general, en los dos horizontes los datos de posttemporada son más altos que los de pretemporada y las aguas más salinas y sódicas produjeron los valores más elevados de  $CE_{ex}$  y de PSI, coincidiendo con el comportamiento manifestado por todo el espesor de los suelos regados.

De la base de datos con 20 años de información disponible, se seleccionaron conjuntos de registros con los indicadores correspondientes al perfil total y a cada horizonte, de los suelos que recibieron riego y de los suelos de secano, para las dos épocas de muestreo, de tal manera de conformar las variables de entrada de los modelos usados para evaluar la resistencia RT, la resiliencia RL y la tasa de resiliencia TRL del suelo a la salinidad y sodicidad, organizando los datos en función de las clases de calidad de agua, de los tipos de suelo Argiudoles y Hapludoles y de la pertenencia a las distintas cuencas hídricas.

Luego de analizar la sensibilidad de los modelos, para interpretar sus alcances, se desechó la comparación de las RT, RL y TRL entre las cuencas, ya que los principales factores del impacto del riego en los suelos, fueron precisamente los tipos de aguas y de suelos, en cambio los demás factores (balances hídricos, tipo, cantidad y oportunidad de los riegos, cultivos, manejo) han sido prácticamente menos variables en todo el territorio estudiado.

Considerando el perfil total del suelo regado, la RT frente al pH,  $[RT(pH)]$ , fue similar con aguas de distinta clase, en cambio la resistencia frente a la salinidad  $[RT(CE_{ex})]$  mostró una tendencia a crecer con el aumento de la  $CE_a$ , pero con escasa correlación. Evidentemente, la  $CE_{ex}$  final de cada temporada está fuertemente influenciada por el lavado de sales, que a su vez es una función de la cantidad de lluvia efectiva ocurrida y del estado de humedad del suelo de acuerdo a su capacidad de retención hídrica. La RT(PSI) creció con el aumento de la  $RAS_a$  del agua recibida, acusando el alto impacto del riego en el suelo inmediatamente después de finalizada la época de riego, corroborando que el mecanismo del intercambio catiónico es inmediato al ingreso del agua de riego para formar la solución del suelo y favorable a la adsorción de sodio cuando las aguas enriquecen de sodio a la solución.

Las resiliencias del perfil total del suelo frente al pH y la  $CE_{ex}$  no mostraron un patrón definido de respuesta al riego con aguas de distinta clase, alcanzando magnitudes en general positivas salvo en los casos en que los valores de secano superaron a los de pretemporada o que estos fueron mayores a los de posttemporada. En cambio la RL(PSI) aumentó a medida que creció la sodicidad de las aguas, con alto grado de correlación.

Las tasas de resiliencia calculadas indicaron la variación anual de la RL y solamente adquirirían importancia al comparar ciclos isocronos de riego, porque el sesgo que provocan las condiciones de lluvia y riego durante un año es de gran influencia en los valores de los indicadores.

Se analizó el comportamiento resistente y resiliente del perfil total de suelos Argiudoles y Hapludoles regados con aguas de igual clase, para detectar la incidencia de sus diferencias texturales y de CIC, encontrándose que al recibir aguas de clases C2S2 y C3S1, las RT(pH), RT(CE<sub>ex</sub>) y RT(PSI) de los Argiudoles fueron superiores a las de los Hapludoles, situación que se invirtió para el riego con aguas de clase C3S2 y C3S3. Para la misma salinidad del agua, los Hapludoles registraron RT(PSI) mayores que los Argiudoles, evidenciando el mayor impacto degradativo por sodificación, con  $r^2=0,89$  para la regresión entre RT(PSI) y RAS<sub>a</sub>. Por el lado de las resiliencias, no se hallaron respuestas con patrones definidos de los tipos de suelo que permita diferenciarlos.

Como la actividad de los intercambiadores del suelo se asocia con sus capacidades de intercambio catiónico, se buscó explicar la RL y RL de los dos suelos en función de la CIC, dado que los Argiudoles estudiados presentaron una CIC media de 23,4 cmol/kg y los Hapludoles, una CIC media de 15,5 cmol/kg. Considerando el perfil total de los suelos, los valores medios de RT y RL de los Argiudoles superaron las de los Hapludoles, cuando fueron tomados todos los datos sin discriminar las clases de aguas. Cuando se compararon las RT y RL a sales y sodio en función de las CIC pero para cada clase de agua, el único patrón de comportamiento definido fue la disminución de la RT(PSI) de los Argiudoles con el aumento de la CIC, coincidente para las 3 clases de agua que pudieron compararse (C2S2, C3S1 y C3S2). Como la clase C3S2 fue la más frecuentemente usada, y dado que la correlación entre RT(PSI) y la CIC de los Argiudoles fue alta, se interpreta que altas CIC atenúan el impacto del riego por aumento del sodio adsorbido.

Luego de comprobar algunas diferencias entre los datos analíticos de las propiedades y características de los suelos, tanto entre horizontes de un mismo tipo taxonómico como entre el mismo horizonte de cada suelo, se evaluaron las RT, RL y TRL de cada horizonte de los Argiudoles y Hapludoles por separado y se compararon los resultados. En términos generales, tomando todos los suelos en conjunto, el HS supera en MO, % limo y acidez al subyacente y lo contrario sucede con el % de arcilla, la CE<sub>ex</sub> y la CIC, siendo similares el % de arena y el PSI de ambos horizontes. Discriminando los tipos de suelo, el HS de los Argiudoles tiene más % de MO, arcilla, limo y más alta CIC que el mismo horizonte de los Hapludoles y menor % de arena, pH, CE<sub>ex</sub> y PSI. Las tres RT del HS aumentaron con el incremento de la CE<sub>a</sub> y la RAS<sub>a</sub>, indicando inequívocamente la recarga de sales producida durante la temporada regada, mayor cuanto más salinas y sódicas fueron las aguas, en cambio las RL y las TRL no mostraron ningún patrón de comportamiento con las distintas calidades de aguas. Estas respuestas del HS coinciden con las producidas por el perfil total del suelo.

Al evaluarse comparativamente las resistencias del HS de los Argiudoles y Hapludoles, las RT(pH) fueron similares en ambos suelos, mientras que las RT(CE<sub>ex</sub>) y RT(PSI) de los Argiudoles fueron mayores que la del otro tipo de suelo, situación que se invirtió cuando las aguas fueron más mineralizadas. Las RL de ambos suelos resultaron muy cambiantes,

sin ninguna tendencia manifiesta. El HSS presentó una respuesta resistente frente al pH y la  $CE_{ex}$  poco diferente y la RT(PSI) fue también parecida al otro horizonte, aunque no continuó creciendo con el aumento de la  $RAS_a$  de las clases C3S3 y C3S4, en que se mantuvieron los mismos valores.

Fueron analizadas comparativamente las RT y RL frente los tres indicadores correspondientes al perfil total del suelo con los de cada horizonte y entre horizontes, encontrándose que las correlaciones más estrechas ocurrieron entre el perfil total del suelo y los horizontes y los mayores coeficientes de determinación de las regresiones correspondieron al HS, en cambio las correlaciones más pobres fueron entre los horizontes. En general, se asociaron más fuertemente las RT que las RL y los menores coeficientes de determinación de las regresiones efectuadas, se hallaron en los cambios de PSI.

Se simuló la dinámica salina de la solución del suelo gestada por los aportes de aguas de riego y de lluvias, para 4 situaciones de lotes regados complementariamente, representativas de diferentes tipos de suelo, cantidad y oportunidad de precipitaciones, ciclos de riego en función de rotaciones de cultivos y láminas derivadas con aguas de diferente calidad. Con altos niveles de ajuste se corroboró la capacidad de predicción del modelo Balansal en zonas húmedas, coincidiendo cercanamente los valores de  $CE_{ex}$  sintetizados por el modelo con los medidos en el terreno. Se mostró claramente la incidencia del lavado de sales por parte de las lluvias, que constituye el factor principal de la sustentabilidad de los agroecosistemas regados complementariamente.

Se pronosticaron los PSI de suelos regados con distintas aguas, utilizando el modelo de Marano, basado en el cálculo de la eficiencia de la absorción de sodio por parte del suelo, a partir de datos analíticos de suelos y aguas, fundamentalmente la cantidad de sodio aplicada y la CIC. Fueron seleccionados 10 lotes agrícolas regados, que además de contar con los suelos representativos de cada cuenca hidrográfica, disponían de toda la información relativa a las campañas de riego, incluyendo los PSI obtenidos mediante muestreo y análisis de los suelos regados. Se halló una elevada correlación ( $r^2 = 0,86$ ) entre los valores de PSI estimados con el modelo y los medidos en los suelos regados, mostrando estar frente a una promisoría herramienta de estimación del impacto sódico en los suelos regados complementariamente.

Por último, se sintetizaron las principales evidencias logradas en este trabajo, consideradas demostrativas de la sustentabilidad de los agroecosistemas bajo riego complementario, en cuanto al mantenimiento de la calidad edáfica, a pesar de la degradación salina y sódica que genera el uso de las aguas subterráneas disponibles en la región. Las evidencias son:

a) Los valores de pH,  $CE_{ex}$  y PSI de los suelos regados no manifestaron un crecimiento sostenido en el tiempo, sino la ocurrencia de fases de acumulación, principalmente durante la temporada de riego por el aporte de sales con las aguas y de fases de disminución, en cualquier momento del ciclo, en función de los balances hídrico y salino, por los efectos de los dos principales mecanismos de recuperación: lavado e intercambio catiónico.

b) Esa alternancia en las magnitudes de los indicadores, se manifiesta claramente en los valores medios de los datos obtenidos en posttemporada de riego, que generalmente superaron a los de pretemporada, con muestreos de suelos realizados en los meses de

Marzo y Octubre, respectivamente. Con estos promedios generados por el riego y los valores de secano, se evaluaron las resistencias y las resiliencias de los suelos a cambios en el pH, la  $CE_{ex}$  y el PSI.

c) Los valores de las resistencias del suelo frente al pH,  $CE_{ex}$  y PSI, indicaron la magnitud del impacto del riego en el suelo, inmediatamente de ocurrido el disturbio, pues se calculan como el cociente entre los máximos valores alcanzados en posttemporada y los correspondientes a la situación inicial sin riego.

d) Los valores de las resiliencias del suelo respecto al pH,  $CE_{ex}$  y PSI, indicaron la elasticidad o capacidad de recuperación de los suelos durante la ocurrencia del disturbio, ya que se calculan considerando la magnitud de los indicadores medidas en tres situaciones: secano, pre y posttemporada de riego.

e) La dinámica de la  $CE_{ex}$  y del PSI medidos durante 20 años, corrobora el modelo conceptual de control natural de la salinidad y sodicidad de los suelos pampeanos bajo riego complementario, propuesto por Génova (1992, 1993), vinculándose actualmente con el concepto y la evaluación de la resiliencia edáfica relativa a sales y sodio.

f) La confirmación de la improcedencia de la valoración de la aptitud agrícola de las aguas subterráneas disponibles en la región pampeana para riego complementario, clasificadas con el método del US Salinity Lab. de Riverside. El método es solo aplicable al riego integral de cultivos en las zonas áridas.

g) La verificación de la inexactitud de los pronósticos de sodificación de los suelos regados con aguas de los acuíferos pampeanos explotables, realizados con el modelo de regresión  $PSI = f(RAS_a)$  del US Salinity Lab. de Riverside, que mantiene su vigencia en los sistemas regados en condiciones de aridez.

h) Las  $CE_{ex}$  de los suelos regados complementariamente simuladas con el modelo Balansal, ajustaron muy bien con las  $CE_{ex}$  medidas a campo, explicando los efectos del lavado de las sales por las lluvias.

i) Las variaciones del PSI de los suelos regados, pronosticadas con el modelo de Marano, basado en el cálculo de la eficiencia de adsorción de sodio del suelo en función de la cantidad de sodio aportado por el agua de riego y algunas características y propiedades del suelo, en especial la CIC, ajustaron estrechamente con los PSI medidos en los lotes regados.

j) La continuidad en la aplicación de riego en la producción agrícola e incluso el sostenido incremento del área bajo riego complementario en la región pampeana, apoyados en la disminución o eliminación del riesgo de ocurrencia de déficit hídrico y el mantenimiento de elevados rendimientos fisiológicos durante las rotaciones de los cultivos extensivos bajo riego, que maximizan los beneficios netos de la actividad agrícola, a pesar de los altos costos totales del riego, dan cuenta de la sostenibilidad económica de los sistemas de manejo agronómico con riego complementario.

## 2. INTRODUCCION

Con esta tesis se culmina un prolongado período de estudio, trabajo y reflexión iniciado en el año 1984 y a la luz de sus resultados, se abren nuevas líneas de investigación y desarrollo tecnológico, relacionados con el manejo sostenible de aguas, suelos y cultivos bajo riego complementario, con enfoques más específicos desde los campos de la física y química edáficas y la hidrogeología, vinculados con procesos degradativos de suelos y acuíferos, con la meta conjunta de incrementar la productividad y mantener la sustentabilidad de agroecosistemas productores de alimentos.

El siguiente relato da cuenta de la principal motivación que originó el inicio de los estudios sobre el impacto de las aguas subterráneas bicarbonatadas sódicas en los suelos regados complementariamente en la región pampeana húmeda. Entre 1973 y 1978 se trabajó profesionalmente en la región cuyana, donde para definir la calidad del agua para riego, es de uso generalizado el método del US Salinity Lab (Richards ed, 1954), comúnmente identificado como Clasificación de Riverside de la aptitud de aguas para riego, cuyos resultados predictivos de la peligrosidad salina y sódica en el equilibrio salino entre la solución del suelo bajo riego integral y el agua de riego, son incuestionablemente exitosos. A fines de 1979 se realizó el primer trabajo técnico sobre riego en la región húmeda, en un proyecto que proponía usar las aguas del A° Las Mostazas en la Ea. Los Olivos, Cnel. Dorrego, Bs. Aires. Con el fin de decidir su aprovechamiento, se tomaron muestras y remitieron para su análisis de rutina al Laboratorio de la Sociedad Rural Argentina, que mediante el protocolo N° 3818 del 30-01-1980, manifestó que según la Clasificación de Riverside, el agua no era apta para riego, debido a su peligrosidad sódica, por lo que se aceptó dicha recomendación y se aconsejó abortar el proyecto de riego. El agua presentaba los siguientes valores:  $CE_a = 2,88$  dS/m,  $RAS = 15$  y  $CSR = 4,2$  meq/l.

Sin embargo, recorriendo algunos campos vecinos a la Ea. Los Olivos, se observaron chacras de producción hortícola con más de cincuenta años de antigüedad, que regaban suelos similares con aguas del A° Las Mostazas, en los cuales no se reconocieron manifestaciones de degradaciones por exceso de sales. Esta observación generó una gran duda sobre la potencia de la clasificación de la aptitud de las aguas para riego que se había utilizado, enriquecida por la reflexión sobre la realidad del uso generalizado de aguas subterráneas para el riego por aspersión del cultivo de papa en el sudeste bonaerense, con importante crecimiento a partir de la década del 70, sin evidencias reportadas sobre degradaciones ambientales.

La duda planteada se fortaleció con una rápida evaluación de las condiciones agrológicas imperantes en los establecimientos hortiflorícolas y frutícolas funcionando desde principios del siglo XX en los cinturones verdes de algunas de las principales ciudades bonaerenses (Bahía Blanca, Buenos Aires, La Plata, Junín, Pergamino, San Pedro, entre otras) en las cuales se aprovechaban los suelos y los acuíferos Pampeano, Puelche y otros regionales, con marcadas similitudes entre sí (todos los suelos Molisoles y todas las aguas bicarbonatadas sódicas, con un pequeño rango de variación en sus contenidos de sales y sodio)

Estos hechos motivaron la realización de los primeros estudios sobre el impacto de las aguas subterráneas en suelos produciendo maíz bajo riego complementario en la Pcia. de Buenos Aires, iniciados en la campaña agrícola 1986-97 en Pergamino (Génova, 1986) y en Carmen de Areco (Wyckers y Génova, 1987). Los resultados encontrados comenzaron a demostrar el desajuste de los pronósticos sobre alteraciones graves en los suelos generados a partir del modelo de Richards ed, (1954) e incentivaron la investigación sobre el tema, llevada a cabo por los sectores gubernamentales y privados.

El riego complementario de cultivos extensivos en la Pampa Húmeda es una práctica agronómica cuya incorporación y difusión fue discutida y resistida durante muchos años por la comunidad agraria, debido principalmente a los siguientes factores:

- a) Desconocimiento por parte de los principales actores del sector agropecuario (productores, técnicos, investigadores, empresarios, funcionarios) de los alcances y ventajas del riego de cultivos extensivos, que constituyó una innovación tecnológica para la región húmeda.
- b) Invalidez del método de clasificación de calidad del agua para riego (Richards ed., 1954), de uso universal en zonas áridas, pero que impropiaemente aplicado al riego complementario, clasifica a la mayoría de los recursos hídricos disponibles en la región húmeda pampeana como poco e incluso no aptos para uso agrícola.
- c) Inexactitud de los pronósticos efectuados sobre la sodificación de los suelos regados complementariamente, principalmente con aguas bicarbonatadas sódicas, que constituyen la fuente más importante de agua para riego.

Sin embargo, el pragmatismo de los primeros adoptantes de la tecnología de riego y la evidencia de los resultados económicos obtenidos por la agricultura regada, potenciada por los avances en el fitomejoramiento y el manejo de los cultivos con la disponibilidad de maquinaria y agroquímicos cada vez más eficientes, con adecuada relación entre los precios de los insumos y los productos, condujeron al importante crecimiento de área regada en la región. En términos económicos, la potencialidad de la generación de riqueza por parte del riego complementario, estimada desde la disponibilidad del recurso más escaso, el agua, es del orden de los mil millones de pesos anuales, tomando en cuenta que podrían regarse en la Pampa Húmeda, un total de dos millones de hectáreas, utilizadas de la siguiente forma: 50% con maíz, 25% con soja de primera siembra y 25% con la rotación trigo-soja, produciendo un incremento de los rendimientos respecto de los mejores en secano, de 4 ton/ha en maíz, 1,5 ton/ha en soja de primera y 1.0 ton/ha en soja de segunda y trigo. (Proy. IPG-INTA, 1998)

Desde ya que dicho horizonte de expansión del área agrícola bajo riego, no solo depende de la disponibilidad de agua, sino de la transferencia e incorporación de la tecnología de riego, de la rentabilidad de los agroecosistemas regados y de la seguridad y permanencia de la sustentabilidad. Este último aspecto es el foco de esta tesis, debido a que el crecimiento del área regada no fue acompañado por la investigación experimental requerida para dar bases sólidas a la difusión del riego complementario, sobre todo en la temática del conocimiento, prevención y control de la degradación salina de suelos y acuíferos.

En efecto, los estudios que se realizaron sobre las alteraciones químicas que presentan algunos suelos Argiudoles y Hapludoles representativos de la región pampeana húmeda, producidas por el aporte de aguas bicarbonatadas sódicas con distintos grados de mineralización, tienen como objetivo principal caracterizar la resistencia y la resiliencia de los suelos regados a las degradaciones salinas y sódicas, como método para evaluar sus capacidades de recuperación a los disturbios y mantener sus funciones. De esta forma, mediante la evaluación de los posibles cambios de la calidad del suelo, se estaría en condiciones de definir la sustentabilidad de los agroecosistemas, en realidad la sostenibilidad del sistema de manejo agronómico de cultivos extensivos bajo riego complementario.

### 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEORICO.

#### 3.1. Sobre la región pampeana y el riego complementario.

Entre 1950 y 1985, el 50% del incremento de la producción agrícola mundial provino de tierras regadas y esta tendencia, según Stockle (2001), parece mantenerse, ya que la producción de la agricultura bajo riego duplica, en promedio, la de secano. Del total de las superficies cultivadas, los países desarrollados riegan el 10%, mientras que los países en desarrollo riegan el 23 %.

La República Argentina presenta cuatro zonas climáticas principales: patagónica extrandina, árida, semiárida y húmeda, la primera con un régimen anual de precipitación menor de 200 mm, la segunda ubicada al oeste de la isohieta de 500 mm, la tercera entre las isohietas de 500 y 800 mm y la cuarta al este de la isohieta de 800 mm. Las tres primeras zonas integran el 76 % del área total del territorio, de 277 millones de hectáreas (Oriolani *et al*, 1986, citados por Suero, 1995). De dicha superficie, en 1986 se regaban 1.539.188 ha, de las cuales 253.510 ha correspondían a la zona húmeda, distribuyéndose provincialmente, de la siguiente forma: 114.000 ha en Buenos Aires, 56.800 en Entre Ríos, 52.310 ha en Corrientes, 20.500 ha en Santa Fe y algo menos de 10.000 ha entre Formosa y Chaco (Suero, 1995) En 1995, según el PROSAP (1995), el área total regada había disminuido a 1.347.070 ha, respondiendo a la problemática de las economías regionales. El mayor decremento ocurrió en las zonas áridas y semiáridas, mientras que la zona húmeda presentó un importante incremento, debido principalmente a la expansión de los cultivos de arroz en Entre Ríos y de cereales y oleaginosas con riego complementario en Buenos Aires y en el sur de Córdoba y Santa Fe. Radicado principalmente en la Pampa Húmeda, el riego complementario representaba en 1995, el 14 % del área total regada en el país (Gorgas *et al*, 1996) y actualmente, solo por aspersión se riegan 160.000 ha (PROSAP, 2006).

El riego complementario o suplementario, es una práctica agronómica de las zonas húmedas y semiáridas, que consiste en regularizar el régimen de humedad del suelo, cubriendo los déficit hídricos que continuamente ocurren en la franja del perfil donde las raíces de las plantas absorben la mayor cantidad de agua, debido a la variabilidad espacial y temporal de la distribución de las lluvias. Sus objetivos son: disminuir o evitar el riesgo de pérdida total o parcial de cosechas y de elevar y estabilizar el nivel de rendimientos fisiológicos de los cultivos, que están asociados a la disponibilidad de humedad dentro de un rango fácilmente aprovechable (Génova *et al*, 1998). La principal característica de esta modalidad de riego, es que las aplicaciones de agua al suelo, mediante distintos métodos, se realizan cuando la humedad del suelo se aleja del rango óptimo, durante las etapas fenológicas en que los cultivos presentan elevada sensibilidad al déficit hídrico, generando respuestas productivas máximas, cercanas al potencial genético de las plantas, aunque la cantidad total de agua regada no supere generalmente los 200 mm por campaña agrícola (Génova y Palacios, 1985). Por lo tanto, el riego complementario difiere del riego integral, practicado en las zonas áridas, en el número de riegos y fundamentalmente en el volumen total de agua aplicada. En el riego integral, las láminas totales regadas oscilan entre 600 y 1.000 mm, distribuidas durante todo el ciclo de los cultivos.



En los alrededores de las principales ciudades pampeanas, se realizan cultivos hortícolas, florícolas y frutícolas bajo riego usando agua subterránea desde épocas fundacionales, mientras que la difusión del riego complementario se inició incorporándose al cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), se extendió al maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*) y soja (*Glicine soja*) muy lentamente en la década de 1960, intensificándose a partir de 1980 y logrando una gran expansión a principios de 1990. La demostración de la factibilidad técnico-económica del riego complementario de cultivos extensivos en la Pampa Húmeda, realizada por el Proyecto SAGyP-INTA-IICA (1988), indujo su incorporación como práctica agrícola, transformando el sistema de manejo agronómico de secano, en un nuevo sistema de manejo, modificando sustancialmente el balance hídrico y salino de los horizontes edáficos, en alrededor de 120.000 ha de tierras regadas (Génova, 1995 b).

Por otro lado, el agua subterránea es la principal fuente de agua para riego complementario, disponible en acuíferos que presentan distintos grados de mineralización, con preponderancia hidrogeoquímica de aguas bicarbonatadas sódicas (Ceci, 1969; Sala *et al.*, 1972; Auge y Hernández, 1983; Santa Cruz, 1986; Castiglione y Cejas, 1996; González y Hernández, 1997).

Auge (2004) propuso la subdivisión del territorio argentino en 18 provincias hidrogeológicas que muestra el mapa de la Figura 3, considerando características y comportamientos distintivos de las aguas subterráneas, que resultan de la interacción de factores geológicos, geomorfológicos, climáticos y biológicos, en estos últimos agrupadas todas las consecuencias de la acción antrópica.

González (2004) zonificó los ambientes geohidrológicos de la Pcia. de Buenos Aires en 11 regiones hidrogeológicas, clarificando la sistematización efectuada con cuadros sintéticos de la litología y comportamiento hidrogeológico de las unidades geológicas pertenecientes a cada región.

En la región pampeana, las unidades hidrogeológicas más aprovechadas para riego son los acuíferos Pampeano y Puelche. El primero se extiende en las provincias hidrogeológicas Llanura Chaco-Pampeana Arida (650.000 km<sup>2</sup>) y Llanura Chaco-Pampeana Húmeda (350.000 km<sup>2</sup>), que en conjunto ocupan el 37% del área continental argentina. El Acuífero Puelche solo se presenta en parte de la Llanura Chaco-Pampeana Húmeda. En ambas Llanuras, predominan en el subsuelo sedimentos limoarenosos de color castaño y origen eólico, denominado Loess pampeano (Frenguelli, 1950, citado por Auge, 2004), su gran extensión geográfica es interrumpida por otros tipos litológicos, como los depósitos arenosos formadores de médanos, los lacustres, en general pelíticos y los aluviales, en las cercanías a los cauces.

Los acuíferos regionales presentan características y comportamientos hidráulicos, hidrodinámicos e hidroquímicos diferentes. En general, el agua subterránea de la Llanura Chaco-Pampeana Arida es más salina y la superficie freática aparece a mayor profundidad que la existente en la Llanura Húmeda. En el sector árido de la Llanura, los ríos son predominantemente influentes, es decir que aportan agua al subsuelo y la recarga ocurre preferentemente en las depresiones que concentran el escurrimiento superficial. El sector

húmedo es geológica y geomorfológicamente similar al sector árido, las diferencias distintivas son generadas por el clima, que presenta excesos hídricos debido a que la precipitación supera a la evapotranspiración. La red hidrográfica es restringida y los límites de cuenca difusos, a causa de la escasa pendiente topográfica. Los cuerpos de agua son en su mayoría efluentes, es decir ganadores (González, 2004), en los cuales descargan el agua subterránea que forma los ríos, arroyos, bañados y lagunas, en cambio la recarga preferencial ocurre en los altos del relieve.

El nuevo escenario creado por el riego con aguas subterráneas, con niveles de salinidad y sodicidad dentro de los siguientes rangos:  $CE = 0,8-1,4$  dS/m y  $RAS = 4$  y  $20$  (me/l)  $(me/l)^{-1/2}$ , implica la alteración de los agroecosistemas o cuencas hidrográficas, a partir de la generación de procesos degradativos de los recursos naturales, con características y localización diversa. (Génova, 1988, 1989).

### **3.2. Sobre el problema de la salinidad y sodicidad de suelos y aguas.**

Zuleta (1990) informó que en la República Argentina existen 584.000 ha afectadas por salinidad, la mayoría (554.700 ha) asociadas a problemas de drenaje. La provincia de Mendoza tiene el 57% de sus tierras con drenaje deficiente y en situación similar se encuentran Santiago del Estero, Río Negro y San Juan. En general, la salinidad es común en las zonas áridas, debido a que las sales aportadas por riego no alcanzan a ser lavadas por las lluvias. En cambio en las zonas húmedas, Génova (1993) y Costa (1995), reportaron que los excesos hídricos anuales, que habitualmente ocurren, satisfacen los requisitos de lavado de las sales que podrían acumularse en los suelos regados complementariamente.

Stockle (2001) alertó que además de los problemas de inundación, salinización y erosión que comúnmente afectan las áreas irrigadas, la degradación de la calidad del agua por sales, agroquímicos y desechos tóxicos es un serio problema ambiental y que en los Estados Unidos, la salinización de los recursos hídricos es posiblemente más importante para la sustentabilidad de la irrigación que la salinidad de los suelos.

En la Pampa Húmeda, actualmente es mayor el impacto en los suelos que en los acuíferos, pues la superficie regada es muy inferior a la potencialmente regable, debido a la relación anual entre recarga y descarga (Proyecto SAGyP-INTA-IICA, 1988). Sin embargo, normativas para controlar tanto la sobreexplotación de acuíferos como los niveles de salinidad en los recursos hídricos superficiales, deberían comenzar a implementarse. La reciente sanción del Código de Aguas de la Pcia. de Buenos Aires y su reglamentación, propone algunas restricciones a la ejecución de proyectos de riego en relación con las fuentes de aguas disponibles, que requieren ser aprobados por el Departamento de Suelos y Aguas del Ministerio de Asuntos Agrarios de Buenos Aires.

Un aspecto aún no resuelto (Costa *et al.*, 1991; Génova, 1992; Costa 1998, 1999; Carricaburu, 1998), sobre el que se está trabajando (Proyecto IPG-INTA, 1998; Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, 2000), es la carencia de una metodología adecuada para la interpretación y clasificación de la aptitud agrícola del agua para ser usada en irrigación en la región húmeda pampeana, que permita efectuar pronósticos confiables de los alcances de la degradación salina en los sistemas agroproductivos

regados. Este hecho todavía condiciona la adopción de la práctica del riego y su manejo y control, que también conducen a tratar el tema con un enfoque conservacionista de los recursos naturales, atendiendo a la problemática de la sustentabilidad.

De todos modos, existen algunos resultados de pronósticos y diagnósticos realizados en la región, referentes al impacto del riego con aguas subterráneas en los suelos. Un grupo de autores, entre ellos Arens (1969), Lavado (1976), Cerana (1980), Boivin (1998), Iruetia y Mon (1998), Andriulo *et al.* (1998), Abrego *et al.* (1998), Vázquez *et al.* (2004) enfatizaron la inconveniencia de regar con las aguas subterráneas disponibles. Arens (1969) estimó que el riego complementario con aguas freáticas de 610 mg/l de sales (aproximadamente  $CE = 0,95$  dS/m) y  $RAS = 7$  a 8, formaría un suelo sódico desde superficie en un período de 9 a 18 años, llegando a un estado de equilibrio final en 18 a 24 años, por lo que desaconsejó el uso de aguas freáticas que inevitablemente originarían procesos de alcalinización de los suelos, creando una situación difícil de corregir. Lavado (1976) informó incrementos de salinidad y alcalinidad por riego complementario en suelos de La Pampa y Cerana (1980) reportó un importante aumento de la sodificación en un Hapludol éntico de Córdoba, regado con aguas bicarbonatadas de baja salinidad. Iruetia y Mon (1998) reportaron cambios en las propiedades físicas y químicas de un Argiudol típico pampeano producidos por cinco años de riego con pivote central: leves aumentos de salinidad, sodicidad y pH y claras tendencias de deterioro en parámetros físicos como los índices de percolación de Henin y de estructura de De Boodt y de Leenheer y la velocidad de infiltración de agua de lluvia. Andriulo *et al.* (1998) encontraron un efecto acumulativo de 11 años de riego complementario con aguas bicarbonatadas sódicas sobre un Argiudol típico de Pergamino, principalmente aumentos marcados en el PSI y el pH y más leves en la CE. Aunque las propiedades del suelo evaluadas se acercaban a valores críticos que podrían considerar una evolución hacia un suelo sódico, ya que el PSI alcanzado fue del 12,2 %, los autores no pudieron afirmar la disminución de la productividad del suelo, pues las respuestas del cultivo al riego fueron altas y los rendimientos más estables y elevados que en las situaciones de secano. Abrego *et al.* (1998) determinaron que el aumento del PSI de la superficie de un Argiudol típico fue causado por el efecto acumulativo de once años de riego complementario con aguas ricas en sodio y bicarbonato, determinando el comportamiento físico del suelo, donde el poder dispersante del sodio sobre la MO manifestó consecuencias negativas sobre la estabilidad de la estructura del suelo y la dinámica del agua. Vázquez *et al.* (2004) reportaron, a partir de un ensayo en macetas con suelo Udipsament típico, simulando 0, 10, 15 y 20 años de riego con una lámina anual de 300 mm de  $CE_a = 0,75$  dS/m y  $RAS = 6,6$ ; aumentos de pH hasta 6,9-7,2;  $Na^+$  hasta 3  $mmol_cL^{-1}$ ;  $HCO_3^-$  de 3,6 a 4  $mmol_cL^{-1}$  y  $RAS_{ex}$  de 3,5 a 5,2, estabilizados a partir de los 10 años, que aunque no afectarían la salinidad del suelo, definirían la práctica del riego como no sustentable.

Otro grupo de investigadores, entre ellos Génova (1986, 1988, 1989, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995 a y b, 1996), Wyckers y Génova (1987), Grenón (1988), Svartz (1993), Iruetia (1995), Costa (1999), Andriulo y Ferreyra (1997), Iruetia y Mon (1998), Andriulo *et al.* (1998), Peinemann *et al.* (1998), Andriulo *et al.* (2000), Caviglia y Papparotti (2000), Caviglia *et al.* (2000), Marano (2000), Marano, Pillati y Felli (2000), Marano, Pillati y de Orellana (2000), Sasal *et al.* (2000), Pillati *et al.* (2002), Ghiberto *et al.* (2002), Caviglia y Costa (2002), Losinno *et al.* (2004) si bien han reportado resultados de numerosos ensayos

y seguimientos de riegos con un resultado común: el incremento del PSI del suelo, consideraron que los valores máximos alcanzados no invalidan la incorporación de la práctica del riego complementario bajo adecuadas condiciones de monitoreo y manejo.

Génova (1986) comenzó a estudiar suelos regados con aguas de alto contenido de  $\text{HNaCO}_3$  durante varios años consecutivos y halló como valores de equilibrio, entre 4 y 5 % de sodio intercambiable. Posteriormente encontró una alternancia del PSI medido antes y después de cada temporada de riego, en cinco series de suelos regados durante tres años consecutivos, dentro de un rango de valores medios de 4 a 6 % y valores extremos siempre inferiores a  $\text{PSI} = 7,6$  %. En dicha evaluación, la salinidad siempre fue controlada por el régimen de precipitaciones y el exceso de agua suministrado en cada riego, habida cuenta de la ineficiencia de aplicación del método de surcos, del orden del 40% (Génova, 1992, 1993). Más tarde, estudiando el efecto de aguas bicarbonatadas sódicas en Argiudoles típicos de Buenos Aires y Santa Fe, regados con equipos de aspersión continua del tipo pivote central, Génova (1996) reportó valores de salinidad y sodicidad similares a los obtenidos con riego por surcos, aunque la salinidad fue levemente superior, probablemente debido a la alta eficiencia del método de aspersión, que provocó menor lixiviación de sales, pero de todos modos, el exceso de precipitación volvió a controlar la posible salinización del suelo.

Wyckers y Génova (1987) estudiando suelos de la Serie Gouin, encontraron que las precipitaciones fueron suficientes para lixiviar las sales aportadas por riego y en el caso de aguas poco salinas pero más sódicas, el incremento del sodio intercambiado fue mayor que para aguas con mayor equilibrio entre las concentraciones totales de sales y de sodio, aunque los valores finales de PSI en el suelo no alcanzaron los pronosticados por la ecuación de Gappón utilizada por Richards *et al.* (1954), aunque la lixiviación de las sales permitió que el exceso de sodio del agua aplicada efectuase un importante reemplazo del calcio en el complejo de intercambio. Grenón (1988) trabajando sobre un suelo de la Serie Pergamino, reportó que el aumento de la salinidad después del riego fue posteriormente lixiviado por las lluvias y que el sodio incorporado con el agua de riego aumentó el PSI del suelo en relación directa con su concentración, que en parte es lixiviado por las precipitaciones, sin llegar a retrotraerlo a los valores originales, aunque tampoco el PSI alcanzó los valores predichos por Richards *ed.* (1954) no cumpliéndose el equilibrio entre la RAS del agua y el PSI del suelo regado. Svartz (1993), simuló las condiciones de riego complementario en columnas de suelo de Pergamino sin disturbar, concluyendo que los procesos de sodificación medidos no coincidieron con el riesgo de sodificación pronosticado al clasificar las aguas de riego con el método de Riverside., que el grado de sodificación fue menor en las aplicaciones de agua subterránea más agua de lluvia y que la sodificación se produjo a expensas del desplazamiento del ión hidrógeno de cambio más que de los cationes intercambiables divalentes.

Andriulo y Ferreyra (1997) y Andriulo *et al.* (1998) informaron menores incrementos de sales que de sodio en suelos regados de Pergamino durante once años consecutivos; Irurtia y Mon (1998) estudiaron los efectos de aguas bicarbonatadas sódicas sobre propiedades físicas y químicas de columnas de suelos pampeanos, concluyendo que los incrementos del sodio intercambiado disminuyeron la conductividad hidráulica en todos los tratamientos, correlacionando positivamente con la cantidad de sodio del agua.

Peinemann *et al.* (1998) arribaron a resultados drásticos a partir de ensayos de laboratorio, pero manifiestan que en la naturaleza interactúan algunas variables que morigeran los efectos negativos de la aplicación del riego en Argiudoles y Hapludoles pampeanos. Costa (1999) reportó que el régimen de lluvias y la capacidad de drenaje de suelos del sudeste de la Pcia. de Buenos Aires permitieron el riego suplementario sin riesgo de salinización y que si bien los incrementos de sodio en el suelo fueron más persistentes, las lluvias otoñales e invernales parecieron mitigar el aumento de la sodificación, estabilizando los valores RAS del extracto de saturación del suelo en 5 a 6. Caviglia y Papparotti (2000) y Caviglia *et al.* (2000) trabajando sobre suelos de Entre Ríos, encontraron valores de salinización y sodificación coincidentes con los reportados por otros investigadores, resaltando que los menores aumentos del PSI se registraron en los suelos vertisoles.

Marano, Pilatti y de Orellana (2000), mediante un ensayo utilizando columnas de suelo disturbado Argiudol ácuico de Santa Fe y aplicando aguas subterráneas con valores de RAS de 6,3; 11; 16,5 y 21,5 y CE de 0,95; 1,6; 2,1 y 2,7 dS/m, lograron calcular las constantes de selectividad de la ecuación de intercambio catiónico de Gappón  $K_G$  para tres horizontes de dicho suelo y construyeron ecuaciones de regresión explicando relaciones encontradas entre la RAS del agua y el PSI y el pH del suelo regado, arribando a las siguientes conclusiones: a) los valores de  $K_G$  resultaron similares en los horizontes superficiales y se duplicó en el horizonte subsuperficial, demostrando la distinta selectividad del intercambiador; b) las ecuaciones halladas permiten pronosticar con adecuado grado de ajuste, el pH y el PSI en equilibrio con la RAS del agua; c) el incremento del sodio intercambiado y del pH en los tres horizontes es variable con el aumento de la RAS del agua y la naturaleza de los horizontes y d) el sodio adsorbido desplazó en primer término a la acidez de cambio y luego al potasio, mientras que tanto el calcio como el magnesio no presentaron una tendencia definida en los diferentes tratamientos. Marano (2000), estudiando los efectos de las aguas subterráneas en suelos regados complementariamente durante cuatro años consecutivos, tanto en sistemas artificiales (columnas de suelo) como reales (lotes cultivados), comprobó cuantitativamente varios de los supuestos que hasta el momento avalan los conceptos teóricos y los antecedentes regionales, en particular: a) las aguas bicarbonatadas sódicas produjeron sodificación y aumento de pH del suelo regado, b) las aguas ricas en sodio produjeron los mayores aumentos del PSI y c) existe un equilibrio en los suelos regados entre la concentración iónica de la solución y el complejo de intercambio. Con sus resultados, supuso que algunos suelos presentan una cierta capacidad de amortiguamiento frente al proceso de sodificación, hasta que se supera un cierto valor umbral y que la ecuación de intercambio iónico de Gappón no permite predecir los valores de PSI que alcanzaría un suelo en equilibrio con una dada RAS del agua de riego, debido a que no están considerados los iones hidrógeno y potasio, que en conjunto representaban el 30% de los cationes intercambiables. También concluyó que el pH del suelo constituye un buen indicador del proceso de sodificación en tierras irrigadas con aguas bicarbonatadas sódicas, ya que siempre se acompañan los aumentos del pH con aumentos del PSI, atribuible a que ante el exceso de bicarbonatos aportados, precipitan las sales poco solubles como carbonatos de calcio y de magnesio, dejando más sodio libre disponible para el intercambio. Por último, afirmó que el posible efecto de las aguas ricas en bicarbonatos y sodio debería reflejarse en las propiedades físicas del suelo y la respuesta de los cultivos y en el caso estudiado, los cuatro años sucesivos de riego complementario no aumentaron el

deterioro de la macroporosidad, la infiltración y la estabilidad estructural, lo cual abonaría la acción de mecanismos tipo tampón que mantienen la productividad del suelo. Sasal *et al.* (2000), en consecuencia con la sodificación encontrada en el suelo regado durante 5 a 9 años, propusieron aplicar enmiendas cálcicas para viabilizar las técnicas de riego en la Pampa Húmeda.

Pilatti *et al* (2002) concluyeron que aplicaciones de agua bicarbonatada sódica con baja salinidad incrementaron una unidad de pH y ascensos en la concentración de Na intercambiable en detrimento de la acidez, lo cual podría provocar daños físicos a los suelos. Ghiberto *et al* (2002) compararon el efecto del riego con agua  $CE_a=0,95 \text{ dSm}^{-1}$  y  $RAS=6,4$  en un Argiudol degradado por 30 años de agricultura convencional, encontrando que el riego no incrementó la degradación física del horizonte Ap regado respecto al seco, pero sí la del horizonte A, aunque los dos presentaron altos  $PSI=10\%$ , concluyendo que la mayor actividad e incorporación de raíces y rastros en el Ap controlaron la degradación. Caviglia y Costa (2002) predijeron la evolución del  $PSI$ , la  $RAS_{ex}$  y la  $CE_{ex}$  de suelos del SE pampeano con el modelo LEACHC para simular 27 años de riego con dos aguas de distinta salinidad  $CE_a=1,1$  y  $2,8 \text{ dSm}^{-1}$  y casi igual  $RAS=19,1$  y  $20,1$ ; comparando con mediciones de campo que no superaron los  $2 \text{ dSm}^{-1}$  de  $CE_{ex}$  y  $PSI=9,7$ . Losinno *et al* (2004) estudiaron la variabilidad espacial de propiedades físico-químicas de suelos norpampeanos, aplicando técnicas geoestadísticas y concluyeron que involucrando el sistema suelo-agua subterránea, en las zonas agrícolas donde la práctica del riego complementario es factible, no se determinaron problemas de salinización y/o sodificación.

### **3.3. Sobre la sustentabilidad de los ecosistemas productivos.**

Desde una perspectiva individual y referente al riego, es claro que el productor agropecuario logra, con su adopción, cuatro importantes objetivos que optimizan su actividad económica: minimiza el riesgo de cosecha causado por déficit hídrico, eleva y estabiliza el rendimiento de los cultivos y maximiza el beneficio neto de su producción. Pero desde una perspectiva social y antropológica, es necesario lograr la sustentabilidad de los ecosistemas agroproductivos.

Según Bruenig (1992), el concepto de sostenibilidad o sustentabilidad en el uso y manejo de los recursos naturales, tiene probablemente sus orígenes en el ordenamiento del aprovechamiento de bosques de Europa Central desde el siglo IX, concebido para enfrentar la escasez de recursos forestales y adversidades climáticas de la época. Dicho concepto fue adaptándose a las prioridades sociales circunstanciales y recibió impulsos importantes como su inclusión en los preceptos de las religiones más difundidas, en normativas legales y en planes de manejo de recursos naturales.

Existe una profusa literatura referida a la problemática de la sostenibilidad, generada a partir de 1980, por distintas corrientes de pensamiento, pudiéndose diferenciar dos conceptos: desarrollo sustentable y ecodesarrollo. Ambos proponen un proceso de cambio en el que el aprovechamiento de los recursos naturales, las inversiones, la tecnología y las estructuras institucionales y políticas, deben ser consecuentes tanto con las necesidades de

la sociedad del futuro como con la actual (Salinas Chávez y Middleton, 1998). Quizás la mayor disidencia entre los dos conceptos es que los ecodesarrollistas, como Sachs (1980) y Casabianca (1992), entre otros, plantean que no se puede hablar de desarrollo de una sociedad, si esta no controla los equilibrios físicos y biológicos de su propio ambiente. El ecodesarrollo propone una modalidad de desarrollo diferente del actual, enfatizando tener en cuenta los estilos y características propias de acuerdo con los aspectos locales tanto ecológicos como socioculturales (Prudkin, 1994). Bifani (1995), acordando con Sachs (1980), opinó que el ecodesarrollo promueve la organización de las sociedades en función del uso racional de sus respectivos ecosistemas, valorizados gracias a la adopción de tecnologías adecuadas, basando el desarrollo en el esfuerzo propio, la recuperación de los valores tradicionales y la autodeterminación.

El concepto de desarrollo sostenible recién adquirió una fuerte divulgación en los últimos 30 años, cuando comenzó a discutirse en las reuniones preparatorias de la Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente Humano, realizada en Estocolmo en 1972 (Salinas Chávez y Middleton, 1998) y su difusión alcanzó altos niveles a partir de los trabajos de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo y de la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo CNUMAD, reunida en la Cumbre de Río, reflejados en dos documentos históricos: Nuestro Futuro Común, también conocido como Informe Brundtland (1987) y la Agenda 21 (1992), respectivamente. El informe Brundtland (1987) presentó al desarrollo económico sostenible, refiriéndose al crecimiento económico sostenible, basado en un desarrollo que debe satisfacer las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para poder atender a sus propias necesidades. Lo importante de esta declaración es la vinculación ya inobjetable entre el crecimiento económico y el uso racional de los recursos y el medio ambiente. Barbier (1987) denominó desarrollo económico sostenible al nivel óptimo de interacción entre los sistemas biológicos, económicos y sociales, que se alcanza a través de un proceso dinámico y adaptativo de intercambios, donde ocurran compensaciones. Según Constanza ed. (1991), desde una perspectiva ecológica, el desarrollo sustentable es la interrelación entre sistemas económicos altamente dinámicos y los sistemas ecológicos, menos cambiantes, donde la vida humana pueda continuar indefinidamente, los hombres como individuos puedan desarrollarse y los efectos de las actividades humanas se mantengan dentro de unos límites que no permitan la destrucción de la diversidad, complejidad y funcionamiento de los sistemas ecológicos soportes de la vida.

Salinas Chávez y Middleton (1998) afirmaron que el desarrollo, para ser sostenible, debe ser concebido como un proceso multidimensional e intertemporal, en el cual la trilogía equidad, competitividad y sustentabilidad, se basan en principios éticos, culturales, socioeconómicos, ecológicos, institucionales, políticos y técnico-productivos. Berga Monge (2001) reflexionó sobre la polémica que actualmente existe alrededor del desarrollo sostenible, sin que todavía sea alcanzado un consenso ni siquiera respecto de su significado real, en principio debido a que sus bases han sido tanto las ciencias naturales como las sociales. Pero no solo las diferencias disciplinarias abonan el permanente debate, sino causas más profundas, como los paradigmas o las ideologías con que se trate el desarrollo sustentable.

Algunos autores, con sesgo economista, consideran al desarrollo sostenible equivalente a crecimiento sostenible. Como ilustró Naredo (1993), los avances recientes de la economía ambiental y de los recursos naturales, utilizan enfoques y epistémica económica tradicional, fundamentalmente de la escuela neoclásica, para estudiar los problemas de contaminación y explotación de recursos, razonando como habitualmente lo hacen los economistas, en términos de precios, costos y beneficios monetarios. Proponen una gestión de los recursos naturales en base a límites propuestos a través de distintos instrumentos de regulación, de naturaleza legal, tributaria y tecnológica. Un segundo grupo de autores e instituciones, incluidas las agencias del sistema de las Naciones Unidas (PNUD, PNUMA, FAO, BIRF), adhirieron a la definición de desarrollo sostenible tal como surge del Informe Brundtland (1987), enfatizando que este desarrollo debe ser adecuado tecnológicamente, viable económicamente y socialmente aceptable. Un tercer grupo de autores planteó que el desarrollo sustentable requiere cambios fundamentales en el paradigma del desarrollo dominante, señalando la importancia del aspecto distributivo, es decir la equidad, fomentando el desarrollo del hombre en su espacio y no solo del espacio. Esta propuesta está sintetizada en los trabajos del World Resources Institute (1994) y de Dourojeanni (1996).

La sustentabilidad, en el sentido más amplio, se refiere al mantenimiento de una serie de objetivos o propiedades deseadas, a lo largo del tiempo. Es un concepto dinámico, que deriva de un sistema de valores y debe ser analizado en determinadas condiciones sociales y ambientales, para cada ecosistema natural modificado por el hombre mediante procesos agroproductivos. Por lo tanto, un ecosistema natural transformado, implica un sistema de manejo y puede definirse como un agroecosistema.

Daly (1993) citado por Quiroga Martínez (2001), sintetizó la relación entre la economía y la ecología, manifestando que la primera puede considerarse un sistema abierto que funciona sustentado por los ecosistemas definitivamente finitos y relativamente frágiles. Tanto el desarrollo de la vida como el funcionamiento de la economía humana, se alimentan de la única fuente de energía que dispone la biosfera: la energía solar directa e indirecta. De este flujo continuo, la economía insume, de los ecosistemas, las energías contenidas en las materias primas y energías útiles como la fósil y la hidráulica, entre otras formas, produciendo dos tipos de residuos: el calor disipado y los residuos materiales, que son potencialmente reciclables. La competencia en el uso de los recursos naturales y su degradación, la creciente necesidad mundial de generar alimentos y la cosmovisión de la problemática ecológica, fueron creando el espacio de una Economía Ecológica, transdisciplina científica que reconoce límites ecológicos al crecimiento económico y que se ocupa de estudiar y manejar el problema de la sustentabilidad (Quiroga Martínez, 2001).

### **3.4. Sobre la resiliencia de los ecosistemas y su importancia en la evaluación de la sustentabilidad.**

Reflexionando sobre la trayectoria del concepto y aplicaciones de la sustentabilidad, en la revisión efectuada, surge claramente que la mayoría de las corrientes de pensamiento reconocen la existencia de límites ecológicos al desarrollo económico. En términos de dichos límites, la resiliencia cobra gran importancia, en cuanto expresa la capacidad de un



ecosistema determinado, de regenerarse o reponerse a sí mismo. Quizás Naredo (1993) proporcionó una cabal idea de resiliencia, cuando dijo que “la vida humana, al igual que la de los otros componentes bióticos, ha de apoyarse, por fuerza, en los materiales existentes en la corteza terrestre y que la cuestión estriba en que la economía humana sepa aprovecharse de la energía solar y sus derivados renovables para cerrar los ciclos de materiales, posibilitando que los residuos se conviertan otra vez en recursos, evitando el progresivo deterioro de la corteza terrestre, que actualmente se opera por dispersión de recursos y contaminación de residuos”.

La resiliencia, del latín *resilire*: rebotar, se refiere a la resistencia al cambio o deformación y la capacidad de volver al estado original. El término resiliencia fue introducido por Holling (1973), alude a la persistencia de las relaciones de un ecosistema y mide su capacidad para absorber los cambios y seguir existiendo. Es uno de los atributos principales de la sostenibilidad de una cuenca hídrica o de un agroecosistema.

Bertona (2001) interpretó que la capacidad de resiliencia del ambiente es la capacidad de contener un impacto o absorber el impacto de un contaminante. Dentro de este contexto, la sustentabilidad de los sistemas productivos resulta de la relación entre dos variables: el crecimiento económico que consume energía y produce residuos y la resiliencia de los ecosistemas, que es la capacidad de reponer los compuestos tomados y de absorber-reciclar los desechos producidos. Quiroga Martínez (2001) expresó que cuando la expansión económica sobrepasa la resiliencia ecosistémica, o alternativamente, cuando el ritmo de extracción de recursos y producción de desechos supera el ritmo de reposición de los ecosistemas, ocurre un deterioro ambiental y queda comprometida la sustentabilidad del proceso. El crecimiento económico puede rebasar la resiliencia en distinto grado y duración, declinando la posibilidad de revertir los deterioros causados. En consecuencia, es necesario determinar dichos umbrales de sustentabilidad a nivel local, regional y global.

Masera *et al.* (1999) afirmaron, desde una perspectiva sistémica, que existen siete atributos básicos que permiten caracterizar a los sistemas sustentables de manejo de recursos naturales, atributos que también sirven para definir el concepto de sustentabilidad y que son: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, equidad y autodependencia. En el Proyecto MESMIS "Marco de evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad" (GIRA-UNAM, 1998), se consideró que la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas es válida solamente para un sistema de manejo específico, cuando se predeterminan el lugar, el contexto sociopolítico y las escalas espaciales y temporales. Asimismo, propuso que la evaluación se realice comparativa o relativamente, de dos maneras posibles: comparando la evolución de un mismo sistema a través del tiempo y/o comparando simultáneamente un sistema de manejo con otro de referencia.

En términos operativos, el sistema de manejo o el agroecosistema sustentable será aquel que permita simultáneamente, alcanzar las siguientes metas:

- Obtener niveles altos de productividad (proveer el nivel requerido de bienes y servicios) en base al uso eficiente y sinérgico de los recursos naturales y económicos.

- Proveer una producción estable (no decreciente en el tiempo bajo condiciones normales o medias).
- Proporcionar una producción confiable (que se mantenga en niveles cercanos al equilibrio, frente a perturbaciones normales del ambiente).
- Permitir una producción resiliente a perturbaciones mayores durante el transcurso del tiempo (mantener el potencial productivo después de sufrir perturbaciones graves).
- Brindar adaptabilidad para encontrar nuevos niveles de equilibrio, manteniendo la productividad, frente a cambios ambientales de largo plazo.
- Distribuir equitativamente los costos y beneficios del sistema, entre diferentes grupos y generaciones involucradas.
- Poseer un nivel aceptable de autodependencia o autogestión para poder responder y controlar los cambios inducidos desde el exterior, manteniendo su identidad y sus valores.

Los umbrales de la sostenibilidad pueden estimarse caracterizando el grado y duración de la resiliencia de los suelos, frente a las perturbaciones graves que ocasiona el riego, permitiendo ajustar el sistema de manejo, en términos de límites, si es que resulta sustentable tal como surge de los trabajos de los precursores de la Economía Ecológica, como Georgescu-Roegen (1971), Meadwows *et al.* (1972), Daly (1980), Daly y Coob (1989), Constanza (1991), Daly (1993), Bergh y Straaten (1994) y Aguilera Klink (1994), todos citados por Quiroga Martínez (2001).

Masera *et al.* (1998) propusieron la utilización de criterios de diagnóstico para la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de manejo agrícola, que sirvan de vínculo entre los atributos genéricos, los puntos críticos y los indicadores, con la finalidad de dar a estos últimos, la posibilidad de evaluar efectiva y coherentemente la sustentabilidad. Un criterio de diagnóstico integral es la calidad del suelo, con el enfoque de Parr *et al.* (1992), citado por el Programa de Agroecología de GIRA A. C.(2001), cuando manifiestan que "un suelo de calidad se define como aquél que tiene la capacidad de producir cultivos sanos y nutritivos de una forma sostenida en el largo plazo y de promover, al mismo tiempo, la salud humana y animal, sin detrimento de los recursos naturales base o el medio ambiente circundante". Este concepto reciente toma en cuenta, por un lado, las propiedades intrínsecas del suelo y sus interacciones y por el otro, las relaciones del suelo con el medio ambiente, incorporando el aspecto de producción sostenida en el tiempo y con ello, poder documentar su resiliencia ante cambios impuestos por fuerzas naturales o prácticas agrícolas. Es coincidente con el pensamiento de Hillel (1991), de Karlen *et al.* (1997) y de Seybold *et al.* (1998), todos refiriéndose a una calidad dinámica de suelo, que refleje la capacidad de una clase específica de suelo para funcionar, dentro de los límites de ecosistemas naturales o manejados, para sostener la productividad de plantas y animales, mantener o aumentar la calidad del agua y del aire y soportar la salud y el hábitat humano.

Para focalizar y dimensionar la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas, es indispensable identificar unos pocos pero muy representativos puntos críticos, que expresen aspectos y procesos de tipo ambiental, económico, tecnológico o social, que limiten o fortalezcan la capacidad de los sistemas de sostenerse en el tiempo. Difícilmente se lograrían resultados de evaluación útiles, sin un esfuerzo de síntesis en la selección de

los factores que inciden sobre la sustentabilidad de un sistema de manejo. La detección de puntos críticos adecuados que caractericen a un sistema de referencia, puede contribuir a la formulación de sistemas alternativos viables por el lado de la sostenibilidad. Masera *et al.* (1998), recomendaron identificar y seleccionar indicadores estratégicos para describir confiablemente, el estado o cambio de condición de la calidad de suelo, para caracterizar la resiliencia como atributo de sostenibilidad del sistema de manejo sujeto a evaluación.

Las características para seleccionar los indicadores han sido recomendadas, a nivel mundial, por los siguientes organismos: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, el World Resources Institute WRI, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA y a nivel de América Latina y el Caribe, por el Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola IICA, la Comisión de Estudios Económicos para América Latina CEPAL, el Centro de Investigación de Agricultura Tropical CIAT, agrupados en el Proyecto Agricultura y Desarrollo Sostenible. Actualmente, un convenio de cooperación entre el IICA y la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GTZ, inició en 1990 un proyecto sobre el Diseño de Indicadores de sostenibilidad para América Latina y el Caribe, que ha promovido la iniciativa de identificar, generar y actualizar indicadores para medir el desarrollo sostenible de la región. (Proyecto IICA-GTZ, 1990).

### **3.5. Sobre la resiliencia de los suelos.**

El término resiliencia del suelo fue incorporado a la ciencia edafológica recientemente, para remitir los temas de ecología de suelos al uso sustentable de tierras. Se introdujo con el fin de crear una teoría común que describa la reacción del suelo a rangos de impactos o disturbios. Williams y Chartres (1991) distinguieron la diferencia entre resistencia y resiliencia, cuando expresaron: "la magnitud de la disminución de la capacidad de un suelo de funcionar (resistencia) y la tasa de recuperación o la elasticidad (resiliencia) son dos llaves para medir la sustentabilidad". Blum (1994) sostuvo que a causa de la complejidad de los sistemas del suelo y de las muchas maneras en que puede reaccionar a disturbios externos, la resiliencia aún no había sido definida operacionalmente y Szabolcs (1994) agregó que sería necesario, además de una precisa definición, disponer de métodos para medirla, describir los procesos resilientes, sus significados y mediciones. Blum (1998) insistió sobre la necesidad de desarrollar un concepto comprensivo de la resiliencia del suelo, que pueda ser usada operacionalmente para combatir la degradación del suelo. Rozanov (1994) y Lang (1994) coincidieron en definir a la resiliencia del suelo como la capacidad de resistir cambios causados por un disturbio. Como la resistencia al cambio es un importante componente de la estabilidad de los ecosistemas, Tilman y Downing (1995), optaron por mantener separados los dos conceptos, resiliencia y resistencia.

Las relaciones entre sustentabilidad y resiliencia se tratan sucintamente en este capítulo. Los siguientes párrafos expresan una fuerte síntesis: "la calidad del suelo es la llave de la sustentabilidad" (Warkentin, 1995), "la dirección de la calidad del suelo con el tiempo es un indicador primario del manejo sustentable" (Doran *et al.*, 1996). Seybold *et al.* (1999) realizaron un trabajo cuyos objetivos fueron: clarificar el concepto de resiliencia y su pertenencia al suelo, definir sus relaciones con la calidad de suelo, revisar la literatura

sobre su medición y cuantificación y presentar un programa para la difusión de la resiliencia del suelo. Dichos autores adoptaron la definición de Herrick y Wander (1998): resiliencia del suelo es la capacidad de un suelo de recuperar su integridad funcional y estructural después de un disturbio. Forman y Gordon (1986) explicaron que un disturbio es cualquier evento que cause un cambio significativo del modelo normal o funcionamiento de un ecosistema, dependiendo de una escala temporal y espacial de interés. Szabolcs (1995) afirmó que la resiliencia necesita ser descripta respecto a un tipo de disturbio, que comienza a ser importante cuando es comparada la resiliencia entre suelos.

La integridad funcional y estructural de un suelo es su capacidad de cumplir las siguientes funciones vitales, como las definieron Karlen *et al.* (1997): "sostener la actividad biológica, la diversidad y la productividad; regular y particionar el flujo de agua y solutos, filtrar, atemperar, degradar, inmovilizar y desintoxicar materiales orgánicos e inorgánicos, almacenar y reciclar nutrientes y otros elementos de la biosfera terrestre y proveer el soporte de las estructuras socioeconómicas y la protección de los tesoros arqueológicos asociados con el hábitat humano".

Herrick y Wander (1998) sostuvieron que la capacidad de recuperación de un suelo tiene dos componentes, la tasa y el grado de recuperación. La tasa de recuperación es la cantidad de tiempo que insume un suelo en recobrar su potencial original o un potencial estabilizado menor, luego de ser disturbado. La magnitud de la recuperación hasta algún potencial estabilizado relativo a su estado previo al disturbio, define el grado de recuperación. Cuando un disturbio es demasiado drástico o el suelo es inherentemente frágil, el suelo puede degradarse irreversiblemente y su capacidad de funcionamiento no podrá recuperarse en tiempo razonable. En este caso, se habrá excedido la capacidad de resiliencia del suelo, provocando un daño permanente o la necesidad de realizar una costosa reconstitución. Los suelos con mayor resiliencia a disturbios específicos son los que presentan las más altas tasas y/o grados de recuperación. Definen la resistencia de los suelos como la capacidad de un suelo de continuar funcionando sin cambios durante la ocurrencia de un disturbio. La calidad del suelo está relacionada con su resiliencia, en términos de la recuperación de las funciones del suelo, mientras que se relaciona con la resistencia del suelo en términos del grado del cambio en la función del suelo, como resultado de un disturbio. Durante la ocurrencia del disturbio, la calidad del suelo se convierte en una función de la resistencia del suelo. Después del disturbio, la calidad del suelo es una función de su resiliencia. Por lo tanto, los sistemas de resiliencia y resistencia del suelo mantendrán la calidad del suelo, base de la sustentabilidad.

Existen mecanismos de recuperación del suelo, de naturaleza física, química y biológica, que a menudo operan simultáneamente, afectando alguna función del suelo. En realidad, todos los factores formadores de suelo, contribuyen a su capacidad de resiliencia. La formación de los suelos es el resultado de la interacción de condiciones ambientales y actividad biológica, que dependen, de cinco factores (Jenny, 1980) y de cuatro procesos (Simonson, 1968, citado por Seybold *et al.* 1999). Los factores son: clima, biología, topografía, roca madre y tiempo. Los procesos son: adición, remoción, translocación y transformación. La resiliencia depende de la interacción de todos los factores y procesos, que a su vez son influenciados por el manejo.

Han sido elaborados varios modelos para evaluar la resiliencia de suelos (Lal, 1997; Szabolzs, 1994; Rozanov, 1994, Herrick y Wander 1998), pero según Seybold *et al.* (1999), ninguno provee una estimación independiente. La modelización de la dinámica salina permite explicar los procesos y pronosticar los efectos degradativos que implica el riego. Spósito (1977), Oester y Spósito (1980), Mirábile (1987), Clothier *et al.* (1992), Andreu *et al.* (1994), Sharma *et al.* (1995), Marano (2000), han construido modelos matemáticos de sencilla aplicación. Recientemente, el USDA Salinity Laboratory, ajustó y validó el Programa UNSATCHEM (2000), que permite efectuar balances salinos de cierta complejidad.

Mirábile y Fornero (1989) elaboraron un modelo de balance salino denominado Balansal, con buena capacidad de pronóstico en distritos regados de la Pcia. de Mendoza, Argentina.

Rozanov (1994) sugirió evaluar la resiliencia del suelo mediante el desarrollo de clases de resiliencia, usando los grados de un determinado proceso degradativo, característico de un tipo o clase de uso del suelo. En el Cuadro 3.5 se consignan clases generales y específicas de resiliencia de suelos, ejemplificando con el grado de salinización de un suelo bajo riego.

**Cuadro 3.5. Clases de resiliencia de suelos. Fuente Rozanov (1994)**

<b>Clases de resiliencia de suelos</b>	
<b>Clases generales</b>	<b>Afectación después de uso continuo</b>
Suelos no resilientes	Muy severa
Suelos ligeramente resilientes	Severa
Suelos moderadamente resilientes	Moderada
Suelos altamente resilientes	No afectado o ligeramente afectado.
<b>Clases específicas</b>	<b>Grados de afectación</b>
Suelos resilientes a salinización	Ninguno, ligero, moderado, alto.
Suelos resilientes a sodificación	Ninguno, ligero, moderado, alto.
Suelos resilientes a acidificación	Ninguno, ligero, moderado, alto.

Por último, Seybold *et al.* (1999) han propuesto un marco para la evaluación de la resiliencia de suelos, formulando tres procedimientos:

- a) Medición directa de la recuperación del suelo después de ocurrida la degradación. Requiere del monitoreo de las tasas y modos de recuperación de un suelo, después de ser degradado, por lo tanto son estudios de largo plazo si los suelos tienen baja resiliencia a un disturbio en particular.

- b) Identificación y cuantificación de la capacidad de funcionamiento del suelo, asociada con los mecanismos que contribuyen a la resiliencia después de un disturbio.
- c) Medición de propiedades específicas del suelo, que sirvan como indicadores de los mecanismos de recuperación.

Los indicadores de resiliencia del suelo son usados para medir la capacidad del suelo a restituir o recuperar sus funciones, que es sinónimo de evaluar su calidad. Son difíciles de identificar porque se requiere conocer el mecanismo de recuperación. Bezdicek *et al.* (1996) identificaron algunos indicadores de resiliencia de suelos: estructura del suelo, microagregados, agua del suelo, propiedades de retención y transmisión, capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables, contenido de materia orgánica, transformaciones, capacidad de suministro de nutrientes, pH, profundidad de raíces, biodiversidad del suelo, actividad de la fauna del suelo, actividad microbiana. El Proyecto MESMIS-GIRA-UNAM (1998) indicó diversos procedimientos para medir y monitorear indicadores de sustentabilidad, como la revisión bibliográfica exhaustiva, las mediciones directas sobre espacios muestrales y parcelas experimentales, las encuestas y el uso de modelos de simulación.

En nuestro país no se han encontrado trabajos específicos sobre resiliencia y resistencia de suelos bajo riego complementario, pero ya Soriano (1996, citado por Conti, 1997), alertó sobre la lentitud del fenómeno de pérdida de resiliencia, a menudo inadvertido, que puede determinar colapsos ecológicos, entre ellos, la salinización. Génova (1988, 1989) identificó mecanismos de degradación salina y sódica en suelos de la zona húmeda regados complementariamente con aguas ricas en  $\text{HNaCO}_3$  y posteriormente Génova (1992, 1993) formuló un modelo conceptual sobre la existencia de un mecanismo natural de control de la salinización y sodificación, operado por la interrelación de varios factores y procesos, como el régimen de lluvias, el lavado de sales, la abundancia de Ca intercambiable, el intercambio catiónico favorecido por la mayor actividad del  $\text{Ca}^{++}$  en soluciones diluídas, la drenabilidad de los suelos, la alternancia de situaciones de concentración y dilución de la solución del suelo, la falta de influencia del acuífero freático. No vinculó los resultados obtenidos por muestreo y análisis químico de aguas subterráneas y suelos regados complementariamente, con los conceptos sobre sustentabilidad, resiliencia, resistencia y mecanismos de recuperación de la capacidad de funcionamiento edáfico, aunque se refirió a estos últimos al proponer el modelo conceptual de control natural.

Lavado (1996) señaló que en el mundo se alcanzó un techo teórico de los conocimientos, por lo que se requiere trabajar sobre problemáticas específicas y para la Argentina, ejemplificó este hecho con el riego complementario en la Pampa Húmeda, alertando sobre el vacío de conocimientos que acompaña su implementación, siendo como es una causa indisolublemente asociada a procesos de salinización y alcalinización. Peinemann *et al.* (1998), al referirse a resultados drásticos (incrementos de pH y sodio y disminución de la conductividad hidráulica en suelos) obtenidos en ensayos de laboratorio, estudiando las consecuencias del riego complementario sobre propiedades edáficas en la Llanura Pampeana, reconocieron que la interacción de variables naturales atemperan los efectos medidos y propusieron enfáticamente la necesidad de asegurar la sustentabilidad. Alconada (1999) manifestó que el enfoque actual de los estudios edafológicos es una preocupación por el futuro, asociado a la sostenibilidad del sistema, que requiere evaluar

correctamente la capacidad de recuperación del suelo. En este sentido, dichos procesos limitan el desarrollo y sostenimiento de la agricultura de regadío en el mundo, con causas esencialmente similares, pero con manifestaciones cualitativas y cuantitativas diferentes, de acuerdo al escenario de las relaciones agua-clima-suelo-planta, como lo asevera Pla Sentís (1983, 1993). Por último, Marano (2000) evidenció una cierta capacidad de amortiguamiento del proceso de alcalinización en un suelo sodificado por riego con aguas bicarbonatadas sódicas, planteando la necesidad de avanzar en la investigación para encontrar valores umbrales de dicha capacidad, que permitan tomar medidas preventivas o correctivas de los efectos de las aguas de este tipo en los sistemas regados.

Génova (2002, 2003) caracterizó la resistencia RT, la resiliencia RL y la tasa de resiliencia TRL de Molisoles norpampeanos a cambios de pH,  $CE_{ex}$  y PSI y luego amplió los estudios al centro y sud pampeanos (Génova, 2004), utilizando la calidad del suelo como criterio de diagnóstico para evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas regados, a través de indicadores y modelos de estimación, siguiendo a Maserá *et al.* (1999) y a Seybold (1998, 1999).

Recientemente, Génova (2005 a y b) relacionó RT y RL de suelos pampeanos regados con aguas de distinta calidad, informando que la RT y RL a cambios de  $CE_{ex}$  no dependieron de la salinidad de las aguas, pero las más sódicas produjeron las mayores RT a cambios del PSI, mientras que la RL a cambios del PSI parece no vincularse estrechamente con el sodio aportado, explicando el efecto del intercambio catiónico y del lavado como mecanismos de recuperación, concluyendo que el riego complementario no compromete la sustentabilidad de los agroecosistemas de la Pampa Húmeda y que la cuantificación de la RT y RL con los modelos utilizados, constituye una herramienta útil para medirla.

#### 4. HIPOTESIS

La resiliencia de suelos Argiudoles y Hapludoles pampeanos a la degradación salina y sódica, no es superada por el suministro de aguas bicarbonatadas sódicas en riego complementario, debido a la ocurrencia de procesos recuperativos, que hacen que la calidad de los suelos no varíe en términos del mantenimiento de sus funciones, por lo que el sistema de manejo agronómico bajo esta modalidad de riego constituye un sistema de manejo sustentable.

#### 5. OBJETIVOS

##### **Objetivo general:**

- Garantizar la sustentabilidad de los sistemas agroecológicos pampeanos bajo riego complementario.

##### **Objetivos específicos:**

- Caracterizar los recursos hídricos subterráneos y los suelos utilizados en los sistemas de manejo agronómico con riego complementario.
- Relacionar la calidad de las aguas de riego con la salinidad y sodicidad de los suelos regados.
- Evaluar la resistencia y resiliencia edáficas frente al pH, la  $CE_{ex}$  y el PSI.
- Identificar y verificar la existencia de mecanismos de recuperación de los suelos frente al disturbio ocasionado por el riego, que controlan naturalmente la salinidad y sodicidad de los suelos bajo riego complementario.
- Comprobar la capacidad de predicción de modelos de balance salino para monitorear el impacto del riego complementario en los suelos.



## 6. MATERIALES Y METODOS

### 6.1. Descripción del área y caracterización de los ambientes bajo estudio.

Para la delimitación del territorio estudiado, se utilizó el criterio de división geográfica de las Cuencas Hidrográficas argentinas, de acuerdo con la última actualización realizada por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Atlas Digital de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina, 2002).

La mínima unidad de escala espacial escogida para los datos analíticos de los suelos, fue el lote agrícola de tamaño modal entre 35 a 60 ha, perteneciente a la típica unidad catastral de explotación agropecuaria regional: la estancia. Debido a la magnitud del área estudiada, la referenciación geográfica en el territorio se realizó ubicando en las distintas cuencas hidrográficas, las localidades más cercanas a las estancias de cuyos lotes se dispuso información edafológica.

En el caso de la información sobre la calidad del recurso hídrico subterráneo, la unidad de escala espacial fue el pozo del cual se extrajeron las muestras de agua para ser analizadas. El agua captada desde un pozo pudo ser utilizada para regar tanto el lote al que pertenecía como a otros lotes linderos o vecinos. Cuando el tamaño de los equipos de aspersión automatizado requerían caudales que superaban los disponibles en un pozo, se alimentaron con la sumatoria de los caudales de dos o tres pozos, vinculados mediante tubería y en estos casos, se ha muestreado la mezcla de aguas que ingresaba al equipo de riego.

#### 6.1.1. Aspectos climáticos.

Se trabajó con información climática proveniente de dos fuentes, por un lado, la estadística de la serie 1961–1990 del Servicio Meteorológico Nacional, para las estaciones Balcarce, Bolívar, Coronel. Suárez, Junín, Pergamino y San Pedro, elegidas por su influencia zonal, para caracterizar las cuencas hídricas estudiadas. Por otro lado, se utilizaron registros diarios de precipitación, medida en los pluviógrafos de algunas estancias en cuyos lotes agrícolas se estudió la interrelación entre las dinámicas hídricas y salinas del suelo, para períodos de tiempo variables.

Se clasificaron climáticamente las cuencas hídricas mediante la metodología de Koppen's Climate Classification (1997) basada en el análisis cualitativo y cuantitativo de la temperatura media mensual de los meses más cálidos y más fríos y de la precipitación media anual. Se estimó la evapotranspiración de referencia Eto con el método de Penman-Monteith, operado con el Programa Cropwat-FAO, Versión 3.0 (Smith, 1980).

Con los datos de precipitación y evapotranspiración de referencia, se calcularon los excesos y déficit hídricos mensuales para todo el año y para la temporada de riego, entre los meses de octubre y marzo.

### 6.1.2. Aspectos edáficos.

En los lotes donde se obtuvieron datos propios de salinidad y sodicidad, se reconocieron los perfiles del suelo hasta 80-100 cm de profundidad mediante calicatas y fueron extraídas muestras de los horizontes superficial y subsuperficial, en capas de 0 a 20 o 30 cm y de 20 a 40 cm o de 30 a 60 cm, respectivamente, para estimar los contenidos hídricos gravimétricos referenciales a capacidad de campo  $W_c$  y a marchitez permanente  $W_m$  con la membrana y olla de presión (Equipo de Richards y la metodología de Forsythe, 1975)

Se determinó la densidad aparente  $\delta_{ap}$  de las capas de suelo mediante extracción de muestras con cilindro metálico de  $441,78 \text{ cm}^3$  y secado en estufa a  $105-110^\circ\text{C}$  hasta peso constante, calculando:

$$\delta_{ap} = \text{peso suelo seco} / \text{volumen total, en g/cm}^3 \quad (\text{ec. 1})$$

La capacidad de almacenaje de humedad aprovechable gravimétrica del suelo  $W_{alm}$  se obtuvo de la diferencia entre  $W_c$  y  $W_m$ , y luego se calculó la capacidad de almacenaje de humedad aprovechable volumétrica  $W_{alm (vol)}$  de acuerdo a:

$$W_{alm (vol)} = W_{alm} \cdot \delta_{ap}, \text{ en mm/dm} \quad (\text{ec.2})$$

La descripción y datos analíticos de los perfiles modales de las series de suelo a las que correspondieron los lotes agrícolas estudiados, se tomaron de la Carta de Suelos de la R. Argentina, escala 1:50.000 del CIRN-INTA (1989). También se dispusieron de memorias técnicas y mapas de estudios de reconocimiento detallado de suelos (escalas 1:500 a 1:2000), de los sitios donde se intensificaron los estudios de balance salino y de la respuesta a los mecanismos de recuperación, correspondientes a las Estancias Santa Ida, La Gloria, La Carreta y Ojo de Agua.

### 6.1.3. Aspectos hidrológicos superficiales.

El territorio estudiado se dividió en las partes que correspondieron a las cuencas hídricas superficiales, delimitadas por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Atlas Digital de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina, 2002).

### 6.1.4. Aspectos hidrogeológicos.

La descripción de los ambientes hidrogeológicos a los cuales pertenecen las áreas estudiadas, se hizo siguiendo las regionalizaciones propuestas por Auge (2004) para las provincias de Buenos Aires y Santa Fe y por González (2004) para la Provincia de Buenos Aires.

Las características de los principales acuíferos explotados en cada región hidrogeológica se tomaron de Ceci (1969), EASNE (1972), Hernández *et al.* (1975), Auge y Hernández (1983), Auge *et al.* (2002) y Auge (2003).



**Cuadro 6.1.4. Directrices para interpretar la calidad del agua para riego, adaptación del original de Ayers y Westcot (1989).**

Causa y efecto		Grado de restricción de uso		
		Ninguno (N)	Ligero a moderado (L a M)	Severo (S)
Salinidad (disminuye la disponibilidad de agua para los cultivos)		CEa < 0,7	CEa 0,7 - 3	CEa > 3
Sodicidad (disminuye la permeabilidad del suelo)	RAS 0 - 3	CEa > 0,7	CEa 0,7 - 0,2	CEa < 0,2
	RAS 3 - 6	CEa > 1,2	CEa 1,2 - 0,3	CEa < 0,3
	RAS 6 - 12	CEa > 1,9	CEa 1,9 - 0,5	CEa < 0,5
	RAS 12 - 20	CEa > 2,9	CEa 2,9 - 1,3	CEa < 1,3
	RAS 20 - 40	CEa > 5,0	CEa 5,0 - 2,9	CEa < 2,9

El método propuesto por el Proy. IPG-INTA (1998) es preliminar, aún en proceso de validación definitiva, pero es valioso porque incorpora conceptos clásicos de las relaciones salinas y sódicas de aguas y suelos regados, ajustando la clasificación con datos de campo para los suelos de las regiones pampeanas con mayor desarrollo del riego complementario.

## **6.2. Identificación, selección y construcción de indicadores de degradación salina y de calidad de suelos y aguas.**

En primer lugar se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica y un análisis de los indicadores disponibles, para identificarlos de acuerdo a su naturaleza y al cumplimiento de características deseables, siguiendo las recomendaciones de los organismos internacionales definidos en el Proyecto IICA-GTZ (1990) y en el Proyecto MESMIS-GIRA-UNAM (1998), como son permitir la definición suficientemente precisa del problema bajo estudio, ser simples, adecuarse a un rango amplio de escalas espaciales y temporales, existir una confiable base de datos disponible, ampliable sin gasto elevado, dada su accesibilidad y relativamente bajo costo de obtención, ser de uso generalizado, que permita efectuar comparaciones universales y ser sometibles a tratamientos estadísticos y transformaciones matemáticas por su carácter numérico y dimensional.

Cumplida esa etapa, se seleccionaron los siguientes indicadores y sus correspondientes métodos de obtención:

a) Para los suelos:

- pH (potencial de hidrógeno de la pasta saturada de suelo) como indicador de la acidez-alcalinidad, escala 1-14, por potenciometría con peachímetro, en dilución 1:2,5.

- $CE_{ex}$  (conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo), indicador de la concentración salina del suelo, por conductometría eléctrica, en dS/m.
- Concentración de cationes solubles, en meq/l, por espectrofotometría de absorción atómica y fotometría de llama.
- Concentración de cationes intercambiables, en meq/l, por titulación.
- $RAS_{ex}$  (relación de adsorción de sodio del extracto de saturación del suelo), indicador del grado de sodicidad del suelo, calculado como:

$$RAS = Na [(Ca + Mg)/2]^{-1/2} \text{ en (meq/l) (meq/l)}^{-1/2} \quad (\text{ec. 7})$$

- CIC (capacidad de intercambio catiónico), indicador de la actividad química del suelo como intercambiador de iones, en meq/100 g (cmol/kg), por desplazamiento del  $NH_4^+$  con  $Cl_2Ca$  y luego  $ClNa$  y posterior titulación.
- PSI ( % sodio intercambiable del complejo de intercambio del suelo), cantidad relativa de  $Na^+$  respecto de la CIC), indicador del grado de sodicidad del suelo, calculando:

$$PSI = 100 (Na^+) \cdot CIC^{-1} \quad (\text{ec. 8})$$

- Walm (capacidad de almacenaje de humedad aprovechable), en mm/dm.
- Rendimiento de los cultivos, indicador de la productividad del agrosistema, en kg/ha.

b) Para las aguas subterráneas:

- pH (potencial de hidrógeno) como indicador de la acidez-alcalinidad, escala 1-14, por potenciometría.
- $CE_a$  (conductividad eléctrica del agua), indicador de la concentración salina de la solución, por conductometría eléctrica, en dS/m.
- Concentración de cationes y aniones solubles, por espectrofotometría, fotometría de llama y titulación, en meq/l.
- $RAS_a$  (relación de adsorción de sodio del agua), indicador de poder de sodificación de la solución acuosa, calculado igual que la  $RAS_{ex}$ , en  $(\text{meq/l}) (\text{meq/l})^{-1/2}$
- CSR (carbonato de sodio residual) indicador del peligro de sodificación, calculando:

$$CSR = (CO_3^{2-} + CO_3H^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}), \text{ en meq/l.} \quad (\text{ec. 9})$$

Las determinaciones analíticas para la construcción de los indicadores seleccionados, se hicieron siguiendo los métodos de Richards (1954), de Black (1965), de Forsythe (1975), de Page *et al.* (1986) y del Programa de Métodos Analíticos de Referencia de la A.A.C.S (1995).

Los principales indicadores de salinidad y sodicidad del suelo seleccionados fueron: pH,  $CE_{ex}$  y PSI, cuyos valores surgieron de las determinaciones analíticas de las muestras de suelos de los lotes agrícolas, con cuatro o más repeticiones, en la mayoría de los casos extraídas en dos épocas: antes de iniciar la temporada de riego, en el mes de octubre e inmediatamente después de finalizada la misma, en el mes de marzo, ya que los cultivos regados han sido generalmente maíz y soja. En ciertas ocasiones, cuando el cultivo regado fue trigo, los muestreos se realizaron en el mes de agosto.

### **6.3. Resistencia y resiliencia del suelo a cambios en la salinidad y sodicidad.**

En la región húmeda pampeana funcionan agroecosistemas diversos, identificados como sistemas de manejo agronómicos, de los cuales se estudiaron dos: el sistema de manejo de la producción de cultivos extensivos bajo riego complementario SISMARIE y el sistema de manejo de la producción de cultivos extensivos en secano SISMASEC, considerado testigo. Aunque la sustentabilidad de los agroecosistemas puede caracterizarse a través de sus atributos, que son varios, en este trabajo, para evaluar la sustentabilidad del SISMARIE se consideraron solo dos, la resiliencia, tomando en cuenta principalmente las premisas formuladas por Masera *et al.* (1998) y el Proyecto MESMIS-GIRA-UNAM (1998) y la resistencia, asumiendo el concepto de Williams y Chartres (1991).

Siguiendo a Masera *et al.* (1998), se utilizaron diversos procedimientos para medir y monitorear los indicadores de sustentabilidad, como la revisión bibliográfica exhaustiva, las mediciones directas sobre espacios muestrales y parcelas experimentales, las encuestas y el uso de modelos de simulación. La revisión de antecedentes no solo consideró la literatura publicada por los grupos de investigación de organismos oficiales que trabajaron en la región, como los pertenecientes a las universidades de Buenos Aires, de Entre Ríos, de La Plata, del Litoral, de Mar del Plata, de Rosario, de Santa Fe y del Sur; al INTA y al Instituto Nacional del Agua INA (ex INCYTH), sino que se accedió a datos analíticos de aguas y suelos regados, generados por el sector privado, inéditos, que unida a la recopilación de la información propia, obtenida durante los últimos 20 años, conformó la base de datos de esta tesis.

Las escalas temporales escogidas fueron de dos tipos, una semestral, para la medición de los cambios anuales de las condiciones salinas, antes y después de cada campaña de riego y otras variables entre períodos de 2 a 20 años, para caracterizar la evolución del sistema bajo riego respecto del testigo sin riego.

Los indicadores de la degradación salina y sódica y de la calidad de suelo, se refirieron a los agroecosistemas SISMARIE y SISMASEC. En el primero se efectuaron análisis evolutivos respecto del tiempo y con ambos se hicieron análisis comparativos, tomando al segundo como referencia.

Como criterio de diagnóstico se seleccionó la calidad del suelo, debido a que el mayor impacto negativo del riego con aguas salinas y sódicas es esperable que ocurra en el suelo, con posibles cambios de su calidad por alteración de su funcionamiento y con ello la modificación de la productividad y otros atributos genéricos de la sustentabilidad de los ecosistemas. El riego complementario es el disturbio o perturbación que incide sobre la calidad del suelo. Los puntos críticos elegidos son la degradación salina y sódica del suelo, la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo aprovechable por las plantas y los rendimientos de los cultivos regados.

La resiliencia del suelo se cuantificó experimentalmente por medición del grado de recuperación alcanzado después del disturbio. La resistencia se cuantificó relacionando la capacidad de funcionar del suelo después del disturbio con el estado anterior al disturbio. En tal sentido, se evaluaron la resistencia y la resiliencia operando los modelos de Herrick y Wander (1998), con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Tasa de recuperación} : d [(B - C) / (A - C)] / dt \quad (\text{ec. 10})$$

$$\text{Grado de recuperación} : (B - C) / (A - C) \quad (\text{ec. 11})$$

$$\text{Resistencia} : C / A \quad (\text{ec. 12}) \quad \text{donde:}$$

A = capacidad de funcionamiento del suelo antes de sufrir el disturbio.

B = nivel de recuperación a un nivel de equilibrio estabilizado de funcionamiento edáfico.

C = nivel de la función del suelo inmediatamente después de ocurrido el disturbio.

dt = diferencial tiempo

Se consideró representativo de los valores A, al nivel del indicador en condiciones iniciales, de secano, en ausencia del disturbio. Los valores B se calcularon promediando los datos obtenidos durante el período de medición antes de cada temporada de riego, asumiendo que representan la situación de equilibrio entre el agua aportada por riego y la incidencia de los factores y procesos recuperativos. Los valores C se calcularon promediando las mediciones de los indicadores inmediatamente después de ocurrido el disturbio, al finalizar la temporada de riego.

En este trabajo se redefinieron los términos originales de Herrick y Wander y se les asignó la siguiente simbología:

TRL = Tasa de resiliencia, por tasa de recuperación = dRL/dt.

RL = Resiliencia, por grado de recuperación.

RT = Resistencia.

También se identificaron y estudiaron algunos factores y procesos que determinan la resiliencia en términos de la recuperación de la calidad del suelo, luego de la ocurrencia del disturbio (incorporación de agua y sales por riego). Como la información disponible cuando se inició el trabajo de tesis se consideró insuficiente para la profundización de los estudios específicos sobre el lavado de suelos por la lluvia en exceso y del intercambio

catiónico, se realizaron durante tres años, entre 2002 y 2005, ensayos de campo, muestreo y determinaciones analíticas de laboratorio, para explicar la dinámica hídrica, salina y sódica en el perfil del suelo agrícola.

#### **6.4. Balances salinos.**

En general, la dinámica de los indicadores salinos se estudió estadísticamente mediante técnicas de regresión y se construyeron modelos matemáticos de balance, siguiendo a Mirábile (1987) y a Marano (2000).

Para estudiar específicamente el mecanismo de recuperación de la salinidad aportada al suelo por la aplicación de aguas salinas, se utilizó el Modelo Balansal, creado por Mirábile y Fornero (1989), del Centro Regional Andino CRA del Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas INCYTH, hoy el Instituto Nacional del Agua INA. El modelo se basa en las ecuaciones de balance salino de van der Molen, del ILRI de Holanda, adaptadas a las condiciones argentinas por los autores y permite cuantificar la dinámica de las sales de la rizósfera, determinada por el balance hídrico propuesto por los aportes del riego y de las lluvias y el consumo evapotranspirativo de los cultivos, calculando el requerimiento de lixiviación necesario para desalinizar o mantener un equilibrio salino, teniendo en cuenta las salinidades inicial del suelo y del agua de riego.

En función de la capacidad de retención de humedad del suelo y la fracción de lavado definida por la textura del suelo, si los aportes hídricos superan la evapotranspiración y la retención, se producirá un exceso de agua que percolará en profundidad, atravesando el perfil del suelo con raíces. Cuando la  $CE_a < CE_{ex}$ , se produce la disolución de una fracción de las sales del suelo y arrastre por lixiviación, determinando el lavado. Cuando el balance hídrico es negativo, de acuerdo con la relación entre las concentraciones salinas del agua y del suelo, podrá ocurrir la acumulación de sales en la rizósfera, que también es cuantificada por el modelo.

Las variables de entrada del modelo son:

- evapotranspiración del cultivo, que se obtuvo a partir de la estimación de la evapotranspiración de referencia con el método de Penman y Monteith operado por el Programa Cropwat FAO (Smith, 1985) y los coeficientes de cultivo propuestos por Génova *et al* (2000) y Génova (2003).
- láminas de lluvia, obtenidas del registro de precipitaciones pluviográficas de las estancias, transformados en precipitación efectiva mediante el método del US Bureau of Reclamation operado por el Programa Cropwat FAO (Smith, 1985).
- las láminas de riego se obtuvieron desde tres tipos de fuentes de información: proyectos de riego propios, encuestas a productores y técnicos regantes y revisión de literatura.



- capacidad de campo volumétrica en mm de agua para el perfil considerado, por el método de Richards (1954) y mediciones propias de densidad aparente por el método del cilindro (Forsythe, 1975).
- conductividad eléctrica del agua de riego, medida por conductivimetría.
- conductividad eléctrica del extracto de saturación inicial del suelo, por conductivimetría.
- conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo que se propone como objetivo, para mantener un determinado balance salino.
- factor de eficiencia del lavado, valor entre 0 y 1, estimado por la textura de acuerdo a la escala propuesta por los autores del modelo.

Las variables de salida del modelo son los cambios en la salinidad del suelo para el paso de tiempo propuesto, la salinidad final del suelo para el período considerado, la humedad del suelo almacenada, la lámina de percolación ocurrida y las láminas de riego y de percolación necesarias para obtener la salinidad del suelo objetivo.

Se analizó la correlación entre los valores de salinidad del suelo estimados por el modelo con los medidos en los lotes de maíz, soja, trigo y pasturas regados, para diferentes pasos de tiempo, mensuales y anuales, considerando tanto períodos cortos referentes a una temporada de riego complementario como períodos largos, constituidos por la secuencia de campañas agrícolas durante dos, cuatro y ocho años.

Por último, se evaluó la peligrosidad de sodificación del suelo por aporte de aguas sódicas, a través de la evaluación de la eficiencia de la absorción de  $\text{Na}^+$  (EfNa) por parte de algunos suelos, utilizando el modelo propuesto por Marano (2004), sintetizado en la ecuación 13 y se correlacionaron valores de PSI pronosticados con el modelo de la ecuación 14 con los obtenidos en los lotes regados.

$$\text{EfNa} = 100 (\text{Na adsorbido} / \text{Na aplicado}) \quad (\text{ec. 13}) \quad \text{donde:}$$

EfNa = eficiencia de adsorción de sodio, en %.

Na adsorbido = por el complejo de intercambio de una capa de suelo, en  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

Na aplicado = por el agua de riego, en  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

$$\Delta \text{PSI} = 10 \text{ EfNa LR Na}_r / \text{CIC} \cdot d_{\text{ap}} \cdot p_r \quad (\text{ec. 14}) \quad \text{donde:}$$

$\Delta \text{PSI}$  = incremento del PSI, en %

EfNa = eficiencia de adsorción de sodio, en tanto por uno.

LR = lámina de riego, en mm

$\text{Na}_r$  = concentración de  $\text{Na}^+$  en el agua de riego, en  $\text{cmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$

CIC = capacidad de intercambio catiónico, en  $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$

$d_{\text{ap}}$  = densidad aparente del suelo, en  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$p_r$  = profundidad del horizonte o capa de suelo, en m.

## **6.5. Estadística**

La estadística descriptiva convencional se realizó con los programas Sigma Stat de Jandel Co. (1998) y Excel 2000 de Microsoft. La aplicación de técnicas de análisis multivariado se operó utilizando el análisis de componentes principales PCA, siguiendo a Jackson (1990), con el programa MVSP de Kovach Computer Co. (1999), asociándolo con el Programa Statistic para interpretar el ordenamiento y las posibles relaciones con variables externas.

## **6.6. Cartografía y mapeo.**

Las imágenes cartográficas temáticas se procesaron utilizando programas de GIS, principalmente Arc-view , Arc-explorer e Idrisi.

## **6.7. Validación del modelo conceptual de control natural de la salinidad y sodicidad de suelos pampeanos regados complementariamente.**

Con el análisis y presentación de la información referente a datos de campo de lotes regados complementariamente con aguas bicarbonatadas sódicas, tanto la generada por el autor durante el período 1986-2005 como la recopilada de la bibliografía regional y la construcción de modelos de simulación, se propuso validar las hipótesis del modelo conceptual sobre la vigencia de un mecanismo de control natural de la salinidad y sodicidad de los suelos bajo riego complementario en la región húmeda pampeana (Génova, 1992, 1993), en razón de los siguientes factores interactuantes: precipitación no inferior a 800 mm anuales, aplicación de láminas netas de riego inferiores a 250 mm por campaña, suelos de moderada a buena drenabilidad, nivel freático distante del horizonte Ap, riqueza del ión  $\text{Ca}^{2+}$  en la CIC, posible sustitución del  $\text{Na}^+$  adsorbido por el  $\text{Ca}^{2+}$  de la solución del suelo a expensas de un efecto de valencia de dilución (Sejas *et al.*, 1979; Ortega, 1982) favorecido por la intermitencia de períodos de diluciones y concentraciones de la solución del suelo y la solubilización del  $\text{Ca}^{2+}$  en presencia de bicarbonatos aportados por las aguas de riego alcalinas, todo ayudado por el arrastre en profundidad de las sales por lixiviación, asegurada por balances hídricos positivos debido a exceso de lluvias e ineficiencia de riego.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1. Descripción y zonificación del territorio y del agua subterránea.

El territorio estudiado queda comprendido entre las latitudes 32° Norte y 39° Sur y las longitudes 57° Este y 63° Oeste del Hemisferio Sur y está incluido en las siete cuencas hidrográficas que se muestran en la Figura 7.1.1, pertenecientes a los Sistemas del Río Paraná y del Río de la Plata y la Provincia de Buenos Aires, correspondientes a la Vertiente Atlántica de la República Argentina, delimitadas por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Atlas Digital de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina, 2002).

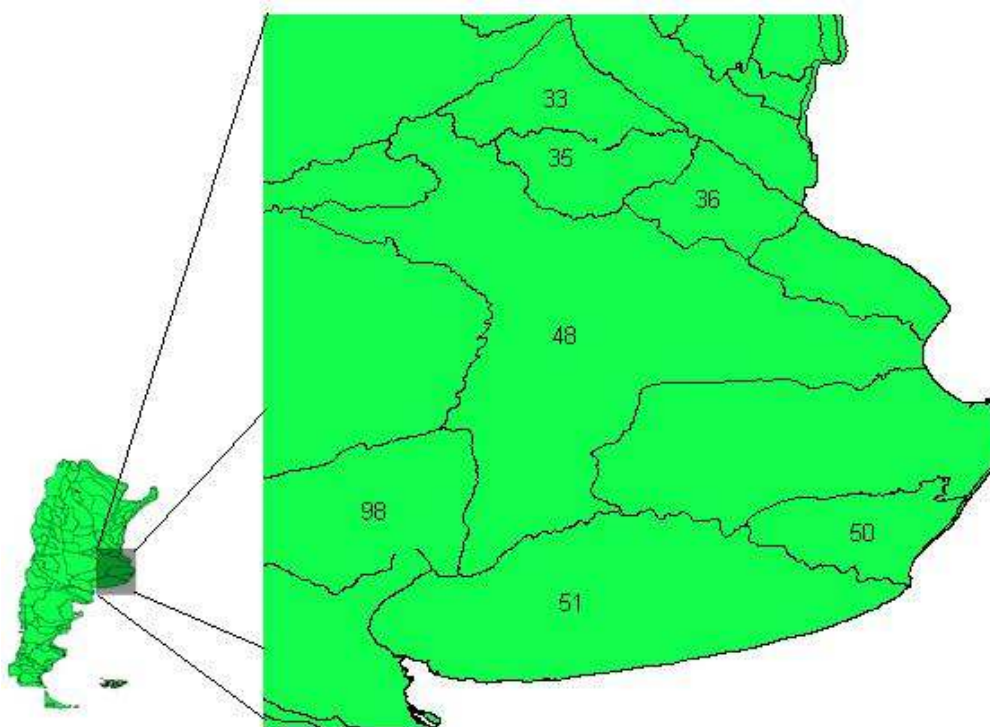


Figura 7.1.1. Cuencas hídricas estudiadas y localidades de referencia.

Código	Denominación de la cuencas hídricas superficiales	Area (ha)
33	Cuenca de Arroyos del sudeste de Santa Fe y norte de Buenos Aires.	1.308.579
35	Cuenca del Río Arrecifes.	1.075.951
36	Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.	1.011.122
48	Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.	8.728.629
50	Cuenca de Arroyos del sudeste de Buenos Aires	1.215.997
51	Cuencas de Arroyos del sur de Buenos Aires	5.158.627
98	Región Lagunar del sudoeste de Buenos Aires	3.053.767
		21.552.672

**Cuadro 7.1.1. Pertenencia de los sitios estudiados a las cuencas hídricas argentinas.**

Localidad	Código	Denominación de la cuencas hídricas superficiales
Carmen, Santa Fe	33	Cuenca de Arroyos del SE de Santa Fe y N de Buenos Aires
Elortondo, Santa Fe	33	Cuenca de Arroyos del SE de Santa Fe y N de Buenos Aires
Santa Emilia, Santa Fe	33	Cuenca de Arroyos del SE de Santa Fe y N de Buenos Aires
Hughes, Santa Fe	33	Cuenca de Arroyos del SE de Santa Fe y N de Buenos Aires
San Pedro	33	Cuenca de Arroyos del SE de Santa Fe y N de Buenos Aires
Pergamino	35	Cuenca del Río Arrecifes.
Pergamino	35	Cuenca del Río Arrecifes.
Colón	35	Cuenca del Río Arrecifes.
Colón	35	Cuenca del Río Arrecifes.
Rojas	35	Cuenca del Río Arrecifes.
Salto	35	Cuenca del Río Arrecifes.
Salto	35	Cuenca del Río Arrecifes.
Carmen de Areco	36	Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.
Carmen de Areco	36	Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.
Carmen de Areco	36	Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.
Junín	48	Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.
Chacabuco	48	Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.
Chacabuco	48	Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.
Laprida	48	Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.
Lincoln	48	Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.
25 de Mayo	48	Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.
Gral Lamadrid	48	Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.
Gral Lamadrid	48	Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.
Balcarce	50	Cuenca de Arroyos del sudeste de Buenos Aires
Balcarce	50	Cuenca de Arroyos del sudeste de Buenos Aires
Lobería	51	Cuencas de Arroyos del sur de Buenos Aires
Orense, Necochea	51	Cuencas de Arroyos del sur de Buenos Aires
Energía, Necochea	51	Cuencas de Arroyos del sur de Buenos Aires
Alvarado-Iranzos	51	Cuencas de Arroyos del sur de Buenos Aires
La Primavera, Cnel. Suárez	98	Región Lagunar del sudoeste de Buenos Aires
La Primavera, Cnel. Suárez	98	Región Lagunar del sudoeste de Buenos Aires
Huanguelén, Cnel. Suárez	98	Región Lagunar del sudoeste de Buenos Aires
Huanguelén, Cnel. Suárez	98	Región Lagunar del sudoeste de Buenos Aires
Guaminí	98	Región Lagunar del sudoeste de Buenos Aires

El área total es del orden de 215.000 km<sup>2</sup>, en el que participan cuatro sectores geomorfológicos de la Región Pampeana: la Pampa Ondulada al norte, la Pampa Arenosa al oeste, la Pampa Deprimida en el centro y la Pampa Serrana al sur. La ubicación de los sitios muestrales y casos estudiados, dentro de las Cuencas Hídricas, se observa en el Cuadro 7.1.1.

Desde el punto de vista socioeconómico, en dicho territorio se asienta el 38 % de la población total de la Argentina, se genera el 30% del producto bruto agropecuario PBA y el 42% de las exportaciones. Respecto de la producción agropecuaria nacional, participa con el 63 % de la producción triguera., el 44 % de la maicera, el 42 % de la girasolera, el 35% de la ganadera vacuna y el 25 % de la sojera (Iacobucci, 2000). La misma fuente de información consigna las superficies sembradas de los principales cultivos: trigo, 3.658.000 ha; girasol, 1.886.000 ha; soja, 1.560.000; maíz, 1.371.000 ha; avena, 673.800 ha; cebada, 259.780 ha; sorgo 86.750 ha y papa, 37.846 ha. El área sembrada total es del orden de los 9,5 millones de ha, cercana al 50% del área que comprende la región estudiada. Los rendimientos medios en secano, excepto para el cultivo de papa, es de 2,2 a 2,8 ton/ha de trigo, 1,8 a 2.0 ton/ha de soja, 4 a 5 ton/ha de maíz y 1,8 a 2.0 ton/ha de girasol. La papa es generalmente regada, alcanzando un rinde medio de 40 ton/ha.

Las características climáticas de las cuencas estudiadas, fueron definidas a partir de la base de datos estadísticos de la serie 1961-90 del Servicio Meteorológico Nacional, para las Estaciones Meteorológicas representativas del territorio considerado, correspondientes a las localidades de Balcarce, Bolívar, Coronel Suárez, Junín, Pergamino y San Pedro, que figura en los Cuadros A1 a A 9 del Anexo.

En la Figura 7.1.2. se observan los excesos y déficit hídricos mensuales durante la temporada de riego, siendo Cnel. Suárez la única localidad que presenta balance negativo en todos los meses, con el mayor déficit acumulado (195 mm) y el más alto déficit mensual, 67,8 mm en enero. Le sigue Balcarce, con 133 mm de déficit acumulado, pero con un exceso de 29 mm en diciembre. Pergamino presenta un déficit total de 96 mm para la temporada de riego, con pequeños excesos en octubre y marzo. Junín y San Pedro muestran un déficit total similar, de 87 y 81 mm respectivamente, aunque en la segunda localidad se manifiesta un alto déficit en diciembre, de 57,4 mm. En Bolívar ocurre la menor diferencia entre lluvias y Eto, del orden de 71 mm, con el mayor déficit hídrico en enero, de 34 mm.

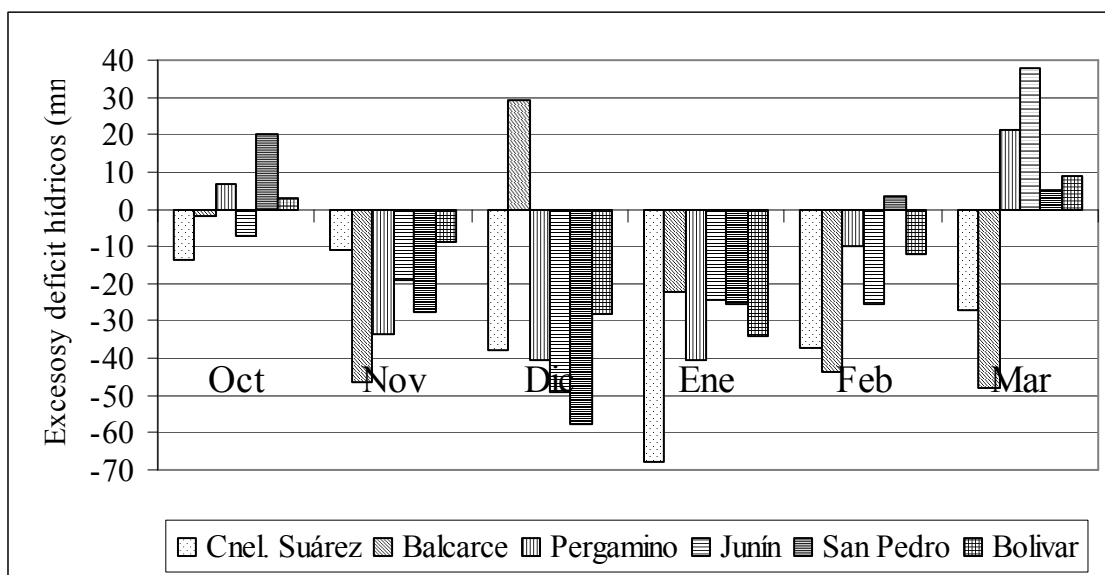


Figura 7.1.2. Excesos y déficit hídricos mensuales de las localidades representativas de las Cuencas hídricas superficiales, durante la temporada de riego.

Un análisis más detallado se realiza en la caracterización climática de cada cuenca hídrica superficial.

### **Aguas subterráneas.**

En la Figura 7.1.3. se ven los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Santa Fe, delimitados por Auge (2004) y la Figura 7.1.4. muestra la regionalización hidrogeológica de la Provincia de Buenos Aires, realizada por González (2004).

Las aguas subterráneas usadas para regar los lotes agrícolas estudiados, pertenecen a regiones y ambientes hidrogeológicos cuyos límites no coinciden con los de las cuencas hídricas superficiales. La correspondencia entre la ubicación geográfica de los pozos que captaron dichas aguas con los límites de cuencas hídricas superficiales y de regiones y ambientes hidrogeológicos, se muestra en el Cuadro 7.1.2. y en la Figura 7.1.5.

**Cuadro 7.1.2. Pertenencia de las localidades de los sitios estudiados a las cuencas hídricas superficiales y a las regiones hidrogeológicas.**

Localidad	Código	Cuenca Hídrica Superficial	Código	Región Hidrogeológica
Carmen	33	SE de Sta. Fe y N de Buenos Aires	VI	Acuífero pampeano (*)
Elortondo	33	SE de Sta. Fe y N de Buenos Aires	VI	Acuífero pampeano (*)
Santa Emilia	33	SE de Sta. Fe y N de Buenos Aires	VI	Acuífero pampeano (*)
Hughes	33	SE de Sta. Fe y N de Buenos Aires	VI	Acuífero pampeano (*)
San Pedro	33	SE de Sta. Fe y N de Buenos Aires	1	Noreste
Pergamino	35	Cuenca del Río Arrecifes.	1	Noreste
Colón	35	Cuenca del Río Arrecifes.	1	Noreste
Rojas	35	Cuenca del Río Arrecifes.	1	Noreste
Salto	35	Cuenca del Río Arrecifes.	1	Noreste
C. de Areco	36	Arroyos del NW de Buenos Aires	3	Salado-Vallimanca
Junín	48	Cuenca del Río Salado	1	Noreste
Chacabuco	48	Cuenca del Río Salado	3	Salado-Vallimanca
Laprida	48	Cuenca del Río Salado	9	Interserrana-periserrana
Lincoln	48	Cuenca del Río Salado	9	Interserrana-periserrana
25 de Mayo	48	Cuenca del Río Salado	2	Noroeste
Gral Lamadrid	48	Cuenca del Río Salado	9	Interserrana-periserrana
Balcarce	50	SE de Buenos Aires	8	Serrana-periserrana
Lobería	51	Sur de Buenos Aires	9	Interserrana-periserrana
Necochea	51	Sur de Buenos Aires	9	Interserrana-periserrana
Alvarado	51	Sur de Buenos Aires	9	Interserrana-periserrana
Cnel. Suárez	98	Lagunar del SW de Buenos Aires	9	Interserrana-periserrana
Guaminí	98	Lagunar del SW de Buenos Aires	9	Interserrana-periserrana

(\*) Según Auge (2004)

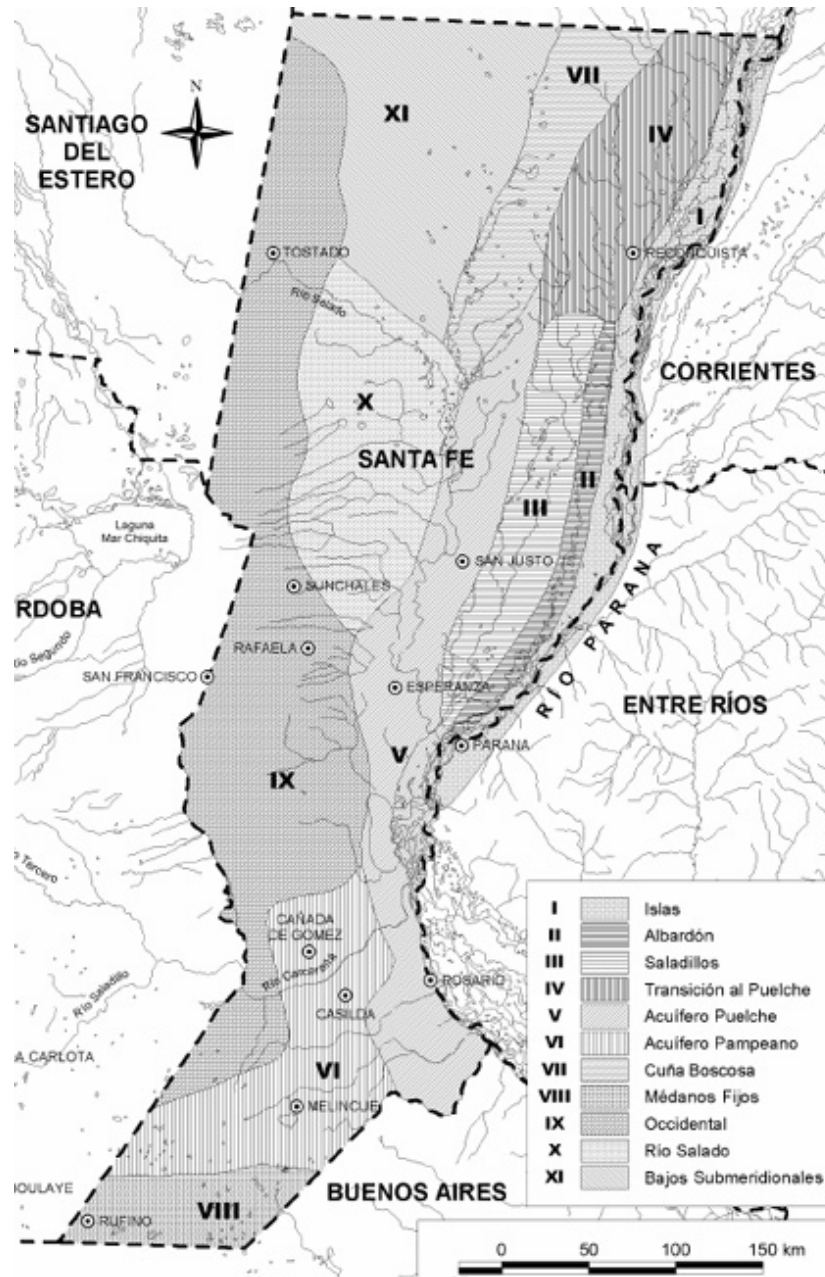


Figura 7.1.3. Ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Santa Fe. Fuente: Auge (2004)

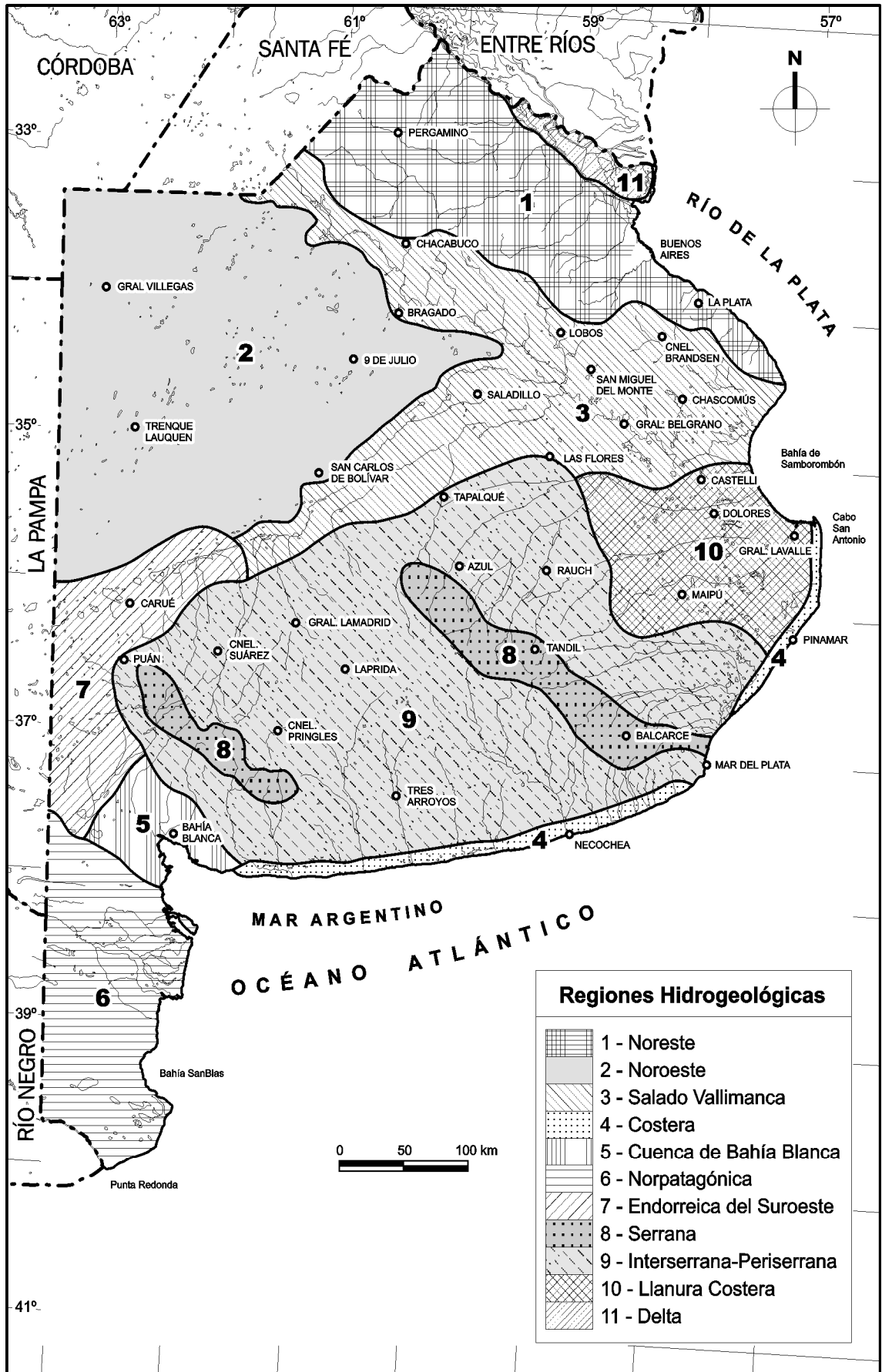


Figura 7.1.4. Regiones hidrogeológicas de la Pcia. de Buenos Aires. Fuente: González (2005)



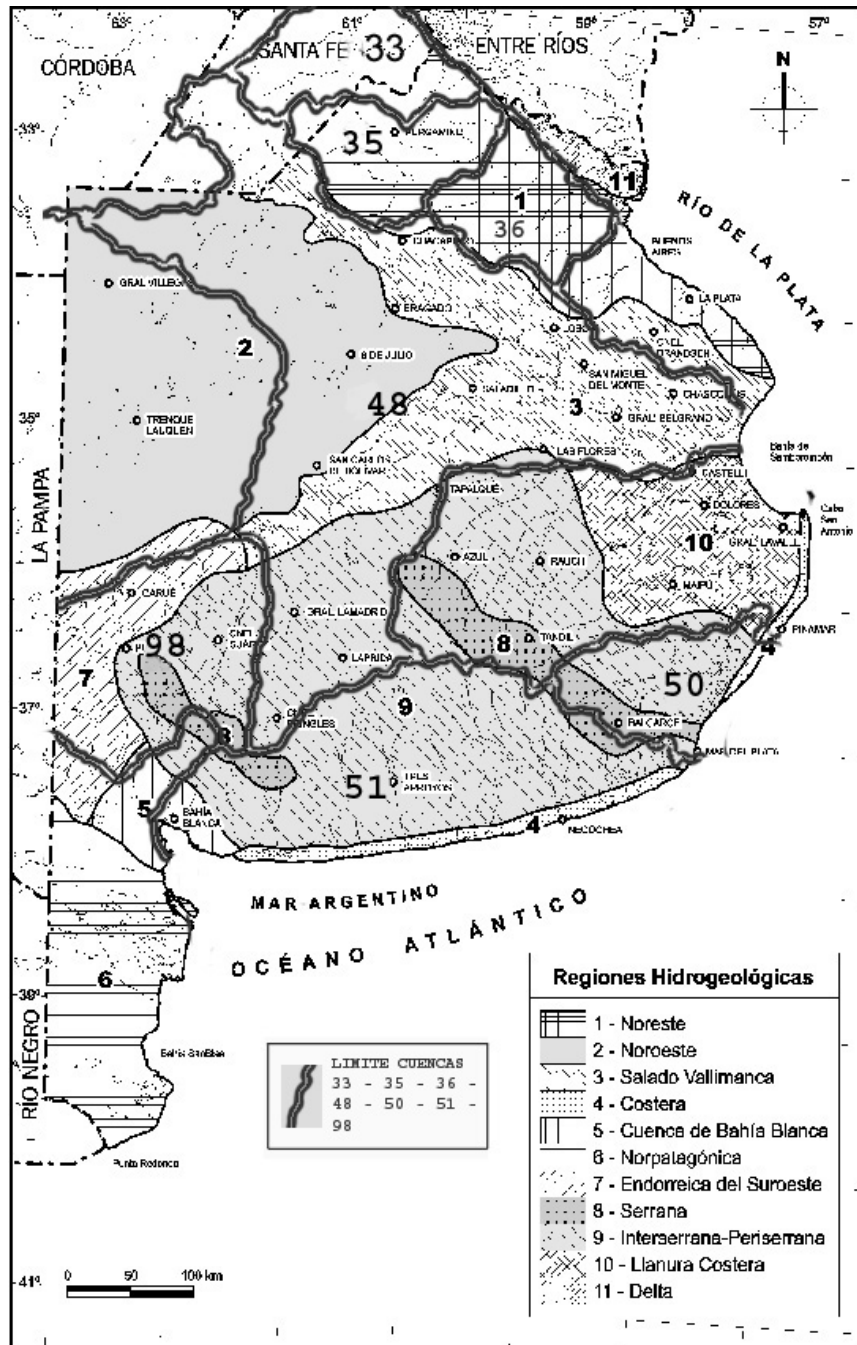


Figura 7.1.5. Delimitación de las cuencas hídricas superficiales y las regiones hidrogeológicas.

Los principales acuíferos sometidos a explotación para riego son contenidos en las unidades geológicas postpampeano, pampeano y arenas puelches. La unidad postpampeano está representada por formaciones jóvenes que dan lugar a acuíferos libres (capa freática), consecuentemente ubicados a continuación del estrato edafizado, cercanos a la superficie y poco potentes, de escaso espesor, productores de bajos caudales.

El Acuífero Pampeano, de espesores entre 0 y 120 m, litológicamente está constituido por limos loessoides, limos arenosos, limos arcillosos y calcáreos, de origen eolo-fluviales. En su fracción superior se comporta como acuífero libre, con baja productividad y a mayor profundidad pasa a ser semilibre, alcanzando una moderada productividad, con caudales entre 60 y 120 m<sup>3</sup>/h, con salinidades de 0,5 a 2 g/l de concentración.

El Acuífero Puelche está formado por arenas sueltas medianas y finas, de color amarillento a blanquecino, de origen fluvial, presenta espesores entre 10 y 50 m, con comportamiento semiconfinado, de mediana a alta productividad, permitiendo caudales entre 30 y 150 m<sup>3</sup>/h, con concentraciones salinas inferiores a 2 g/l en gran parte del territorio.

Para caracterizar el tipo de aguas disponibles para riego, se utilizó el Diagrama de Clasificación de la Aptitud Agrícola del US Salinity Lab. (Richards ed.,1954) y los modelos de Bernardo (1995), atendiendo a sus atributos relativos a practicidad, sencillez y difusión generalizada, aunque se asume que en las regiones húmedas, pierde efectividad para pronosticar la peligrosidad de salinización y sodificación de los suelos regados, aspecto muy importante que se discute a la luz de los datos registrados en esta tesis y que constituye una de sus conclusiones relevantes, coincidente con lo reportado por los principales investigadores que han trabajado sobre el tema en la región, como Costa, 1999 y Marano et al, 2000. También se clasificaron las aguas mediante los métodos de Ayers y Westcot (1989) y del Proyecto IPG-INTA (1998).

Los datos analíticos y la clase de aptitud para riego de las aguas estudiadas figuran en los Cuadros B1 y B2 del Anexo.

Los valores conjugados de CE<sub>a</sub> y RAS<sub>a</sub> se graficaron en la Figura 7.1.6. El valor medio de los indicadores del grado y tipo de mineralización de las aguas utilizadas fue pH = 7,72; CE<sub>a</sub> = 1,15 dS/m; RAS<sub>a</sub> = 12,83 y CSR = 8,74 me/l.

En la Figura 7.1.7. se pueden observar las frecuencias de ocurrencia de las clases de calidad de agua en las distintas cuencas hídricas. De las 66 aguas consideradas, más del 33 % correspondieron a la clase C3S2, siguiéndole la clase C3S4 con casi el 26% y la clase C3S3 con aproximadamente un 21 %. Más del 86% corresponde a la subclase C3 de salinidad, entre 0,75 y 2,25 dS/m de CE<sub>a</sub>. Esta distribución no es representativa de la calidad de las aguas utilizadas en riego complementario en la región, sino de las consideradas en este estudio, donde se enfatizó el análisis del impacto en el suelo de las aguas de menor calidad.

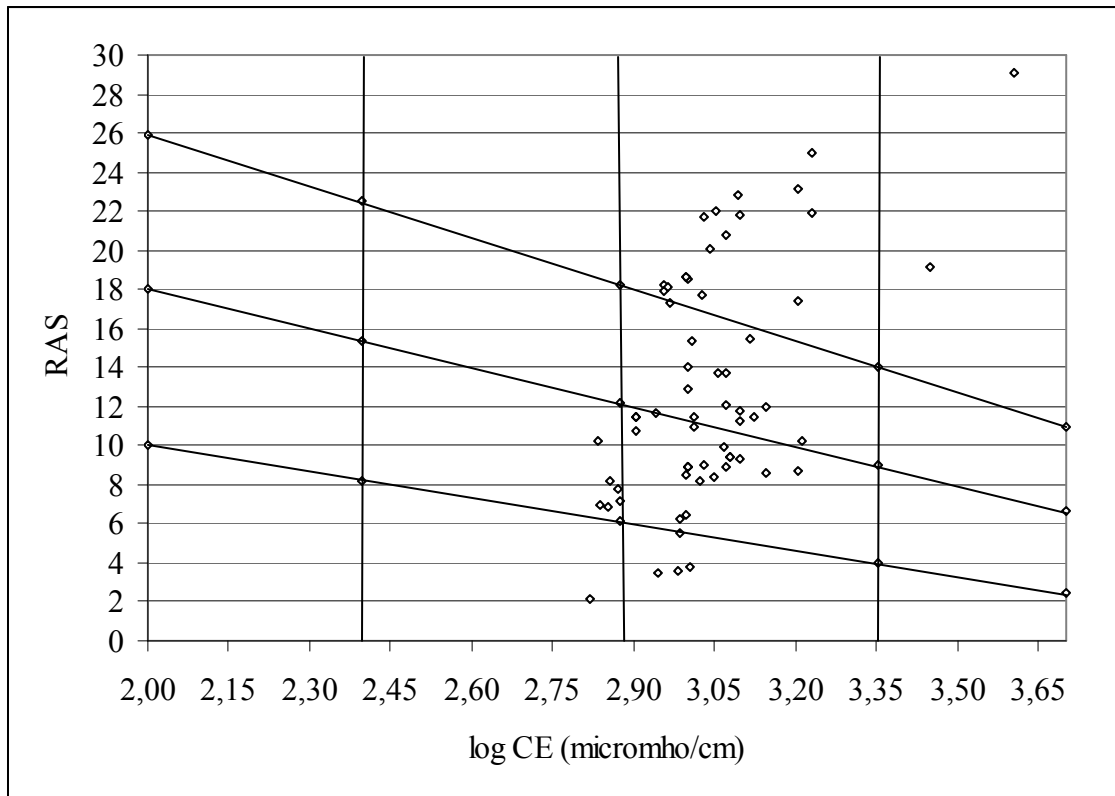


Figura 7.1.6. Ubicación de los datos analíticos de las aguas en el diagrama del US Salinity Lab., modificado por Génova.

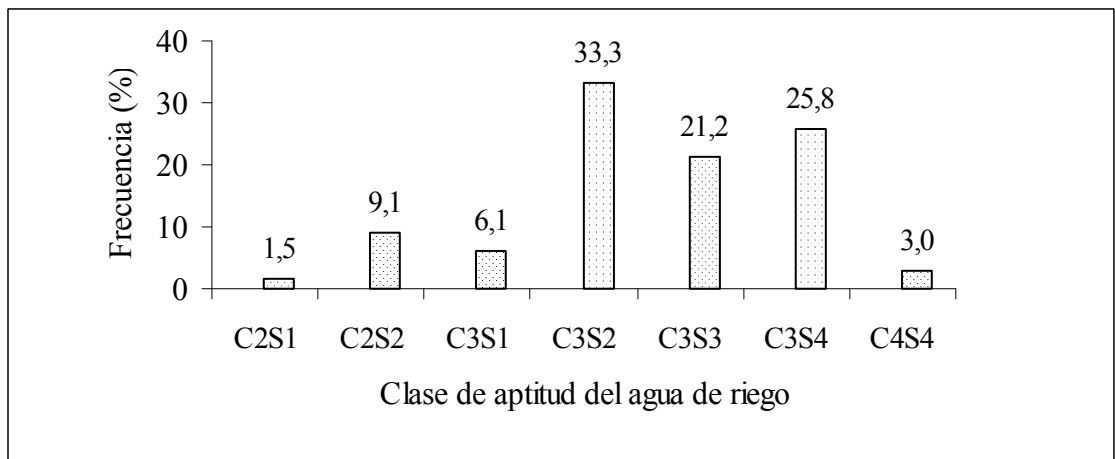


Figura 7.1.7. Frecuencia de ocurrencia de las clases de aptitud de las aguas de riego en el territorio estudiado

En el Cuadro 7.1.3. constan las clasificaciones de la calidad de las aguas involucradas en este trabajo, elaboradas con los métodos del US Salinity Lab. (Richards. Ed.,1954) y de Ayers y Wescot (1989), propuesto por la FAO y en el Cuadro 7.1.4. elaborada con el método del Proy. IPG-INTA (1998)

**Cuadro 7.1.3. Clasificación de calidad para riego de las aguas utilizadas. Métodos del US Salinity Lab. y de la FAO.**

Código de cuenca	Método de clasificación.				
	CEa (dS/m)	RAS	U.S. Salinity Lab. (1954)	Directrices FAO	
			Clase de aptitud	Grado de restricción de uso Por sales	Por sodio
<b>33</b>	0,75	7,20	C2S2	L a M	L a M
	1,02	15,40	C3S3	L a M	S
	1,22	20,45	C3S4	L a M	S
<b>35</b>	0,72	8,20	C2S2	L a M	L a M
	0,96	3,60	C3S1	L a M	L a M
	0,98	10,38	C3S2	L a M	L a M
	1,20	12,45	C3S3	L a M	S
<b>36</b>	0,70	6,95	C2S2	L a M	L a M
	0,93	9,78	C3S2	L a M	L a M
<b>48</b>	0,66	2,20	C2S1	N	L a M
	0,68	10,20	C2S2	N	L a M
	0,97	5,50	C3S1	L a M	L a M
	1,19	7,78	C3S2	L a M	L a M
<b>50</b>	1,00	14,00	C3S3	L a M	S
	1,10	20,06	C3S4	L a M	S
<b>51</b>	1,10	20,06	C3S3	L a M	S
	3,40	24,10	C4S4	S	L a M
<b>98</b>	0,75	7,83	C2S2	L a M	L a M
	0,95	3,65	C3S1	L a M	L a M
	1,11	9,05	C3S2	L a M	L a M
	1,25	11,97	C3S3	L a M	L a M

Referencias:

- N = ningún grado de restricción al uso.  
L a M = ligero a moderado grado de restricción al uso.  
S = grado severo de restricción al uso.

**Cuadro 7.1.4. Clasificación de calidad para riego de las aguas utilizadas. Método propuesto por el Proyecto IPG-INTA.**

Código de cuenca	CEa (dS/m)	RAS	Directrices IPG-INTA	
			Uso del agua Por sales	Por sodio
33	0,75	7,20	S	A
	1,02	15,40	S	D
	1,22	20,45	S	AR
35	0,72	8,20	S	A
	0,96	3,60	S	A
	0,98	10,38	S	A
	1,20	12,45	S	A
36	0,70	6,95	S	A
	0,93	9,78	S	A
48	0,66	2,20	S	A
	0,68	10,20	S	A
	0,97	5,50	S	A
	1,19	7,78	S	A
50	1,00	14,00	S	D
	1,10	20,06	S	AR
51	1,10	20,06	S	AR
	3,40	24,10	D	AR
98	0,75	7,83	S	A
	0,95	3,65	S	A
	1,11	9,05	S	A
	1,25	11,97	S	A

**Referencias**

- S = uso seguro respecto a la salinidad
- D = uso dudoso respecto a la salinidad
- NR = uso no recomendable respecto a la salinidad
- A = uso aceptable respecto a la sodicidad
- D = uso dudoso respecto a la sodicidad
- AR = uso de alto riesgo respecto a la sodicidad

Es muy interesante la propuesta de evaluación de la calidad del agua para riego suplementario por parte del Proyecto IPG-INTA (1998), basada en el análisis conjunto de la naturaleza química del agua, de las propiedades del suelo, de las características climáticas zonales y de la lámina de riego aplicada, confrontados con la respuesta de los principales cultivos extensivos regados. Aunque los estudios que fundamentaron la propuesta abarcaron solo tres años de actividad del proyecto, tomando resultados experimentales, antecedentes de investigación y monitoreo de casos, no dispusieron de información de lotes regados más de 4 a 5 años y por lo tanto la propuesta se formuló como una aproximación de conocimiento sobre el tema.

Resulta promisorio cualificar la aptitud del agua en las condiciones reales de uso, atendiendo a los mecanismos de recuperación del suelo como el lavado y el intercambio catiónico, donde las precipitaciones y la capacidad de intercambio del suelo juegan un rol decisivo en los equilibrios salinos y sódicos. Por el lado de la evaluación de la calidad del agua referente a la salinidad, el límite máximo tolerado de 2 dS/m de  $CE_a$  para ser usadas en zonas húmedas, con lluvias otoñales que permiten lavar sales acumuladas en suelos con capa freática a más de 3 m de profundidad, coincide con los fundamentos del modelo conceptual de control de la salinidad de Génova (1993). Por el lado de la evaluación de la calidad del agua referente a la sodicidad, es muy clara la aceptación de aguas más sódicas para regar suelos con alto contenido de MO, de arcilla entre 25 y 26 % y CIC superior a 22 cmol/kg y requerimientos de riego entre 60 y 160 mm/año, que va disminuyendo a medida que los suelos tienen menor % MO y arcilla, menor CIC y zonas que requieren láminas más altas de riego, entre 150 y 200 mm/año.

No se considera pertinente comparar entre sí los resultados clasificatorios de la aptitud de las aguas utilizadas en el riego de los sitios estudiados, a partir de los tres métodos aplicados, ya que sólo el último es específico para las condiciones húmedas y la modalidad de riego complementario.

Las Figuras 7.2.1.2 a 7.2.7.2 presentes en el ítem siguiente, muestran la distribución de las frecuencias de las clases de aptitud de las aguas en cada cuenca. El agua más salina y sódica, clase C4S4, se encontró en la cuenca del sur de Buenos Aires. Con valores similares de salinidad y altos de sodio, en las cuencas del sudeste de Buenos Aires y del sudeste de Santa Fe dominaron las clases C3S4, con una presencia del 90 y 80%, respectivamente. En las cuencas del centro del territorio estudiado (del Río Arrecifes, del noreste de Buenos Aires y del Salado), la clase de calidad intermedia C3S2 fue la más frecuente. Las cuencas del Salado y del sudoeste de Buenos Aires presentaron la mayor variabilidad de calidad de aguas, pero mientras que en la primera se ubicaron las aguas con menor tenor salino y cantidad relativa de sodio, clase C2S1, en la segunda prevalecieron las aguas C3S3, siguiéndole la clase C3S2, que constituye la moda del conjunto muestral analizado.

## **7.2. Características agroclimáticas, edáficas e hidrogeológicas de las cuencas hídricas.**

Seguidamente se sintetizan las características del clima, suelos y aguas subterráneas de las cuencas hídricas. Los aspectos climáticos se trataron considerando la estadística de los datos meteorológicos (Serie 1961-90) de la Estación del Servicio Meteorológico Nacional más representativa de la cuenca, mientras que los aspectos edafológicos se refieren solamente a los sitios estudiados, a nivel de lote agrícola.

La utilización de distintos métodos para la estimación de la evapotranspiración, origina una discordancia entre los valores mensuales y anuales con que trabaja la Hidrogeología para efectuar balances hídricos (Método de Thornthwaite-Mather) y los valores diarios y mensuales de uso más generalizado en la Hidrología Agrícola para la programación de riegos (Método de Penman-Monteith). De esta manera, las cantidades anuales de evapotranspiración real, según Thornthwaite, son siempre menores a las correspondientes a la evaporación de referencia según Penman-Monteith, lo cual genera una inconsistencia en la estimación de excesos y déficit hídricos con solamente la generalización de formularlos mediante la diferencia entre el registro climático de las lluvias mensuales y la estimación de la evapotranspiración.

Desde el punto de vista hidrológico, las regiones húmedas implican balances hídricos positivos debido a que la  $P_p > E_t$ , sin embargo, en esas regiones húmedas, mediciones lisimétricas tanto de la  $E_{to}$  (la evapotranspiración de una gramínea en estado de pasto) como de la  $E_{tc}$  (la evapotranspiración de cultivos como maíz, trigo y soja), ajustan estrechamente con las estimaciones de la  $E_{to}$  mediante Penman-Monteith y de la  $E_{tc}$  a partir de valores del correspondiente  $k_c$  (coeficiente de cultivo específico), pero la sumatoria anual de la  $E_{to}$  supera los registros de  $P_p$ .

Los aspectos hidrogeológicos se abordaron de la siguiente manera: por un lado se describen las características hidráulicas, hidrodinámicas e hidrogeoquímicas de los acuíferos explotados para riego, zonificados en ambientes y regiones hidrogeológicas coincidentes total o parcialmente con las cuencas hídricas superficiales, y por otro lado, se enfatiza, dentro de la hidrogeoquímica, en la aptitud agrícola de las aguas alumbradas por las perforaciones usadas para regar los sitios estudiados.

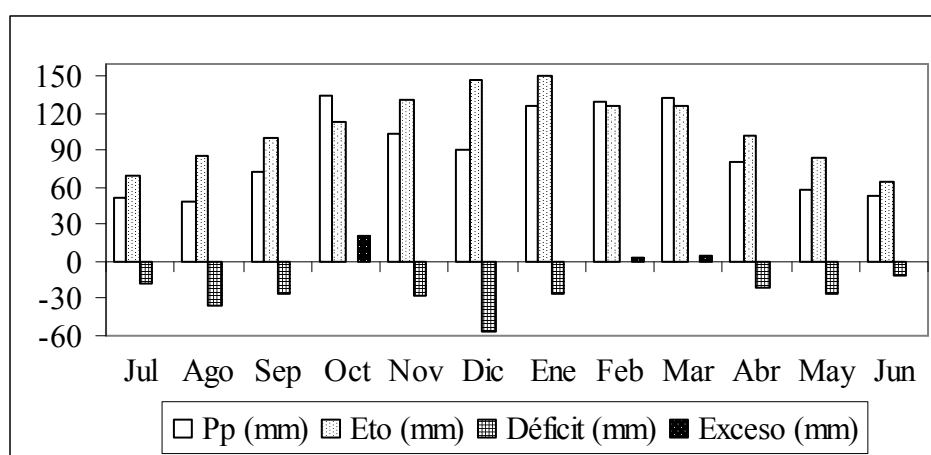
### **7.2.1. Cuenca de Arroyos del SE de Santa Fe y Norte de Buenos Aires. N° de código 33.**

Tiene un área aproximada de 13.000 km<sup>2</sup> y las localidades más cercanas a las estancias estudiadas son Carmen, Elortondo, Hughes y Santa Emilia, todas pertenecientes a la Pcia. de Santa Fe y San Pedro, Pcia. de Buenos Aires.

Las principales variables meteorológicas presentan los valores medios de la Estación Meteorológica de San Pedro (Cuadro 7.2.1). La precipitación total anual es de 1079,4 mm y la  $E_{to}$  anual es de 1300,9 mm.

**Cuadro 7.2.1. Variables climáticas. Estación meteorológica San Pedro. Serie 1961-90.**

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
T máx (°C)	30,4	28,9	26,7	23,1	19,6	15,3	16,0	17,5	20,3	22,8	26,1	29,3	23,0
T mín (°C)	17,6	16,8	15,1	11,5	8,6	5,5	6,1	6,2	8,2	11,1	13,8	16,4	11,4
HR (%)	67,7	73,0	76,7	79,3	82,0	83,0	83,0	77,0	73,3	73,7	68,7	65,0	75,2
Viento(km/h)	10,1	9,7	9,2	9,0	9,7	10,2	10,4	10,7	12,1	12,0	11,4	10,7	10,4
Viento(km/d)	242	232	222	217	232	244	250	258	290	288	274	256	250
Helióf. relat.	66,3	65,0	62,7	60,7	53,7	48,7	50,0	55,0	56,7	56,3	66,3	63,0	58,7
Precip. (mm)	125,4	129,8	132,1	80,6	57,7	52,8	51,6	49,2	73,4	133,3	103,3	90,2	89,9
Eto (mm/d)	4,86	4,52	4,09	3,41	2,69	2,15	2,25	2,75	3,34	3,65	4,36	4,76	3,57
Eto (mm)	151	127	127	102	83,4	64,5	69,8	85,3	100	113	131	148	108,4



**Figura 7.2.1.1. Excesos y déficit hídricos mensuales en San Pedro.**

En la Fig. 7.2.1.1 se muestran los excesos y déficit hídricos mensuales, de los cuales se resaltan, durante la temporada de riego, el pequeño exceso en octubre, de alrededor de 20 mm y el importante déficit en diciembre, de más de 57 mm. El déficit acumulado en los meses de noviembre a enero supera los 110 mm.

Suelos.

Los lotes agrícolas estudiados presentan suelos Argiudoles vérticos (Serie Ramallo), Hapludoles típicos (Serie Santa Isabel) y (Serie Chovet). No se identificó la serie del suelo del lote ubicado en la Ea. Lamili.

El suelo de la Serie Ramallo se clasifica como Argiudol vértico, de clase I de capacidad de uso, medianamente ácido en superficie y con potente y pesado horizonte B2t. La descripción de los horizontes del perfil típico es la siguiente:

A11 (0-13cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en bloques subangulares finos débiles, duro en seco, friable en húmedo, raíces abundantes.



A12 (13-27 cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en bloques subangulares finos débiles, duro en seco, friable en húmedo, raíces abundantes.

B1 (27-40 cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en bloques subangulares medios moderados, barnices escasos, raíces abundantes.

B21t (40-76 cm) Textura arcillosa a arcillo limosa, estructura en prismas gruesos fuertes, muy firme en húmedo, barnices abundantes, raíces escasas, slickensides abundantes.

B22t (76-131 cm) Textura arcillo limosa a franco arcillo limosa, estructura en prismas gruesos moderados, barnices húmico-arcillosos abundantes, slickensides escasos.

B3 (131-198 cm) y C (198-220 cm).

Los principales datos analíticos de los primeros cuatro horizontes son:

Serie	Ramallo				
	Horizonte	A11	A12	B1	B21t
Profundidad(cm)	0-13	13-27	27-40	40-76	
Materia orgánica %	4,31	2,93	1,72	1,3	
Arcilla (%)	28,9	31,7	34,1	56,5	
Limo (%)	66,4	64,2	61,4	39,6	
Arena (%)	4,7	4,1	4,5	3,9	
pH (1:2,5)	5,9	6,3	6,4	6,9	
Cationes intercambiables					
Ca (me/100 g)	14,9	15,6	14,8	26,5	
Mg (me/100 g)	3,0	3,4	3,2	6,2	
Na (me/100 g)	0,4	0,4	0,6	0,8	
K (me/100 g)	1,8	1,5	1,2	2,0	
H (me/100 g)	9,3	7,9	6,0	7,6	
C.I.C. (me/100 g)	24,4	25,1	23,1	38,5	
CEex (dS/m)	s/d	s/d	s/d	s/d	
PSI (%)	1,63	1,59	2,59	2,0	

El suelo de la Serie Santa Isabel es un Hapludol típico, profundo, bien drenado, liviano y de escaso desarrollo, que pertenece a la clase I de capacidad de uso. La descripción de los horizontes del perfil típico es la siguiente:

Ap (0-20cm) franco, estructura granular fina débil. Muy friable.

A1 (20-36 cm) franco, estructura granular fina débil, muy friable.

B2 (36-67 cm) franco, estructura en prismas gruesos y medios débiles.

B3 (67-98 cm) franco, estructura en bloques subangulares medios, débiles, friable.

Los principales datos analíticos de los primeros cuatro horizontes son:

Serie	Santa Isabel				
	Horizonte	Ap	A1	B2	B3
Profundidad(cm)	0-20	20-36	36- 67	67-98	
Materia orgánica %	2,20	1,56	1,01	0,36	
Arcilla (%)	16,0	23,9	21,7	16,8	
Limo (%)	43,1	39,0	39,5	43	
Arena (%)	41,1	37,1	38,8	40,2	
pH (1:2,5)	6,6	6,9	7,0	7,6	
Cationes intercambiables					
Ca (me/100 g)	9,1	10,7	9,7	8,7	
Mg (me/100 g)	2,2	3,3	4,4	5,3	
Na (me/100 g)	0,3	0,9	0,4	0,4	
K (me/100 g)	1,8	1,8	1,3	1,0	
H (me/100 g)	4,4	4,2	3,4	3,1	
C.I.C. (me/100 g)	15,0	18,8	16,5	16,1	
CEex (dS/m)	s/d	s/d	s/d	s/d	
PSI (%)	2,00	4,78	2,42	2,48	

Agua subterránea: Las perforaciones utilizadas se ubican en el ambiente hidrogeológico denominado por Auge (2004) Acuífero Pampeano, captando aguas del acuífero homónimo, formado por limos arenosos y arcillosos castaños (Loess pampeano) intercalado por sedimentos calcáreos, ubicados entre los 35 y 80 m de profundidad. En su sección superior actúa libre y semilibre en la inferior, por debajo de los 50 m de profundidad. Los caudales de explotación son escasos, menores de 80 m<sup>3</sup>/h. Las concentraciones salinas son entre 0,7 y 2,5 g/l, que equivalen aproximadamente a una CE de 1,1 a 3,9 dS/m. En las localidades santafesinas, las aguas subterráneas fueron todas de RAS elevado, de clase C3S4 según el US Salinity Lab., con severo grado de restricción a su uso según la FAO (1989), debido a que la CE<sub>a</sub> no mantiene una adecuada relación con la RAS. El agua de San Pedro es de excelente calidad. En la Fig. 7.2.1.2. se ve la distribución de frecuencias de clases de agua.

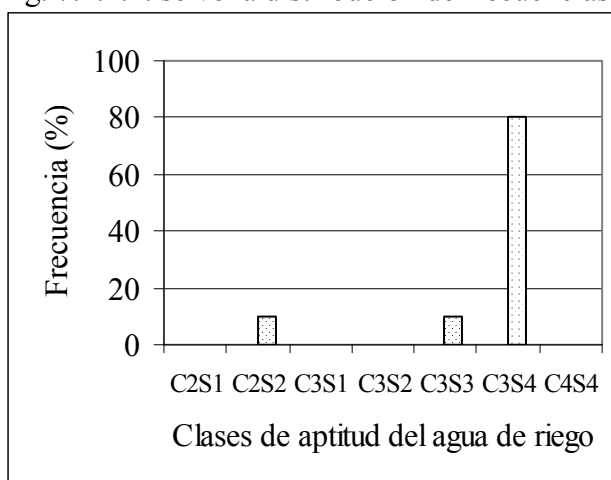


Figura 7.2.1.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 33.

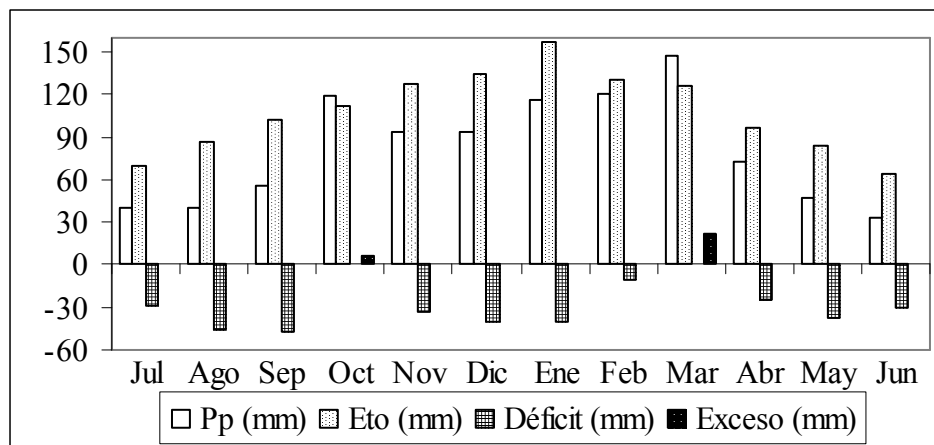
### 7.2.2. Cuenca del Río Arrecifes. N° de código 35.

Con un área de alrededor de 10.700 km<sup>2</sup>, las localidades cercanas a los sitios estudiados son Colón, Pergamino, Rojas y Salto. Los valores medios climáticos de la Estación Meteorológica Pergamino constan en el Cuadro 7.2.2.1, con lluvias anuales de 979,1 mm y una Eto acumulada de 1.291 mm en el año.

**Cuadro 7.2.2.1. Variables climáticas. Estación meteorológica Pergamino. Serie 1961-90.**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
T máx (°C)	30,4	29,2	26,5	23,2	19,7	14,3	15,5	17,4	19,8	22,4	25,7	29,2	22,78
T mín (°C)	16,6	16,0	13,9	10,5	7,6	4,3	4,8	5,1	6,8	9,9	12,7	15,4	10,31
HR (%)	65,3	71,0	76,0	78,0	80,3	81,0	81,7	75,7	71,3	73,7	69,0	64,7	73,97
Viento(km/h)	10,8	9,6	9,8	9,0	10,1	10,6	11,5	12,0	13,5	13,4	12,0	11,3	11,14
Viento(km/d)	260	230	235	217	242	255	275	288	324	322	289	270	267
Heliof. relat.	68,7	68,3	62,0	61,7	54,0	49,7	50,7	56,3	59,0	57,3	64,3	65,0	59,75
Precip. (mm)	116,0	121,1	147,0	72,8	46,5	33,6	40,3	40,0	55,0	119,1	94,4	93,3	81,59
Eto (mm/d)	5,05	4,68	4,06	3,24	2,71	2,14	2,24	2,79	3,41	3,62	4,26	4,32	3,54
Eto (mm)	157	131	126	97,2	84	64,2	69,4	86,5	102	112	128	134	107,6

La Figura 7.2.2.1 muestra la evolución anual de las diferencias entre las principales entradas y salidas de agua, con un déficit acumulado entre noviembre y febrero de 125 mm y excesos casi 7 mm en octubre y 21,2 mm en marzo.



**Figura 7.2.2.1. Excesos y déficit hídricos mensuales en Pergamino.**

En el Cuadro 7.2.2.2 constan los datos de las tres Estaciones Meteorológicas de mayor influencia, con los cuales se clasificó climáticamente la cuenca aplicando la Koppen's Climate Classification (1997) que correspondió a la clase Cf, aludiendo a una región con clima cálido-templado (mesotermal), lluvioso, con inviernos suaves, temperatura media del mes más frío entre 18 °C y - 3 °C y temperatura media del mes más cálido mayor a 10 °C, sin estación seca y mes más seco de verano, con lluvias mayores a 30 mm. Las precipitaciones son de tipo isohigro con mayor concentración en la época cálida.

**Cuadro 7.2.2.2. Variables climáticas para la Clasificación de Koeppen.**

Localidad	Temp. media de enero ° C	Temp. media de junio ° C	Precipitación media anual mm
Junín	23,5	8,3	82,2
Pergamino	24,3	8,6	82,4
San Pedro	24,4	9,2	89,6

Suelos : todos los suelos de los lotes estudiados son Argiudoles típicos, clasificados con la clase I de capacidad de uso y corresponden a las Series Arroyo Dulce, Pergamino, Rojas y Urquiza. La Serie Arroyo Dulce presenta la siguiente descripción de su perfil típico:

Ap (0-14cm) Textura franco limosa, estructura granular muy fina débil, friable en húmedo y raíces abundantes.

A12 (14-34cm) Textura francolimosa, estructura granular fina débil, friable en húmedo y raíces comunes.

A3 (34-45cm) Textura franco limosa a franco arcillo limosa, estructura granular fina débil, friable en húmedo y raíces escasas.

B1 (45-58cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en bloques subangulares medios moderados, friable en húmedo, ligeramente plástico y adhesivo, raíces escasas.

B21t (58-77cm) Textura arcillo limosa a franco arcillo limosa, estructura en prismas medios y gruesos moderados que rompe en bloques angulares, firme en húmedo, muy plástico y muy adhesivo. B22t (77-97 cm), B3(97-140) y C(140-220). Los datos analíticos de los primeros cinco horizontes son :

Serie	Arroyo Dulce					
	Horizonte	Ap	A12	A3	B1	B21t
	Profundidad(cm)	0-14	14-34	34-45	45-58	58-77
Materia orgánica %		3,89	3,31	1,58	0,93	0,88
Arcilla (%)		20,6	24,6	26,8	32,4	39,8
Limo (%)		63,9	62,6	57,9	53,2	48,2
Arena (%)		15,5	12,8	15,3	14,4	12,0
pH (1:2,5)		6,2	6,2	6,5	6,6	6,7
Cationes intercambiables						
Ca (me/100 g)		16,1	14,8	11,7	11,1	17,3
Mg (me/100 g)		2,2	2,4	2,8	3,8	5,5
Na (me/100 g)		0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
K (me/100 g)		2,1	1,5	1,2	0,9	1,5
H (me/100 g)		6,2	7,0	5,5	5,1	6,2
C.I.C. (me/100 g)		22,8	22,3	20,5	19,4	28,5
CEex (dS/m)		s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
PSI (%)		1,75	2,24	2,43	2,57	1,75

El suelo de la Serie Pergamino tiene un horizonte B2t fuertemente textural , que con menos del 1% de pendiente no presentan prácticamente limitaciones en su uso, pero con pendientes mayores, se debe prevenir el peligro de erosión. Es un suelo profundo y bien drenado de las lomas y planos altos suavemente ondulados. La capa arable hasta unos 25 o 30 cm de profundidad es granular de textura franco limosa, pasando gradualmente a otro horizonte más arcilloso (B2t) que se extiende desde los 35 o 40 cm hasta más o menos un metro, presentando abundantes barnices en las caras de los agregados. La descripción de su perfil típico es:

Ap (0-13cm) Textura franco limosa, estructura en bloques subangulares finos que rompe en gránulos, friable en húmedo y raíces muy abundantes.

A12 (13-25 cm) Textura franco limosa, estructura en bloques angulares medios fuertes, firme en húmedo y raíces comunes.

B1 (25-34 cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en bloques subangulares medios fuertes, friable en húmedo, barnices escasos y raíces escasas.

B21t (34-75 cm) Textura arcillo limosa, estructura en prismas fuertes que rompe en bloques angulares medios, firme en húmedo y barnices abundantes.

B22t (75-95cm), B3 (95-160 cm) y C (160-200 cm).

Los datos analíticos de los primeros cuatro horizontes son :

Serie	Pergamino				
	Horizonte	Ap	A1	B1	B21t
	Profundidad(cm)	0-13	13-25	25-34	34-75
Materia orgánica %		2,93	2,58	1,46	1,12
Arcilla (%)		22,7	22,8	30,3	43,5
Limo (%)		64,8	65,1	56,8	47,5
Arena (%)		12,5	12,1	12,9	9,0
pH (1:2,5)		5,9	6,1	6,2	6,3
Cationes intercambiables					
Ca (me/100 g)		12,5	12,9	11,8	19,3
Mg (me/100 g)		3,1	3,3	3,5	5,8
Na (me/100 g)		0,6	0,5	0,6	0,6
K (me/100 g)		1,6	1,2	1,2	2,4
H (me/100 g)		7,8	6,8	5,8	6,0
C.I.C. (me/100 g)		21,1	20,3	18,6	32,0
CEex (dS/m)		s/d	s/d	s/d	s/d
PSI (%)		2,84	2,46	3,22	1,87

El suelo de la Serie Rojas se asemeja a las serie Arroyo Dulce, pero se diferencia por ser más liviana, presentar un horizonte B textural menos ancho y por haberse desarrollado sobre un loess más arenoso. La descripción del perfil típico es la siguiente:

Ap (0-14cm) Textura franco limosa, estructura en bloques subangulares medios moderados que rompe a granular, friable en húmedo, raíces abundantes.

A12 (14-30 cm) Textura franco limosa a franco, estructura en bloques subangulares medios moderados que rompe a granular, friable en húmedo, raíces abundantes.

B1 (30-39 cm) Textura franco limosa franco arcillo limosa, estructura en bloques subangulares medios débiles, friable en húmedo, raíces comunes.

B21t (39-60 cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en prismas débiles que rompe en bloques angulares medios moderados, barnices abundantes, raíces escasas.

B22t (60-82 cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en prismas débiles que rompe en bloques angulares medios y finos débiles, barnices húmico arcillosos escasos.

B3 (82-104 cm y C (104-210 cm)

Los datos analíticos de los primeros cuatro horizontes son:

Serie	Rojas			
	Horizonte	Ap	A12	B1
Profundidad(cm)	0-14	14-30	30-39	39-60
Materia orgánica %	3,44	2,93	1,03	0,77
Arcilla (%)	23,9	23,8	31,6	31,5
Limo (%)	58,6	56,8	51,4	48,8
Arena (%)	17,5	19,4	17,0	19,7
pH (1:2,5)	6,0	6,1	6,3	6,4
Cationes intercambiables				
Ca (me/100 g)	15,2	15,2	14,6	13,8
Mg (me/100 g)	1,9	1,0	3,4	4,1
Na (me/100 g)	0,3	0,2	0,2	0,2
K (me/100 g)	2,3	1,6	1,2	1,5
H (me/100 g)	6,1	6,4	5,2	4,1
C.I.C. (me/100 g)	21,6	20,2	21,5	22
CEex (dS/m)	s/d	s/d	s/d	s/d
PSI (%)	1,38	1,0	0,93	0,9

El suelo de la Serie Urquiza es bien drenado, ocupa los planos altos del relieve, son algo pesados, característica que lo distingue de los otros suelos estudiados de la cuenca, ya que el horizonte arcilloso es apreciablemente más potente. La descripción del perfil típico es el siguiente:

Ap (0-14cm) Textura franco limosa a franco arcillo limosa, estructura granular media moderada, raíces abundantes.

A12 (14-28 cm) Textura franco limosa a franco arcillo limosa, estructura en bloques subangulares medios moderados que rompe a granular, raíces abundantes.

B1 (28-38 cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en bloques subangulares medios moderados, raíces comunes.

B21t (38-70 cm) Textura arcillo limosa, estructura en prismas medios moderados, barnices húmico-arcillosos abundantes, raíces escasas.

B22t (70-100 cm) Textura arcillo limosa, estructura en prismas medios moderados, friable en húmedo, barnices húmico-arcillosos abundantes, raíces escasas.

B23t (100-120 cm), B31 (120-180 cm), B32 (180-220 cm) y C (220-250 cm)

Los datos analíticos de los primeros cuatro horizontes son:

Serie	Urquiza				
	Horizonte	Ap	A12	B1	B21t
	Profundidad(cm)	0-14	14-28	28-38	38-70
Materia orgánica %		3,44	2,75	1,89	1,20
Arcilla (%)		26,4	26	31,7	43,2
Limo (%)		66	66,5	60,4	50,5
Arena (%)		7,6	7,5	7,9	6,3
pH (1:2,5)		5,4	5,5	5,5	6,0
Cationes intercambiables					
Ca (me/100 g)		11,0	11,0	11,0	16,0
Mg (me/100 g)		3,3	3,8	3,6	6,0
Na (me/100 g)		0,3	0,5	0,4	0,7
K (me/100 g)		2,5	1,4	0,9	1,5
H (me/100 g)		6,8	6,6	6,2	6,6
C.I.C. (me/100 g)		21,4	20,8	19,7	27,6
CEx (dS/m)		s/d	s/d	s/d	s/d
PSI (%)		1,4	2,4	2,0	2,53

Agua subterránea.

Los pozos utilizados para el riego de los sitios estudiados se ubicaron en las inmediaciones de Colón, Pergamino, Rojas y Salto, que corresponden a la región hidrogeológica Noreste, donde los principales acuíferos son el Pampeano y el Puelche.

La Formación Pampeano presenta un espesor máximo en Colón de 120 m y va disminuyendo en dirección sur y sureste con concentraciones salinas menores al límite de potabilidad (2 g/l), en la mayor parte menores a 1 g/l (aproximadamente  $CE_a = 1,5$  dS/m). En su sección superior tiene comportamiento libre (capa freática) y cuando aumenta su profundidad constituye capas semilibres, normalmente debajo de los 50 m. Los ríos y

arroyos principales son efluentes, por lo tanto constituyen las vías de descarga del agua subterránea, mientras que la recarga es por infiltración de la lluvia, por lo que el acuífero Pampeano es la vía de tránsito hidráulico al Acuífero Puelche subyacente. Cuando es aprovechado para riego, los pozos son de 14 a 20 pulgadas de diámetro y los caudales no superan los 120 m<sup>3</sup>/h, con la particularidad que debido a la estabilidad de los sedimentos loessicos pampeanos, en los pozos generalmente no se colocan entubamientos, resultando su construcción de un costo ostensiblemente menor que cuando se requiere entubado con caños ciegos y filtros y engravado, pero a cambio no ofrecen protección sanitaria para el acceso de contaminantes desde superficie

La Formación Arenas Puelches subyacen al Pampeano y litológicamente, según Auge y Hernández (1984), son arenas cuarzosas, francas, sueltas, medianas y finas, de color amarillento a blanquecino, algo micáceas, tornándose algo arcillosas hacia la Cuenca del Salado y la Bahía de Samborombón. Se recarga desde el acuífero Pampeano por filtración vertical descendente, atravesando capas de baja permeabilidad, en los sitios donde el potencial hidráulico de este último es mayor, mientras que se descarga en el Acuífero Pampeano en los sitios donde se invierten los potenciales hidráulicos (Auge, 1986). La productividad del Puelche es muy variable, entre 30 y 150 m<sup>3</sup>/h, como la profundidad de su techo (15 m en San Pedro y 120 m en Colón) y su espesor (10 m en Zárate y 50 m en San Nicolás). Su salinidad es en esta región, generalmente menor a 2 g/l (3,1 dS/m), salvo en las cercanías de los ríos de la Plata y Paraná, donde supera los 2 g/l, llegando a los 20 g/l.

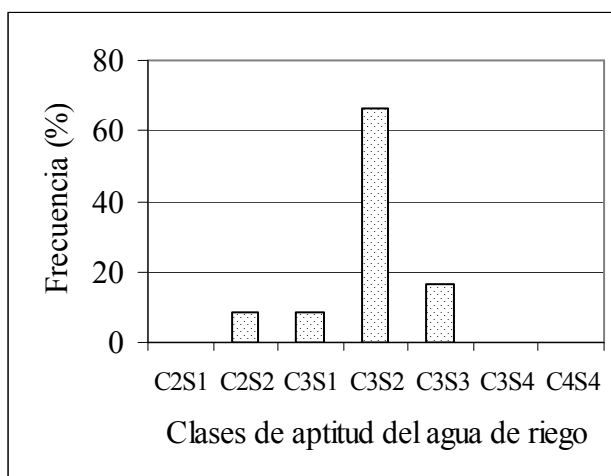
Existen debajo de la Fm. Puelches, hasta alcanzar el Basamento Hidrogeológico, las denominadas Fm. Paraná y Olivos, de espesores entre 50 y 300 m, con comportamientos hidráulicos acuícludo en la sección superior y acuífero en la inferior, en ambos casos. El Cuadro 7.2.2.3. muestra la síntesis de la configuración física de la Región Hidrogeológica Noreste.

**Cuadro 7.2.2.3. Configuración física del Sistema Hidrogeológico del Noreste.**

Unidad Geohidrológica	Litología	Comportamiento hidrogeológico
Postpampeano + Pampeano	Limos, arenas limosas, limos arcillosos. Conchillas.	Zona No Saturada Acuífero freático
Pampeano	Limos loessoides, limos finamente arenosos, calcáreos.	Acuífero freático Acuífero semilibre
Pampeano (inferior)	Limos arcillosos. Arcillas limosas	Acuitardo
Fm. Arenas Puelches	Arenas medianas a finas, ocasionalmente gruesas.	Acuífero semiconfinado
Fm. Paraná (superior)	Arenas verdes, verde-azuladas. Arenas medianas a finas.	Acuícludo Acuífero
Fm. Olivos (superior) Fm. Olivos (inferior)	Arenas rojizas Arenas medianas a gruesas, gravas basales.	Acuícludo Acuífero confinado
Basamento hidrogeológico	Basaltos. Granitos y gneisses.	Acuífugo



La mayoría de las aguas pertenecen a la clase modal C3S2. Según la FAO (1989) solamente un agua de clase C3S3 muestra un severo grado de restricción de uso por su elevado RAS y relativamente baja CE<sub>a</sub>. La distribución de frecuencias de ocurrencia de clases de aptitud se observa en la Fig. 7.2.2.2.



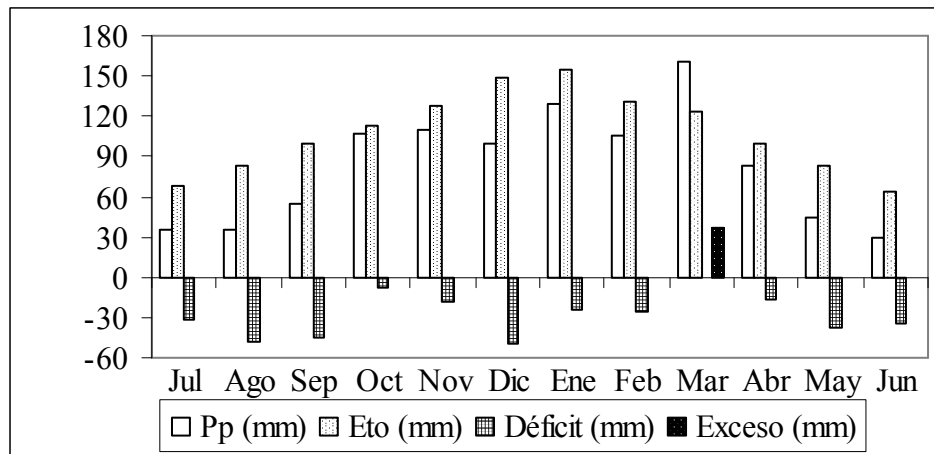
**Figura 7.2.2.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 35.**

### 7.2.3. Cuencas de Arroyos del NE de Buenos Aires. N° de código 36.

El área aproximada de esta cuenca es de 10.000 km<sup>2</sup> y los sitios estudiados son vecinos a las localidades de Carmen de Areco y Tres Sargentos. Para referir las características climáticas, se tomó la Estación Meteorológica de Junín, cuyos datos medios figuran en el Cuadro 7.2.3.

**Cuadro 7.2.3. Variables climáticas. Estación meteorológica Junín. Serie 1961-90.**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
T máx (°C)	30,2	28,9	26,2	22,7	19,0	15,1	15,1	17,0	19,5	22,1	25,6	28,9	22,5
T min (°C)	16,2	15,6	13,6	10,3	7,1	4,4	4,2	4,6	6,5	9,7	12,5	15,0	10,0
HR (%)	67,7	71,7	76,3	79,0	80,3	82,0	81,3	76,7	72,3	73,3	69,3	66,0	74,7
Viento(km/h)	12,5	11,1	10,8	9,9	10,3	10,7	12,4	12,7	14,1	14,1	13,8	13,6	12,2
Viento(km/d)	300	267	258	237	247	256	298	305	339	338	330	326	292
Heliof. relat.	66,0	66,7	59,7	59,0	52,7	46,3	48,3	54,7	56,7	59,0	62,3	61,3	57,7
Precip. (mm)	129,8	104,8	161,3	82,8	44,5	28,9	35,6	35,0	54,6	106,3	109,5	100,2	82,8
Eto (mm/d)	4,97	4,65	3,99	3,33	2,66	2,12	2,19	2,69	3,30	3,66	4,28	4,82	3,56
Eto (mm)	154,1	130,2	123,7	99,9	82,5	63,6	67,9	83,4	99,0	113,5	128,4	149,4	108,0



**Figura 7.2.3.1. Excesos y déficit hídricos mensuales de Junín.**

Las lluvias anuales alcanzan 993 mm y la Eto es de 1.295,5 mm. Se registran déficit hídricos en la mayoría de los meses durante la campaña de riego, acumulando de octubre a febrero de 125 mm, con un exceso en marzo de 37,6 mm (Figura 7.2.3.1).

#### Suelos.

El suelo estudiado pertenece a la Serie Gouin, clasificado como Argiudol típico, moderadamente bien drenado, que ocupa áreas planas a levemente deprimidas. El horizonte B2t es potente (70 a 80cm) con más de 40% de arcilla. Existe hidromorfismo expresado en forma de moteados o concreciones de hierro y manganeso. La descripción del perfil típico es:

A1 (0-25cm) Textura franco limosa a franco arcillo limosa, estructura en bloques subangulares medios moderados, muy friable en húmedo.

B1 (25-42 cm) Textura franco limosa, estructura en bloques subangulares medios moderados, friable en húmedo.

B21t (42-75 cm) Textura arcillo limosa, estructura en prismas regulares gruesos fuertes que rompe en prismas medios moderados, extremadamente duro en seco, muy friable en húmedo, abundantes barnices, comunes moteados finos, escasas concreciones de hierro y manganeso.

B22t (75-115 cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en prismas regulares medios moderados que rompe en prismas finos y bloques angulares, muy duro en seco, firme en húmedo, comunes barnices, comunes moteados medios, comunes concreciones de hierro y manganeso. B3 (115-170 cm) y C (170-200 cm). Los datos analíticos son:

Serie	Gouin			
	A1	B1	B21t	B22t
Horizonte	A1	B1	B21t	B22t
Profundidad(cm)	0-25	25-42	42-75	75-115
Materia orgánica %	3,67	1,31	0,63	0,38
Arcilla (%)	26,3	26,7	43,2	29,2
Limo (%)	64,0	65,8	48,5	61,8
Arena (%)	9,7	7,5	8,3	9,0
pH (1:2,5)	5,6	5,8	6,2	6,4
Cationes intercambiables				
Ca (me/100 g)	14,0	9,7	16,0	14,1
Mg (me/100 g)	3,3	2,2	6,2	7,1
Na (me/100 g)	0,3	0,3	0,5	0,5
K (me/100 g)	0,6	0,8	2,2	2,4
H (me/100 g)	10,7	7,4	11,2	8,8
C.I.C. (me/100 g)	22,8	16	24,9	27,2
CEex (dS/m)	s/d	s/d	s/d	s/d
PSI (%)	1,31	1,87	2,00	1,83

Agua subterránea.

Hidrogeológicamente, los sitios estudiados, cercanos a Carmen de Areco y Tres Sargentos, corresponden a la región Noreste, ya descrita. Todas las aguas de la cuenca pertenecen a clases de buena aptitud para riego, con ligero a moderado grado de restricción a su uso. Las frecuencias de ocurrencia se ven en la Fig. 7.2.3.2

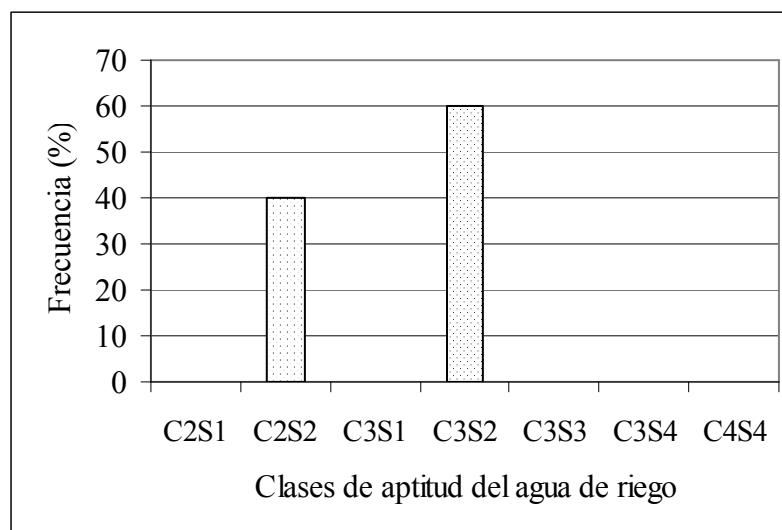


Figura 7.2.3.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 36.

#### 7.2.4. Cuenca del Río Salado de Buenos Aires. N° de código 48.

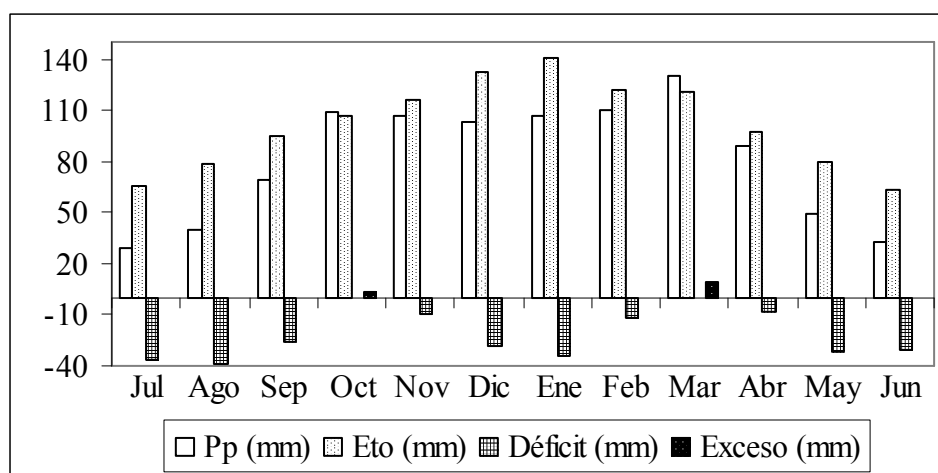
Las localidades cercanas a los sitios estudiados son Chacabuco, Gral. Lamadrid, Junín, Laprida, Lincoln y 25 de Mayo, comprendidas en un área de alrededor de 87.300 km<sup>2</sup>.

El Cuadro 7.2.4. contiene los datos correspondientes a la Estación Meteorológica de Bolívar, seleccionada para referir aspectos climáticos generales de la cuenca, aunque su amplio territorio presenta características geomorfológicas, edáficas, hídricas y de vegetación con una heterogeneidad que no permite extender la caracterización climática realizada, a toda la región.

En Bolívar, la precipitación y la Eto medias anuales alcanzan los 974,6 y 1.216,8 mm respectivamente y debido a la marcada homogeneidad del régimen de lluvias durante la temporada de riego, el déficit hídrico es el menor de los registrados en todas las cuencas consideradas, del orden de 83,4 mm entre noviembre y febrero, con pequeños excesos en octubre y marzo (Fig. 7.2.4.1).

**Cuadro 7.2.4. Variables climáticas. Estación meteorológica Bolivar. Serie 1961-90.**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
T máx (°C)	30,3	29,2	26,1	22,3	18,1	14,2	14,2	16,1	19,0	21,6	25,3	28,6	22,09
T mín (°C)	15,5	14,7	13,0	9,6	6,6	3,9	3,6	4,1	6,2	9,4	12,1	14,5	9,43
HR (%)	69,3	72,7	76,7	78,7	80,0	82,0	80,7	76,7	73,3	75,3	72,0	70,0	75,61
Viento(km/h)	6,9	6,5	6,5	5,7	5,4	5,9	6,4	7,1	8,0	8,0	7,8	8,1	6,86
Viento(km/d)	165,6	156,0	155,2	137,6	130,4	142,4	154,4	169,6	192,0	192,0	187,2	193,6	164,7
Heliof. relat.	70,0	67,0	63,0	60,0	54,0	50,0	48,0	53,0	58,0	62,0	64,0	66,0	59,6
Precip. (mm)	106,5	109,8	129,7	89,5	48,6	32,2	29,5	40,1	69,2	109,4	106,5	103,7	81,21
Eto (mm/d)	4,53	4,35	3,89	3,25	2,58	2,1	2,12	2,54	3,17	3,43	3,85	4,26	3,34
Eto (mm)	140	122	121	97,5	80	63,00	65,7	78,7	95,10	106	116	132	101,4



**Figura 7.2.4.1. Excesos y déficit hídricos mensuales de Bolívar.**

Suelos.

Los suelos estudiados en esta cuenca pertenecen a las Series Bragado, Chacabuco, Junín, La Colina, Laprida y Norumbega.

La Serie Bragado es un Hapludol típico que ocupa las posiciones de loma, con suelos bien drenados y limitaciones de uso debidas a una mediana retención de humedad, que los ubica en una capacidad de uso II-S. La descripción del perfil típico es:

A1 (0-25 cm) franco arcillo arenoso, estructura en bloques subangulares, medios moderados, friable en húmedo. Raíces abundantes.

B1 (25- 37 cm) franco arcillo arenoso. Bloques subangulares, medios, moderados a fuertes, friable en húmedo, raíces comunes.

B2 (37- 66 cm) franco arcillo arenoso, estructura en prismas regulares moderados a fuertes, que rompen a bloques subangulares medios, débiles. Duro en seco, firme en húmedo, raíces escasas.

B3 (66-97 cm) franco arcilloso, estructura en bloques subangulares gruesos moderados. ligeramente duro en seco, friable en húmedo, raíces escasas.

Los datos analíticos de la serie son los siguientes:

Serie	Bragado			
	Horizonte	A1/AP	B1	B2
Profundidad(cm)	0-28	28-35	40-60	79-90
Materia orgánica %	4,31	2,27	1,35	0,68
Arcilla (%)	23,6	26,0	27,0	23,4
Limo (%)	38,8	39,7	35,5	37,5
Arena (%)	37,6	34,3	37,5	39,1
pH (1:2,5)	6,7	6,6	6,8	6,8
Cationes intercambiables				
Ca (me/100 g)	10,6	9,5	8,5	8,4
Mg (me/100 g)	1,3	1,8	1,4	2,3
Na (me/100 g)	0,7	0,4	0,5	0,5
K (me/100 g)	2,5	2,6	2,4	1,5
H (me/100 g)	7,4	5,4	6,3	5,3
C.I.C. (me/100 g)	18,6	17,0	17,4	14,9
CEx (dS/m)	s/d	s/d	s/d	s/d
PSI (%)	3,76	2,35	2,87	3,35

La Serie Chacabuco se clasifica como Argiudol ácuico, con suelo moderadamente bien drenado, que ocupa áreas planas a ligeramente deprimidas. La capa arable (horizonte A1) está muy bien provista de materia orgánica y es de estructura granular. A partir del horizonte argílico (B2t) aparecen signos de hidromorfismo, con moteados y concreciones de hierro y manganeso. La descripción del perfil típico es la siguiente:

Ap (0-14cm) Textura franco limosa, estructura granular fina débil, muy friable en húmedo, raíces abundantes.

A1 (14-30 cm) Textura franco limosa, estructura en bloques subangulares débiles, friable en húmedo, raíces escasas.

B1 (30-46 cm) Textura franco limosa, estructura en bloques subangulares débiles que rompen a grano simple, muy friable en húmedo.

B21t (46-77 cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en prismas medios moderados a fuertes, que rompen a bloques angulares, friable en húmedo, barnices abundantes, moteados escasos.

B22 (77-110 cm) Textura franco arcillo limosa, estructura en prismas medios moderados débiles, rompen a bloques subangulares, friable en húmedo, barnices escasos, moteados escasos. B3 (110-154 cm) y C (154 a más cm).

Los datos analíticos son:

Serie	Chacabuco				
	Horizonte	Ap	A1	B1	B21t
Profundidad(cm)	0-11	18-26	34-43	53-65	85-98
Materia orgánica %	5,50	4,40	1,50	1,00	0,60
Arcilla (%)	26,8	25,3	23,8	34,8	29,4
Limo (%)	57,9	60,3	57,9	50,5	52,7
Arena (%)	15,3	14,4	18,3	14,7	17,3
pH (1:2,5)	5,8	5,9	6,2	6,4	6,5
Cationes intercambiables					
Ca (me/100 g)	18,4	17,6	9,9	12,8	14,3
Mg (me/100 g)	5,8	3,6	3,9	4,0	6,0
Na (me/100 g)	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
K (me/100 g)	2,8	2,6	2,3	2,9	2,9
H (me/100 g)	8,4	8,9	4,6	5,2	5,4
C.I.C. (me/100 g)	29,0	25,2	17,0	20,5	24,4
CEx (dS/m)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
PSI (%)	0,68	0,79	1,17	1,46	1,22

La Serie Junín presenta un suelo Hapludol típico bien a algo excesivamente drenado, que domina en un paisaje de antiguas lomadas medianosas y pertenecen a la clase I de capacidad de uso. Se caracteriza por tener un horizonte superficial (A1) bien provisto de materia orgánica, seguido por un horizonte sin incremento de arcilla pero que muestra incipientes evidencias de formación de barnices iluviales (horizonte B2), aunque todo el perfil es de textura franco arenosa. Este suelo tiene alguna susceptibilidad a la erosión. La descripción del perfil típico es:

A11 (0-16cm). Textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares finos moderados que rompe en granular, friable .

A12 (16-30 cm).Textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares medios moderados, que rompe en bloques subangulares, friable.

B2 (30-70 cm) Textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares medios gruesos, que rompe en bloques finos débiles, friable, escasos barnices finos.

B3 (70-126 cm) Textura franco arenosa, estructura en bloques subangulares medios y gruesos débiles que rompe en grano simple muy friable a suelto en húmedo.

C(126-150 cm).

Los datos analíticos de la serie son:

<b>Serie</b>	<b>Junin</b>			
Horizonte	A11	A12	B2	B3
Profundidad(cm)	0-16	16-30	30-70	70-126
Materia orgánica %	1,98	1,77	1,56	0,27
Arcilla (%)	15,2	16,3	16,6	11,8
Limo (%)	26,3	25,0	24,4	21,6
Arena (%)	58,5	58,7	59,3	66,6
pH (1:2,5)	6,1	6,4	7,3	7,5
Cationes intercambiables				
Ca (me/100 g)	9,2	9,9	9,0	8,4
Mg (me/100 g)	1,7	1,5	2,2	2,5
Na (me/100 g)	0,5	0,9	0,4	0,6
K (me/100 g)	1,2	1,3	0,6	0,8
H (me/100 g)	4,5	4,7	2,7	1,6
C.I.C. (me/100 g)	14,2	14,8	12,6	10,8
CEex (dS/m)	s/d	s/d	s/d	s/d
PSI (%)	3,52	6,10	3,17	5,55

La Serie La Colina se clasificó como Hapludol típico, medianamente bien drenados, de textura limosa, cuyos datos analíticos son:

Serie	La Colina				
	Horizonte	A1	B2	B3	C1
Profundidad(cm)	0-27	35-52	57-71	78-108	
Materia orgánica %	8,30	1,60	0,35	0,29	
Arcilla (%)	22,0	22,1	20,4	15,6	
Limo (%)	57,7	55,1	54,9	58,8	
Arena (%)	20,3	22,8	24,7	25,6	
pH (1:2,5)	6,8	7,0	7,5	8,2	
Cationes intercambiables					
Ca (me/100 g)	12,8	10,1	9,9	s/d	
Mg (me/100 g)	3,3	4,8	6,6	s/d	
Na (me/100 g)	0,4	0,5	0,8	1,8	
K (me/100 g)	2,3	2,1	1,9	2,3	
H (me/100 g)	8,2	4,7	3,4	s/d	
C.I.C. (me/100 g)	19,5	16,5	17,4	16,7	
CEex (dS/m)	s/d	s/d	s/d	s/d	
PSI (%)	2,05	3,0	4,59	10,77	

La Serie Laprida se clasificó como Argiudol típico, con suelos con capacidad de uso IIIs e índice de productividad 57, que ocupa posiciones del relieve de media loma y loma. Los datos analíticos son los siguientes:

Serie	Laprida					
	Horizonte	Ap	A1	B1	B2t	B3
Profundidad(cm)	0-18	18-29	29-37	37-60	60-85	
Materia orgánica %	4,48	2,58	1,60	0,70	0,50	
Arcilla (%)	25,12	30,4	30,4	34,3	21,2	
Limo (%)	68,4	52,1	50,7	35,4	53,7	
Arena (%)	6,48	27,5	18,9	30,3	45,1	
pH (1:2,5)	6,6	6,6	6,5	6,9	7,0	

La Serie Norumbega corresponde a un Hapludol éntico, posicionado en las lomas, con suelos excesivamente drenado, escurrimiento medio, permeabilidad rápida y limitaciones de uso relacionadas con una deficiente retención de humedad, con capacidad de uso clase III-S. La descripción del perfil típico es:

A1(0-25 cm) franco arenoso, estructura en bloques subangulares, medios moderados, friable en húmedo. Raíces abundantes. Limite inferior gradual suave.



AC (25- 50 cm) franco arenoso. Bloques subangulares finos, débiles, muy friable en húmedo, raíces comunes.

C (50- 110 cm) franco arenoso, estructura granular a masiva. Duro en seco, muy friable en húmedo, raíces comunes.

Serie	Norumbega			
	Horizonte	A1	AC	C
Profundidad(cm)	0-25	25-50	50-100	
Materia orgánica %	2,30	0,90	0,40	
Arcilla (%)	14,7	15,6	13,5	
Limo (%)	29,2	27,1	21,2	
Arena (%)	33,2	57,3	65,3	
pH (1:2,5)	6,5	6,9	6,5	
Cationes intercambiables				
Ca (me/100 g)	8,0	6,4	6,6	
Mg (me/100 g)	1,9	2,9	2,6	
Na (me/100 g)	0,2	0,5	0,2	
K (me/100 g)	1,5	0,6	1,1	
H (me/100 g)	6,5	3,3	4,1	
C.I.C. (me/100 g)	12,9	10,5	11,5	
CEx (dS/m)	s/d	s/d	s/d	
PSI (%)	1,55	4,76	1,73	

Agua subterránea.

Los sitios estudiados, que se agrupan en la Cuenca del Río Salado, pertenecen a distintas regiones hidrogeológicas. Mientras que Lincoln y 25 de Mayo pertenecen a la Región Noroeste, Chacabuco y Junín se ubican en la Región Salado-Vallimanca o ambiente deprimido y General Lamadrid y Laprida pertenecen a la Región Hidrogeológica Interserrana-Periserrana o ambiente Interserrano-Pedemontano (González, 2005).

La Región Hidrogeológica del Noroeste, cuya configuración física se sintetiza en el Cuadro 7.2.4.2., tiene como principal característica hidrológica la condición prácticamente arreica, con el 75 % de su área ocupada por médanos, que por un lado actúan positivamente en la recarga al ser ambientes de elevada infiltración del agua precipitada y por lo tanto generan lentes de agua dulce y por otro lado, actúan negativamente, ya que sus emplazamientos transversales a la dirección de la pendiente regional, se comportan como un obstáculo al escurrimiento superficial. La fracción superior está conformada por Sedimentos Postpampeanos, constituidos por arenas finas y limos arenosos, castaños, de origen eólico, de escasa altura, con un espesor máximo en Saliqueló de 20 m, que forman médanos dispuestos longitudinalmente en el Norte y parabólicamente en el Sur, almacenando agua de lluvia, a modo de “lentes”, que es casi el único recurso hídrico apto para el consumo humano y ganadero. Esta capa freática también se forma en la sección

superior de la Formación Pampeana subyacente. Los Sedimentos Pampeanos en el Oeste subyacen al Postpampeano, pero en el Este, donde los médanos se discontinúan, está cubierto directamente por la capa edafizada. Coexisten dos unidades, el Pampeano, más moderno, constituido por limos arenosos intercalados con tosca y el Araucano, más antiguo, formado por areniscas arcillosas y arcillas yesíferas.

El Acuífero Pampeano es continuo en casi toda el área, con variaciones de espesor entre 80 y 165 m. Debajo del Pampeano se ubican dos formaciones, el Araucano y el Puelche, el primero al oeste de una línea que pasa entre Junín y Lincoln, Bragado y 9 de Julio, 25 de Mayo y Huetel y Saladillo y Mícheo, mientras que las Arenas Puelches se ubican al este de dicha divisoria, en dirección subparalela al Río Salado.

El Acuífero Araucano está integrado por areniscas arcillosas castaño claras, con cemento calcáreo y abundante yeso, con intercalaciones de arcillas de tonalidades rojizas (Auge, 1988) y se ubica entre el Pampeano y la Formación Paraná. Sus aguas son salinas (más de 5 g/l ) y sulfatadas. Tiene un comportamiento acuífero de baja productividad en partes y en otras acuitardo.

El Acuífero Puelche en este área es más salado que en la región noreste, con concentraciones mayores de 2 g/l y hasta 10 g/l, lo que reduce su aprovechamiento. Debajo de este acuífero se ubican las Formaciones Paraná, Olivos, Las Chilcas y Abramo, que aunque acuíferos, por su alta salinidad y profundidad no son aprovechables.

La Región Hidrogeológica del Salado-Vallimanca incluye a las cuencas homónimas en su tránsito bonaerense. En el Cuadro 7.2.4.3. se sintetiza la conformación física del sistema hidrogeológico, en cuya zona superior se emplaza la porción de sedimentos no saturados y la parte superior del acuífero freático, con una amplia variación litológica. Subyacen los sedimentos del Pampeano que contienen tanto el acuífero freático como otro semilibre y ambos están asociados hidráulicamente. En la margen izquierda del Río Salado y hacia el sur se encuentra la Fm. Arenas Puelches que contiene al acuífero semiconfinado puelchense, que más al sur pasa lateralmente a su sincrónica Fm Araucano, también semiconfinada pero de menor calidad acuífera y con aguas más salinas.

**Cuadro 7.2.4.2. Configuración física del Sistema Hidrogeológico del Noroeste.**

Unidad Geohidrológica	Litología	Comportamiento hidrogeológico
Postpampeano (Fm. Junín y otras)	Arenas finas, limos, limos arcillosos.	Zona No Saturada Acuífero freático
Pampeano	Limos loessoides, calcáreos. Limos arenosos. Limos arcillosos.	Ac. freático + semilibre Acuitardo
Fm Araucano Fm. Arenas Puelches	Arenas limosas yesíferas, limos. Arenas medianas a finas.	Acuífero semiconfinado
Fm. Paraná (superior) Fm. Paraná (inferior)	Arenas verdes, verde-azuladas. Arenas medianas a finas, marinas.	Acuícludo Acuífero confinado
Fm. Olivos (superior) Fm. Olivos (inferior)	Arenas rojizas Arenas medianas a gruesas, gravas basales.	Acuícludo Acuífero confinado
Fm. Las Chilcas	Limolitas, arcilitas	Acuícludo
Fm. Abramo	Areniscas consolidadas, limolitas arenosas	Acuícludo Acuífero confinado
Basamento hidrogeológico	Cuarcitas, calizas, granitos, gneisses.	Acuífugo

**Cuadro 7.2.4.3. Configuración física del Sistema Hidrogeológico del Salado-Vallimanca.**

Unidad Geohidrológica	Litología	Comportamiento hidrogeológico
Pospampeano	Arenas finas, limos, limos arcillosos, arenas, conchillas.	Zona No Saturada Acuífero freático
Pampeano	Limos loessoides, limos arenosos, arenas muy finas. Coquinas.	Acuífero freático Acuífero semilibre
Pampeano (inferior)	Limos arcillosos, arcillas limosas.	Acuitardo
Fm. Arenas Puelches Fm. Araucano	Arenas fluviales, medianas y finas. Arenas limosas yesíferas, limos.	Acuífero semiconfinado
Fm. Paraná (superior) Fm. Paraná (inferior)	Arenas verdes, verde-azuladas. Arenas medianas a finas, verdes, marinas.	Acuícludo Acuífero confinado
Fm. Olivos (superior) Fm. Olivos (inferior)	Arenas rojizas Arenas medianas a gruesas, gravas basales.	Acuícludo Acuífero confinado
Fm. Las Chilcas, Gral. Belgrano y Río Salado	Arcillas, arcillas arenosas. Areniscas.	Acuícludo Acuífero confinado
Fm. Serra Geral	Basaltos	Acuífugo, acuífero
Basamento hidrogeológico	Granitos, gneisses.	Acuífugo

En la Fig. 7.2.4.2 se graficaron las frecuencias de ocurrencia de las clases de aptitud para riego, todas con ligero a moderado grado de restricción a su uso.

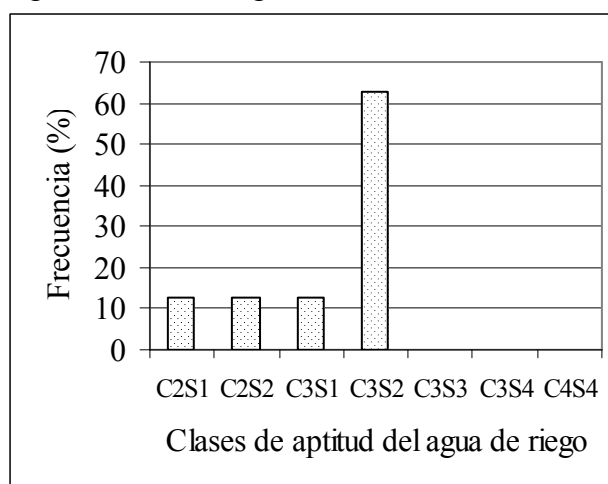


Figura 7.2.4.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 48.

Las aguas subterráneas de Gral Lamadrid y Laprida corresponden a la Región Hidrogeológica Interserrana-Periserrana, cuya formación acuífera de importancia es la unidad Pampeano, que en su sección superior contiene a la capa freática y en la inferior acuíferos semilibres a semiconfinados cuando tienen más de 40 m de espesor, con muy buena productividad en general y baja salinidad, con concentraciones salinas entre 0,5 y 2 g/l. La síntesis de la configuración física del sistema interserrano-periserrano consta en el Cuadro 7.2.4.4.

Cuadro 7.2.4.4. Configuración física del Sistema Hidrogeológico Interserrano-periserrano.

Unidad Geohidrológica	Litología	Comportamiento hidrogeológico
Postpampeano	Arenas eólicas, arenas fluviales, limos.	Zona No Saturada
Pampeano	Limos loessoides, limos arenosos.	Acuífero freático Acuífero semilibre
Fm. Araucano	Arenas limosas yesíferas, limos.	Acuífero semiconfinado
Basamento hidrogeológico	Cuarcitas, lutitas, arcilitas, dolomitas, granitos, gneisses, milonitas.(Tandilia)	Acuífugo Acuífero (fisurado)
	Cuarcitas, pizarras, lutitas, areniscas, conglomerados (Ventania)	Acuífugo Acuífero (fisurado)

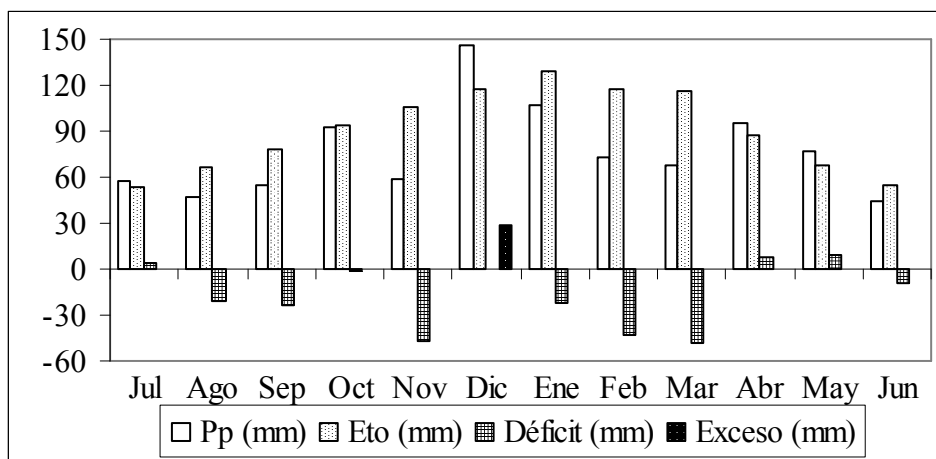
#### 7.2.5. Cuenca de Arroyos del SE de Buenos Aires. N° de código 50.

El área aproximada de la cuenca es de 12.000 km<sup>2</sup> y la localidad principal más cercana a la Ea. Ojo de Agua es Balcarce. Los totales anuales de precipitación son de 921,5 mm y de 1.088,3 mm de Eto, con una distribución mensual que se visualiza en el Cuadro 7.2.5.1.

**Cuadro 7.2.5.1. Variables climáticas. Estación meteorológica Balcarce. Serie 1971-90.**

T máx (°C)	27,3	26,5	24,5	20,1	15,8	12,4	12,3	14,2	16,2	19,1	22,5	25,8	19,7
T min (°C)	13,6	13,1	12	8,55	5,7	3,2	3,2	4,05	4,6	7,15	9	12,1	8,01
HR (%)	74	76,5	78,5	81	84	85,5	87,5	81,5	78,5	77,5	74	76	79,5
Viento(km/h)	13,1	12,6	12,4	11,7	12,1	11,8	12,3	14	14,6	13,9	14	12,7	12,9
Viento(km/d)	314	301	296	281	290	283	295	336	349	332	336	304	310
Heliof. relat.	61	69		53	45	45	43	43	50	56	57	61	53
Precip. (mm)	107	73,5	68,5	95,6	76,4	44,6	57,3	46,7	54,2	92,8	59	147	76,8
Eto (mm/d)	4,15	4,18	3,76	2,92	2,18	1,81	1,73	2,16	2,61	3,05	3,52	3,79	2,99
Eto (mm)	129	117	117	87,6	67,6	54,3	53,6	67	78,3	94,6	106	117	90,7

En la Figura 7.2.5.1 se ven los déficit hídricos que durante la temporada de riego son altos, con un total de 162 mm, muy marcados en noviembre, febrero y marzo, interrumpidos por un exceso en diciembre, de 29,2 mm.



**Figura 7.2.5.1. Excesos y déficit hídricos mensuales de Balcarce.**

## Suelos

El suelo estudiado en esta cuenca corresponde a la Serie Mar del Plata, que clasifica taxonómicamente como Argiudol típico y se ubica en posiciones del relieve de lomas y pendientes, con una capacidad de uso de clase I. La descripción del perfil típico es la siguiente:

Ap (0-15cm). Pardo muy oscuro en húmedo. Textura franca, estructura en bloques subangulares medios moderados que rompen en granular migajosa fina, fuerte, muy friable en húmedo. Raíces abundantes y límite inferior abrupto suave.

A 12 (15 –29 cm) Color negro en húmedo, textura franca, estructura en bloques subangulares fino, fuerte, friable en húmedo. Raíces abundantes. Límite inferior claro y suave.

B1 (29-39 cm) Pardo grisáceo muy oscuro en húmedo. Textura franca y estructura en bloques subangulares medios moderados que rompen a granular medios fuertes. Friable en húmedo, ligeramente plástico y adhesivo. Raíces abundantes. Límite inferior claro y suave.

B21t (39-58 cm). Pardo a pardo oscuro en húmedo. Francoarcilloso. Estructura en prismas compuestos irregulares, bloques subangulares medios fuertes que rompen e prismas menores finos. Ligeramente firme en húmedo, plástico y adhesivo, con barnices húmico-arcillosos comunes. Raíces comunes. Límite inferior claro y suave.

B22t (58-76 cm). Pardo a pardo oscuro en húmedo. Francoarcilloso. Estructura en prismas irregulares gruesos que rompen en prismas moderados menores. Ligeramente firme en húmedo, plástico y adhesivo, con barnices húmico-arcillosos escasos. Raíces escasas. Límite inferior claro y suave. B3 (76-100 cm) y C (100-160 cm). Los datos analíticos son:

Serie	Mar del Plata				
	Horizonte	Ap	A12	B1	B21t
Profundidad (cm)	0 - 15	15 - 29	29 - 39	39 - 58	58 - 76
Materia orgánica %	6,93	5,27	2,99	2,34	0,99
Arcilla (%)	23,1	22,4	23,6	33,3	31,4
Limo (%)	35,8	33,6	36,3	29,2	34,4
Arena (%)	39,4	42,5	38,8	35,7	32,5
pH (1:2,5)	5,9	5,4	5,8	6,1	6,3
Cationes intercambiables					
Ca (me/100 g)	11,6	11,9	14,6	17,8	15,5
Mg (me/100 g)	1,9	3,3	3,6	5,8	7,3
Na (me/100 g)	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7
K (me/100 g)	2,7	1,9	1,2	1,4	1,3
H (me/100 g)	11,5	9,2	6,3	6,5	5,1
C.I.C. (me/100 g)	23,7	22,4	22,9	30,3	27,1
CEx (dS/m)	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
PSI (%)	1,27	1,79	1,75	1,98	2,58

#### Agua subterránea.

La localidad estudiada corresponde a la Región Hidrogeológica Serrana, que presenta tres unidades: Postpampeano, Pampeano y Basamento. El Postpampeano es marcadamente discontinuo y se integra por limos arenosos de origen eólico que se ubican en los faldeos serranos y con limos arenosos, arenas, gravas y bloques de origen aluvial y coluvial que se localizan en los valles. Esta unidad se comporta como pobremente acuífero, con una moderada a baja salinidad, entre 0,5 y 3 g/l de concentración de sales, no supera los 5 m de espesor y contiene la capa freática.

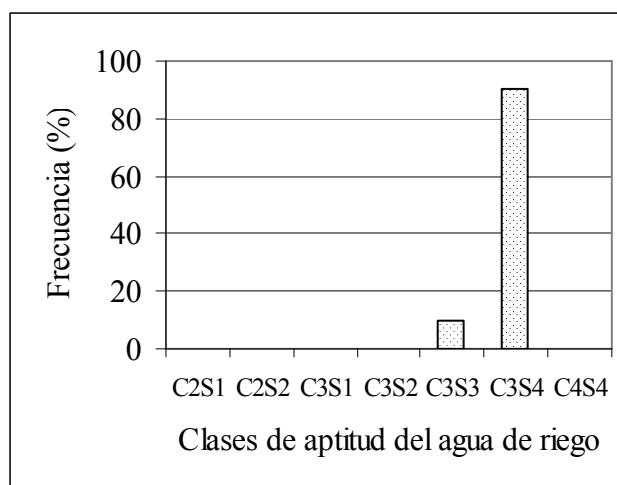
El Pampeano ocupa las depresiones interserranas, con un espesor hasta 30 m, con agua de menor salinidad que la superior, con concentraciones entre 0,5 y 2,5 g/l y se comporta como acuífero de moderado rendimiento. El Basamento Hidrogeológico, generalmente acuífugo, en esta región, debido a procesos tectónicos que produjeron diaclasamiento

subvertical, su comportamiento hidrogeológico sería de acuífero fisurado. En el Cuadro 7.2.5.2. se muestra la configuración física de la Región Hidrogeológica Serrana.

**Cuadro 7.2.5.2. Configuración física del Sistema Hidrogeológico Serrano**

Unidad Geohidrológica	Litología	Comportamiento hidrogeológico
Postpampeano + Pampeano	Arenas eólicas, arenas fluviales, limos Limos loessoides.	Zona No Saturada Acuífero freático
Pampeano	Limos loessoides, limos arenosos.	Acuífero freático Acuífero semilibre
Basamento hidrogeológico	Cuarcitas, lutitas, arcilitas, dolomitas, granitos, gneisses, milonitas.(Tandilia) Cuarcitas, pizarras, lutitas, areniscas, conglomerados (Ventania)	Acuífugo Acuífero fisurado-Grus Acuífugo Acuífero (fisurado)

Las aguas subterráneas de la cuenca pertenecen a clases de alta peligrosidad de sodificación de los suelos y severo grado de restricción a su uso, la mayoría clasificó como C3S4, como se observa en la Fig. 7.2.5.2



**Figura 7.2.5.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 50.**

#### 7.2.6. Cuenca de Arroyos del Sur de Buenos Aires. N° de código 51.

Las localidades cercanas a los campos cuyos datos se presentan en el estudio, son Alvarado, Lobería y Necochea, incluidas en una superficie del orden de 51.600 km<sup>2</sup>, pero no se detallan los aspectos climáticos y edáficos porque se trata de datos reportados en la bibliografía (Costa, 1999) sin referencias de la ubicación exacta de los lotes regados.

Las localidades estudiadas corresponden a la Región Hidrogeológica Interserrana-periserrana que se describe en la Región Lagunar del sudoeste de Buenos Aires. En esta cuenca se registraron los más elevados valores de salinidad de las aguas subterráneas, de

clase C4S4 y severo grado de restricción al uso por su contenido salino, con  $CE_a > 3$  dS/m. Se repartieron con igual frecuencia las clases C3S3 y C3S4, como se ve en la Fig. 7.2.6.

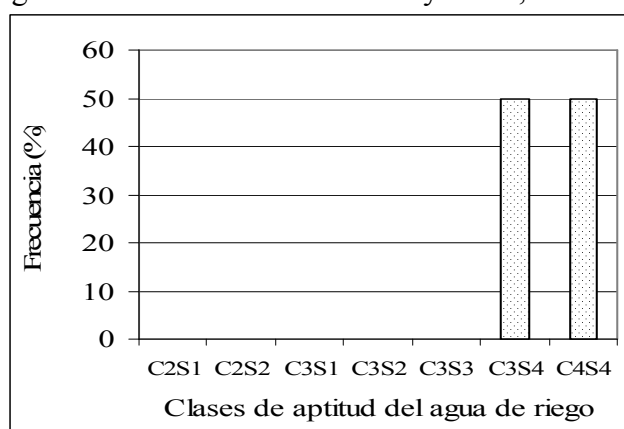


Figura 7.2.6. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 51.

### 7.2.7. Región lagunar del sudoeste de Buenos Aires. N° de código 98.

Ubicadas en un área de aproximadamente 30.500 km<sup>2</sup>, las localidades cercanas a los sitios estudiados son Cnel. Suárez, Guaminí y Huanguelén.

Cuadro 7.2.7.1. Variables climáticas. Estación meteorológica Cnel. Suárez.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
T máx (°C)	29,4	28,1	24,7	20,3	15,9	12,6	12,2	14,7	17,1	19,9	23,5	27	20,5
T min (°C)	14,00	13,10	11,07	7,93	4,40	2,27	1,47	2,07	3,83	6,83	9,90	12,40	7,44
HR (%)	63,0	68,7	73,3	79,3	81,0	83,3	82,7	74,3	71,3	73,0	70,3	67,3	74,0
Viento(km/h)	8,73	8,27	7,3	6,7	5,83	5,9	6,77	7,83	9,43	9,3	9,77	9,6	7,95
Viento(km/d)	210	198	175	161	140	142	162	188	226	223	234	230	191
Heliof. relat.	90,5	104	95,5	86,5	73,5	61,5	66	82	85,5	88	86	83,5	83,5
Precip. (mm)	73,9	88,2	92,5	81,7	48,5	29,6	30,4	30,4	50,7	87,7	99,1	87,8	66,7
Eto (mm/d)	4,57	4,49	3,86	3,03	2,32	1,86	1,89	2,5	2,97	3,27	3,67	4,06	3,21
Eto (mm)	142	126	120	90,9	71,9	55,8	58,6	77,5	89,1	101	110	126	97,3

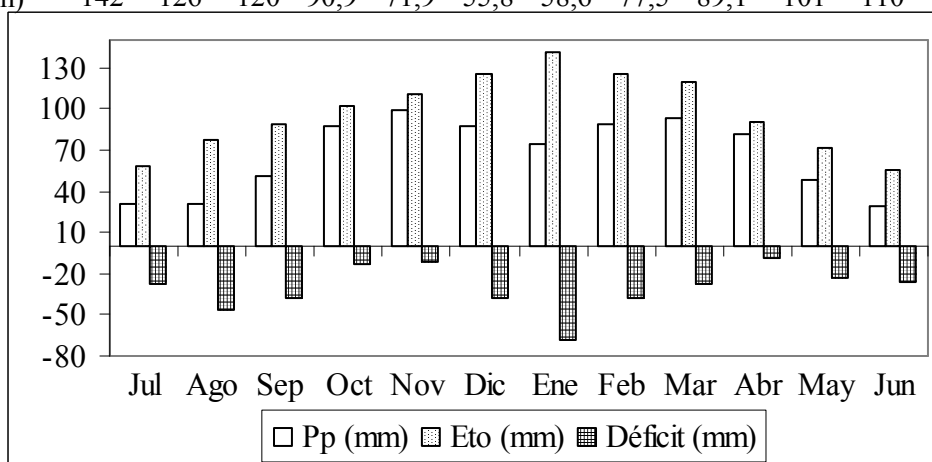


Figura 7.2.7.1. Excesos y déficit hídricos mensuales de Cnel. Suárez.



En el Cuadro 7.2.7.1. se muestran los datos de la estadística climática, presentando la menor precipitación total anual, de 800,5 mm y una Eto acumulada de 1.168,2 mm en el año. La Figura 7.2.7.1 permite observar que el déficit hídrico durante la temporada de riego es el más alto de las cuencas estudiadas, acumulando 195 mm, con además otra característica distintiva, y es que ocurre en todos los meses, de octubre a marzo la demanda evapotranspirativa referencial supera la oferta por lluvias.

Suelos: los suelos estudiados corresponden a las Series La Carreta y Zentena, descritas por Tecnisuelo SRL (1998) y la Serie Loma Profunda, descrita por Tecnoagro SRL (1994).

La Serie La Carreta, clasificada como Hapludol ácuico, ocupa ambientes intermedios a altos, planos a muy suavemente ondulados, con pendientes inferiores al 0,5 %. Es un suelo oscuro, profundo y moderadamente bien drenado, clase II de capacidad de uso, originado a partir de sedimentos loésicos de textura franca. La descripción del perfil modal es:

A (0-26 cm) Pardo muy oscuro en húmedo y pardo grisáceo oscuro en seco, franco a franco limoso, bloques subangulares medios, moderados, friable, neutro, con límite claro y suave, presenta raíces abundantes.

B2 (26-45 cm) Pardo oscuro en húmedo y pardo en seco, franco a franco limoso, bloques angulares, medios, moderados, friable a firme, plástico y ligeramente adhesivo, neutro; barnices discontinuos, escasos; raíces comunes, límite claro y suave.

B3 (45-62 cm) Pardo a pardo oscuro en húmedo y pardo en seco; franco; bloques subangulares medios, moderados; friable y ligeramente plástico; neutro; raíces escasas; límite gradual y suave.

C1 (62-94 cm) Pardo en húmedo, franco; masivo; friable, por sectores quebradizo; neutro; moteados férricos tenues, medios, comunes; raíces escasas; límite abrupto y suave. Los datos analíticos del perfil modal son:

Serie	La Carreta				
	Horizonte	A1	B2	B3	C
Profundidad (cm)	0-26	26-45	45-62	62-94	
Materia orgánica %	3,60	s/d	s/d	s/d	
Arcilla (%)	22,5	24,8	19,7	17,6	
Limo (%)	49,7	50,2	45,1	45,6	
Arena (%)	27,8	25	35,2	36,6	
pH (1:2,5)	5,9	5,4	5,8	6,1	
Cationes intercambiables					
Ca (me/100 g)	11,4	s/d	s/d	s/d	
Mg (me/100 g)	3,10	s/d	s/d	s/d	
Na (me/100 g)	0,40	0,50	0,50	0,70	
K (me/100 g)	3,80	s/d	s/d	s/d	
C.I.C. (me/100 g)	20,8	18,6	17	17,1	
CEex (dS/m)	0,24	0,44	0,52	0,55	
PSI (%)	1,92	2,69	2,94	4,09	

La Serie Loma Profunda es un suelo Hapludol típico, que se encuentra en áreas de relieve normal, ocupando lomas altas, planas a suavemente onduladas. Es un suelo oscuro y profundo, moderadamente desarrollado y medianamente provisto de MO, bien drenado y en su perfil no se detecta salinidad ni alcalinidad. Le corresponde una capacidad de uso clase II. La descripción del perfil modal es la siguiente:

Características externas: relieve: normal; posición: loma plana; escurrimiento medio; permeabilidad moderada; drenaje natural bueno; sin peligro de erosión ni anegamiento.

Características morfológicas:

A1 (0-25 cm). Pardo grisáceo oscuro en seco y pardo oscuro en húmedo; franco; estructura en bloques subangulares, medios, moderados que rompen a granular; friable en húmedo; no plástico ni adhesivo; raíces abundantes; límite inferior claro y suave.

B1 (25-34 cm). Pardo grisáceo en seco y pardo oscuro en húmedo; franco arcilloso a franco; estructura en bloques subangulares y angulares, medios, moderados, que rompen a bloques menores; friable en húmedo; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; raíces comunes; límite inferior claro y suave.

B2 (34-62 cm) Pardo en seco y pardo a pardo oscuro en húmedo; franco arcilloso a franco; estructura en prismas irregulares, medios, débiles, que rompen a bloques angulares; friable en húmedo; ligeramente plástico y adhesivo; raíces comunes; límite inferior claro y suave.

B3 (62-90 cm) Pardo amarillento en seco y pardo a pardo amarillento oscuro en húmedo; franco; estructura en bloques subangulares, friable en húmedo; no plástico y ligeramente adhesivo; raíces escasas; límite inferior gradual y suave.

C (90- 130 cm) Pardo claro en seco y pardo a pardo oscuro en húmedo; franco-arenoso a franco-arcillo-arenoso; estructura masiva, friable en húmedo; no plástico y no adhesivo; raíces escasas; límite inferior abrupto y suave. Los datos analíticos son:

<b>Serie</b>	<b>Loma Profunda</b>				
Horizonte	A1	B1	B2	B3	C
Profundidad (cm)	0-25	25-34	34-62	62-90	90-130
Materia orgánica %	3,1	s/d	s/d	s/d	s/d
Arcilla (%)	27,0	28,0	28,1	20,0	20,0
Limo (%)	35,5	35,5	36,6	32,5	25,5
Arena (%)	37,5	36,5	35,3	47,5	54,5
pH (1:2,5)	6,8	6,9	7,1	7,2	7,5
Cationes intercambiables					
Ca (me/100 g)	11,0	11,4	10,3	9,2	8,7
Mg (me/100 g)	2,3	2,8	3,2	3,7	3,5
Na (me/100 g)	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
K (me/100 g)	3,4	3	2,7	2,1	2,4
C.I.C. (me/100 g)	16,8	17,4	16,4	15,3	14,9
CEex (dS/m)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
PSI (%)	0,60	1,15	1,22	1,96	2,01

La Serie Zentena es un suelo Argiudol típico, oscuro, profundo y bien drenado, que ocupa lomas altas suavemente onduladas, muy productivo (Clase I de capacidad de uso), originado a partir de sedimentos loésicos de textura franca. La descripción del perfil modal es:

A (0-25 cm) Pardo muy oscuro en húmedo y pardo grisáceo muy oscuro en seco; franco; granular, medio, moderado; friable; ligeramente ácido, raíces abundantes; límite claro y suave.

B2t (25-46 cm) Pardo oscuro en húmedo y pardo a pardo oscuro en seco; franco arcilloso; prismas finos, moderados; friable a firme, plástico y ligeramente adhesivo; ligeramente ácido; barnices discontinuos, comunes; raíces comunes a abundantes; límite claro y suave.

B3 (46-69 cm) Pardo a pardo oscuro en húmedo y pardo en seco; franco, bloques subangulares medios, moderados; friable y ligeramente plástico, ligeramente ácido a neutro; barnices muy escasos, discontinuos; raíces escasas, límite gradual y suave.

C (69 a 115 cm +) Pardo amarillento en húmedo; franco; masivo; muy friable; neutro; raíces escasas. Los datos analíticos del perfil modal son los siguientes:

Serie	Zentena			
	Horizonte	A1	B2t	B3
Profundidad (cm)	0 - 25	45-46	46-89	69-115
Materia orgánica %	3,80	s/d	s/d	s/d
Arcilla (%)	21,4	27,2	24,8	19,7
Limo (%)	45,9	44,8	44,6	38,9
Arena (%)	32,7	28,0	30,6	41,4
pH (1:2,5)	6,3	6,4	6,6	6,9
Cationes intercambiables				
Ca (me/100 g)	12,6	s/d	s/d	s/d
Mg (me/100 g)	3,90	s/d	s/d	s/d
Na (me/100 g)	0,30	s/d	s/d	s/d
K (me/100 g)	2,80	s/d	s/d	s/d
C.I.C. (me/100 g)	21,4	s/d	s/d	s/d
CEex (dS/m)	0,22	0,32	0,35	0,37
PSI (%)	1,40	s/d	s/d	s/d

#### Aguas subterráneas.

Las aguas subterráneas de las localidades estudiadas corresponden a la Región Hidrogeológica Interserrana-Periserrana, ya descrita. En esta Región Lagunar, la clase más frecuente fue la C3S3, seguida de la C3S2, (Fig. 7.2.7.2) pero debido a su buena relación entre valores de CE<sub>a</sub> y RAS, según la FAO (1989) se les asigna ligero a moderado grado de restricción al uso.

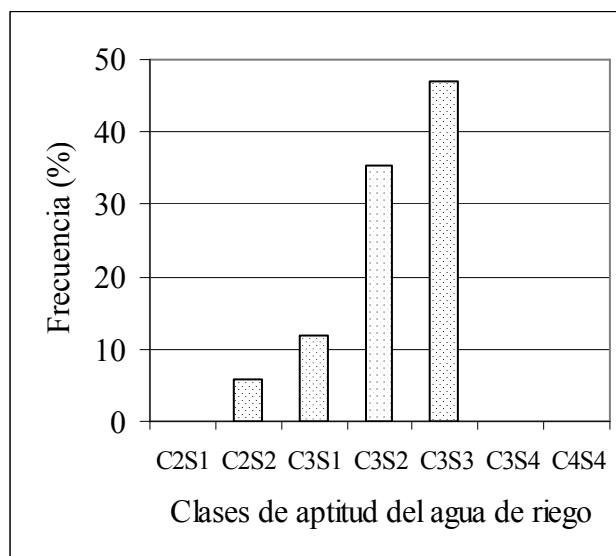


Figura 7.2.7.2. Frecuencias de clases de aptitud del agua para riego. Cuenca 98.

### 7.2.8. Síntesis de la caracterización de las cuencas hídricas estudiadas.

Dentro de las características más distintivas de las cuencas hídricas consideradas, (Cuadro 7.2.8.) se destaca el régimen de lluvias máximo en el norte (Sur de Santa Fe), con 1079 mm y mínima en el sudoeste (Cnel Suárez), con 800 mm y el régimen de evapotranspiración, que se distribuye con máximos de 1301 mm en el norte pero el mínimo se desplaza al sudeste (Balcarce). Los déficit hídricos son cercanos entre si en las cuencas norteñas, entre 112 y 126 mm centralizados entre noviembre a febrero, mientras que en marzo suceden pequeños excesos. En la cuenca central (del Salado) se registra el menor déficit, de 83 mm, también distribuido en los mismos meses primavera-estivales. Los suelos cultivados y regados fueron solamente Argiudoles y Hapludoles, más frecuentes los primeros al este del área estudiada (Pampa Ondulada) y los segundos al oeste, coincidiendo en parte con la Pampa Arenosa.

Las aguas subterráneas usadas se distribuyeron de la siguiente manera: las localidades que pertenecen a la cuenca del SE de Santa Fe y N de Bs. Aires, en profundidad corresponden a la “región hidrogeológica del Acuífero Pampeano” (Auge 2004) donde el acuífero homónimo es el explotado para riego, con caudales inferiores a 80 m<sup>3</sup>/h y aguas de alta salinidad, con 80% de clase C3S4 alumbradas en las estancias santafesinas y el resto, de buena calidad, clase C2S2, en el Pdo. de San Pedro. Las localidades de la cuenca del Río Arrecifes y de los A° del NE de Bs. Aires se ubican en la misma región hidrogeológica, la Noreste, cuyos acuíferos Pampeano y Puelche son usados para riego, más profusamente el primero, por sus altos caudales, del orden de 120 m<sup>3</sup>/h y su menor salinidad que el segundo. Las clases más frecuentes han sido la C3S2 para las dos cuencas, seguramente debido a que explotan el mismo acuífero. La cuenca del Salado presenta la mayor diversidad subterránea, ya que coexisten tres ambientes hidrogeológicos (del Salado-Vallimanca para Chacabuco y Junín, el Noroeste para Lincoln y 25 de Mayo y el Interserrano para Gral. La Madrid y Laprida. En los dos primeros se suceden en

profundidad los acuíferos Pampeano, Puelche y Araucano, en la región geohidrológica Interserrana no aparece el Puelche. Las calidades de agua son buenas, predominando la clase C3S2, seguida con igual frecuencia de ocurrencia por las clases C3S1 y C2S2.

**Cuadro 7.2.8. Síntesis de la caracterización de las cuencas hídricas.**

N°	Localidades	Pp (mm)	Eto (mm)	Balance hídrico(mm)				Suelos		Región hidrogeológ.	Acuífero	Agua subterránea				
				Deficit	Exceso		Serie	Tipo	Clase			pH	CEa	RASa		
33	Carmen Elortondo Hugues Sta Emilia San Pedro	1079	1301	Nov.	28	Oct.	20	Ramallo	Argiudol	Acuífero pampeano	Pampeano	C3S4	7,6	1,16	20,2	
				Dic.	58	Mar.	5	Sta Isabel	Hapludol			C2S2	7,6	0,72	7,9	
				Ene.	26			Chovet	Hapludol							
35	Colón Pergamino Rojas Salto	979	1291	Nov.	34	Oct.	7	A° Dulce	Argiudol	Noreste	Pampeano	C3S2	7,8	1,06	9,5	
				Dic.	41	Mar.	21	Pergamino	Argiudol			C3S3	7,9	1,24	13,1	
				Ene.	41			Rojas	Argiudol			C3S1	7,5	0,96	4,1	
				Feb.	10			Urquiza	Argiudol			C2S2	7,6	0,72	7,9	
36	C. de Areco 3 Sargentos	993	1296	Oct.	7	Mar.	40	Gouin	Argiudol	Noroeste	Pampeano	C3S2	7,8	1,06	9,5	
				Nov.	19							C2S2	7,6	0,72	7,9	
				Dic.	49											
				Ene.	24											
				Feb.	12											
48	Chacabuco Junín	975	1217	Nov.	10	Oct.	3	Chacabuco	Argiudol	Salado-Va llimanca	Pampeano	C3S2	7,8	1,06	9,5	
				Dic.	28	Mar.	9	Junín	Hapludol			C3S1	7,5	0,96	4,1	
	G. Lamadrid Laprida			Ene.	33			La Colina	Hapludol	Interserrana	Pampeano	Araucano	C2S2	7,6	0,72	7,9
				Feb.	12			Laprida	Argiudol			Araucano				
	Lincoln 25 de Mayo									Noroeste	Pampeano	Puelche				
												Araucano				
50	Balcarce	921	1088	Nov.	47	Dic.	2	Mar del	Argiudol	Serrana	Pampeano	C3S4	7,6	1,16	20,2	
				Ene.	22			Plata				C3S3	7,9	1,24	13,1	
				Feb.	44											
				Mar.	49											
51	Lobería Necochea	s/d	s/d					s/d	s/d	Interserrana	Pampeano	C4S4	7,65	3,4	24,1	
98	C. Suárez Huanguelén Guamini	800	1168	Oct.	13			La Carreta	Hapludol	Interserrana	Pampeano	C3S3	7,9	1,24	13,1	
				Nov.	11			Zentena	Argiudol			Araucano	C3S2	7,8	1,06	9,5
				Dic.	38			Loma prof.	Hapludol			C3S1	7,5	0,96	4,1	
				Ene.	68							C2S2	7,6	0,72	7,9	
				Feb.	38											
				Mar.	28											

### 7.3. Descripción de los agroecosistemas estudiados.

Para estudiar el impacto del riego en los suelos, se han identificado dos sistemas de manejo agronómico: los de secano, denominados SISMASEC y los regados complementariamente, denominados SISMARIE.

#### 7.3.1. Sistemas de manejo agronómico de secano SISMASEC.

Se trata de los sistemas productivos en base a la aplicación de las tecnologías de los principales cultivos (maíz, soja y trigo) en secano, cuyas únicas diferencias con los sistemas regados son las menores densidades de siembra y niveles de fertilización. En el Cuadro 7.3.1.2. se ven los valores de pH,  $CE_{ex}$  y PSI de los suelos de secano.

El Cuadro 7.3.1.1. muestra los valores de los indicadores estadísticos descriptivos. Los rangos de valores de los indicadores de salinidad de los suelos de secano, que se consideran iniciales para el posterior análisis evolutivo del impacto del riego, han sido los siguientes:

- a) pH del horizonte superficial, entre 5,40 y 6,82; promedio 5,99
- b) pH del horizonte subsuperficial, entre 5,60 y 7,30 ; promedio 6,27
- c)  $CE_{ex}$  del horizonte superficial entre 0,15 y 0,80 dS/m, promedio 0,273 dS/m
- d)  $CE_{ex}$  del horizonte subsuperficial entre 0,15 y 0,40 dS/m; promedio 0,237 dS/m
- e) PSI del horizonte superficial entre 1,02 y 5,5; promedio 1,785
- f) PSI del horizonte subsuperficial entre 1,08 y 4,6; promedio 1,881

**Cuadro 7.3.1.1. Estadística descriptiva de los indicadores de la calidad de los suelos de secano.**

Variable estadística	Horiz. superficial			Horiz. Subsuperficial		
	pH	CE <sub>ex</sub>	PSI	pH	CE <sub>ex</sub>	PSI
Media aritmética	5,99	0,27	1,79	6,27	0,24	1,88
Mediana	5,90	0,25	1,34	6,20	0,23	1,63
Desviac. estandar	0,37	0,12	1,01	0,45	0,05	0,75
Coef. de variación	6,23	45,3	56,7	7,11	21,6	39,9
Int. de conf. al 5%	0,14	0,05	0,38	0,17	0,02	0,28

Estos valores evidencian que los Molisoles pampeanos utilizados en la producción agrícola, antes de ser regados, fueron ligeramente ácidos, no salinos ni alcalinos. Los valores más frecuentes de pH son de 5,9 y 6,2; de  $CE_{ex}$  0,25 y 0,23 dS/m y de PSI 1,34 y 1,88 % para el primer y segundo horizonte, respectivamente. La variabilidad de la reacción

ácido-base es baja, mientras que la variabilidad de la salinidad es alta en superficie y media en profundidad, duplicando la primera a la segunda y la variabilidad del % de sodio de intercambio es alta en ambos horizontes, superando el CV del superficial un 40% al subsuperficial.

**Cuadro 7.3.1.2. Indicadores salinos de los suelos de secano.**

Código cuenca	Estancia	Serie de suelo	Horizonte superficial			Horizonte subsuperficial		
			pH	CEex	PSI	pH	CEex	PSI
33	El Olvido	Ramallo	5,50	0,19	1,62	5,90	0,20	2,27
33	Lamili	Sin inform.	5,80	0,27	1,29	5,90	0,21	1,32
33	Santa Emilia	Chovet	6,00	0,25	1,47	6,10	0,23	1,34
33	Hughes	Sta. Isabel	6,50	0,80	5,50	7,30	0,40	3,00
35	INTA Pergamino	Pergamino	6,00	0,31	2,65	6,25	0,27	2,54
35	La Lucila	Urquiza	5,45	0,20	1,90	5,75	0,18	2,28
35	La Paloma	Rojas	6,10	0,24	1,19	6,30	0,21	1,11
35	María Laura	Rojas	6,00	0,23	1,10	6,10	0,22	1,08
35	San Enrique	Rojas	6,10	0,25	1,23	6,20	0,23	1,25
35	Santa Elena	A° Dulce	5,40	0,26	1,99	5,60	0,24	2,50
35	Santa Ursula	Pergamino	6,00	0,27	2,03	6,18	0,22	2,45
36	La Casa Vieja	Gouin	5,70	0,28	1,60	5,85	0,23	1,87
36	La Federala	Gouin	5,60	0,23	1,36	5,80	0,22	1,65
36	La Guardia	Gouin	5,60	0,25	1,31	5,80	0,22	1,73
48	Carquen Hue	Chacabuco	5,85	0,18	1,22	6,20	0,15	1,80
48	La Amelia	Chacabuco	5,90	0,21	1,32	6,15	0,18	1,78
48	La Argentina	Junín	6,30	0,30	3,90	7,30	0,32	2,71
48	La Bellaca	Norumbega	6,50	0,32	1,60	6,90	0,27	4,60
48	La Diana	Bragado	6,65	0,29	3,70	6,80	0,29	2,35
48	La Gloria	La Colina	5,85	0,22	1,32	6,15	0,31	1,56
48	La Granja	Laprida	5,90	0,15	1,24	6,20	0,23	1,45
48	Santa Anita	Laprida	5,90	0,15	1,24	6,20	0,23	1,45
50	Ojo de agua (DR)	M.del Plata	5,65	0,25	1,02	6,37	0,22	1,55
50	Ojo de agua (SP)	M.del Plata	5,80	0,22	1,23	5,90	0,19	1,60
98	La Carreta	La Carreta	6,33	0,43	1,79	6,60	0,26	1,49
98	Las Lomas	Zentena	6,45	0,41	1,75	6,55	0,28	1,46
98	Santa Ida	Loma prof.	6,82	0,21	1,27	6,82	0,20	1,38

### 7.3.2. Sistemas de manejo agronómico con riego complementario SISMARIE.

#### 7.3.2.1. Tecnología y producción de los principales cultivos regados.

Los principales cultivos extensivos de la Pampa Húmeda, en cuya tecnología de manejo agronómico se ha incorporado el riego complementario, son maíz, soja y trigo. Los dos primeros ocupan las tierras de mayor aptitud agrícola, que corresponden a las clases de capacidad de uso I y II, con índices de productividad IP superiores a 70 (Carta de Suelos de la R. Argentina, 1998) mientras que el trigo se cultiva en esas tierras y en otras de menor aptitud, pero en este caso, son raramente regadas.

Los avances genéticos de los últimos 30 años permiten disponer de materiales de muy alto potencial de rinde y variedades e híbridos adaptados a las diferentes zonas agroclimáticas, con lo cual los techos actuales de rendimiento son del orden de 15 ton/ha de maíz, 5,5 ton/ha de soja y 8 ton/ha de trigo, todos para cultivos de primera siembra y como se han extendido las fechas de siembra, en maíz y en soja se conciben cultivos de segunda siembra, favoreciendo la organización de cadenas de rotación que permiten el incremento de la productividad.

También en las últimas décadas se modificó sustancialmente la tecnología de cultivo con la adopción generalizada de la técnica de siembra directa, que consiste básicamente en eliminar el laboreo para la preparación de las camas de siembra, sembrando con maquinaria especializada, directamente sobre el rastrojo del cultivo antecesor. Las ventajas más notorias son la disminución de los costos de labranzas, la protección casi permanente del suelo a la erosión eólica e hídrica y el incremento en los contenidos de materia orgánica del suelo por minimizar el secuestro del carbono. La mejora de las condiciones hídricas del suelo todavía está en discusión, pues varios procesos físicos, químicos y biológicos son modificados respecto de la labranza tradicional, pero el balance de agua del suelo resulta muy cambiante, donde la infiltración del agua juega un rol preponderante y la disyuntiva de labrar o no labrar todavía no está resuelta. La desventaja más importante es la contaminación ambiental debido a la dependencia absoluta de la aplicación de altas dosis de herbicidas para el control de malezas y le sigue la dificultad de la siembra sobre rastrojos cuando su descomposición es lenta. Los planteos de cultivos de primera siembra caben en las fechas de siembra y cosecha que se ven en el Cuadro 7.3.2.1, donde las más tempranas corresponden a las zonas nortenas, más cálidas.

**Cuadro 7.3.2.1. Fechas de siembra y cosecha de los principales cultivos.**

Cultivo	Fechas de siembra	Fechas de cosecha
Maíz	15 de septiembre al 30 de octubre	15 de febrero al 30 de marzo
Trigo	15 de junio al 15 de julio	15 de diciembre al 15 de enero
Soja	15 de octubre al 15 de noviembre	15 de marzo al 30 de abril



La práctica del riego, debido a su costo de instalación, operación, reparación y mantenimiento, se incorpora a los sistemas de manejo agronómico más desarrollados, que utilizan las mejores tecnologías e insumos disponibles (semilla y productos agroquímicos de primera calidad y en cantidades adecuadas a los requerimientos, maquinaria agrícola especializada de última generación, planificación y supervisión de los procesos productivos). En estos sistemas, con el riego se minimiza el riesgo de disminución o pérdida de cosecha por déficit hídrico y se maximizan los rendimientos fisiológicos, alcanzando las potencialidades de rinde de los cultivares.

Los lotes de producción agrícola seleccionados, generalmente disponen de uno o varios pozos, dentro o cercanos a sus límites, equipados para captar aguas desde acuíferos profundos, que han sido manejados con una determinada tecnología agronómica de cultivo y riego complementario por productores y/o técnicos integrantes de empresas agropecuarias típicas, extrayendo aguas subterráneas bicarbonatadas sódicas para aplicarlas al suelo mediante riego por surcos o por aspersión, permitiendo almacenar láminas entre 20 y 40 mm con cada riego, a profundidades del perfil inferiores a 0,6 m, totalizando entregas por ciclo agrícola no mayores de 200 a 250 mm. Los intervalos de riego son muy variables, en función del aporte de lluvia recibido, de la capacidad de almacenaje de humedad del suelo y de las tasas de consumo evapotranspirativo de los cultivos, oscilando entre 5 y 25 días.

Los planes de uso del suelo incluyen distintas estrategias de rotaciones que dependen de los conceptos filosóficos, económicos y ambientales de quienes toman las decisiones agroeconómicas dentro de los procesos productivos. Las rotaciones conservacionistas más comunes son alternar secuencias de agricultura con producciones de maíz, trigo y soja durante 5 a 8 años con 3 a 4 años de ganadería, tanto sea con pastoreo directo de pasturas y verdeos o produciendo cultivos forrajeros y cosechando la biomasa verde o seca para alimentación de ganado, parcial o totalmente encerrado (feed-lot)

#### 7.3.2.2. Métodos y equipamiento de riego.

La gran difusión del riego complementario se inició a principios de la década de 1980, utilizando métodos gravitacionales, casi exclusivamente riego por surcos con aguas subterráneas. El aprovechamiento de aguas superficiales aún sigue siendo incipiente, aunque existen algunas zonas en el sudeste y sur bonaerense donde se captan aguas de ríos y arroyos (Río Sauce Grande, Río Sauce Chico, Río Quequén, etc.)

Los métodos de riego que a continuación se describen muy sucintamente, cuando son adecuadamente diseñados, instalados y operados, permiten almacenar las láminas netas de riego programadas, con similares eficiencias de aplicación  $Ef_a$ , inherentes a su naturaleza, mayores en los aéreos (por aspersión, entre el 70 y 85%) y menores en los gravitacionales (surcos, entre el 60 y 70%).

Los sistemas de riego por surcos más generalizados se integran por un conjunto de motor y bomba cuyos tipos y potencias dependen de las características de los acuíferos, a partir de una obra de perforación, en sus versiones de pozo desnudo o encamisado, utilizando como revestimiento, tubería de chapa galvanizada, PVC o PE. Dos tipos de

redes de cañería finalizan la composición del equipamiento: una red de conducción de agua desde el pozo compuesta por tuberías de aluminio, PVC o PE y una o varias redes de aplicación con dispositivos simples (orificios de pared gruesa) o más elaborados (compuertillas), con las cuales se derivan los pequeños caudales a los surcos. Para alumbrar los caudales de pozo más frecuentes, entre 60 y 120 m<sup>3</sup>/h, con cuerpos de bombas de eje vertical, portando entre 3 a 8 impulsores, instalados entre 25 y 50 m de profundidad, las potencias requeridas por los motores Diesel, vinculando los ejes de motor y bomba mediante cabezal a engranajes, oscilan entre 10 y 40 HP, ya que tanto las presiones de trabajo requeridas como las pérdidas de carga son bajas.

Los conjuntos de surcos son habitualmente construidos sin acondicionar la superficie del terreno, en modelos de labranza convencional son abiertos con aporcador o escardillo, en siembra directa, con surqueador y cuando no son diseñados aplicando métodos específicos y son operados con un caudal único, se logran  $E_{fa}$  bajas, del orden del 30%. Cuando los sistemas de surcos son diseñados y operados en base a tecnologías adecuadas (Génova, 1995), derivando un caudal máximo no erosivo durante el tiempo de avance y luego un caudal menor, de infiltración, durante el tiempo de infiltración, en surcos de longitud óptima, se alcanzan las  $E_{fa}$  máximas para métodos gravitacionales, del orden del 70%. Las ventajas del riego por surcos son sus bajos costos de instalación y operativo, la seguridad de alcanzar altísimas eficiencias de almacenaje y cumplir con los requerimientos de lixiviación. Las principales desventajas, exaltadas en los sistemas inadecuadamente diseñados, son la peligrosidad de provocar erosión hídrica, las bajas  $E_{fa}$  y el costo de mano de obra.

Los sistemas de aspersión son de movimiento manual y movimiento continuo o autopropulsado. Los primeros constituyen los equipos de tipo “papero”, integrados por un conjunto motor y bomba, una red principal y una o más redes secundarias porta-aspersores, ambas conformadas por tramos de tuberías de aluminio o PVC con acoples rápidos y los aspersores de pequeña capacidad, erogando unitariamente caudales no superiores a 6-7 m<sup>3</sup>/h. Generalmente las redes de cañería son portátiles y se trasladan manualmente para cubrir las distintas posiciones sobre el terreno.

Los sistemas de aspersión más difundidos actualmente utilizan máquinas de riego autopropulsadas, de tres tipos: enrollador, pivote central y avance frontal. Todos cuentan con un conjunto motobomba, para captar agua superficial o subterránea y presurizarla.

En el caso de los enrolladores, una red madre de tubería deriva agua a una manguera de PE enrollada en un carretel transportable, que termina en un aspersor gigante o cañón portado en un trineo o carro, que se dispone en la posición del terreno más distal del carretel mediante arrastre con un tractor y recorre el trayecto hasta su cercanía, cubriendo la aspersión un área rectangular con el recogimiento de la manguera debido al giro del carretel provocado por una turbina. La mayor ventaja de los enrolladores es su versatilidad y la desventaja más importante es el alto costo operativo del riego, por su mayor requerimiento de presión total.

El pivote central consiste en un conjunto de torres de hierro galvanizado que sostienen una cañería con conductos de bajada que terminan en distintos tipos de emisores

(boquillas, spray, toberas). La primer torre queda fija en el terreno y las demás son móviles, recorriendo circunferencias de radio variable, traccionadas por un par de neumáticos accionados por motores eléctricos reductores de velocidad, alimentados por un generador de electricidad, que puede o no tomar fuerza independientemente del motor que mueve la bomba, regando el conjunto de emisores una superficie circular entre 30 y 180 ha en función del número de torres del equipo más el agregado de un tramo de cañería en voladizo. Los pivotes más comunes tienen entre 7 y 11 torres, con áreas de riego de 45 a 130 ha. Cuando los equipos tienen más de 7 torres, requieren caudales superiores a los capaces de alumbrar con un pozo único, por lo que generalmente se construye el número de pozos necesario, habitualmente entre dos y tres) y la sumatoria de los caudales se conducen hasta la torre pivot mediante una red de tubería de PE preferentemente enterrada. Constituye el equipo que presenta el menor costo operativo de riego. Este tipo de equipamiento presenta como mayor ventaja el menor costo operativo y sencillez de operación, aunque es el equipo de mayor precio.

Los equipos de avance frontal son estructuralmente similares a los pivotes centrales, pero toman agua mediante un conjunto motobomba montado en una torre móvil central, desde un canal o tubería madre tendida perpendicularmente a la dirección de avance del equipo, regando superficies rectangulares. Es el tipo de equipamiento para riego por aspersión autopropulsado menos difundido, pues está especialmente diseñado para cubrir grandes áreas, que deben conformarse integrando varios los lotes agrícolas.

#### 7.4. Análisis del registro de datos de salinidad y sodicidad de los suelos regados durante el período 1986 y 2005.

La disponibilidad de datos analíticos de suelos regados correspondientes a zonas hidrológicas, edáficas y climáticas diferentes, pertenecientes a siete cuencas hídricas de la región pampeana, que abarcan una superficie del orden de 21,5 millones de ha, permitió analizar la respuesta de los suelos a la incorporación de sales y sodio por riego complementario. El tamaño muestral de datos de campo está conformado por los registros de 80 lotes agrícolas ubicados en 34 establecimientos agropecuarios, con mediciones realizadas durante series variables de tiempo, que hacen un total de 1.309 valores medios de pH,  $CE_{ex}$  y PSI de los horizontes superficiales HS y subsuperficiales HSS, de los cuales más del 95% son de generación propia y el resto tomados de la bibliografía.

Los Cuadros C 1 a C 12 del Anexo contienen el registro total de los valores hallados, detallándose la fecha de muestreo, el código de la cuenca hídrica, la localidad, la denominación del establecimiento agropecuario y el lote agrícola, los años de riego y la fuente bibliográfica donde han sido reportados los datos.

Un panorama emergente del análisis global del universo de datos es que no se registran valores de los indicadores que manifiesten degradaciones graves de los horizontes edáficos. La síntesis del análisis estadístico básico consta en el Cuadro 7.4.1.

Los coeficientes de variación CV de los valores de pH (7,1 y 8,1 %) de los horizontes superficial y subsuperficial, respectivamente, son muy bajos respecto a los correspondientes a la  $CE_{ex}$  (37,7 y 38,8 %) y al PSI (51,5 y 57 %), evidenciando que las diferencias entre horizontes son pequeñas. Las medidas de la tendencia central del pH muestran que en superficie el suelo es ligeramente más ácido que en profundidad, mientras que las medias de la  $CE_{ex}$  y el PSI, son muy similares entre horizontes.

**Cuadro 7.4.1. Estadística de los datos de salinidad y sodicidad de los suelos regados.**

Variables estadísticas	Horizonte superficial			Horizonte subsuperficial		
	pH	$CE_{ex}$ (dS/m)	PSI (%)	pH	$CE_{ex}$ (dS/m)	PSI (%)
N° de datos	208	225	222	207	224	223
Media aritmética	6,24	0,47	3,22	6,43	0,42	3,10
Mediana	6,18	0,43	2,89	6,33	0,39	2,90
Desviación estandar	0,45	0,18	1,66	0,52	0,16	1,77
Varianza	0,67	0,42	1,29	0,72	0,40	1,33
Coefficiente de variación	7,16	37,75	51,58	8,15	36,85	57,01
Valor máximo	8,10	1,19	9,33	8,10	0,93	11,67
Valor mínimo	5,40	0,11	0,50	5,55	0,11	0,53
Interv. de confianza (1 %)	0,08	0,03	0,29	0,09	0,03	0,31
Interv. de confianza (5 %)	0,06	0,02	0,22	0,07	0,02	0,23
Interv. de confianza (10 %)	0,05	0,02	0,18	0,06	0,02	0,19

Las diferencias entre los indicadores de salinidad y sodicidad de los suelos de secano (Cuadro 7.3.1.1) y regados (Cuadro 7.4.1) son poco significativas para el pH y muy significativas para la  $CE_{ex}$  y el PSI. En todos los casos, los valores medios de los suelos regados superaron a los de secano, el pH aumentó un 4% en el del HS y un 2,5% en el HSS; la  $CE_{ex}$  del HS creció un 174% y la del HSS un 105% y el PSI aumentó un 180% en el HS y un 165% en el HSS, advirtiéndose además que los incrementos de los tres indicadores en los suelos regados respecto de los de secano, fueron siempre mayores en el HS.

Las distribución de frecuencias de ocurrencia de valores de indicadores se grafica en las Figuras 7.4.1 a 7.4.3. Se evidencia claramente que son muy escasos los valores extremos. Por el lado del pH, se observa un desplazamiento de los valores más frecuentes del horizonte más profundo hacia la neutralidad (Fig. 7.4.1.). La salinidad tiene una similar distribución en ambos horizontes, aunque en el más profundo son ligeramente más frecuentes los bajos contenidos de  $CE_{ex}$ , invirtiéndose la tendencia a medida que crecen los valores de los intervalos de frecuencia (Fig. 7.4.2.)

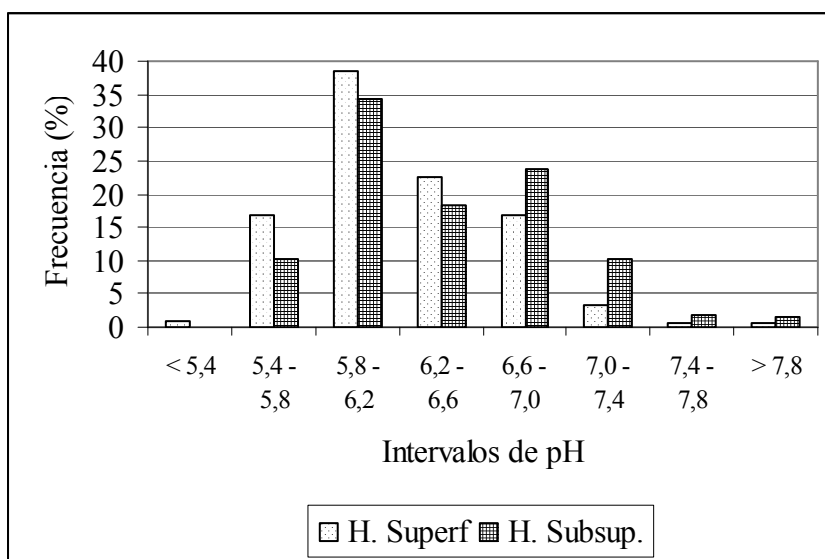


Figura 7.4.1. Distribución de frecuencias del pH de los HS y HSS de los suelos regados.

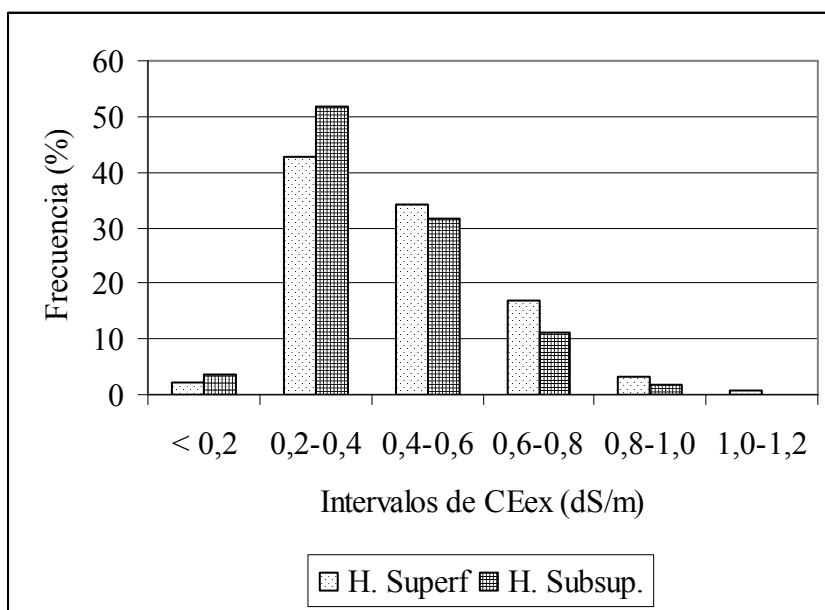


Figura 7.4.2. Distribución de frecuencias de la salinidad de los HS y HSS de los suelos regados.

Los PSI muestran una importante dispersión, dentro de un comportamiento unimodal (Fig. 7.4.3), alternándose las diferencias entre las frecuencias para cada horizonte, siendo más frecuentes los menores PSI registrados en el HS para los intervalos de PSI 1 a 2 y 3 a 4 y mayores en los intervalos 2 a 3 y 4 a 5. Se manifiesta en forma muy conspicua la gran variabilidad del PSI, como también una de las más importantes conclusiones de este trabajo, relacionada con el mayor impacto degradativo de los suelos con el riego, su sodificación, que si bien es muy evidente, los altos valores de PSI son muy escasos y no alcanzan a manifestar degradaciones graves que comprometan el funcionamiento del suelo. Más adelante se demostrará que no hay evidencia sobre incrementos de PSI sostenidos en el tiempo y si una alternancia entre los valores anuales registrados en varias series de años regados, que implican la ocurrencia de mecanismos de recuperación de la calidad edáfica.

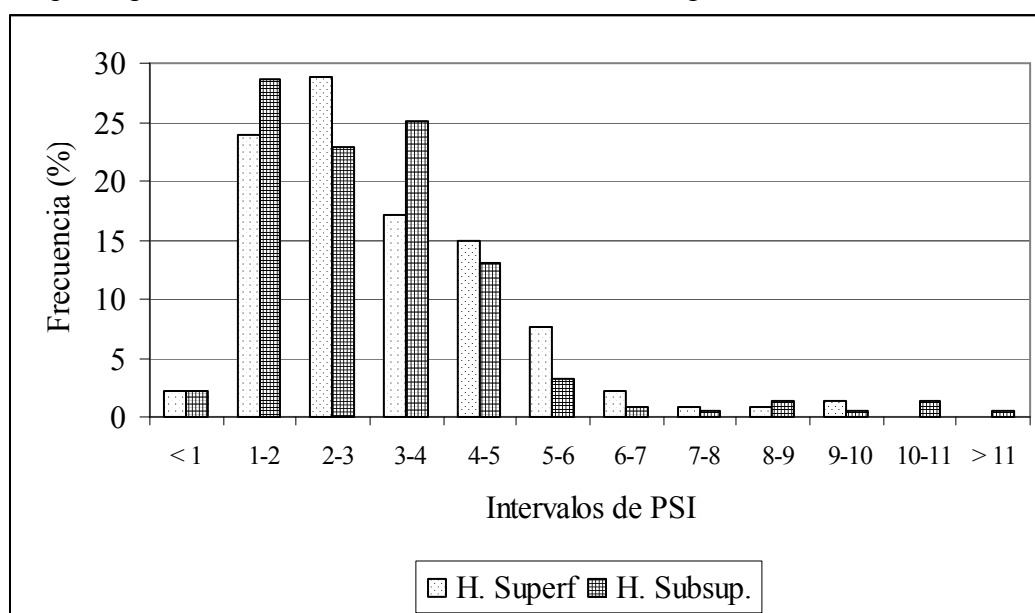


Figura 7.4.3. Distribución de frecuencias de la sodicidad de los HS y HSS de los suelos regados.

Antes de comparar los resultados del impacto del riego en los suelos de las distintas cuencas, se consideraron los datos promedio de todos los suelos regados (Cuadros 7.4.2. y 7.4.3.) para resumir la tendencia central de los indicadores de cada horizonte, correspondientes a las dos épocas de muestreo. Con esta información se construyeron las Figuras 7.4.4. y 7.4.5.

Analizando el comportamiento del suelo frente a la incorporación de sales durante la temporada de riego, en la Figura 7.4.4. se observa un mismo patrón de respuesta al riego por parte del horizonte superficial, que en posttemporada presentó mayores valores de pH,  $CE_{ex}$  y PSI que los obtenidos en pretemporada, hecho que ocurrió con todas las clases de agua, lo cual evidencia el enriquecimiento de sodio a expensas del aporte durante la aplicación de los riegos y la misma tendencia ocurre en el otro horizonte (Fig. 7.4.5), aunque no se repite exactamente en todas las clases de agua, ya que en la clase C3S3, el valor medio de salinidad de pretemporada es ligeramente superior al de posttemporada.

Por otro lado, la otra tendencia general de los promedios de los indicadores que se observa en ambos horizontes, es que a medida que crece la RAS de las aguas, aumenta la sodificación de los suelos, en cambio las variaciones de pH y de  $CE_{ex}$  causadas por la creciente salinidad y sodicidad del agua, son muy pequeñas y no manifiestan un patrón definido.

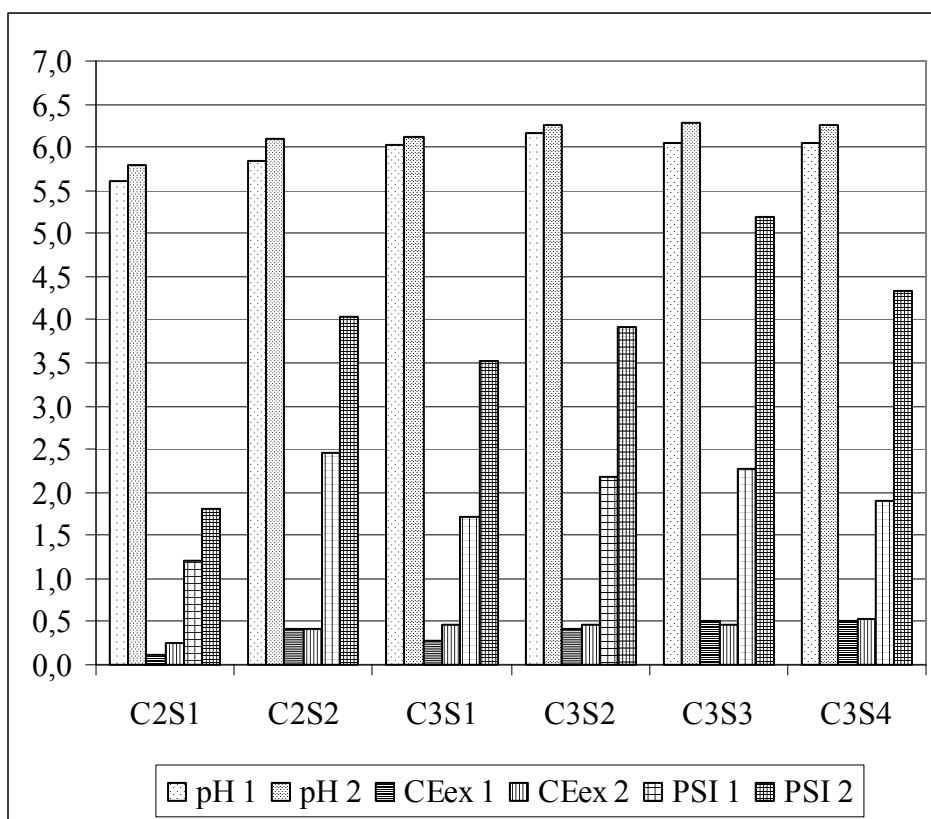
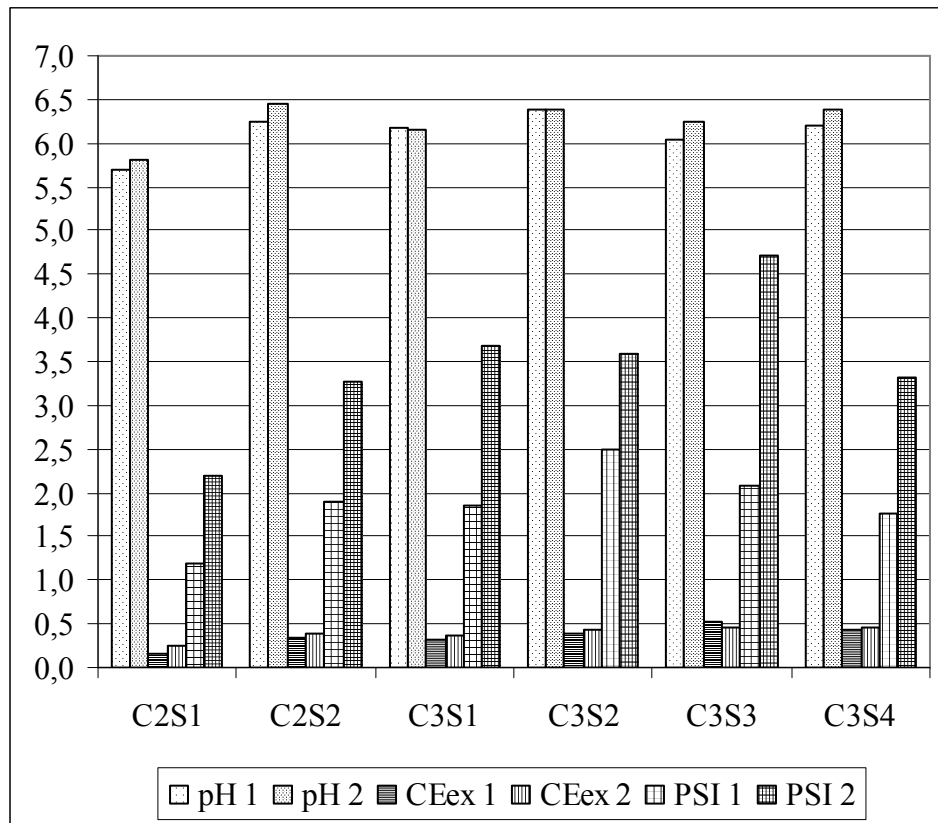


Figura 7.4.4. Valores de los indicadores del horizonte superficial de suelos regados con aguas de distinta clase, obtenidos en pretemporada (1) y posttemporada de riego (2)



**Figura 7.4.5. Valores de los indicadores del horizonte subsuperficial de suelos regados con aguas de distinta clase, obtenidos en pretemporada (1) y posttemporada de riego (2)**



**Cuadro 7.4.2. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados.**

Código de cuenca	Clase de agua	pH	CEex (dS/m)	PSI
Valores medios de pretemporada de riego.				
33	C2S2	5,575	0,360	2,415
33	C3S3	5,800	0,600	1,920
33	C3S4	6,142	0,578	1,620
35	C2S2	5,900	0,220	1,400
35	C3S1	5,750	0,280	1,240
35	C3S2	5,972	0,469	2,157
35	C3S3	5,850	0,615	2,265
36	C2S2	5,663	0,443	1,588
36	C3S2	5,600	0,376	1,998
48	C2S1	5,600	0,110	1,200
48	C2S2	6,233	0,690	4,547
48	C3S1	5,860	0,210	1,430
48	C3S2	6,372	0,433	2,512
50	C3S4	5,937	0,430	2,190
98	C2S2	5,850	0,360	2,280
98	C3S1	6,501	0,373	2,487
98	C3S2	6,680	0,365	2,071
98	C3S3	6,503	0,333	2,616
Valores medios de posttemporada de riego.				
33	C2S2	5,775	0,528	2,175
33	C3S4	6,217	0,529	4,044
35	C2S2	6,200	0,340	2,800
35	C3S1	5,870	0,440	3,460
35	C3S2	6,021	0,416	3,636
35	C3S3	5,933	0,413	3,033
36	C2S2	5,795	0,385	4,310
36	C3S2	6,000	0,456	3,452
48	C2S1	5,800	0,250	1,800
48	C2S2	6,533	0,493	6,060
48	C3S1	6,050	0,250	2,550
48	C3S2	6,282	0,502	3,928
50	C3S3	6,500	0,390	9,020
50	C3S4	6,318	0,534	4,627
98	C2S2	6,185	0,375	4,850
98	C3S1	6,425	0,672	4,573
98	C3S2	6,763	0,515	4,682
98	C3S3	6,412	0,590	3,489

**Cuadro 7.4.3. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados.**

Código de cuenca	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
Valores medios de pretemporada de riego.				
33	C2S2	5,975	0,295	2,310
33	C3S3	5,750	0,670	1,750
33	C3S4	6,169	0,539	1,644
35	C2S2	6,100	0,220	1,300
35	C3S1	5,800	0,290	1,290
35	C3S2	5,942	0,411	1,867
35	C3S3	5,750	0,580	2,020
36	C2S2	5,638	0,415	1,603
36	C3S2	5,880	0,330	1,900
48	C2S1	5,700	0,150	1,200
48	C2S2	7,533	0,493	2,270
48	C3S1	6,120	0,310	1,520
48	C3S2	6,846	0,440	3,681
50	C3S4	6,250	0,336	1,900
98	C2S2	5,93	0,340	2,030
98	C3S1	6,634	0,332	2,741
98	C3S2	6,823	0,331	2,497
98	C3S3	6,639	0,304	2,488
Valores medios de posttemporada de riego.				
33	C2S2	6,075	0,465	2,023
33	C3S4	6,257	0,444	2,338
35	C2S2	6,100	0,310	3,100
35	C3S1	5,880	0,330	3,030
35	C3S2	6,029	0,434	2,988
35	C3S3	5,900	0,525	2,890
36	C2S2	5,908	0,315	3,333
36	C3S2	5,960	0,330	2,854
48	C2S1	5,800	0,260	2,200
48	C2S2	7,700	0,420	2,940
48	C3S1	6,00	0,29	2,68
48	C3S2	6,635	0,522	4,279
50	C3S3	6,500	0,330	7,760
50	C3S4	6,509	0,459	4,278
98	C2S2	6,490	0,415	4,950
98	C3S1	6,602	0,475	5,329
98	C3S2	6,917	0,478	4,249
98	C3S3	6,358	0,496	3,497

### **7.5. Análisis comparativo de la salinidad y sodicidad de los suelos regados, perteneciente a las distintas cuencas hídricas.**

En los Cuadros C.1.1. a C.1.3. del Anexo figuran los datos de salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, agrupados por cuenca, correspondientes a la pretemporada de riego y en los Cuadros C.2.1. a C.2.3. los del mismo horizonte pero obtenidos al finalizar la temporada de riego. Los datos de pre y posttemporada correspondientes al horizonte subsuperficial se ven en los Cuadros D.1.1. a D.1.3. y D.2.1. a D.2.3. del Anexo, respectivamente.

Los Cuadros E.1.1. a E.1.6 del Anexo presentan los valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos regados, tomados antes y después de la temporada de riego, referidos a cada cuenca hídrica y los Cuadros F.1.1. a F.1.6. contienen el mismo tipo de datos, pero referidos al HSS.

Se realizó un análisis comparativo entre seis de las siete cuencas estudiadas, de los registros de pH,  $CE_{ex}$  y PSI de los suelos regados, correspondientes a dos épocas de muestreo: pre y posttemporada de riego. Se excluyó la cuenca 51 (Arroyos de Sur bonaerense), debido a la escasa información disponible y a la carencia de datos del PSI, aunque se dispusieron valores de la  $RAS_{ex}$ , que no se consideraron indicadores confiables del sodio adsorbido, siguiendo a Génova (1989, 1993), que encontró muy pobre correlación entre  $RAS_{ex}$  y PSI de suelos pampeanos bajo riego complementario, al contrario de lo que sucede en suelos aluviales de zonas áridas bajo riego integral, donde la  $RAS_{ex}$  se utiliza como pronosticador del PSI. Los datos de los Cuadros 7.4.2 y 7.4.3 se graficaron en las figuras 7.5.1 a 7.5.12 para mostrar el impacto del riego en los suelos de cada cuenca hídrica.

#### a) Cuenca 33. Arroyos del sudeste de Santa Fe y norte de Buenos Aires.

En las Figuras 7.5.1. y 7.5.2. se observa que en ambos horizontes aumentó levemente el pH cumplida la temporada de riego, la  $CE_{ex}$  se comportó en forma diferente para aguas de distinta clase, aumentó en un caso y disminuyó luego del riego con la más salina. El PSI registró una leve superioridad antes de iniciar los riegos con el agua de menor  $CE_a$  y RAS en los dos horizontes, pero revirtió la situación con el agua más salina y sódica, con un fuerte enriquecimiento de sodio adsorbido del HS y menor en el otro horizonte.

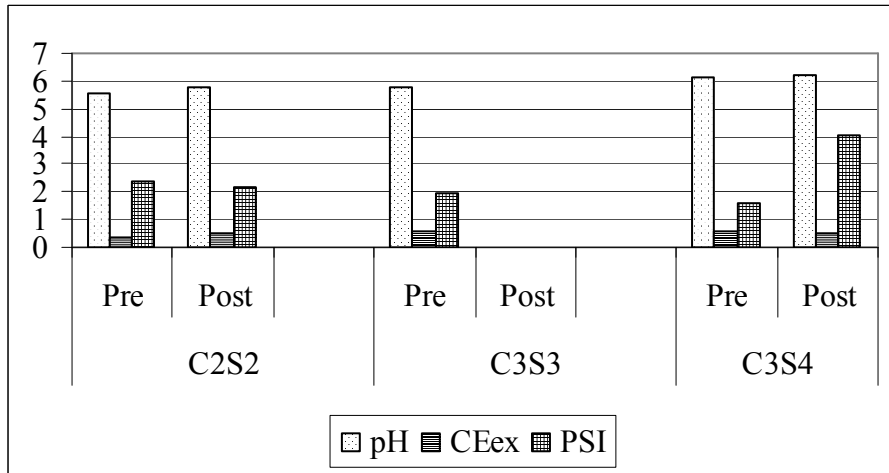


Figura 7.5.1. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 33.

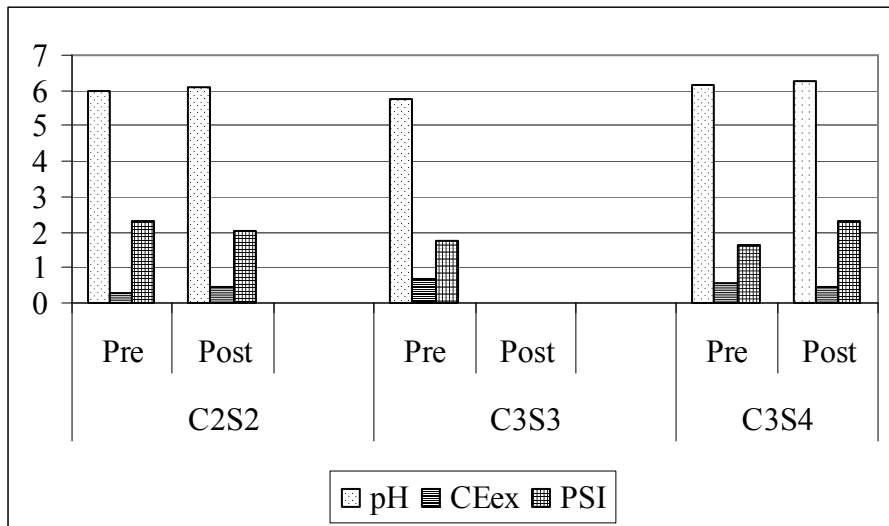
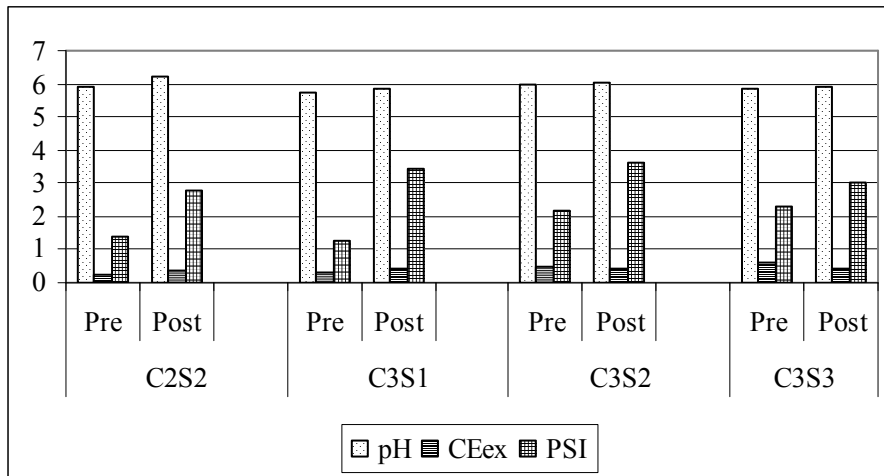


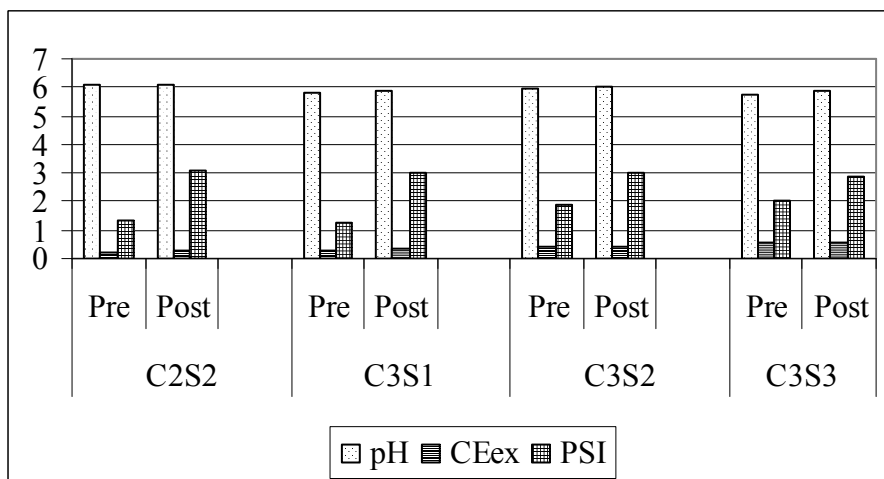
Figura 7.5.2. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 33.

b) Cuenca 35. Cuenca del Río Arrecifes.

El pH creció después de la temporada de riego tanto en los dos horizontes como con las cuatro clases de agua, la salinidad del suelo varió muy poco y el PSI se incrementó en posttemporada en todas las situaciones generadas.



**Figura 7.5.3. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 35.**



**Figura 7.5.4. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 35.**

c) Cuenca 36. Cuenca de los Arroyos del NE de Buenos Aires.

Los indicadores mostraron en los dos horizontes el mismo patrón de variación con la época de muestreo, incrementándose el pH y el PSI en posttemporada y manteniéndose muy cercanos los valores de CE<sub>ex</sub> antes y después de cumplidos los riegos.

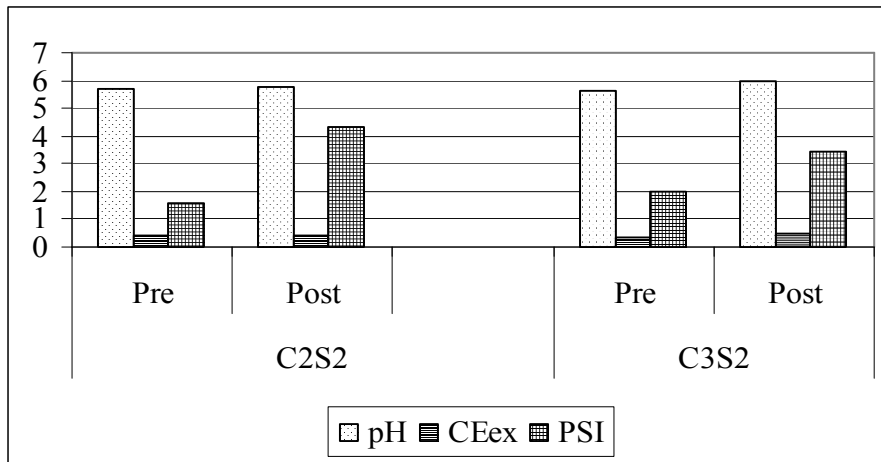


Figura 7.5.5. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 36.

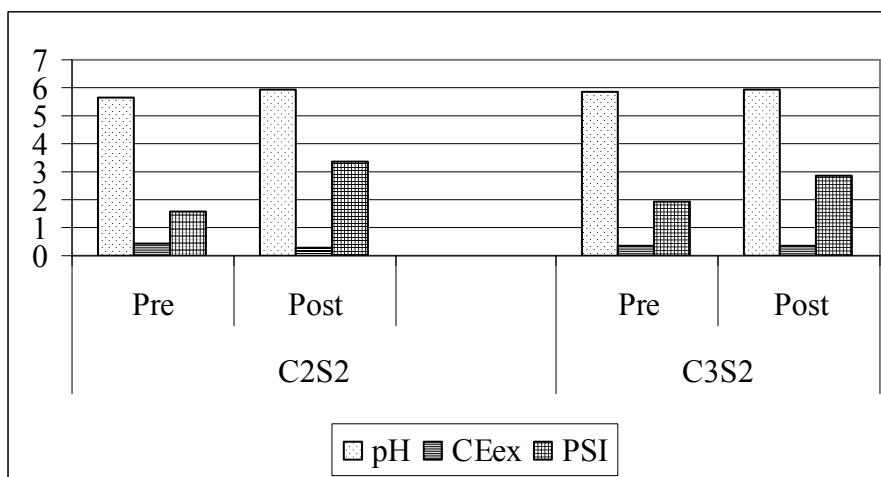
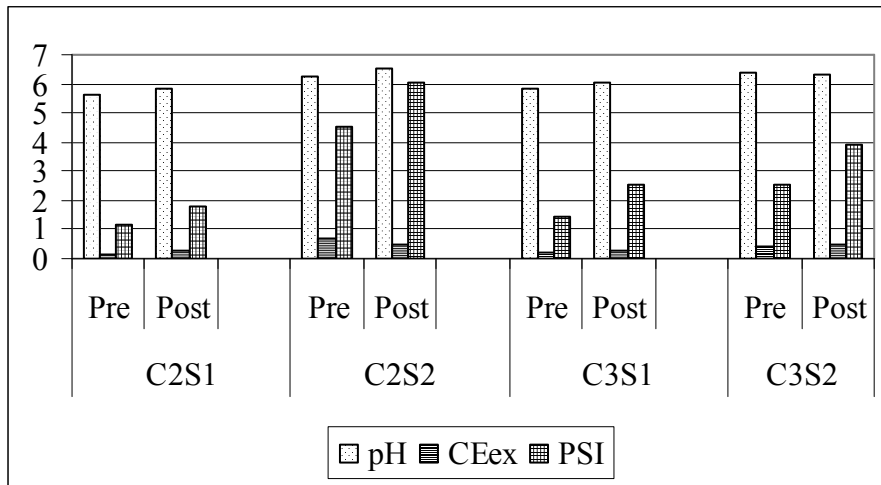


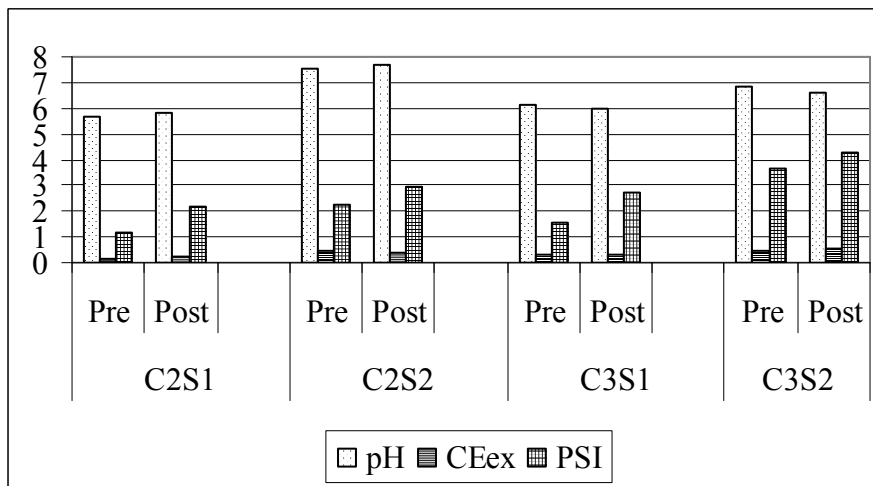
Figura 7.5.6. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 36.

d) Cuenca 48. Cuenca del Río Salado.

Los tres indicadores manifestaron en ambos horizontes la misma tendencia de aumentar sus magnitudes en posttemporada para todas las calidades de aguas de riego, con dos excepciones para la CE<sub>ex</sub> en el caso del agua de clase C2S2 y el pH en el caso del agua de clase C3S2, en que los valores son levemente superiores en pretemporada.



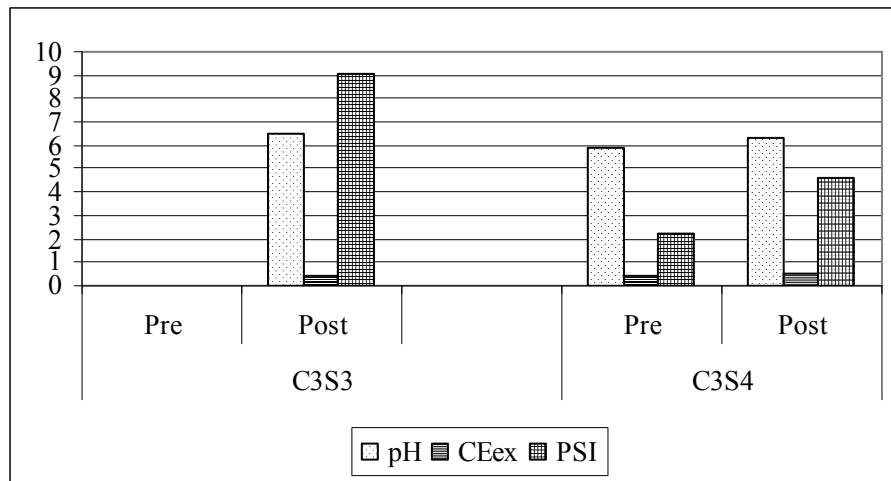
**Figura 7.5.7. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 48.**



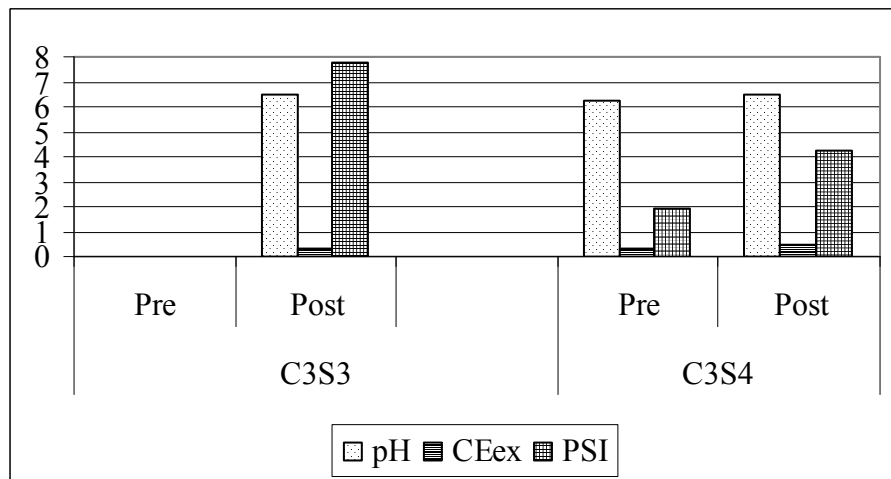
**Figura 7.5.8. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 48.**

e) Cuenca 50. Cuenca de los Arroyos del sudeste de Buenos Aires.

En la única comparación posible con los datos disponibles, los tres indicadores aumentaron sus valores en ambos horizontes en posttemporada cuando recibieron el aporte de sales y sodio del agua de clase C3S4.



**Figura 7.5.9. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 50.**

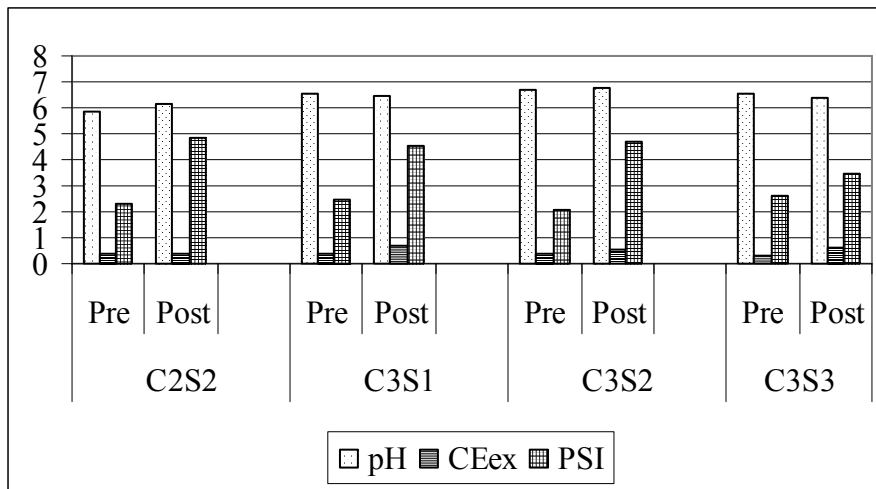


**Figura 7.5.10. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 50.**

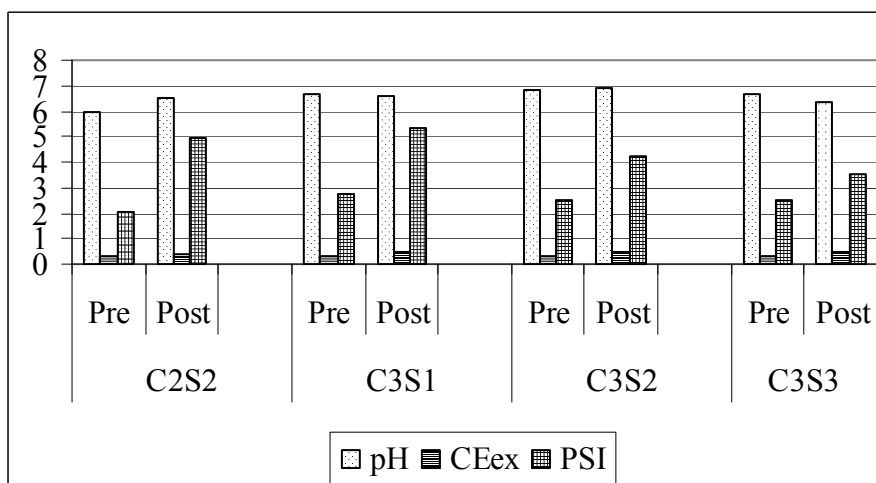
f) Cuenca 98. Región Lagunera del sudoeste de Buenos Aires.

Se mantiene la tendencia general de registro de mayores valores de pH,  $CE_{ex}$  y PSI hallados en posttemporada respecto de los correspondientes a pretemporada y una gran similitud de las magnitudes para los dos horizontes. Solo se encuentra un menor valor de pH antes de iniciar los riegos.





**Figura 7.5.11** Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 98.



**Figura 7.5.12.** Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pre y posttemporada de riego. Cuenca 98.

Del análisis comparativo efectuado entre los valores de los indicadores correspondientes a pre y posttemporada para las distintas cuencas, surge que por un lado se mantiene con pocas excepciones, la misma tendencia de incrementos en todas las cuencas de los valores obtenidos después de recibir los suelos las láminas de riego durante octubre a marzo, no encontrándose diferencias significativas entre las distintas cuencas, pues las características de los suelos, los balances hídricos y los cultivos y práctica del riego complementario, son similares.

Se efectuaron análisis comparativos parciales entre los indicadores pH, CE<sub>ex</sub> y PSI correspondientes a cada cuenca, para los datos de pre y posttemporada de cada horizonte, ya que al no existir un diseño experimental previo, los datos no responden a ningún arreglo, por lo tanto se han tomado algunos casos seleccionados por la disponibilidad de información estadísticamente comparable, como por ejemplo la referente a los dos

horizontes medidos en pre y posttemporada regados con aguas de las clases C2S2, C3S2 y C3S3 para tres conjuntos integrados por las cuencas 33, 36 y 48; 35, 36 48 y 98 y 33, 35 y 98, respectivamente.

No se halló un patrón definido de diferencias significativas al 5% de probabilidad según el test de Tuckey, que se asigna a los factores climáticos y edáficos que intervienen en los balances hídricos y salinos, generando los principales procesos de flujo de materia y energía que operan los mecanismos de recuperación de las funciones edáficas, que serán tratados más adelante. Un ejemplo de la amplísima variabilidad de la significancia de las diferencias es el caso de la clase de agua C2S2 que mientras en el horizonte superficial en pretemporada produjo diferencias significativas entre los pH y los PSI de las cuencas 33 y 48 y 36 y 48, respectivamente y entre la  $CE_{ex}$  de las cuencas 33 y 48, en posttemporada se mantuvieron significativas las diferencias de pH entre las mismas cuencas, no fueron significativas para la  $CE_{ex}$  y sólo fueron significativas para el PSI entre las cuencas 33 y 48. En el horizonte subsuperficial en pretemporada se encontró significancia para las diferencias entre todas las cuencas para el pH y ninguna para la salinidad, quedando solamente significativa la diferencia entre los PSI de las cuencas 33 y 48 .

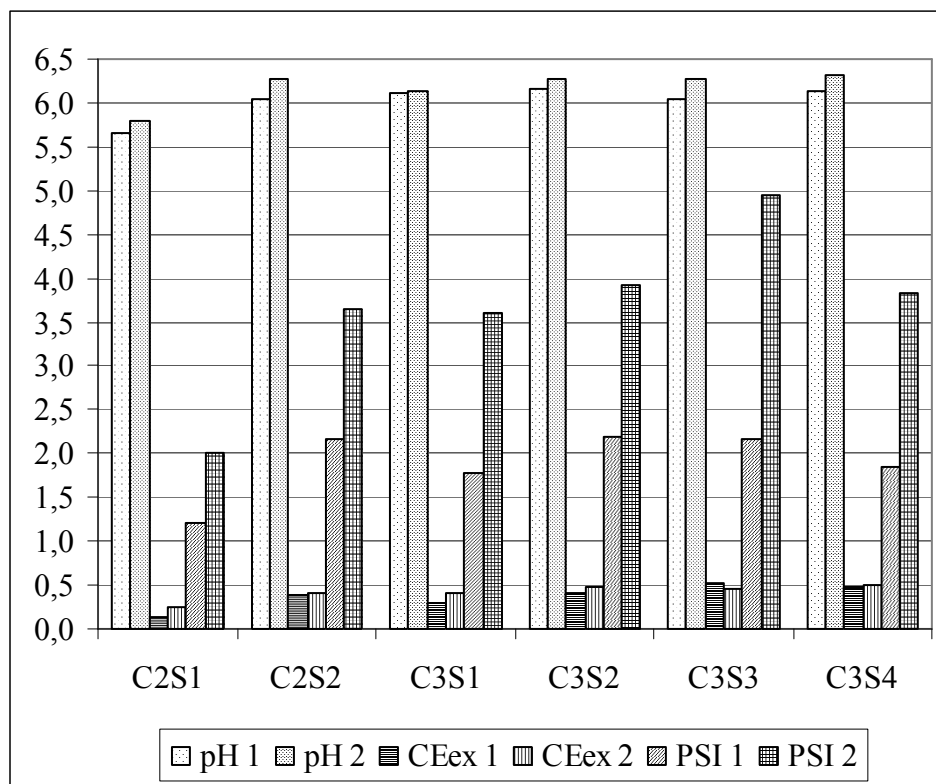
### 7.6. Relación entre la salinidad y la sodicidad alcanzadas por los suelos regados y la calidad de las aguas de riego.

El Cuadro 7.6.1 resume los valores medios de los indicadores de acidez-basicidad, concentración salina, cantidad relativa de sodio y carbonato de sodio residual de las clases de aguas que regaron los suelos estudiados.

**Cuadro 7.6.1. Valores medios de los indicadores salinos y sódicos de las clases de aguas usadas para el riego de los suelos estudiados.**

Clase aptitud	pHa	CEa (dS/m)	RASa	CSR me/l
C2S1	7,30	0,66	2,20	6,90
C2S2	7,66	0,72	7,89	6,70
C3S1	7,48	0,96	4,10	
C3S2	7,82	1,06	9,54	9,26
C3S3	7,91	1,24	13,07	7,93
C3S4	7,60	1,16	20,24	9,78
C4S4	7,65	3,40	24,10	5,85

La Figura 7.6.1 muestra los datos medios de pH,  $CE_{ex}$  y PSI correspondientes al perfil total de los suelos regados con aguas de distinta calidad. No se consideró la clase C4S4 debido a la carencia de datos de PSI de los suelos regados con esa clase de agua.



**Figura 7.6.1. Indicadores de salinidad del perfil total de los suelos regados con aguas de distinta calidad, obtenidos en pretemporada (1) y en posttemporada de riego (2)**

En principio se observan dos patrones generales claramente visibles: los valores de posttemporada superan a los de pretemporada y las aguas de mayor RAS determinan los más altos PSI.

Se compararon los valores de los tres indicadores principales correspondientes al agua y al suelo hallados al iniciar y al finalizar la temporada de riego y luego se construyeron regresiones lineales simples para determinar el grado de correlación entre la salinidad y la sodicidad de aguas y suelos.

En la Figura 7.6.2. se visualizan nítidamente las diferencias entre el pH de las aguas de riego respecto del pH de los suelos regados. La diferencia media es del orden de 1,5 unidades de pH. La Fig. 7.6.3. muestra que la correlación entre el pH del agua y del suelo regado es más estrecha con los registros de posttemporada, explicable por el relativamente breve lapso de tiempo para dar oportunidad a las reacciones físico-químicas en la solución del suelo. El muestreo de posttemporada se estima que representa la situación más cercana al equilibrio entre la salinidad y sodicidad del agua de riego y el agua del suelo. Es importante destacar que el grado de asociación del pH del agua con el suelo es media a baja, tal como lo reflejan los coeficientes de determinación de 0,62 y 0,45 para los pH de post y pretemporada, respectivamente.

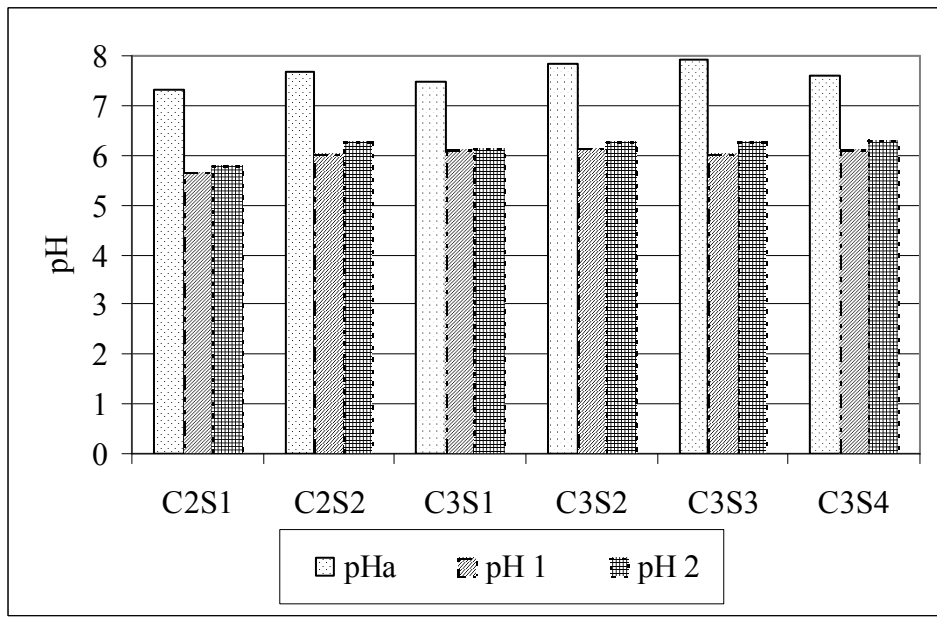


Figura 7.6.2. Comparación entre el pH<sub>a</sub> de las aguas de riego de distintas clases y el pH de los suelos regados. Datos de pretemporada (1) y posttemporada (2)

Por el lado de la salinidad, las aguas más salinas generaron valores algo más altos de la salinidad de la solución del suelo, pero como se tratará con mayor rigor más adelante, en realidad, la correlación entre las CE<sub>a</sub> y CE<sub>ex</sub> no puede explicar individualmente la dinámica salina del suelo, debido a la acción del régimen de precipitación regional que origina procesos de lavado de sales.

En la Fig. 7.6.4. se ven las diferencias entre las concentraciones salinas del agua de riego y del agua del suelo, cuyo valor medio es del orden de 0,57 dS/m y el grado de correlación entre dichas variables es media, con un r<sup>2</sup> medio de alrededor de 0,675 , como se observa en la Figura 7.6.5.

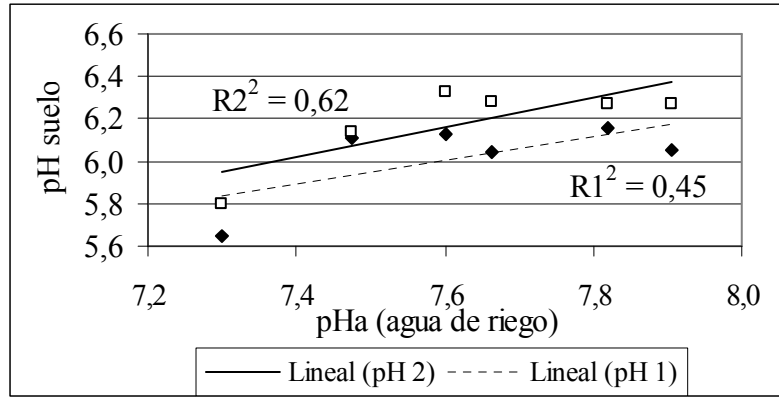


Figura 7.6.3. Correlación entre el pH<sub>a</sub> del agua de riego y los pH del suelo obtenidos antes (1) y después (2) de la temporada de riego.

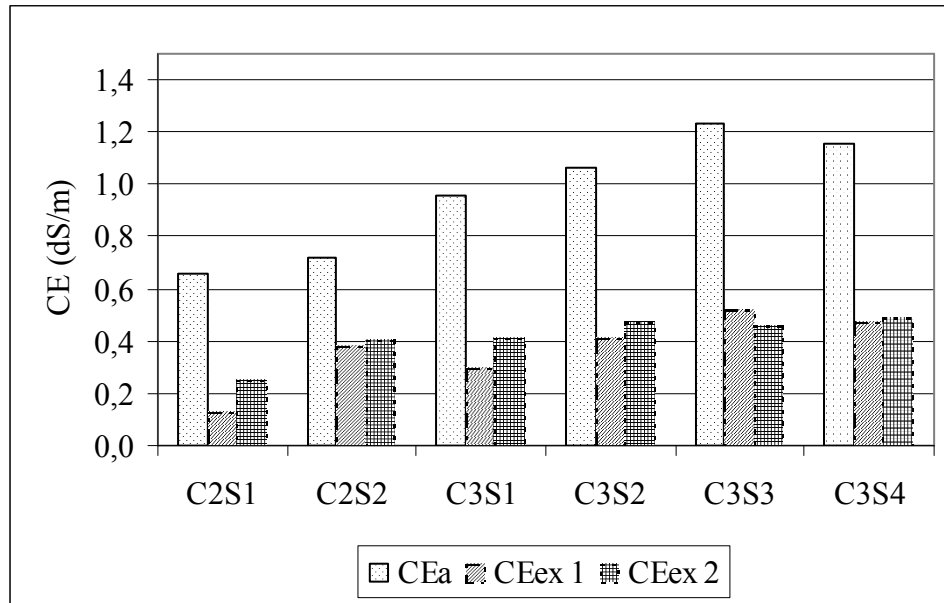


Figura 7.6.4. Comparación entre la  $CE_a$  de las aguas de riego de distintas clases y las  $CE_{ex}$  de los suelos regados. Datos de pretemporada (1) y posttemporada (2)

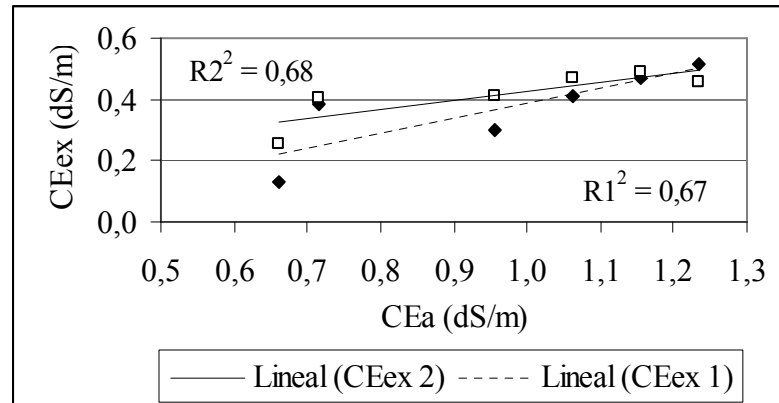


Figura 7.6.5. Correlación entre la  $CE_a$  del agua de riego y las  $CE_{ex}$  del suelo obtenidas antes (1) y después (2) de la temporada de riego

Por último, la comparación entre los valores de la  $RAS_a$  del agua y el  $PSI$  de los suelos, cobra particular importancia debido a que la principal causa generadora de degradación edáfica por parte del riego es la incorporación de sodio al complejo de intercambio que provoca una fuerte alteración en la estructura por desfloculación coloidal conduciendo a la reducción de la capacidad de infiltración de agua.

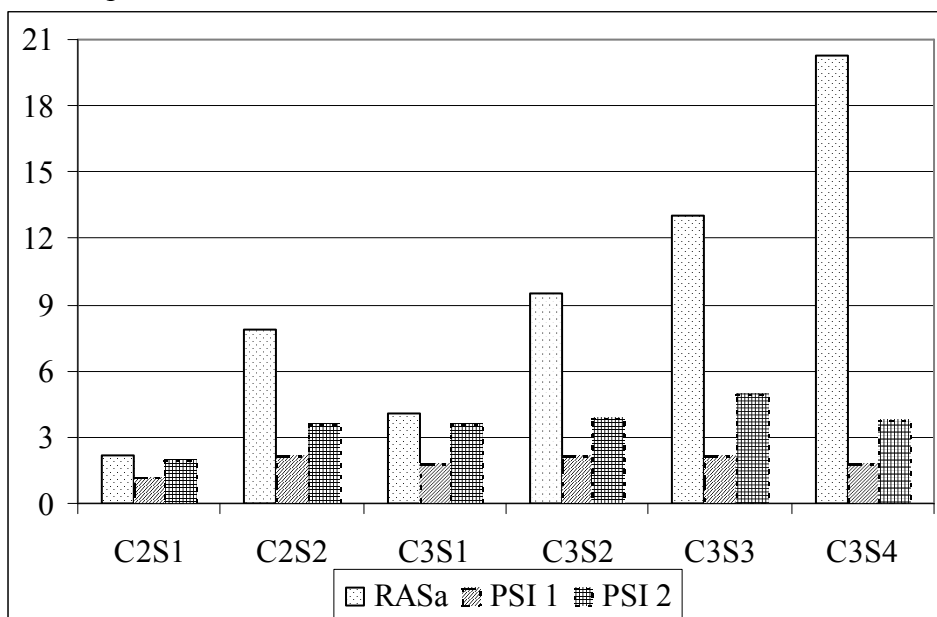
A partir de los pronósticos de sodificación del suelo por la aplicación de aguas de riego con  $RAS$  elevado, propuestos por el US Salinity Lab. (Richards ed., 1954), en la región húmeda pampeana se plantearon grandes dudas sobre el impacto del riego complementario y sus consecuencias en la sustentabilidad de los agroecosistemas, pues equivocadamente se utilizó la ecuación de regresión  $PSI = 1,1355 RAS_a + 0,0265$ , con  $r^2=1$ , reformulada de la original de (Richards ed. 1954), desconociendo que fue construida con datos surgidos del riego integral de cultivos instalados en condiciones de aridez, donde principalmente existen tres diferencias de enorme peso en los balances hídricos y salinos del suelo: el alto volumen de agua aportado durante el ciclo de cultivo, la baja precipitación y la baja capacidad de intercambio catiónico de los suelos aluviales.

En los oasis regados existentes en la zona árida argentina, los pronósticos del PSI a partir de la  $RAS_a$  con el mencionado modelo, son acertados porque la solución del suelo regado es generada casi exclusivamente por la cantidad y grado de mineralización del agua de riego aportada, que es del orden de 600 a 1.200 mm por ciclo de cultivo anual o perenne, respectivamente y la lluvia prácticamente no participa en la hidrodinámica y consecuentemente en la halodinámica. De esta manera, la solución de los suelos regados presenta similares características químicas a las del agua que han recibido, pues se alcanzan condiciones de equilibrio a raíz de los flujos hídricos verticales y horizontales y generalmente la concentración salina de la solución, indicada por la  $CE_{ex}$ , es 1, 5 a 2 veces la  $CE_a$ , pero la cantidad del sodio adsorbido por el complejo de intercambio alcanza valores muy correlacionados con la sodicidad relativa del agua de riego.

Esta situación no ocurre en la región húmeda, donde el régimen de precipitación anual es del orden de 800 a 1200 mm, los suelos tienen altas CIC, mayores de  $20 \text{ cmol.kg}^{-1}$  y las láminas de riego raramente superan los 300 mm por temporada. La Figura 7.6.6. muestra las diferencias entre la  $RAS_a$  y los PSI, que se magnifican a medida que crecen los valores de  $RAS_a$  en las aguas de inferior calidad y también se observan que las diferencias son menores entre la  $RAS_a$  y el PSI del suelo obtenido antes de iniciar el ciclo de riegos.

El grado de correlación entre la  $RAS_a$  y el PSI es en general muy baja, algo mayor para los PSI de posttemporada, del orden de  $r^2 = 0,37$  respecto al PSI de pretemporada, con  $r^2 = 0,2$  (Fig. 7.6.7). Las diferencias entre las magnitudes de los indicadores salinos de las aguas de riego de distinta calidad y de los indicadores de los suelos regados, son presentadas en el Cuadro 7.6.2.

La correlación entre las diferencias de  $pH_a$  de las aguas de riego de distinta clase con el pH de los suelos es prácticamente nula.



**Figura 7.6.6. Comparación entre la  $RAS_a$  de las aguas de riego de distintas clases y los PSI de los suelos regados. Datos de pretemporada (1) y posttemporada (2)**

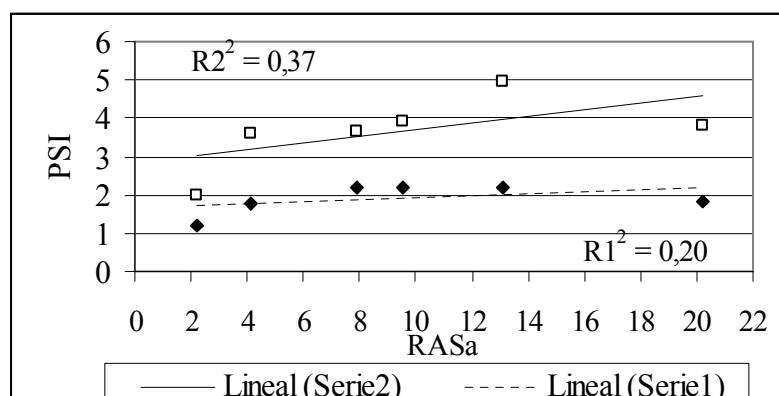


Figura 7.6.7. Correlación entre la  $RAS_a$  del agua de riego y los PSI del suelo obtenidos antes (1) y después (2) de la temporada de riego.

Cuadro 7.6.2. Diferencias entre los valores de los indicadores correspondientes a las aguas y a los suelos, obtenidos antes y después de la temporada de riego.

Clase de agua	pH	pH	CEex (dS/m)	CEex (dS/m)	PSI	PSI
	Pretemporada	Posttemporada	Pretemporada	Posttemporada	Pretemporada	Posttemporada
C2S1	1,65	1,50	0,53	0,41	1,0	0,2
C2S2	1,62	1,39	0,33	0,31	5,7	4,2
C3S1	1,36	1,34	0,66	0,55	2,3	0,5
C3S2	1,66	1,55	0,65	0,59	7,4	5,6
C3S3	1,86	1,64	0,72	0,78	10,9	8,1
C3S4	1,48	1,28	0,69	0,66	18,4	16,4
Promedios	1,61	1,45	0,60	0,55	7,6	5,8

La correlación de las diferencias entre la  $CE_a$  y las  $CE_{ex}$  de los suelos regados con aguas de distinta salinidad, es mayor para las salinidades del suelo en posttemporada, con un  $r^2 = 0,74$  que para los registros de pretemporada. (Fig. 7.6.8.).

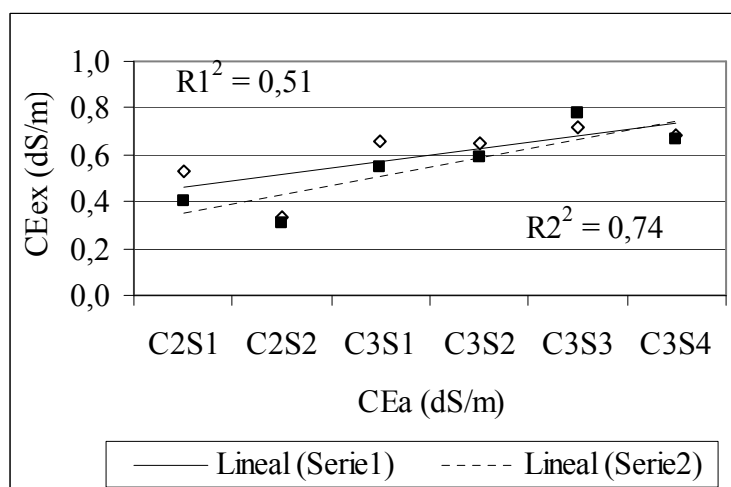
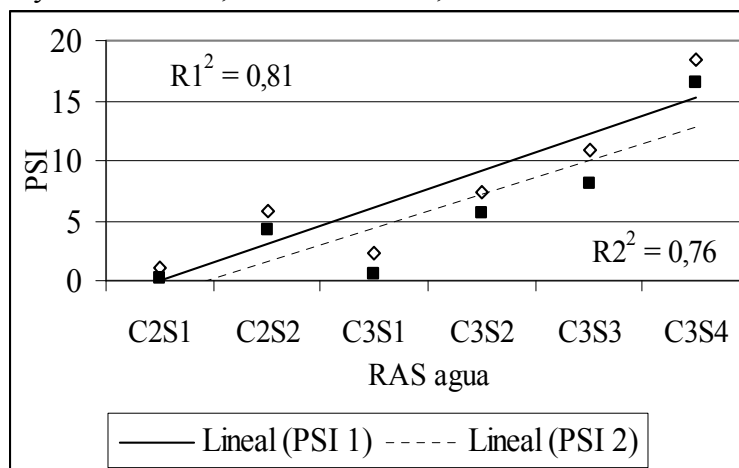


Figura 7.6.8. Correlación entre las diferencias de salinidad de las aguas de riego y de los suelos regados. Datos de pretemporada (1) y posttemporada (2)

Por último, analizado el grado de asociación de las diferencias entre la  $RAS_a$  de las aguas de distinta calidad aplicadas a los suelos y los PSI obtenidos antes y después de cada temporada de riego, se determinó una similar y medianamente alta correlación entre las sodicidades del agua y de los suelos, en ambos casos, como se observa en la Figura 7.6.9.



**Figura 7.6.9. Correlación entre las diferencias de sodicidad de las aguas de riego y de los suelos regados. Datos de pretemporada (1) y posttemporada (2)**

Hasta aquí se ha analizado la salinidad de los suelos regados con aguas de diferente calidad, tomando valores medios de los indicadores antes de iniciar y al terminar el período de riego, para todo el perfil explorado por la mayor cantidad de raíces activas por parte de los cultivos de maíz, soja y trigo, alcanzando una profundidad máxima de 60 cm, donde se estima que ocurre al menos el 70% de la absorción de agua (Doorembos y Pruitt, 1986).

A continuación se tratará la misma información pero discriminada para cada uno de los dos primeros horizontes del suelo, el superficial y el subsuperficial, entre 0 a 20-30 cm y de 20 a 50-60 cm, respectivamente. Siempre el horizonte superficial corresponde al horizonte A de los Molisoles estudiados y el más profundo integra el horizonte B1 y parte del B2 de los Argiúdoles o el B o el AC en los Haplúdoles.

Una primera comparación entre el  $pH_a$  de las aguas de riego y los pH de cada horizonte de los suelos se visualiza en las Figuras 7.6.10 y 7.6.11. Los análisis de varianza y test de Tuckey practicados, determinan que las diferencias entre los promedios del pH de las aguas de distinta clase son significativos al  $p < 0,05$ , mientras que no son significativas las diferencias de pH ni entre las medias obtenidas en las dos épocas de muestreo ni entre ambos horizontes.



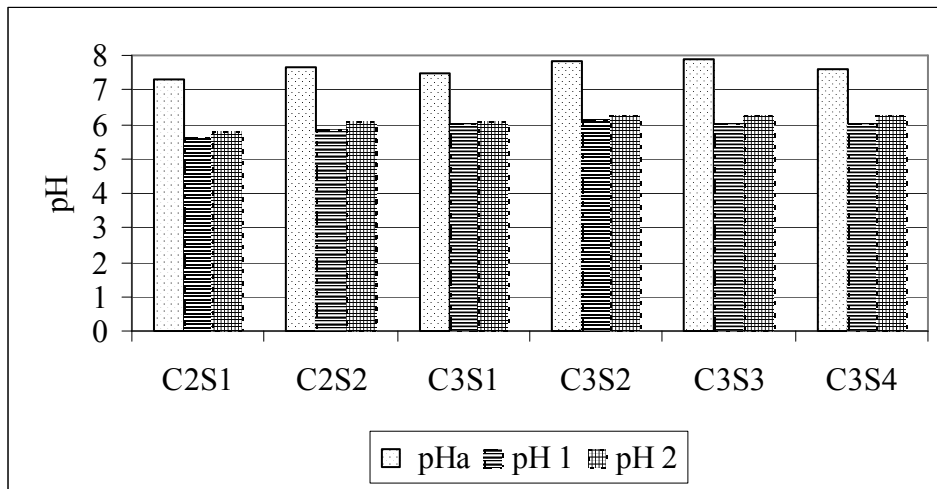


Figura 7.6.10. Relación entre el  $pH_a$  de las aguas de distinta clase y el pH del horizonte superficial del suelo. Pretemporada (1) y posttemporada de riego (2)

La diferencia media entre el  $pH_a$  del agua y los pH de los suelos fue de 1,5 unidades de pH, con un rango entre 1,38 y 1,67, mientras que la media de las diferencias entre los pH de los horizontes fue de 0,14 unidades de pH., entre valores extremos de 0,1 y 0,18 de pH. En la Figura 7.6.12 se ven los grados de correlación entre el  $pH_a$  y los de los horizontes, resultando bajos y medios salvo para el caso del pH del horizonte superficial medido en posttemporada.

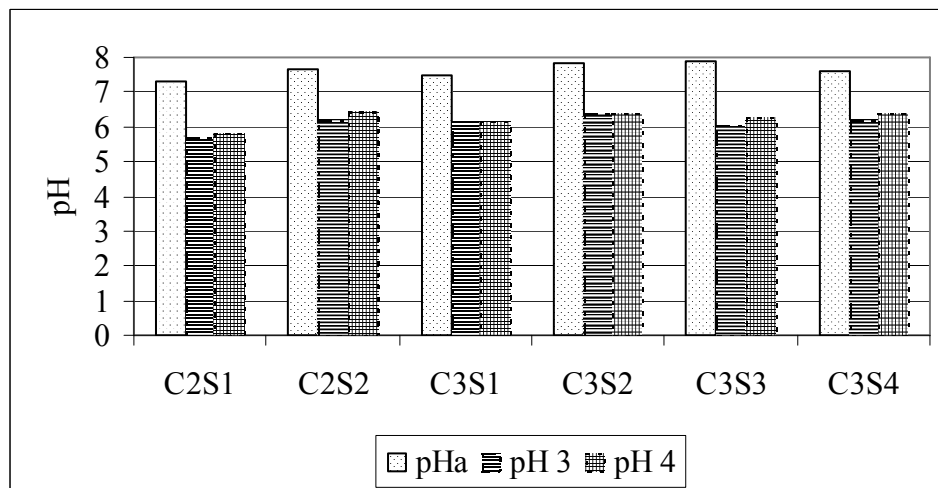


Figura 7.6.11. Relación entre el  $pH_a$  de las aguas de distinta clase y el pH del horizonte subsuperficial del suelo. Pretemporada (3) y posttemporada de riego (4)

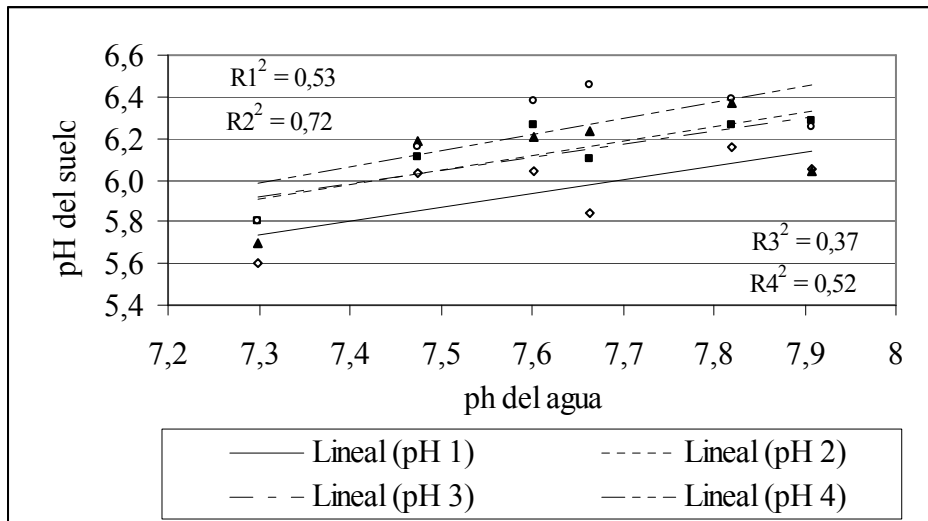


Figura 7.6.12. Correlación entre el  $\text{pH}_a$  de las aguas de riego de distinta clase y el  $\text{pH}$  del horizonte superficial y subsuperficial en pretemporada (1 y 3) y en posttemporada de riego (3 y 4), respectivamente.

La comparación entre las salinidades de las aguas de riego de diferente concentración con las de los horizontes, que se observa en las Figuras 7.6.13 y 7.6.14, arrojaron diferencias significativas al nivel  $p < 0,05$ , no así entre las  $\text{CE}_{\text{ex}}$  de los horizontes. El promedio de la diferencia entre la  $\text{CE}_a$  de las aguas y las  $\text{CE}_{\text{ex}}$  de los horizontes de suelos fue de  $0,66 \text{ dS/m}$ , en cambio las diferencias medias entre  $\text{CE}_{\text{ex}}$  de los dos horizontes fue insignificante,  $0,009 \text{ dS/m}$ .

La correlación entre las salinidades del agua y de los suelos se presenta en la Figura 7.6.15, con valores moderados de  $r^2$  entre  $0,59$  y  $0,74$ , mostrando que las aguas más salinas produjeron las más altas salinidades de la solución del suelo.

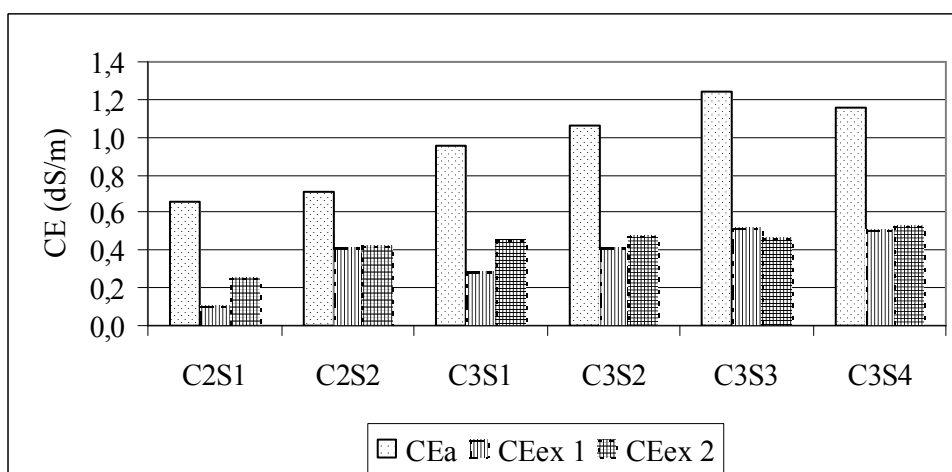


Figura 7.6.13. Comparación entre la  $\text{CE}_a$  de las aguas de distinta clase y la  $\text{CE}_{\text{ex}}$  del horizonte superficial del suelo. Pretemporada (1) y posttemporada (2) de riego.

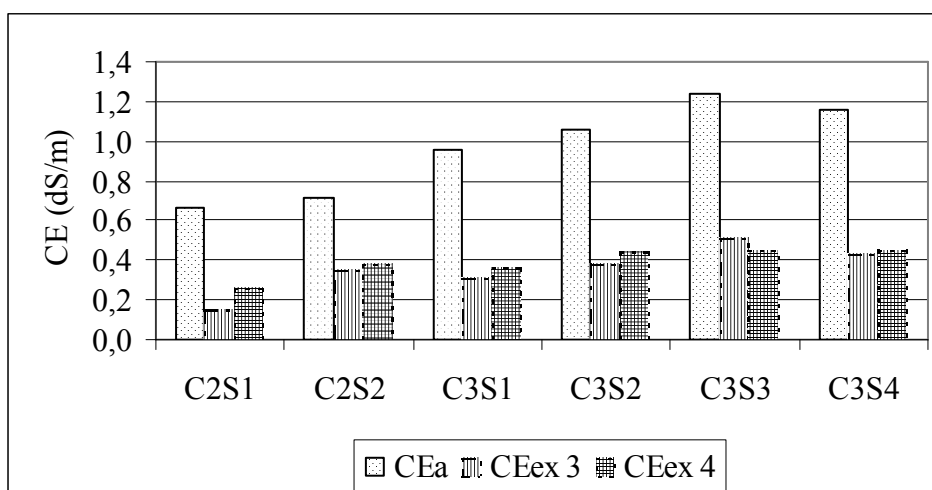


Figura 7.6.14. Comparación entre la  $CE_a$  de las aguas de distinta clase y la  $CE_{ex}$  del horizonte subsuperficial del suelo. Pretemporada (3) y posttemporada (4) de riego.

Por último, en las Figuras 7.6.16 y 7.6.17 se ven los valores de PSI de los horizontes comparativamente con las  $RAS_a$  de las aguas con que fueron regados. Se manifiesta muy evidente que el crecimiento de la  $RAS_a$  de las aguas es acompañado con valores crecientes del PSI en ambos horizontes, siendo las diferencias de las medias estadísticamente significativas al nivel  $p < 0,05$ , con un promedio general de  $PSI = 6,73\%$ . También es notorio que los PSI obtenidos en posttemporada superan a los de pretemporada, para todas las calidades de agua, siendo significativas las diferencias de medias, determinadas mediante el test de Tuckey.

Sin embargo, la Figura 7.6.18. muestra que el grado de correlación entre la  $RAS_a$  y los PSI de los suelos es baja, en contraposición a los resultados de Marano et al (2000), que encontraron altas correspondencias  $RAS_a$ -PSI de 4 aguas aplicadas a columnas de un suelo Argiudol ácuico representativo del centro-oeste santafesino, que presentaron la siguiente ecuación media de regresión,  $PSI = 4 + 0,75 RAS$  con  $r^2 = 0,94$ , correspondiente al horizonte A y el rango de  $RAS_a$  entre 6,3 y 21,5

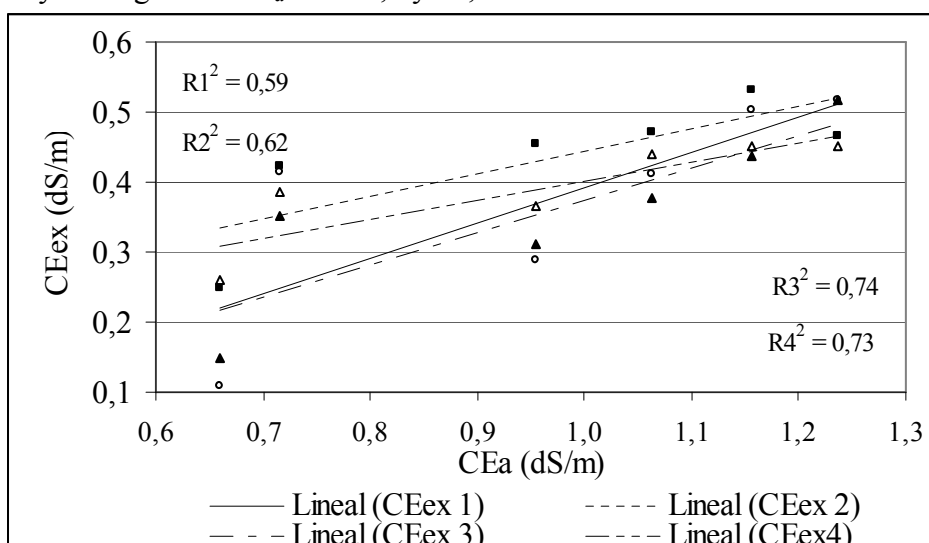


Figura 7.6.15. Correlación entre la  $CE_a$  de las aguas de distinta clase y la  $CE_{ex}$  del HS y HSS en pretemporada (1 y 3) y en posttemporada de riego (3 y 4) respectivamente.

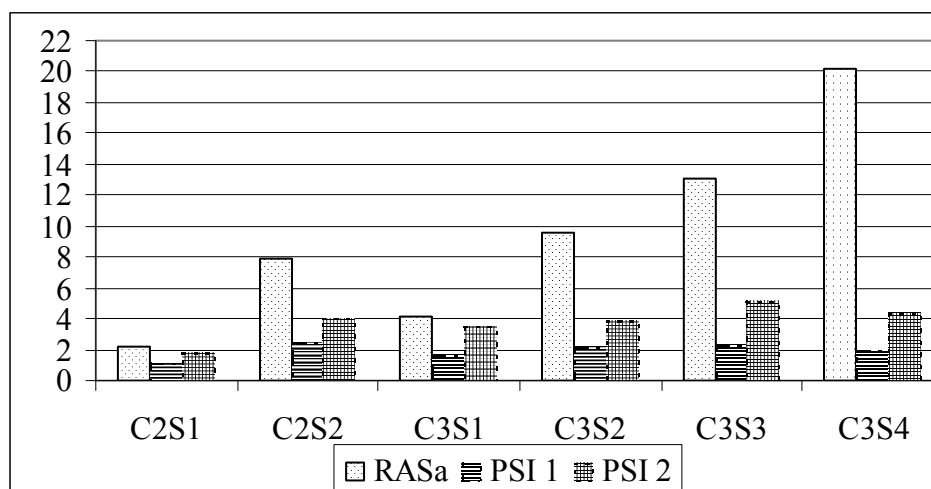


Figura 7.6.16. Comparación entre la RAS<sub>a</sub> de las aguas de distinta clase y el PSI del horizonte superficial del suelo. Pretemporada (1) y posttemporada de riego (2)

El Cuadro 7.6.3. presenta las diferencias entre las RAS<sub>a</sub> de las aguas y los PSI de los horizontes regados, datos correspondientes a las dos épocas de muestreo y la Figura 7.6.19. contiene las rectas de regresión de dichos valores. Las diferencias son mayores en pretemporada que en posttemporada, debido al incremento del PSI por el aporte sódico con el riego y muy similares para ambos horizontes. El grado de correlación entre la sodicidad del agua y los PSI alcanzados es muy alto y prácticamente igual para los dos horizontes y las dos épocas, con  $r^2$  promedio de 0,98.

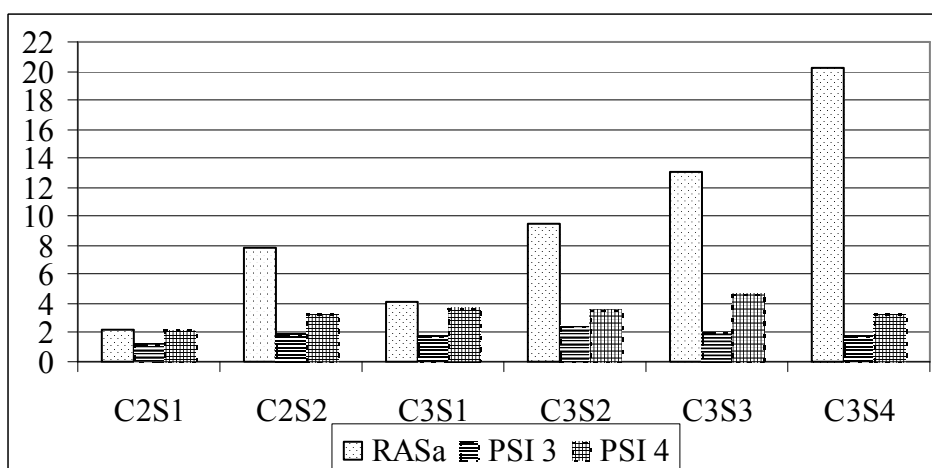


Figura 7.6.17. Comparación entre la RAS<sub>a</sub> de las aguas de distinta clase y el PSI del horizonte subsuperficial del suelo. Pretemporada (3) y posttemporada de riego (4)

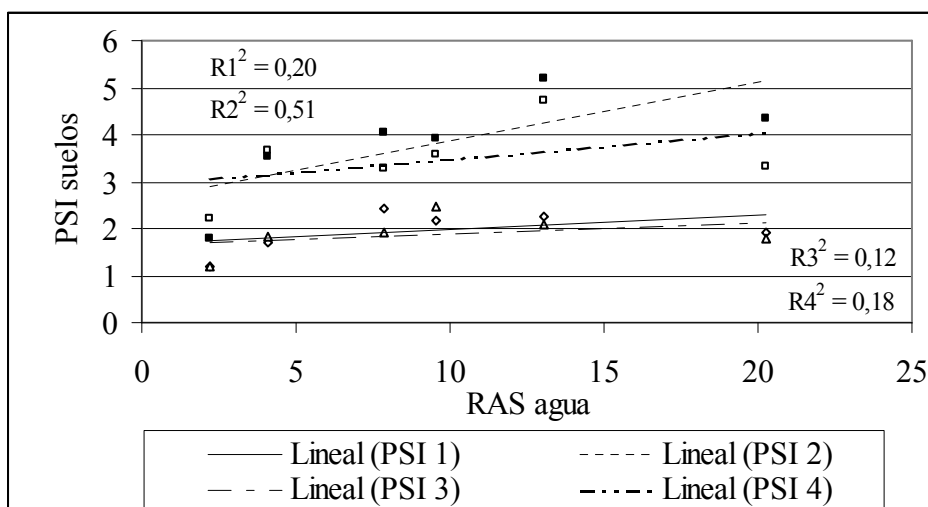


Figura 7.6.18. Correlación entre la RAS<sub>a</sub> de las aguas de distinta calidad y los PSI de los horizontes superficial y subsuperficial de los suelos regados, obtenidos en pretemporada (1 y 3) y en posttemporada de riego (2 y 4), respectivamente.

Cuadro 7.6.3. Diferencias entre la RAS<sub>a</sub> de las aguas de distinta calidad y los PSI de los suelos regados. PSI 1 y 2: horizonte superficial en pre y posttemporada. PSI 3 y 4: horizonte subsuperficial de pre y posttemporada.

CLASE	RAS	RAS - PSI 1	RAS - PSI 2	RAS - PSI 3	RAS - PSI 4
C2S1	2,20	1,00	0,40	1,00	0,00
C2S2	7,89	5,44	3,85	5,99	4,62
C3S1	4,10	2,38	0,57	2,25	0,42
C3S2	9,54	7,36	5,62	7,06	5,95
C3S3	13,07	10,80	7,89	10,98	8,35
C3S4	20,24	18,34	15,91	18,47	16,93

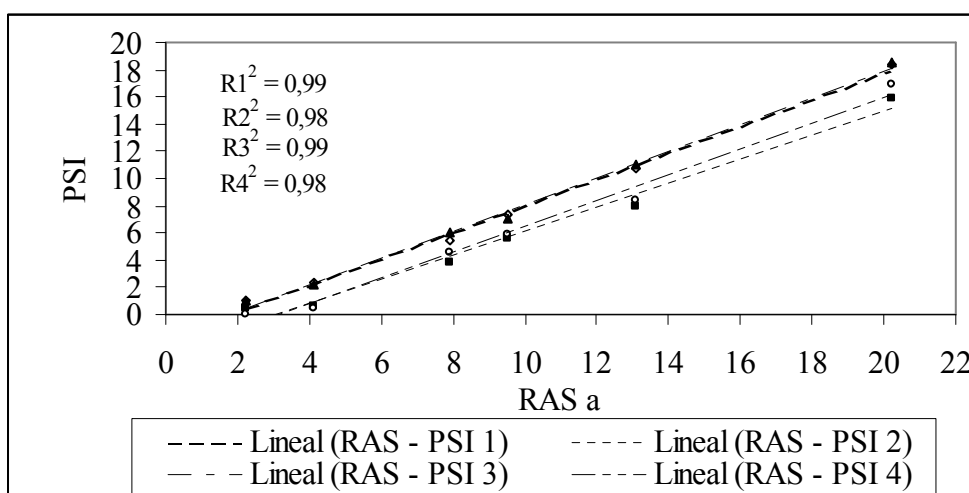


Figura 7.6.19. Correlación entre las diferencias de la RAS<sub>a</sub> de las aguas de distinta clase con los PSI (1) y (2) del horizonte superficial y los PSI (3) y (4) del horizonte subsuperficial, correspondientes a pre y posttemporada de riego, respectivamente.

## **7.7. Evaluación de la resistencia, resiliencia y tasa de resiliencia de los suelos a cambios en la salinidad y la sodicidad.**

Con los datos analíticos de los principales indicadores seleccionados (pH,  $CE_{ex}$  y PSI) obtenidos en tres situaciones características, correspondientes a las etapas inicial sin riego, pretemporada y posttemporada de riego de series de tiempo no homogéneas, se caracterizaron la resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL de los suelos regados con los modelos de Herrik y Wander (2001), considerando tres conjuntos de valores, los referentes al perfil total del suelo, al horizonte superficial y al horizonte subsuperficial, para atender las diferencias en las características y propiedades del suelo asociadas con su profundidad, sobre todo la textura, el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio de cationes.

En primer lugar, se ordenaron los resultados por su pertenencia a las distintas cuencas hidrográficas, que figuran en los cuadros G.1.1. a G.1.6. del Anexo, aunque la comparación por su ubicación geográfica no se consideró pertinente habida cuenta de la cantidad de factores con incidencia en la respuesta de los suelos al riego (edáficos, climáticos, ecofisiológicos, manejo agronómico, riego), que establecen interrelaciones que superan la posibilidad de ponderarlas y analizarlas en este trabajo, tanto por su variabilidad como por la carencia de diseño experimental previo.

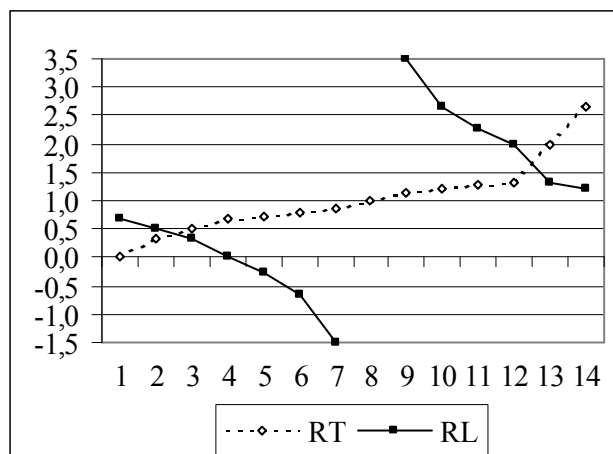
En cambio, se consideró relevante comparar los resultados asociados con la calidad del agua de riego, por lo que en los Cuadros H.1. a H.3. del Anexo se consignan los valores medios de RT, RL y TRL a cambios de pH,  $CE_{ex}$  y PSI, respectivamente, del perfil total del suelo y de los horizontes superficial y subsuperficial.

### **7.7.1. Análisis de sensibilidad de los modelos.**

Para interpretar el comportamiento resistente y resiliente de los suelos, se realizó un análisis de sensibilidad de los modelos utilizados. En las Figuras 7.7.1. a 7.7.3. se ven las tendencias de los valores de RT y RL para las relaciones más frecuentes entre las variables A, B y C de los modelos, para temporadas de riego que comienzan en el mes de octubre y finalizan en el mes de marzo, donde A representa los valores iniciales de los indicadores salinos, cuando aún los suelos no recibieron riego, B representa los valores obtenidos en pretemporada de riego (mes de octubre), asumiendo que manifiestan un estado de equilibrio entre el impacto del riego durante la temporada de riego y el período sin riego hasta iniciar la siguiente temporada, en que actúan solamente los mecanismos de recuperación de las funciones edáficas, principalmente lavado por lluvias e intercambio catiónico y C representa los valores de los indicadores medidos inmediatamente de finalizada la temporada de riego (mes de marzo), acusando el estado de mayor disturbio ocurrido por la acumulación de sales y sodio durante los riegos.

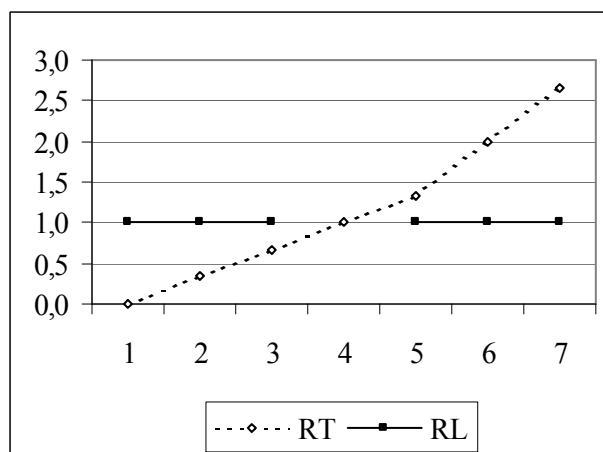
La resistencia siempre es positiva y función directa de los valores alcanzados en posttemporada, su tasa incremental máxima ocurre cuando  $A=B$  (Fig. 7.7.2.), es intermedia cuando  $A<B$  (Fig. 7.7.3.) y mínima cuando  $A>B$  (Fig. 7.7.1.)

La resiliencia puede tomar valores positivos, nulo o negativos. La Fig. 7.7.1. muestra que cuando  $A > B$ , la RL es positiva y disminuye con aumentos de C, durante el intervalo en que  $B > C$ , hasta que se anula cuando  $B = C$ . Cuando  $B < C$ , la RL adquiere valores negativos y aumenta su valor absoluto con incrementos de C hasta que  $A = C$ , en que es indefinida. Vuelve a ser positiva a partir que  $C > A$  y va disminuyendo a medida que crece C, tendiendo a  $RL = 1$ .



**Figura 7.7.1. Variación de la RT y RL cuando los valores de los indicadores de secano (A) superan a los de pretemporada (B).**

La Fig. 7.7.2. muestra, para la situación  $A = B$ , que  $RL = 1$  y permanece constante para cualquier valor de C.



**Figura 7.7.2. Variación de la RT y RL cuando los valores de los indicadores de secano (A) igualan a los de pretemporada (B).**

En la Fig. 7.7.3. se observa la tendencia de la RL para las situaciones más frecuentemente encontradas en los casos estudiados, cuando  $A < B$ , ya que generalmente los suelos regados adquieren valores de los indicadores superiores a los de secano. Cuando  $B > C$  y  $C < A$ , la RL es siempre positiva y aumenta con incrementos de C hasta que  $A = C$ , momento en que el modelo encuentra una indefinición matemática. En el intervalo en que  $C > A$ , la RL es negativa hasta que adquiere el valor cero cuando  $B = C$ . A partir de  $B < C$ , la RL es positiva y aumenta con crecientes valores de C, tendiendo a  $RL = 1$ .

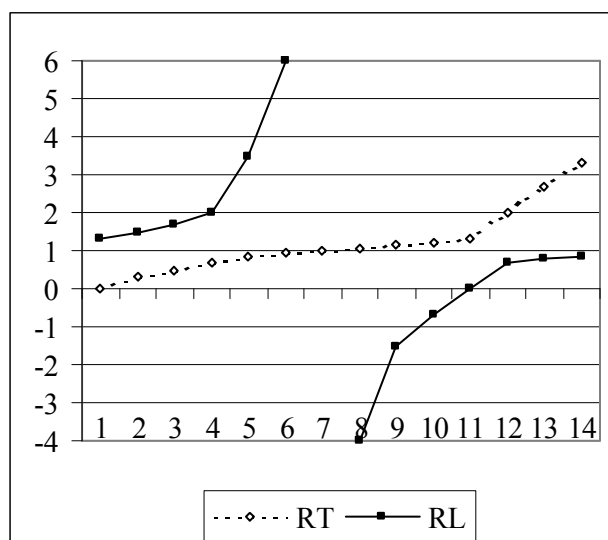


Figura 7.7.3. Variación de la RT y RL cuando los valores de los indicadores de secano (A) son inferiores a los de pretemporada (B).

### 7.7.2. Resistencia y resiliencia del perfil total del suelo a los impactos por sales y sodio.

En el Cuadro 7.7.1. se presentan los valores de RT, RL y TRL a cambios de pH,  $CE_{ex}$  y PSI del perfil total del suelo, que en lo sucesivo se expresaran, respectivamente, de la siguiente manera: RT (pH), RT ( $CE_{ex}$ ), RT (PSI), RL (pH), RL( $CE_{ex}$ ) y RL(PSI).

#### 7.7.2.1. Resistencia y resiliencia en función de la distinta calidad de las aguas de riego.

La resistencia da cabal idea del impacto del riego en el suelo, ya que cuantifica la relación entre los valores de los indicadores en condiciones de secano con los medidos inmediatamente después de ocurrida la temporada de riego.

En la Figura 7.7.4. se observa que las magnitudes de las RT(pH) son similares para las distintas clases de agua, resultado esperable dada la escasa diferencia entre los  $pH_a$  de las distintas aguas, que oscilaron dentro del rango de 7,3 a 7,9 unidades de pH, aunque el grado de correlación entre la RT(pH) y el  $pH_a$  es baja ( $r^2=0,53$ ). En cambio son significativas las diferencias de las resistencias cuando varían los contenidos salinos y sódicos del agua.

Respecto de la salinidad del agua, considerando por separado las RT( $CE_{ex}$ ) generadas por los dos grupos de aguas, el de subclase C2, con  $CE_a$  de 0,66 y 0,72 dS/m y el de subclase C3, con  $CE_a$  de 0,96; 1,06; 1,24 y 1,16 dS/m, se ve que la RT( $CE_{ex}$ ) crece con el aumento de la salinidad del agua, aunque su grado de correlación es bajo ( $r^2=0,56$ ), debido a la discontinuidad en el correlato de RT( $CE_{ex}$ ) y  $CE_a$  cuando el agua de clase C3S3 con  $CE_a = 1,24$  dS/m produjo menor RT( $CE_{ex}$ ) que el agua C3S4 con  $CE_a=1,16$  dS/m. Evidentemente no puede explicarse solamente con el tenor salino del agua, la vinculación con la salinidad del suelo y los valores de resistencias alcanzados, considerándose que el lavado de las sales por lluvias juega un rol trascendental, como se demostrará en el ítem 7.8. utilizando un modelo específico de balance hídrico y salino del suelo.



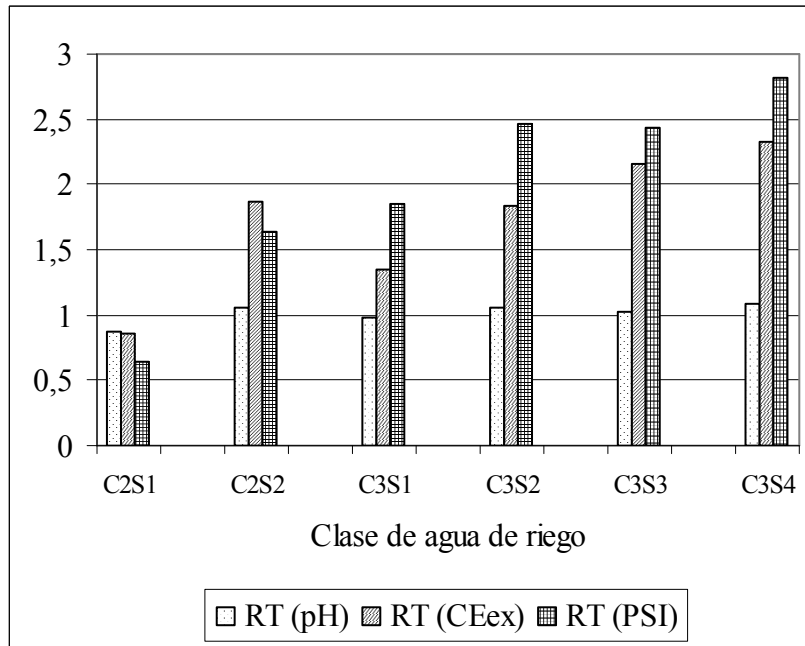


Figura 7.7.4. Resistencia del perfil total de los suelos a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI, regados con aguas de distinta clase.

En cambio las RT(PSI) y las RAS de las aguas se encuentran bien correlacionados, con un  $r^2=0,72$  (Fig. 7.7.5). Es notorio el incremento de la RT respecto a la sodicidad de los suelos con el aumento de la cantidad relativa de sodio del agua con que han sido regados. También analizando por separado la respuesta resistente de la totalidad del espesor de suelo estudiado, regados con los dos grupos de clases de agua anteriormente considerados, tanto en el de menor como en el de mayor salinidad, las subclases crecientes en sodio S1, S2 del primer grupo, con RAS<sub>a</sub> de 2,2 y 7,89 y las subclases S1, S2, S3 y S4 para el otro, con RAS<sub>a</sub> de 4,1; 9,54; 13,07 y 20,24; los más altos RAS<sub>a</sub> generaron las más altas RT(PSI). Esta respuesta es lógica, ya que el intercambio catiónico es un proceso quasi inmediato que produce la adsorción de sodio cuando su concentración en la solución del suelo supera la adherida a la superficie coloidal del intercambiador.

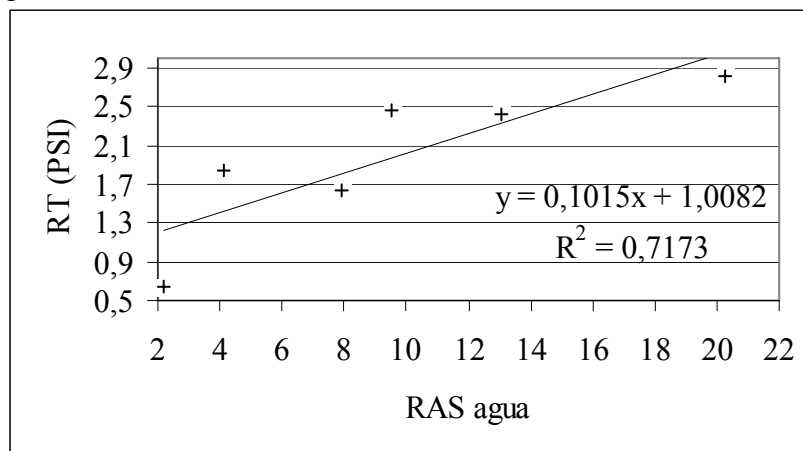


Figura 7.7.5. Correlación entre la resistencia del perfil total del suelo a cambios de PSI y la RAS del agua de riego.

**Cuadro 7.7.1. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del perfil total de los suelos regados con aguas de distinta clase.**

Clase de agua	Estancia	RT pH	RT CEex (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CEex (dS/m)	RL PSI	Años de riego	TRL pH	TRL CEex (dS/m)	TRL PSI
C2S1	La Bellaca	0,87	0,86	0,65	-0,17	-1,88	-0,73	1	-0,17	-1,88	-0,73
C2S2	El Olvido	1,04	2,76	1,19	0,68	0,61	-0,15	3	0,23	0,20	-0,05
C2S2	La Lucila	1,10	1,71	1,41	0,27	0,78	1,86	4	0,07	0,19	0,47
C2S2	L.Federala	1,03	1,55	2,57	1,20	-0,50	0,96	3	0,40	-0,17	0,32
C2S2	L Argentina	1,05	1,47	1,36	0,74	-0,92	0,91	4	0,18	-0,23	0,23
C2S2	Promedio	1,05	1,87	1,63	0,72	-0,01	0,90	3,5	0,22	0,00	0,24
C3S1	S. Ursula	0,96	1,57	1,45	-0,47	0,71	1,97	4	-0,12	0,18	0,49
C3S1	La Diana	0,90	0,95	0,86	-0,05	-1,00	-2,78	1	-0,05	-1,00	-2,78
C3S1	La Carreta	1,04	1,59	3,26	1,06	0,85	0,52	3	0,35	0,28	0,17
C3S1	Las Lomas	1,02	1,31	1,81	2,44	0,81	0,70	3	0,81	0,27	0,23
C3S1	Promedio	0,98	1,35	1,84	0,75	0,34	0,10	3	0,25	-0,07	-0,47
C3S2	M. Laura	1,00	1,81	2,97	Indef	-0,27	-0,06	4	Indef	-0,07	-0,02
C3S2	La Paloma	0,98	1,57	2,67	-1,17	0,47	1,01	3	-0,39	0,16	0,34
C3S2	S. Enrique	1,04	1,83	3,30	0,80	0,98	1,00	4	0,20	0,24	0,25
C3S2	Casa Vieja	1,03	1,80	1,49	1,86	0,50	0,84	1	1,86	0,50	0,84
C3S2	La Guardia	1,05	1,48	2,32	0,61	-0,01	0,76	3	0,20	0,00	0,25
C3S2	La Amelia	s/d	1,50	1,39	s/d	-2,86	0,55	3	s/d	-0,95	0,18
C3S2	La Granja	1,12	2,49	2,81	0,66	0,52	0,18	3	0,22	0,17	0,06
C3S2	La Gloria	1,15	2,26	2,79	0,74	0,43	0,44	3	0,25	0,14	0,15
C3S2	Promedio	1,05	1,84	2,47	0,58	-0,03	0,59	3	0,39	0,02	0,26
C3S3	Sta. Elena	1,08	1,99	1,52	0,29	-0,40	1,09	3	0,10	-0,13	0,36
C3S3	Santa Ida	0,99	2,34	3,34	-0,60	0,63	0,55	6	-0,10	0,10	0,09
C3S3	Promedio	1,03	2,17	2,43	-0,15	0,11	0,82	4,5	0,00	-0,01	0,23
C3S4	S Emilia	1,13	1,78	2,83	0,40	-0,49	0,77	3	0,13	-0,16	0,26
C3S4	Lamili	1,05	2,38	2,06	0,33	0,02	0,54	3	0,11	0,01	0,18
C3S4	O. de agua	1,06	2,33	3,34	0,77	0,58	0,75	3	0,26	0,19	0,25
C3S4	O. de agua	1,13	2,82	3,02	0,56	0,59	0,67	3	0,19	0,20	0,22
C3S4	Promedio	1,09	2,33	2,81	0,52	0,18	0,68	3	0,17	0,06	0,23

La resiliencia expresa la capacidad de recuperación del suelo ante el disturbio generado por la incorporación de sales y sodio con los riegos, ya que vincula conjuntamente las diferencias de los valores de los indicadores obtenidos al terminar la temporada de riego con los representativos de un equilibrio en la sucesión de ciclos de riego, cuando se inicia la temporada y los iniciales de secano.

Como se observa en la Figura 7.7.6, la resiliencia del suelo regado con aguas de baja cantidad de sales y sodio (Clase C2S1) adquirió valores negativos para los tres indicadores, evidenciando que la acidez, la salinidad y la sodicidad en secano fueron superiores a los de pre y posttemporada de riego, aunque se mantuvo la tendencia general en que estos últimos fueron mayores que los primeros. Esta situación no es frecuente y se repitió solamente en el caso de la RL (pH) del suelo regado con agua C3S3. Para aguas de similar contenido de sales pero sodicidad creciente, los valores de RL acompañan dicho aumento, tendencia que se mantuvo para aguas de S1 a S3, interrumpiéndose con el agua S4.

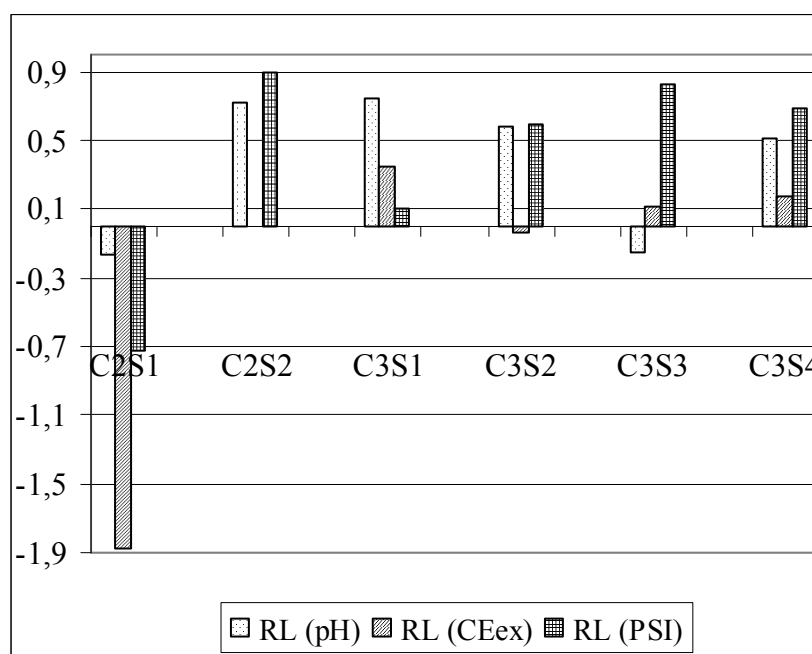
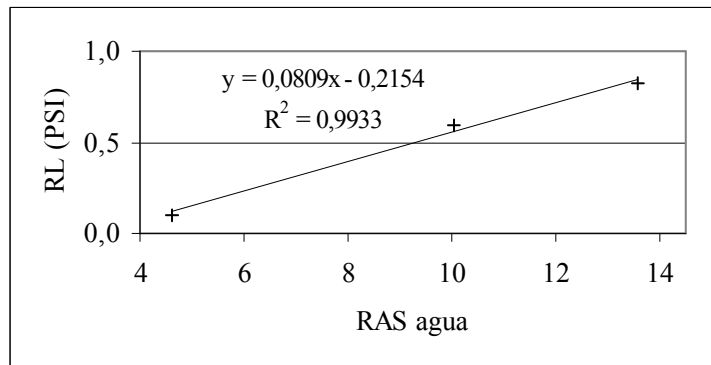


Figura 7.7.6. Resiliencia del perfil total del suelo a cambios de pH,  $CE_{ex}$  y PSI.

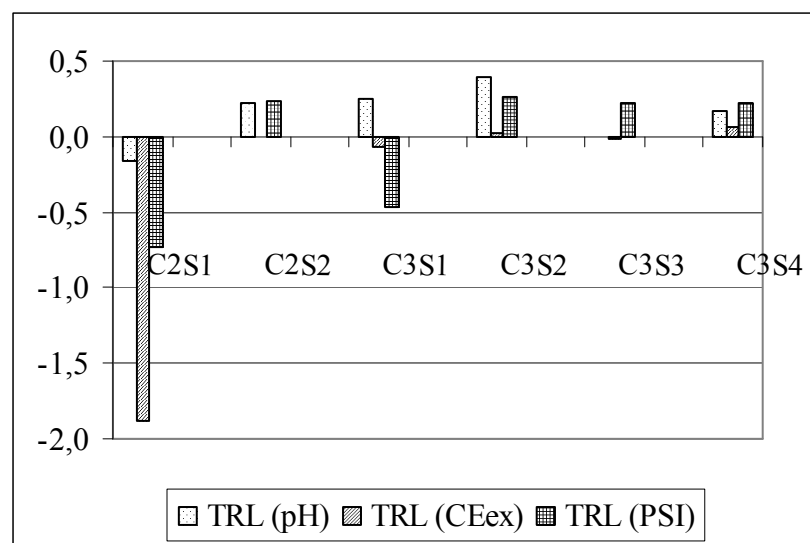
Las correlaciones entre las resiliencias y las magnitudes de los indicadores de las aguas fueron bajas, cuando se analizó el total de los datos, para los casos  $RL(CE_{ex})$  vs  $CE_a$  y  $RL(PSI)$  vs  $RAS_a$ , con  $r^2$  de 0,43 y 0,46, respectivamente y casi no existió correlación entre la  $RL(pH)$  y el  $pH_a$ . En cambio, considerando solamente el conjunto correspondiente a las clases de agua C3S1, C3S2 y C3S3, donde se mantienen similares los contenidos salinos pero crecen los relativos al sodio, la correlación  $RL(PSI)$  vs  $PSI$  resultó casi máxima, con  $r^2 = 0,99$ , como se ve en la Fig. 7.7.7.



**Figura 7.7.7. Correlación entre la RL(PSI) del perfil total del suelo regado con aguas C3S1, C3S2 y C3S3.**

La cuantificación de la resiliencia permite evaluar la sustentabilidad del sistema de manejo agronómico bajo riego complementario porque el mayor disturbio es ocasionado por el agregado de sales de distinta naturaleza química, interactuando con varios factores y mecanismos de recuperación de la calidad edáfica. Los valores medios de RL más frecuentemente hallados, entre 0,1 y 0,9 indican que los suelos aumentan sus tenores de sales y sodio con el riego, pero no en forma constante y menos irreversible, sino que alcanzan máximos al finalizar la temporada de riego y luego disminuyen por el efecto de mecanismos de recuperación, arribando a un equilibrio dinámico durante la secuencia de los ciclos anuales de riego.

La tasa de resiliencia indica la variación anual de la resiliencia, por lo que sus magnitudes adquirirían alta significación comparativa para igual número de años regados. En este sentido se observa en la Fig. 7.7.8. que la TRL es similar para la mayoría de las clases de agua, distinguiéndose los casos en que sólo se ha regado una campaña agrícola (aguas de clases C2S1 y C3S1), donde valores extremos sesgan fuertemente los promedios.



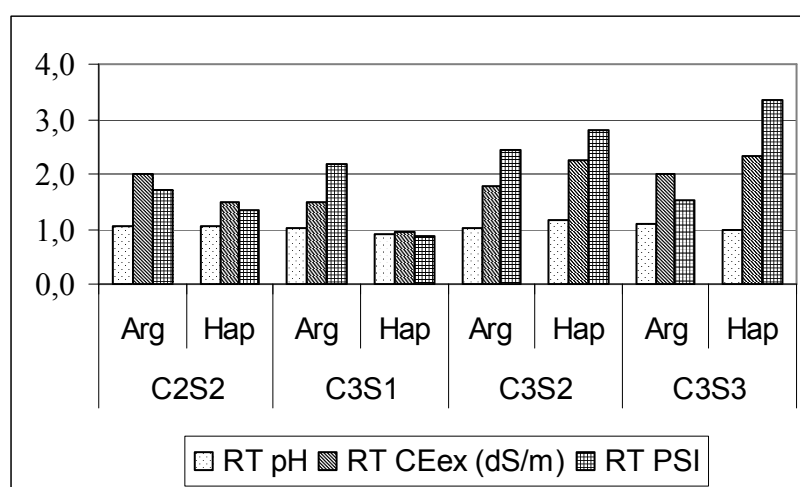
**Figura 7.7.8. Tasa de resiliencia del perfil total de los suelos a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI.**

### 7.7.2.2. Resistencia y resiliencia en función de los tipos de suelo Argiudoles y Hapludoles.

Fueron analizados comparativamente los comportamientos resistentes y resilientes de los dos tipos de suelos estudiados, Argiudoles y Hapludoles, ya que dos de sus principales características diferenciales (textura y CIC), juegan un rol decisivo en las relaciones entre el agua de riego y de lluvia recibidas y sus propiedades físico-químicas. Esta comparación se realizó para riegos con aguas de la misma calidad, por lo que sólo pudo llevarse a cabo con las clases C2S2 y la secuencia C3S1, C3S2 y C3S3, debido a la disponibilidad de datos, cuyos valores medios constan en el Cuadro 7.7.2.

**Cuadro 7.7.2. Valores medios de resistencia, resiliencia y tasa de resiliencia del perfil total de suelos Argiudoles y Hapludoles, para las clases de agua C2S2, C3S1, C3S2 y C3S3.**

Clase de agua	Tipo de suelo	RT pH	RT CEx (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CEx (dS/m)	RL PSI	Años de riego	TRL pH	TRL CEx (dS/m)	TRL PSI
C2S2	Argiudol	1,06	2,01	1,72	0,72	0,30	0,89	3,33	0,23	0,08	0,25
C2S2	Hapludol	1,05	1,47	1,36	0,74	-0,92	0,91	4	0,18	-0,23	0,23
C3S1	Argiudol	1,01	1,49	2,17	1,01	0,79	1,06	3,33	0,35	0,24	0,30
C3S1	Hapludol	0,90	0,95	0,86	-0,05	-1,00	-2,78	1	-0,05	-1,00	-2,78
C3S2	Argiudol	1,04	1,78	2,42	0,55	-0,10	0,61	3	0,42	0,01	0,27
C3S2	Hapludol	1,15	2,26	2,79	0,74	0,43	0,44	3	0,25	0,14	0,15
C3S3	Argiudol	1,08	1,99	1,52	0,29	-0,40	1,09	3	0,10	-0,13	0,36
C3S3	Hapludol	0,99	2,34	3,34	-0,60	0,63	0,55	6	-0,10	0,10	0,09



**Figura 7.7.9. Resistencia del perfil total de suelos Argiudoles y Hapludoles a cambios de pH, CEx y PSI, regados con aguas de distinta clase.**

En la Figura 7.7.9 se observa que cuando el agua fue de la mejor calidad, las resistencias de los Argiudoles fueron más altas que las de los Hapludoles, en cambio para las aguas de similar salinidad pero creciente sodicidad, cuando la RAS fue baja, se mantuvo la relación anterior, pero a medida que aumentó la RAS, los Hapludoles registraron mayor RT(PSI) que los Argiudoles, acusando el impacto de la incorporación de sodio. La correlación entre la RAS del agua y la RT (PSI) de los Hapludoles registró un  $r^2 = 0,89$  (Fig. 7.7.10)

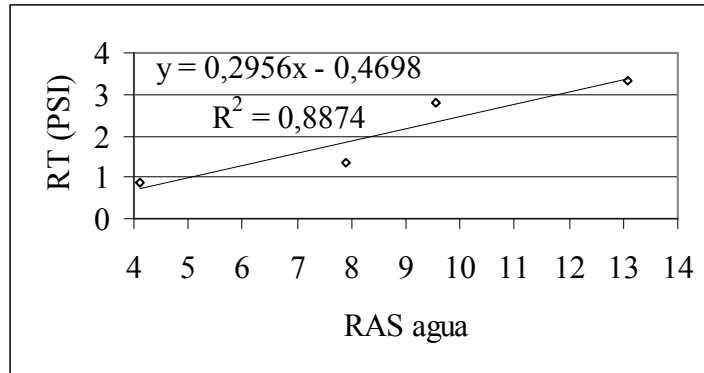


Figura 7.7.10. Correlación entre la resistencia del perfil total de los suelos Hapludoles y la RAS del agua de riego.

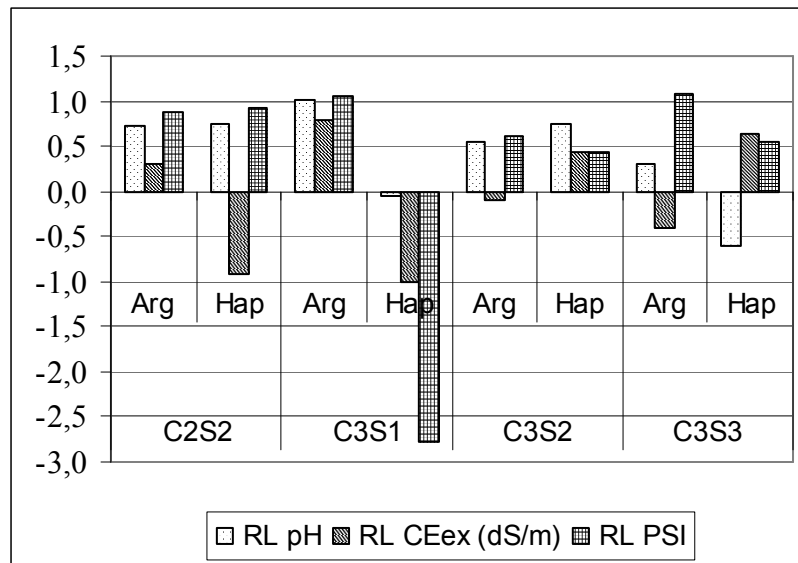


Figura 7.7.11. Resiliencia del perfil total de suelos Argiudoles y Hapludoles a cambios de pH,  $CE_{ex}$  y PSI, regados con aguas de distinta clase.

Como se observa en la Fig. 7.7.11, las resiliencias de los suelos Argiudoles y Hapludoles que recibieron aguas de diferente calidad, no muestran ningún patrón definido, registrando valores positivos y negativos. La única alta correlación encontrada ( $r^2 = 0,98$ ) fue para el caso de la RL ( $CE_{ex}$ ), cuando ambos suelos manifestaron resiliencias asociadas con la salinidad del agua de riego, aunque los Argiudoles disminuyeron su RL con incrementos de la  $CE_a$  ( $r^2 = 0,93$ ) y los Hapludoles la aumentaron, con un  $r^2 = 0,84$  (Fig.7.7.12)

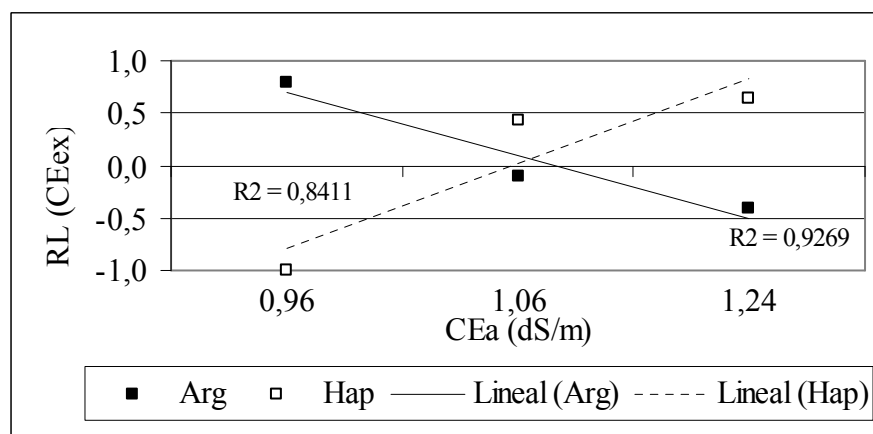


Figura 7.7.12. Resiliencia a cambios de salinidad del perfil total de Argiudoles y Hapludoles regados con aguas de distinto tenor salino.

La RL (PSI) de los Hapludoles aumentó a medida que recibieron aguas de mayor RAS (Fig. 7.7.13), correlacionando con un  $r^2 = 0,87$ , en cambio los Argiudoles no mostraron asociación alguna entre la RL (PSI) y la RAS del agua de riego.

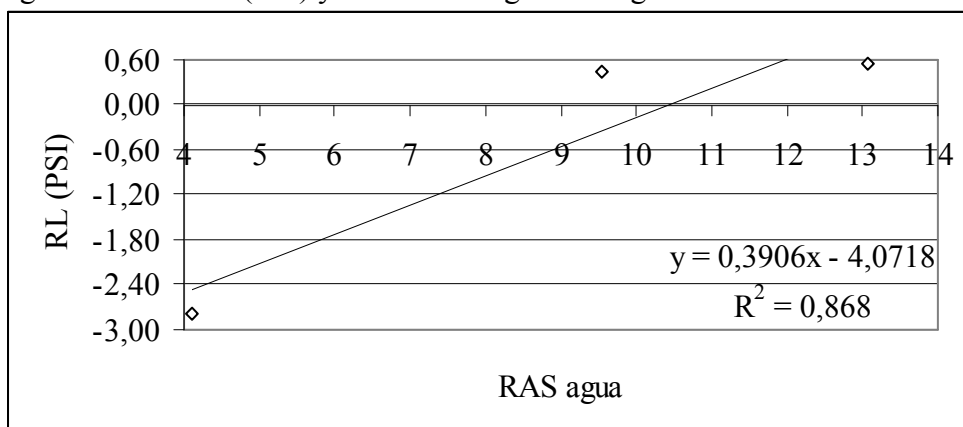


Figura 7.7.13. Resiliencia del perfil total de Hapludoles a cambios en la sodicidad, regados con aguas de RAS creciente.

### 7.7.2.3. Resistencia y resiliencia en función de la capacidad de intercambio catiónico.

Se intentaron explicar los comportamientos en cuanto a RT y RL de los dos tipos de suelos, en función de las CIC de sus perfiles totales, con los datos que constan en los Cuadros 7.7.3 y 7.7.4. Los Argiudoles alcanzaron una CIC promedio de 23,4 cmol/kg y los Hapludoles 15,5 cmol/kg, por lo que son un 34 % menos capaces de intercambiar cationes que los suelos más arcillosos. La Figura 7.7.14 muestra que los Argiudoles siempre presentaron RT y RL superiores a las de los Hapludoles, pero estos datos involucraron el riego con todas las clases de agua, por lo que no pueden asociarse estas respuestas con las CIC. Con el propósito de hallar los grados de correlación entre RT y RL a modificaciones de pH,  $CE_{ex}$  y PSI y la CIC, se analizaron los datos disponibles correspondientes a los Argiudoles regados con aguas C2S2, C3S1, C3S2 y C3S3.

**Cuadro 7.7.3. Capacidad de intercambio catiónico CIC, resistencia RT y resiliencia RL del perfil total de Argiudoles y Hapludoles a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI.**

a ) Suelos Argiudoles

Clase de agua	Serie de suelo	CIC (cmol/kg)	RT pH	RT CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RL PSI
C2S2	Ramallo	31,35	1,04	2,76	1,19	0,68	0,61	-0,15
C2S2	Urquiza	24,22	1,10	1,71	1,41	0,27	0,78	1,86
C2S2	Gouin	22,15	1,03	1,55	2,57	1,20	-0,50	0,96
	Promedio	25,91	1,06	2,01	1,72	0,72	0,30	0,89
C3S1	Pergamino	26,00	0,96	1,57	1,45	-0,47	0,71	1,97
C3S1	La Carreta	19,70	1,04	1,59	3,26	1,06	0,85	0,52
C3S1	Zentena	21,40	1,02	1,31	1,81	2,44	0,81	0,70
	Promedio	22,37	1,01	1,49	2,17	1,01	0,79	1,06
C3S2	Rojas	21,55	1,00	1,81	2,97	Indef	-0,27	-0,06
C3S2	Rojas	21,55	0,98	1,57	2,67	-1,17	0,47	1,01
C3S2	Rojas	21,55	1,04	1,83	3,30	0,80	0,98	1,00
C3S2	Gouin	22,15	1,03	1,80	1,49	1,86	0,50	0,84
C3S2	Gouin	22,15	1,05	1,48	2,32	0,61	-0,01	0,76
C3S2	Chacabuco	22,11	s/d	1,50	1,39	s/d	-2,86	0,55
	Promedio	21,84	1,02	1,67	2,36	0,53	-0,20	0,68
C3S3	A° Dulce	25,00	1,08	1,99	1,52	0,29	-0,40	1,09
C3S4	M del Plata	26,70	1,09	2,58	3,18	0,67	0,59	0,71
Media	Argiudoles	23,39	1,03	1,78	2,16	0,70	0,18	0,85

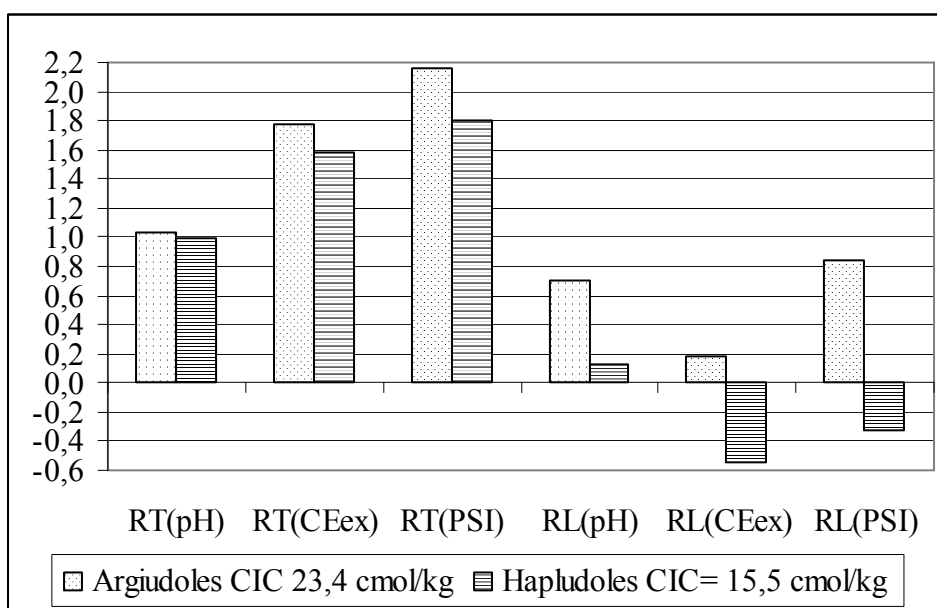
b) Suelos Hapludoles

Clase de agua	Serie de suelo	CIC (cmol/kg)	RT pH	RT CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RL PSI
C2S1	Norumbega	11,70	0,87	0,86	0,65	-0,17	-1,88	-0,73
C2S2	Junín	13,60	1,05	1,47	1,36	0,74	-0,9	0,91
C3S1	Bragado	17,60	0,90	0,95	0,86	-0,05	-1,00	-2,78
C3S2	La Colina	18,00	1,15	2,26	2,79	0,74	0,43	0,44
C3S3	Loma prof.	16,75	0,99	2,34	3,34	-0,60	0,63	0,55
Media	Hapludoles	15,53	0,99	1,58	1,80	0,13	-0,55	-0,32



**Cuadro 7.7.4. Valores medios de capacidad de intercambio catiónico CIC, resistencia RT y resiliencia RL del perfil total de Argiudoles y Hapludoles a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI regados con aguas de las clases C2S2, C3S1, C3S2 y C3S3.**

Clase de agua	Tipo de suelo	CIC (cmol/kg)	RT pH	RT CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RL PSI
C2S2	Argiudol	25,9	1,06	2,01	1,72	0,72	0,30	0,89
C3S1	Argiudol	22,4	1,01	1,49	2,17	1,01	0,79	1,06
C3S2	Argiudol	21,8	1,04	1,78	2,42	0,55	-0,10	0,61
C3S3	Argiudol	25,0	1,08	1,99	1,52	0,29	-0,40	1,09
C2S2	Hapludol	13,6	1,05	1,47	1,36	0,74	-0,9	0,91
C3S1	Hapludol	17,6	0,90	0,95	0,86	-0,05	-1,00	-2,78
C3S2	Hapludol	18,0	1,15	2,26	2,79	0,74	0,43	0,44
C3S3	Hapludol	16,8	0,99	2,34	3,34	-0,60	0,63	0,55



**Figura 7.7.14. Valores medios de la capacidad de intercambio catiónico, resistencia y resiliencia a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI de Argiudoles y Hapludoles.**

El único patrón de comportamiento de los Argiudoles relacionado con la CIC que se encontró, fue la tendencia de la RT (PSI) a disminuir con el aumento de la CIC, coincidente en las tres clases de aguas de riego (Fig. 7.7.15 a 7.7.17), con grados de correlación medios ( $r^2$  de 0,60; 0,68 y 0,74 para aguas C2S2, C3S1 y C3S2, respectivamente). Esta respuesta indicaría que las más altas CIC morigeran la adsorción de sodio al complejo de intercambio del suelo mientras transcurre la temporada de riego. En cambio, la resiliencia a modificaciones del PSI disminuyó a medida que aumentó la CIC en el caso de aguas C2S2 (Fig. 7.7.18) pero aumentó para el agua de clase C3S1 (Fig. 7.7.19) y no se halló correlación para el agua C3S2.

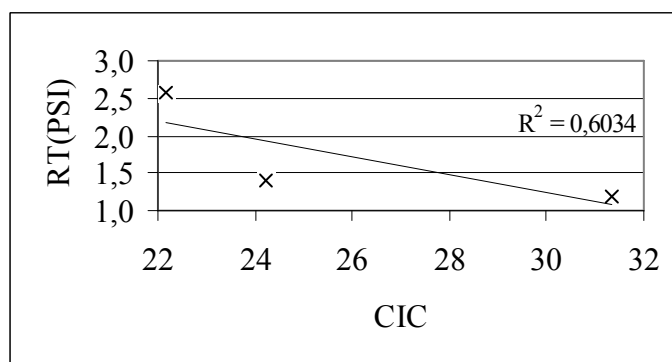


Figura 7.7.15. Relación entre la resistencia a cambios de PSI y la CIC del perfil total de suelos Argiudoles regados con aguas de clase C2S2.

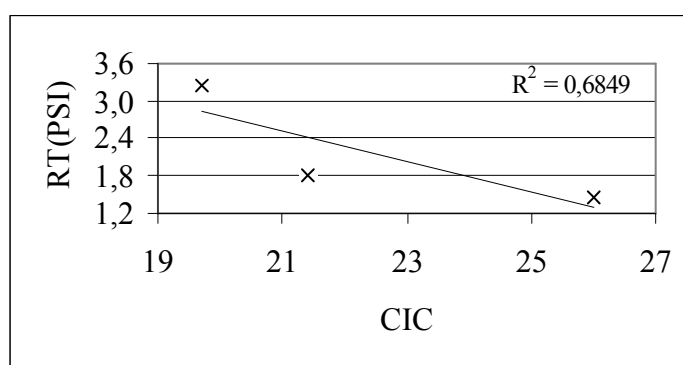


Figura 7.7.16. Relación entre la resistencia a cambios de PSI y la CIC del perfil total de suelos Argiudoles regados con aguas de clase C3S1.

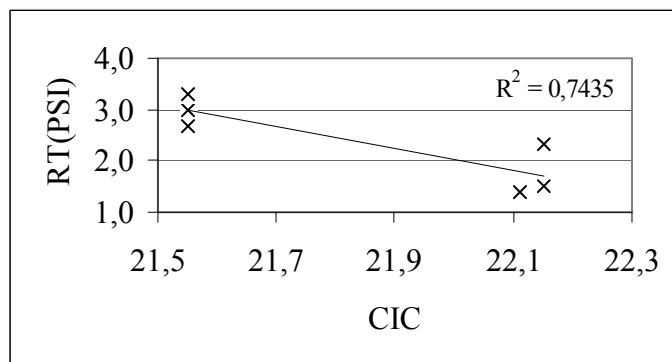


Figura 7.7.17. Relación entre la resistencia a cambios de PSI y la CIC del perfil total de suelos Argiudoles regados con aguas de clase C3S2.

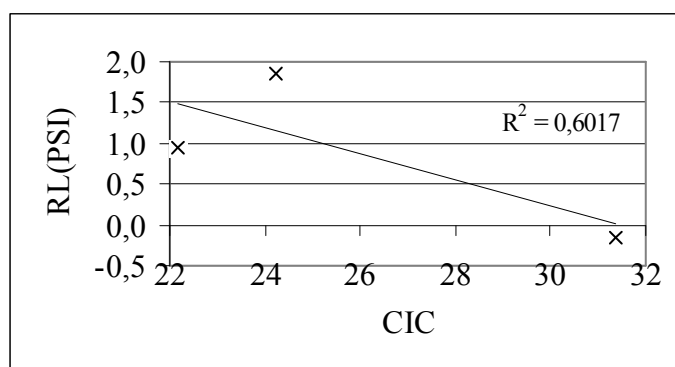


Figura 7.7.18. Relación entre la resiliencia a cambios de PSI y la CIC del perfil total de suelos Argiudoles regados con aguas de clase C2S2.

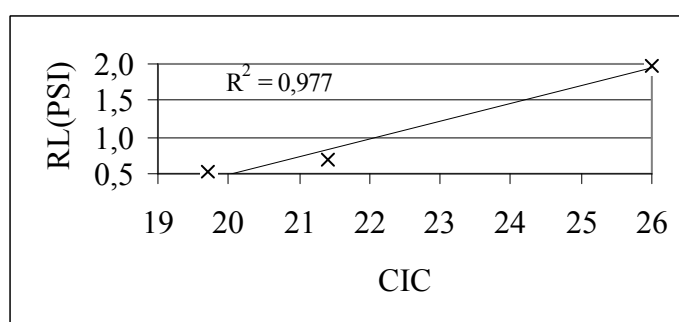


Figura 7.7.19. Relación entre la resiliencia a cambios de PSI y la CIC del perfil total de suelos Argiudoles regados con aguas de clase C3S1.

### 7.7.3. Resistencia y resiliencia de los horizontes superficial y subsuperficial del suelo a los impactos por sales y sodio.

Se analizó el comportamiento resistente y resiliente, en forma separada, de los dos estratos del perfil de los suelos más cercanos a la superficie, entre 0 y 20-30 cm y entre estos límites y 50-60 cm, correspondientes a los horizontes superficial y subsuperficial respectivamente, debido a que sus propiedades físicas y características diferentes, tienen un gran efecto en las propiedades químicas y por lo tanto en la dinámica de los flujos hídricos y salinos, tanto los naturales como los modificados por el riego complementario con aguas salinas bicarbonatadas sódicas.

En el Cuadro 7.7.5 pueden observarse las diferencias de los datos analíticos de uso más frecuente, por un lado, entre los horizontes del mismo tipo de suelo y por otro, entre el mismo horizonte de los dos tipos de suelo estudiados, Argiudoles y Hapludoles.

**Cuadro 7.7.5. Datos analíticos medios de los suelos estudiados.**

Suelos Argiudoles								
Horizonte	MO	Arcilla	Limo	Arena	CIC	pH	CE <sub>ex</sub>	PSI
	%	%	%	%	cmol/kg		dS/m	%
Superficial	3,7	25,2	57,3	17,4	20,6	5,9	0,2	1,5
Subsuperficial	1,2	33,0	50,2	17,1	26,4	6,1	0,2	1,8
Suelos Hapludoles								
Superficial	2,5	20,7	38,0	41,3	16,4	6,4	0,4	2,9
Subsuperficial	1,3	21,2	36,5	42,3	13,8	6,9	0,3	2,6

Respecto a las variables edáficas consideradas, tomando los suelos en conjunto, sin discriminarlos por su clasificación taxonómica, el horizonte superficial supera en materia orgánica, % de limo y acidez al horizonte más profundo, en cambio se invierte la relación en el % de arcilla, la salinidad y la CIC, manteniéndose similares las cantidades de arena y de sodio adsorbido. Comparando las características de los horizontes de cada tipo de suelo, los Argiudoles presentan en su horizonte más cercano a superficie, mayor % de MO, arcilla y limo y más alta CIC que los Hapludoles y menor % de arena, pH, CE<sub>ex</sub> y PSI, tendencias que se repiten para el otro horizonte, salvo en el contenido de MO, que prácticamente se igualan.

En el Cuadro 7.7.6 se resumen los valores medios de las resistencias, resiliencias y tasas de resiliencia a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI del horizonte superficial de los suelos.

La figura 7.7.20 muestra que las magnitudes de las tres resistencias RT(pH), RT(CE<sub>ex</sub>) y RT(PSI) crecen con el aumento de la CE<sub>a</sub> y RAS<sub>a</sub> del agua aplicada, evidenciando la incorporación de sales y sodio al concluir la temporada de riego. En cambio las resiliencias y las tasas de resiliencia no muestran un patrón de comportamiento definido (Fig. 7.7.21 y 7.7.22).

Para suelos regados con la misma clase de agua, se observa en la figura 7.7.23 que las RT(pH) son muy similares para ambos suelos, en cambio las RT(CE<sub>ex</sub>) y RT(PSI) presentan las siguientes diferencias: en el caso de aguas de baja CE<sub>a</sub> y RAS<sub>a</sub>, las resistencias de los Argiudoles superan a la de los Hapludoles, mientras que regados con aguas más salinas y sódicas, se invierte el comportamiento, siendo los Hapludoles más resistentes (se enriquecieron más con sales y sodio al finalizar la temporada de riego) que los Argiudoles.

La comparación de las resiliencias de los dos tipos de suelos no permitió extraer ningún comportamiento definido, como se ve en la figura 7.7.24.

**Cuadro 7.7.6. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del horizonte superficial de los suelos regados con aguas de distinta clase.**

Clase de agua	Estancia	RT pH	RT CEex (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CEex (dS/m)	RL PSI	Años de riego	TRL pH	TRL CEex (dS/m)	TRL PSI
C2S1	La Bellaca	0,892	0,781	1,125	-0,29	-2,00	3,00	1	-0,29	-2,00	3,00
C2S2	El Olvido	1,05	3,21	1,61	0,75	0,60	0,18	3	0,25	0,20	0,06
C2S2	La Lucila	1,14	1,70	1,47	0,40	0,86	1,56	4	0,10	0,21	0,39
C2S2	L.Federala	1,04	1,67	3,21	0,67	-0,26	0,92	3	0,22	-0,09	0,31
C2S2	L Argentina	1,04	1,64	1,55	1,29	-1,02	0,70	4	0,32	-0,25	0,18
C2S2	Promedio	1,06	2,06	1,96	0,78	0,04	0,84	3,50	0,22	0,02	0,23
C3S1	S. Ursula	0,98	1,63	1,70	-0,92	0,94	1,55	4	-0,23	0,24	0,39
C3S1	La Diana	0,91	0,86	0,69	-0,32	-1,00	-0,97	1	-0,32	-1,00	-0,97
C3S1	La Carreta	1,05	1,40	2,44	1,01	1,27	0,43	3	0,34	0,42	0,14
C3S1	Las Lomas	1,01	1,23	1,69	5,00	1,50	0,73	3	1,67	0,50	0,24
C3S1	Promedio	0,99	1,28	1,63	1,19	0,68	0,43	2,75	0,36	0,04	-0,05
C3S2	M. Laura	1,01	1,74	3,13	-0,33	-0,88	-0,12	4	-0,08	-0,22	-0,03
C3S2	La Paloma	0,99	1,46	2,57	-3,00	0,50	1,05	3	-1,00	0,17	0,35
C3S2	S. Enrique	1,05	1,68	3,41	0,67	1,06	1,03	4	0,17	0,26	0,26
C3S2	Casa Vieja	1,05	1,75	1,79	2,00	0,69	0,57	1	2,00	0,69	0,57
C3S2	La Guardia	1,07	1,73	2,93	0,67	0,20	0,77	3	0,22	0,07	0,26
C3S2	La Amelia	s/d	1,52	1,46	s/d	-2,48	0,48	3	s/d	-0,83	0,16
C3S2	La Granja	1,10	2,22	2,41	0,60	0,65	0,06	3	0,20	0,22	0,02
C3S2	La Gloria	1,15	2,58	2,94	0,72	0,50	0,56	3	0,24	0,17	0,19
C3S2	Promedio	1,06	1,84	2,58	0,19	0,03	0,55	3	0,25	0,07	0,22
C3S3	Sta. Elena	1,10	1,81	1,98	0,18	-0,69	0,86	3	0,06	-0,23	0,29
C3S3	Santa Ida	0,99	2,42	3,39	-1,13	0,68	0,45	6	-0,19	0,11	0,07
C3S3	Promedio	1,04	2,11	2,69	-0,47	-0,01	0,65	4,50	-0,06	-0,06	0,18
C3S4	Sta Emilia	1,14	1,97	3,84	0,40	-0,23	0,84	3	0,13	-0,08	0,28
C3S4	Lamili	1,06	2,26	1,93	0,26	0,09	0,73	3	0,09	0,03	0,24
C3S4	O. de agua	1,08	2,61	4,83	0,46	0,62	0,69	3	0,15	0,21	0,23
C3S4	O. de agua	1,12	2,94	3,82	0,61	0,63	0,59	3	0,20	0,21	0,20
C3S4	Promedio	1,10	2,45	3,61	0,43	0,28	0,71	3	0,14	0,09	0,24

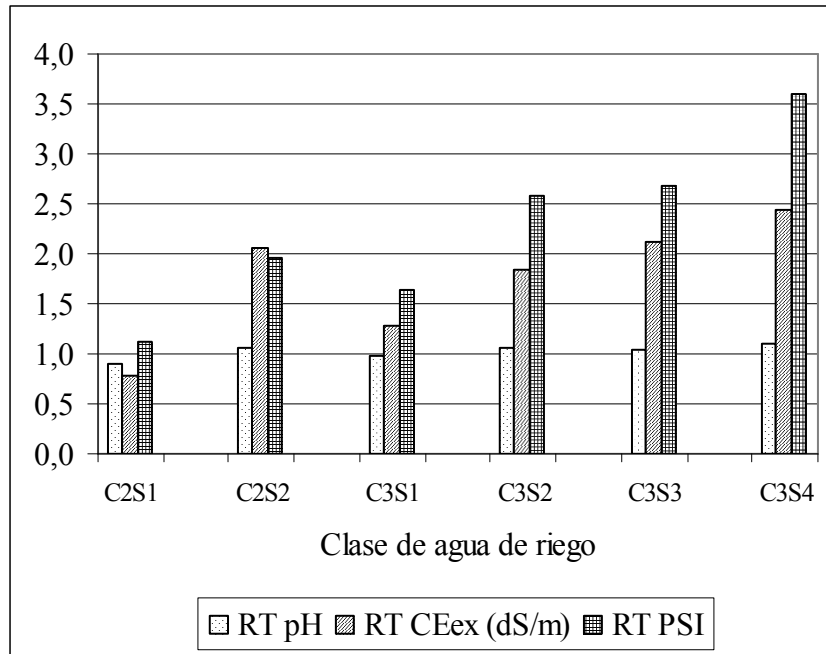


Figura 7.7.20. Resistencia del horizonte superficial de los suelos a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI, regados con aguas de distinta clase.

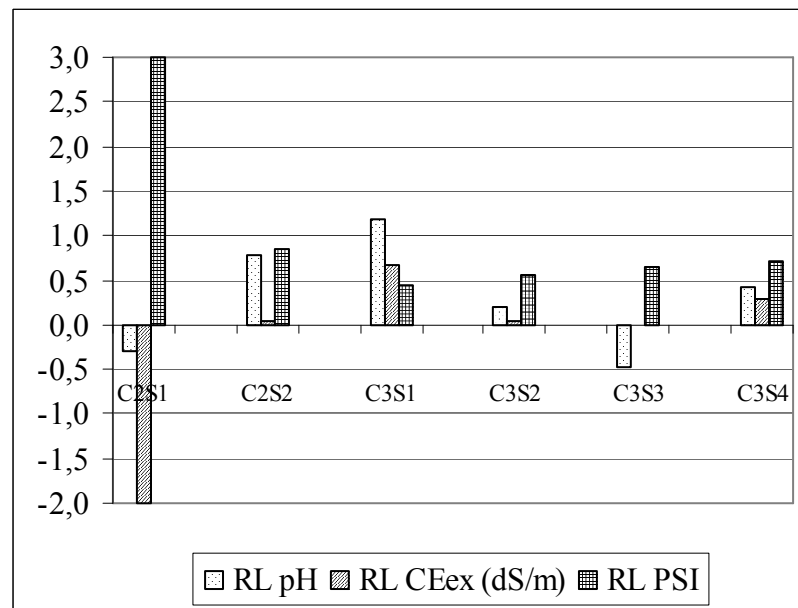


Figura 7.7.21. Resiliencia del horizonte superficial de los suelos a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI, regados con aguas de distinta clase.

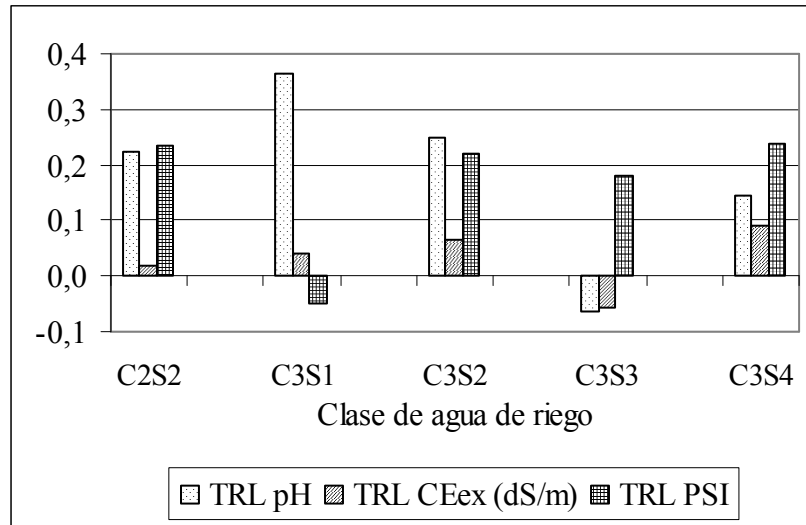


Figura 7.7.22. Tasa de resiliencia del horizonte superficial de los suelos a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI, regados con aguas de distinta clase.

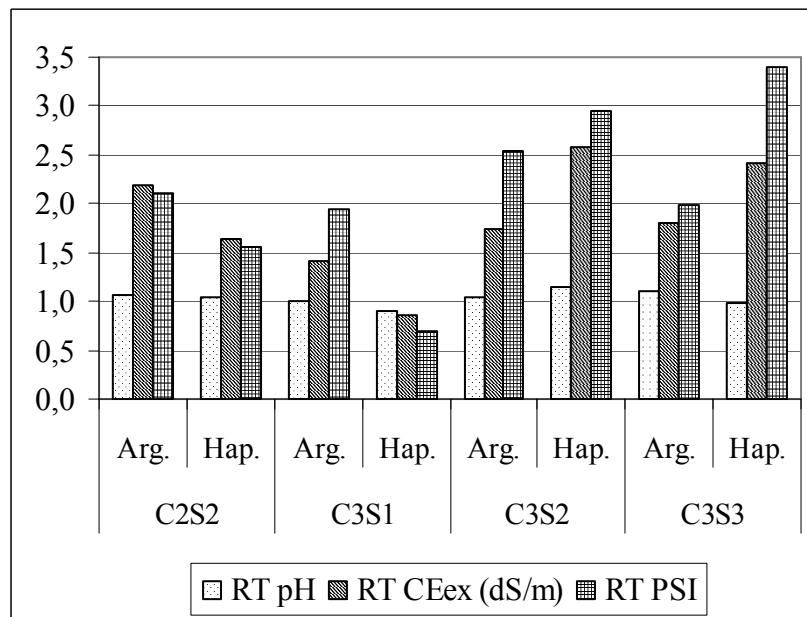
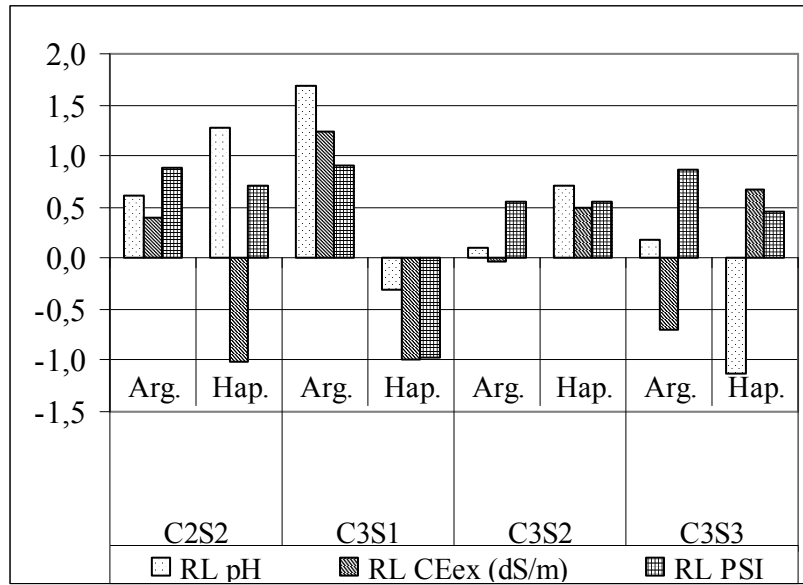


Figura 7.7.23. Resistencia del horizonte superficial de los suelos Argiudoles y Hapludoles a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI.



**Figura 7.7.24. Resiliencia del horizonte superficial de suelos Argiudoles y Haplodules a cambios de pH, CEx y PSI, regados con aguas de distinta clase.**

El comportamiento resistente del horizonte subsuperficial no se definió tan claramente como en el caso del otro horizonte, pues mientras las tres resistencias crecen con el aumento de la RAS<sub>a</sub> de las aguas de riego de los conjuntos de clases C2S1 y C2S2 y C3S1 y C3S2, no hubo casi diferencias entre las clases C3S3 y C3S4, tal como muestra la figura 7.2.25.

Por el lado de las resiliencias y las tasas de resiliencia, tampoco se encontró un patrón de comportamiento definido (Fig. 7.2.26 y 7.2.27)



**Cuadro 7.7.7. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del horizonte subsuperficial de los suelos regados con aguas de distinta clase.**

Clase de agua	Estancia	RT pH	RT CEex (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CEex (dS/m)	RL PSI	Años de riego	TRL pH	TRL CEex (dS/m)	TRL PSI
C2S1	La Bellaca	0,84	0,96	0,48	-0,09	-1,00	-0,42	1	-0,09	-1,00	-0,42
C2S2	El Olvido	1,03	2,33	0,89	0,57	0,64	1,16	3	0,19	0,21	0,39
C2S2	La Lucila	1,06	1,72	1,36	0,00	0,69	2,20	4	0,00	0,17	0,55
C2S2	L.Federala	1,02	1,42	2,04	2,00	-0,89	1,02	3	0,67	-0,30	0,34
C2S2	L Argentina	1,05	1,31	1,08	0,42	-0,73	2,91	4	0,10	-0,18	0,73
C2S2	Promedio	1,04	1,70	1,34	0,75	-0,07	1,82	3,5	0,24	-0,02	0,50
C3S1	S. Ursula	0,95	1,50	1,24	-0,27	0,36	3,00	4	-0,07	0,09	0,75
C3S1	La Diana	0,88	1,03	1,14	0,15	-1,00	3,52	1	0,15	-1,00	3,52
C3S1	La Carreta	1,03	1,90	4,25	1,14	0,54	0,57	3	0,38	0,18	0,19
C3S1	Las Lomas	1,03	1,43	1,94	1,95	0,28	0,67	3	0,65	0,09	0,22
C3S1	Promedio	0,97	1,47	2,14	0,74	0,05	1,94	2,75	0,28	-0,16	1,17
C3S2	M. Laura	0,99	1,89	2,82	0,11	0,26	0,01	4	0,03	0,07	0,00
C3S2	La Paloma	0,96	1,69	2,78	-0,80	0,45	0,97	3	-0,27	0,15	0,32
C3S2	S. Enrique	1,03	2,00	3,18	1,00	0,91	0,97	4	0,25	0,23	0,24
C3S2	Casa Vieja	1,01	1,87	1,23	1,00	0,30	1,63	1	1,00	0,30	1,63
C3S2	La Guardia	1,03	1,20	1,86	0,50	-0,92	0,75	3	0,17	-0,31	0,25
C3S2	La Amelia	s/d	1,46	1,34	s/d	-3,36	0,62	3	s/d	-1,12	0,21
C3S2	La Granja	1,13	2,67	3,15	0,70	0,46	0,25	3	0,23	0,15	0,08
C3S2	La Gloria	1,14	2,04	2,67	0,76	0,35	0,33	3	0,25	0,12	0,11
C3S2	Promedio	1,04	1,85	2,38	0,47	-0,19	0,69	3	0,24	-0,05	0,36
C3S3	Sta. Elena	1,05	2,19	1,16	0,50	-0,19	2,23	3	0,17	-0,06	0,74
C3S3	Santa Ida	0,99	2,26	3,29	-0,02	0,57	0,66	6	0,00	0,10	0,11
C3S3	Promedio	1,02	2,22	2,22	0,24	0,19	1,44	4,5	0,08	0,02	0,43
C3S4	Sta Emilia	1,13	1,58	1,73	0,40	-0,95	0,48	3	0,13	-0,32	0,16
C3S4	Lamili	1,05	2,52	2,19	0,41	-0,06	0,40	3	0,14	-0,02	0,13
C3S4	O. de agua	1,04	2,01	2,36	1,34	0,51	0,85	3	0,45	0,17	0,28
C3S4	O. de agua	1,13	2,68	2,41	0,52	0,54	0,81	3	0,17	0,18	0,27
C3S4	Promedio	1,09	2,20	2,17	0,67	0,01	0,63	3	0,22	0,00	0,21

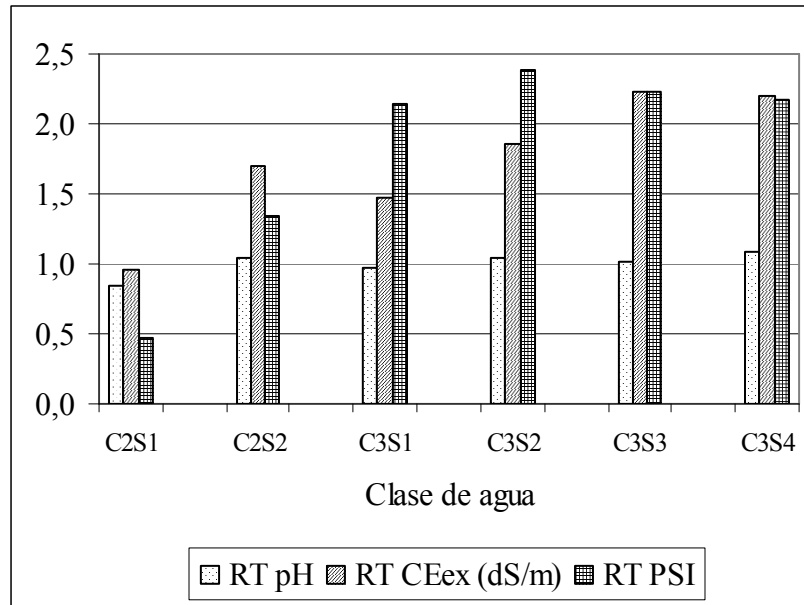


Figura 7.7.25. Resistencia del horizonte subsuperficial de los suelos a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI, regados con aguas de distinta clase.

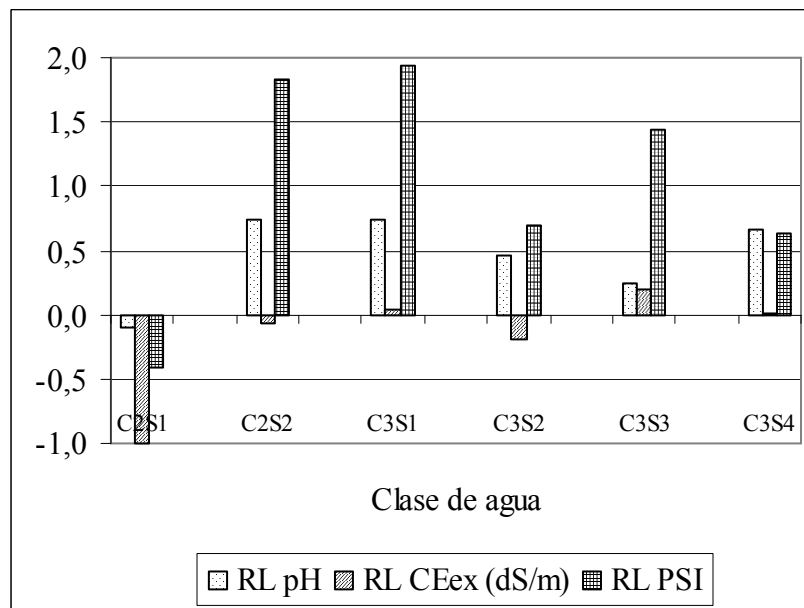
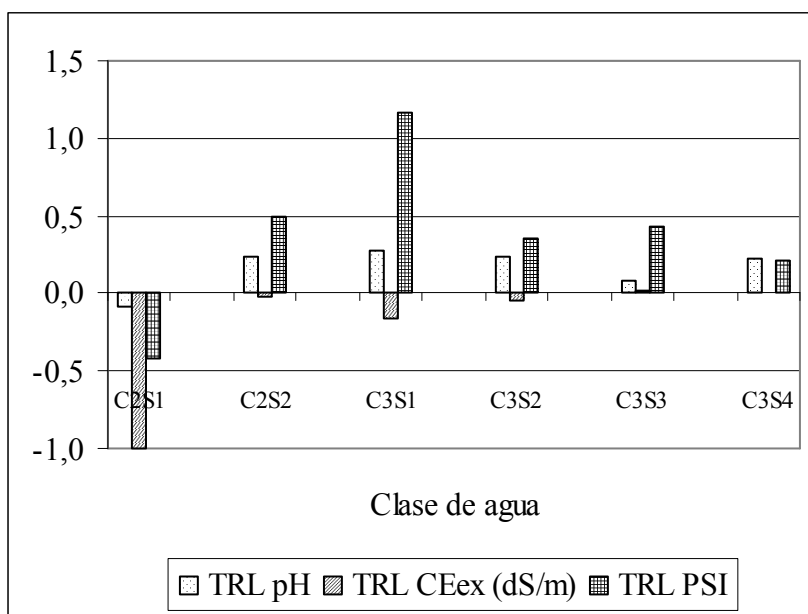


Figura 7.7.26. Resiliencia del horizonte subsuperficial de los suelos a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI, regados con aguas de distinta clase.



**Figura 7.7.27. Tasa de resiliencia del horizonte subsuperficial de los suelos a cambios de pH,  $CE_{ex}$  y PSI, regados con aguas de distinta clase.**

**7.7.4. Análisis comparativo entre las resistencias y resiliencias a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI del perfil total de los suelos y de cada horizontes y entre horizontes.**

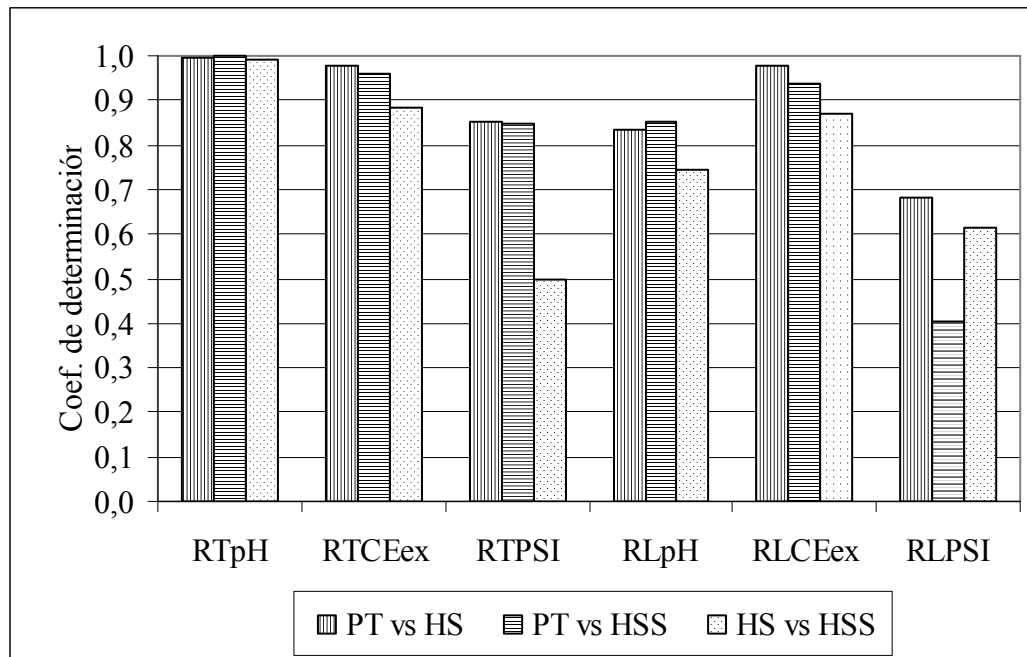
En el Cuadro 7.7.8. se visualizaron los valores medios de RT y RL a cambios de los indicadores, correspondientes a la profundidades total y parciales del suelo.

**Cuadro 7.7.8. Valores medios de resistencia y resiliencia a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI de las tres capas de suelo estudiadas.**

Clase	Perfil Total						Horizonte superficial						Horizonte subsuperficial					
	RT pH	RT CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RL PSI	RT pH	RT CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RL PSI	RT pH	RT CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RL PSI
C2S1	0,87	0,86	0,65	-0,17	-1,88	-0,73	0,89	0,78	1,13	-0,29	-2,00	3,00	0,84	0,96	0,48	-0,09	-1,00	-0,42
C2S2	1,05	1,87	1,63	0,72	-0,01	0,90	1,06	2,06	1,96	0,78	0,04	0,84	1,04	1,70	1,34	0,75	-0,07	1,82
C3S1	0,98	1,35	1,84	0,75	0,34	0,10	0,99	1,28	1,63	1,19	0,68	0,43	0,97	1,47	2,14	0,74	0,05	1,94
C3S2	1,05	1,84	2,47	0,58	-0,03	0,59	1,06	1,84	2,58	0,19	0,03	0,55	1,04	1,85	2,38	0,47	-0,19	0,69
C3S3	1,03	2,17	2,43	-0,15	0,11	0,82	1,04	2,11	2,69	-0,47	-0,01	0,65	1,02	2,22	2,22	0,24	0,19	1,44
C3S4	1,09	2,33	2,81	0,52	0,18	0,68	1,10	2,45	3,61	0,43	0,28	0,71	1,09	2,20	2,17	0,67	0,01	0,63

En la Fig. 7.7.29 se observó que las correlaciones más estrechas ocurren entre el perfil total del suelo y los horizontes y más altas con el superficial que con el siguiente, en cambio las más bajas correlaciones se hallan entre los horizontes. Por otro lado, se asocian más fuertemente las resistencias que las resiliencias y las menores correlaciones correspondieron a los cambios del PSI.

Considerando esta información, no se presentaron todas las respuestas de los horizontes respecto de las RT y RL, sino las más relevantes. Se puede generalizar que existieron tendencias de comportamientos similares en cuanto a RT a cambios de pH, salinidad y sodicidad, tanto de todo el suelo como de cada capa, excepto la RT(PSI) de los horizontes, en que el superior mostró mayores valores de sodificación que el subyacente. Las resiliencias del perfil total fueron cercanas a las de cada horizonte, en cambio las diferencias entre las RL de los horizontes fueron marcadas y más aún la RL (PSI) del perfil total con el horizonte más profundo. Los valores de  $r^2$  se ven en el Cuadro 7.7. 9



**Figura 7.7.28.** Coeficientes de determinación  $r^2$  de las correlaciones entre las resistencias y resiliencias a cambios de pH,  $CE_{ex}$  y PSI de las tres capas de suelo (PT perfil total, HS horizonte superficial y HSS horizonte subsuperficial).

**Cuadro 7.7.9.** Valores del coeficiente de determinación de las comparaciones efectuadas.

Comparaciones	RT(pH)	RT( $CE_{ex}$ )	RT(PSI)	RL(pH)	RL( $CE_{ex}$ )	RL(PSI)
Perfil total vs horizonte superficial	0,997	0,978	0,853	0,832	0,979	0,681
Perfil total vs horizonte subsuperficial	0,998	0,961	0,849	0,850	0,938	0,404
H. Superficial vs H. Subsuperficial	0,990	0,883	0,497	0,743	0,868	0,614

Sintetizando el análisis comparativo de las RT y RL frente los tres indicadores, entre las correspondientes al perfil total del suelo con las de cada horizonte y de las RT y RL entre horizontes, se encontró que las correlaciones más estrechas ocurrieron entre el perfil total del suelo y los horizontes y los mayores coeficientes de determinación de las regresiones fueron con el HS, en cambio las correlaciones más pobres fueron entre los horizontes. En general, se asociaron más fuertemente las RT que las RL y los menores  $r^2$  correspondieron a los cambios de PSI.

## **7.8. El lavado como principal mecanismo de recuperación de la salinidad. Modelo Balansal.**

El régimen de precipitaciones imperante en la región pampeana húmeda, es la principal causa del mantenimiento de la sustentabilidad de los sistemas agronómicos con riego complementario. La ocurrencia periódica de excesos hídricos, que superan la máxima capacidad de retención de humedad del suelo, genera un flujo vertical de agua que atraviesa el perfil edáfico, que por un lado solubiliza sales precipitadas y por otro diluye la solución del suelo, dando oportunidad a que dicha percolación lixivie las sales, transportándolas hacia el subsuelo, controlando de esta manera la salinización de las capas más superficiales del suelo, que podría generarse debido a tres procesos:

- concentración de la solución del suelo y consecuente precipitación de sales de baja solubilidad, por evaporación y evapotranspiración del suelo vegetado y evapotranspiración del acuífero freático, cuando se encuentra relativamente cercano a superficie y/o está conectado con la atmósfera, interviniendo en este caso dos sistemas de flujo hídrico: el capilar a expensas de la microporosidad edáfica y el fitovascular, que se inicia con la absorción de agua por parte de las raíces y termina con el pasaje del vapor de agua a la atmósfera, en las cámaras subestomáticas de los tejidos foliares y caulinares herbáceos.
- incorporación de sales contenidas en las aguas de riego.
- incorporación de sales con la fertilización.

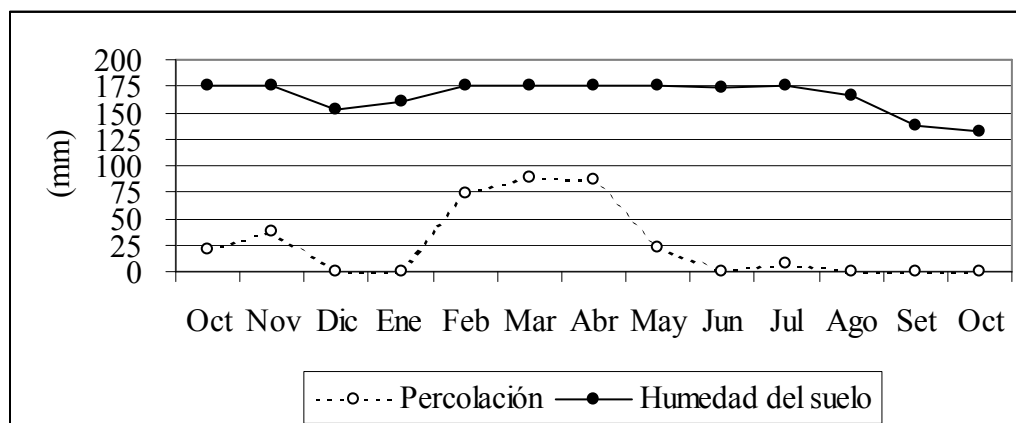
Para explicar el lavado de las sales aportadas al suelo con el riego, producido por la percolación de la lluvia, se utilizó el programa Balansal (Mirábile y Fornero, 1986), cuya planilla de salida se muestra en el Cuadro J del Anexo. Fue aplicado con éxito a niveles de cuenca o distrito de riego y de finca, en localidades áridas de Mendoza, San Juan, La Rioja, Catamarca y Copiapó (Chile). El programa realiza dos tipos de balances, uno hídrico y otro salino. El balance hídrico contabiliza los ingresos por precipitación efectiva y los egresos por evapotranspiración de los cultivos, teniendo en cuenta dos características del suelo, el contenido hídrico a la capacidad de campo y la eficiencia de lavado, según la textura y la modalidad de riego (melgas, surcos, aspersión). El balance salino es resuelto en base a las ecuaciones de flujo de masa de Van der Molen, citado por Mirábile (1987). Además de estimar los cambios de salinidad del suelo con el balance hídrico y las concentraciones de sales del agua de riego y del suelo antes de iniciar los riegos, el modelo también estima la lámina que es necesario percolar para alcanzar una determinada salinidad final del suelo (salinidad objetivo) y consecuentemente la lámina total de riego, que integra la requerida para satisfacer las demandas evapotranspirativas y del lavado de sales del suelo.

Se corrió el modelo con datos correspondientes a distintas situaciones de lotes regados, con distintos suelos, lluvias, rotaciones de cultivos, riegos y ubicaciones geográficas, lográndose un muy buen ajuste entre los valores de salinidad del suelo estimados con el modelo y los medidos a campo. Se han escogido ejemplos que muestran adecuadamente la potencia del modelo, seleccionados por la disponibilidad de datos correspondientes a ciclos de riego prolongados y sobre todo, de datos de salinidad determinada sobre muestras de suelo extraídas de los lotes regados, para efectuar las comparaciones con los valores simulados. El Cuadro 7.8.1. contiene una síntesis de la información utilizada para efectuar las cuatro corridas del modelo.

**Cuadro 7.8.1. Principales características de los sitios estudiados, donde se realizaron balances hídricos-salinos con el Programa Balansal.**

Estancia y lote	Período estudiado y duración	Rotación de cultivos	Textura del suelo	Coef. de lavado	Máxima humedad retenida (mm)	Lluvia en el ciclo (mm)	Riego (mm)	CEa (dS/m)
Santa Ida 1	Oct.1995-96 12 meses	Maíz	Franco-arcillosa	0,50	175	985	342	1,05
Santa Ida 2	Oct.1995-99 48 meses	Maíz-maíz-soja-trigo	Franco-arcillosa	0,55	170	3422	923	1,05
Ojo de Agua S.P. Chico	Oct.1997-02 60 meses	Maíz-trigo-maíz-trigo	Fco-arc. limosa	0,35	187	5477	503	1,13
Ojo de Agua S.P. Grande	Oct.1997-01 48 meses	Maíz-maíz-trigo-maíz	Franco-arcillosa	0,40	171	4147	559	1,24

El Cuadro 7.8.2. muestra la planilla de salida del programa, con datos referentes a un período anual en que se aplicaron 342 mm de agua con  $CE_a=1,05$  dS/m a un maíz entre diciembre y marzo, en un suelo francoarcilloso con un coeficiente de lavado de 0,5. La  $CE_{ex}$  inicial fue de 0,27 dS/m y la secuencia de balances hidrosalinos pronosticó una  $CE_{ex}$  final de 0,465 dS/m, para una precipitación efectiva total recibida de 985 mm. En la Fig. 7.8.1 se observa que mientras la humedad máxima del suelo se mantuvo durante casi todo el período en la cercanía de la capacidad de campo, en los meses de febrero, marzo y abril ocurrieron excesos hídricos que produjeron el lavado de sales, que si bien durante los meses regados alcanzaron un máximo de  $CE_{ex}=0,838$  dS/m, la lixiviación ocurrida disminuyó ese valor hasta alcanzar la salinidad final acotada, que se incrementó un 72% respecto de la inicial del suelo de secano. Las figuras 7.8.2. y 7.8.3. muestran los valores de las  $CE_{ex}$  simuladas por el modelo y las medidas en tres oportunidades (octubre de 1995 y 1996 y marzo 1996), cuyo elevado grado de correlación ( $r^2=0,98$ ) manifiesta la excelente capacidad de predicción del modelo Balansal en condiciones de riego complementario.



**Figura 7.8.1. Evolución de la humedad del suelo y de la percolación. Ea. Santa Ida, lote 1.**

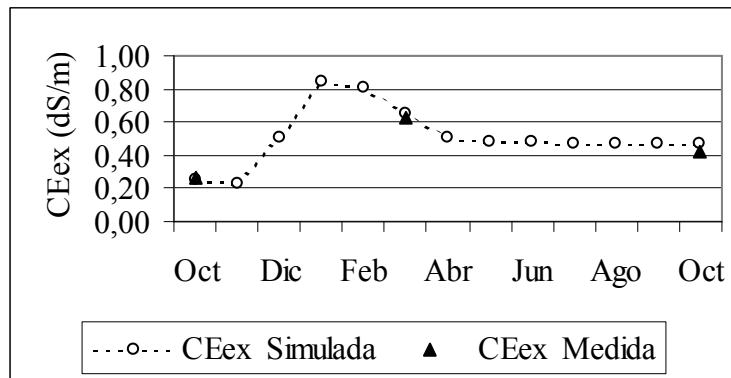
**Cuadro 7.8.2. Planilla de salida del programa Balansal. Ea Santa Ida, lote 1.**

Cultivo Maíz 1995-96										
Datos		Textura francoarcillosa			CEi	0,27	dS/m			
		Wc	175	mm	CEe*	0,46	dS/m			
		f	0,50		CEa	1,05	dS/m			
Mes	Evapot.	Precip.	Riego	CEa	CEe	Cambio	Riego*	DL	R	W
	(mm)	(mm)	(mm)	(dS/m)	(dS/m)	(dS/m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Oct	45	65	0	0,000	0,255	-0,015	0	-186	20	175
Nov	109	147	0	0,000	0,229	-0,026	0	-204	38	175
Dic	199	85	92	1,050	0,505	0,276	114	-208	0	153
Ene	215	112	111	1,050	0,838	0,333	103	-3617	0	161
Feb	119	120	87	1,050	0,813	-0,025	1153	1140	74	175
Mar	70	106	52	1,050	0,653	-0,160	701	737	88	175
Abr	56	143	0	0,000	0,509	-0,144	31	118	87	175
May	25	48	0	0,000	0,476	-0,032	8	31	23	175
Jun	18	17	0	0,000	0,476	0,000	9	8	0	174
Jul	24	33	0	0,000	0,465	-0,011	0	8	8	175
Ago	42	33	0	0,000	0,465	0,000	9	0	0	166
Set	65	36	0	0,000	0,465	0,000	38	0	0	137
Oct	45	40	0	0,000	0,465	0,000	43	0	0	132
Total	1032	985	342			0,195	2167	-2171	338	

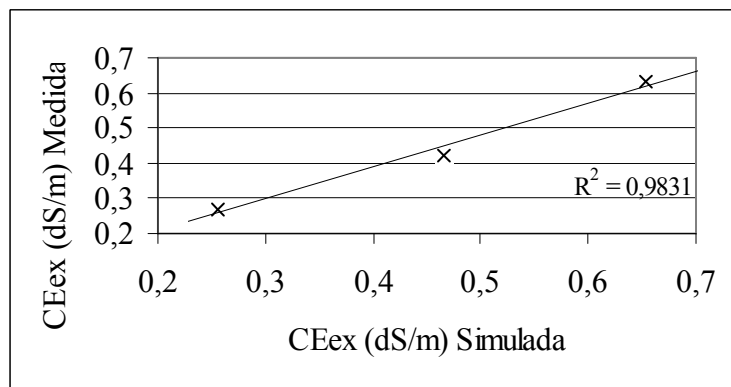
#### Referencias

Cambio	Variación de la CEex por lluvia y riego (dS/m)
CEa	Salinidad del agua de riego (dS/m)
CEi	Salinidad inicial del suelo (dS/m)
CEe*	Salinidad del suelo objetivo (salinidad deseada manejando la lixiviación, en dS/m)
CEex	Salinidad del suelo (dS/m)
DL	Lámina de lavado necesaria para obtener la salinidad objetivo (mm)
Etr	Evapotranspiración real (mm)
f	Factor de eficiencia de lavado
Lám.	Lámina de riego aplicada (mm)
Pp	Precipitación efectiva (mm)
R	Percolación producida (mm)
Riego*	Lámina de riego total necesaria para obtener la salinidad objetivo (mm)
W	Variación de la humedad del suelo almacenada en la zona de raíces (mm)
Wc	Humedad a capacidad de campo del espesor de suelo con raíces (mm)





**Figura 7.8.2. Salinidad del suelo simulada con el programa Balansal y medida en el terreno. Ea. Santa Ida, lote 1.**



**Figura 7.8.3. Correlación entre los valores de la salinidad del suelo simulada con el programa Balansal y medida. Ea. Santa Ida, lote 1.**

En el Cuadro 7.8.3. se ofrece la planilla de salida del modelo para un período más largo que el anterior, desde octubre de 1995 al mismo mes de 1999, involucrando el riego consecutivo durante 4 años del lote 2 de la Ea. Santa Ida, con un suelo de textura levemente más arcillosa, con un  $f=0,55$ ; donde se realizó una rotación de cultivos de maíz, soja, trigo y pastura consociada de alfalfa y gramíneas, con agua de la misma  $CE_a$  que la del lote 1, pues provino de la misma perforación con que se regaron los dos lotes, totalizando las siguientes láminas:  $Pe= 3422$  mm,  $Etc= 3855$  mm y  $R=923$  mm, recibidas con la secuencia ilustrada en la figura 7.8.4, cuyo balance generó fases de lavado producidas por los volúmenes lixiviados que se ven en la figura 7.8.5.

Estos balances hidrosalinos estimaron la marcha de la  $CE_{ex}$  en el tiempo graficada en la figura 7.8.6., donde se observan valores pronosticados por el modelo, con un máximo de  $0,97$  dS/m, estabilizándose en  $0,88$  dS/m al finalizar el cuarto año y los valores de la  $CE_{ex}$  medida en cinco épocas, que se correlacionan muy bien, con  $r^2=0,92$  (Fig. 7.8.7)

**Cuadro 7.8.3. Planilla de salida del modelo Balansal. Estancia Santa Ida, lote 2. Período octubre de 1995 a octubre de 1999.**

Rotación de cultivos: Maíz 1995-96, maíz 1996-97, soja 1997-98, trigo 1998 y pastura 1999.

Datos	Textura franco-arcillosa	CEi	0,27	dS/m
	Wc 170 mm	CEe*	0,8	dS/m
	f 0,55	CEa	1,05	dS/m

Mes	Evapot. (mm)	Precip. (mm)	Riego (mm)	CEa (dS/m)	CEe (dS/m)	Cambio (dS/m)	Riego* (mm)	DL (mm)	R (mm)	W (mm)
Oct95	45	65	0	0	0,258	-0,02	0	-302	20	170
Nov	109	147	0	0	0,228	-0,03	0	-317	38	170
Dic	199	85	92	1,05	0,512	0,28	6271	6157	0	148
Ene	215	112	111	1,05	0,855	0,34	356	231	0	156
Feb	119	120	87	1,05	0,820	-0,03	110	97	74	170
Mar96	70	106	52	1,05	0,649	-0,17	0	-99	88	170
Abr	56	143	0	0	0,489	-0,16	0	-64	87	170
May	25	48	0	0	0,454	-0,04	0	-149	23	170
Jun	18	17	0	0	0,454	0,00	1	-171	0	169
Jul	24	33	0	0	0,442	-0,01	0	-171	8	170
Ago	42	33	0	0	0,442	0,00	9	-178	0	161
Set	65	36	0	0	0,442	0,00	29	-178	0	132
Oct96	45	40	0	0	0,442	0,00	5	-178	0	127
Nov	109	125	0	0	0,442	0,00	0	-178	0	143
Dic	199	177	90	1,05	0,595	0,15	22	-663	41	170
Ene	215	81	190	1,05	0,962	0,37	508	374	56	170
Feb	119	98	61	1,05	0,970	0,01	218	197	40	170
Mar97	70	156	0	0	0,733	-0,24	0	59	86	170
Abr	56	28	0	0	0,733	0,00	28	-27	0	142
May	25	0	0	0	0,733	0,00	26	-27	0	117
Jun	18	92	0	0	0,685	-0,05	0	-27	21	170
Jul	24	20	0	0	0,685	0,00	4	-48	0	166
Ago	42	15	0	0	0,685	0,00	27	-48	0	139
Set	65	32	0	0	0,685	0,00	33	-48	0	106
Oct97	99	209	0	0	0,590	-0,09	0	-48	46	170
Nov	73	64	0	0	0,590	0,00	9	-93	0	161
Dic	136	52	0	0	0,590	0,00	84	-93	0	77
Ene	152	109	30	1,05	0,683	0,09	518	382	0	64
Feb	126	184	60	1,05	0,822	0,14	92	44	12	170

(continuación del Cuadro 7.8.3.)

Mes	Evapot. (mm)	Precip. (mm)	Riego (mm)	CEa (dS/m)	CEe (dS/m)	Cambio (dS/m)	Riego* (mm)	DL (mm)	R (mm)	W (mm)
Mar98	75	35	30	1,05	0,915	0,09	197	157	0	160
Abr	56	150	0	0	0,696	-0,22	0	41	84	170
May	25	6	0	0	0,696	0,00	19	-43	0	151
Jun	18	0	0	0	0,696	0,00	18	-43	0	133
Jul	11	19	0	0	0,696	0,00	0	-43	0	141
Ago	56	31	15	1,05	0,742	0,05	141	87	0	131
Set	59	118	30	1,05	0,653	-0,09	0	-150	50	170
Oct98	99	25	15	1,05	0,699	0,05	199	125	0	111
Nov	160	64	60	1,05	0,884	0,19	675	520	0	75
Dic	127	48	0	0	0,884	0,00	205	31	0	-4
Ene	70	61	0	0	0,884	0,00	214	31	0	-13
Feb	140	55	0	0	0,884	0,00	299	31	0	-98
Mar99	50	203	0	0	0,884	0,00	146	31	0	55
Abr	56	35	0	0	0,884	0,00	167	31	0	34
May	25	0	0	0	0,884	0,00	192	31	0	9
Jun	18	5	0	0	0,884	0,00	205	31	0	-4
Jul	24	30	0	0	0,884	0,00	199	31	0	2
Ago	42	30	0	0	0,884	0,00	211	31	0	-10
Set	65	45	0	0	0,884	0,00	231	31	0	-30
Oct99	99	35	0	0	0,884	0,00	295	31	0	-94
Totales	3835	3422	923			0,61	11963	5428	774	

Referencias

Cambio	Variación de la CEex por lluvia y riego (dS/m)
CEa	Salinidad del agua de riego (dS/m)
CEi	Salinidad inicial del suelo (dS/m)
CEe*	Salinidad del suelo objetivo (salinidad deseada manejando la lixiviación, en dS/m)
CEex	Salinidad del suelo (dS/m)
DL	Lámina de lavado necesaria para obtener la salinidad objetivo (mm)
Etr	Evapotranspiración real (mm)
f	Factor de eficiencia de lavado
Lám.	Lámina de riego aplicada (mm)
Pp	Precipitación efectiva (mm)
R	Percolación producida (mm)
Riego*	Lámina de riego total necesaria para obtener la salinidad objetivo (mm)
W	Variación de la humedad del suelo almacenada en la zona de raíces (mm)
Wc	Humedad a capacidad de campo del espesor de suelo con raíces (mm)

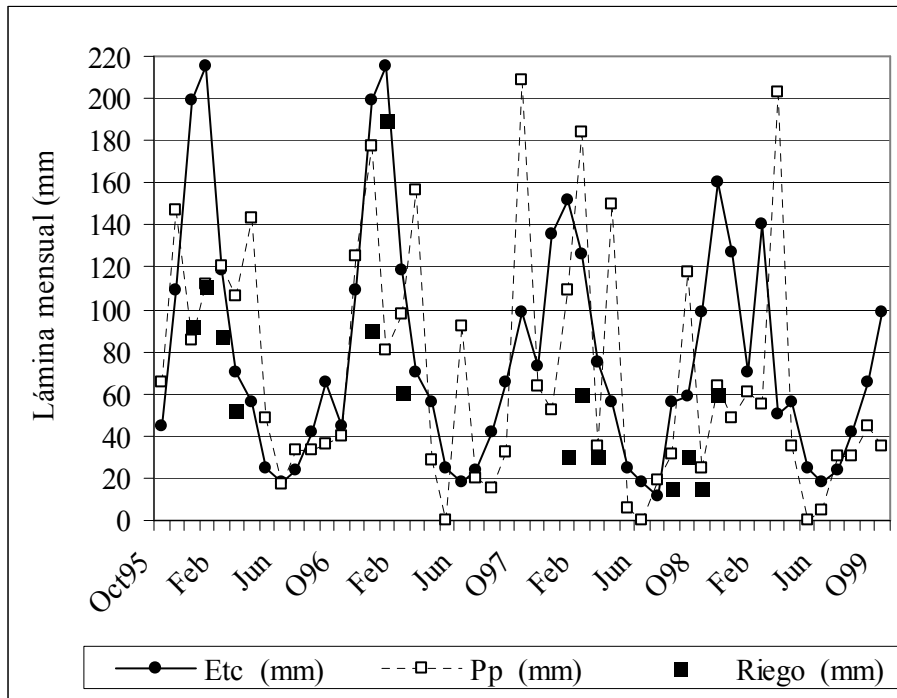


Figura 7.8.4. Evolución de la evapotranspiración, precipitación y riego. Ea. Sta. Ida, lote 2.

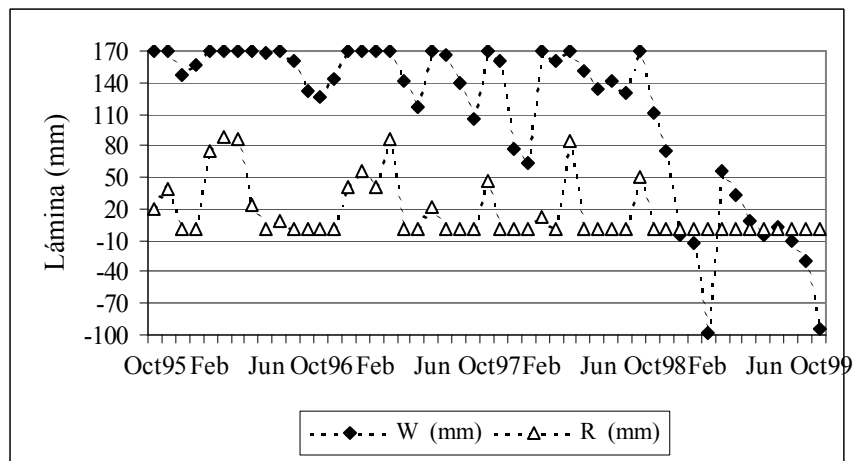


Figura 7.8.5. Humedad del suelo (W) y volumen lixiviado (R). Lote 2 de la Ea. Sta Ida.

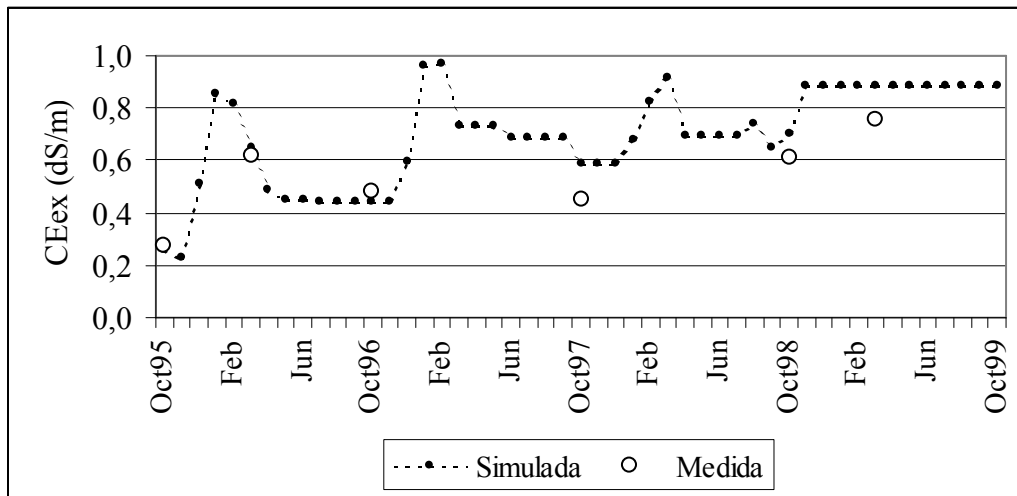


Figura 7.8.6. Evolución de la salinidad del suelo simulada y medida. Ea. Santa Ida, lote 2.

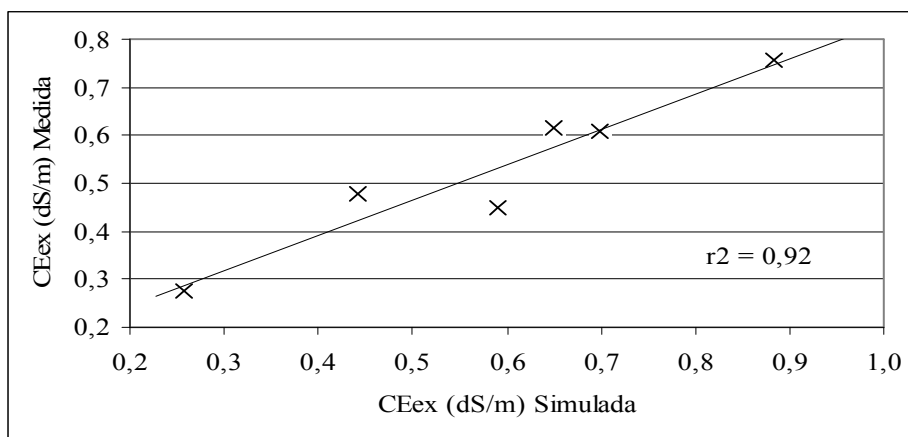


Figura 7.8.7. Correlación entre los valores de la salinidad del suelo simulada con el modelo Balansal y medida. Ea. Santa Ida, lote 2.

También se corrió el modelo para condiciones de riego complementario diferentes a las anteriormente consideradas, dadas por suelos Argiudoles típicos de la Ea. Ojo de Agua de Balcarce, más fuertemente texturados, con un menor factor de lavado debido a la mayor capacidad de retención hídrica generada por los altos contenidos de arcilla y de materia orgánica y mayor régimen de lluvias, sobre todo estivales, pero disponiendo de agua de riego de menor calidad.

El Cuadro 7.8.4 presenta la salida del modelo para la situación ambiental y de manejo del lote San Pedro Chico de la Ea. Ojo de Agua, donde se estudió un período de riego consecutivo de cinco años, entre octubre de 1997 y marzo de 2002, de una rotación de cultivos que alternó maíz y trigo, regados con agua de clase C3S4 con  $CE_a=1,13$  dS/m, acumulando las siguientes láminas:  $E_{tc}=3.712$  mm,  $P_e= 5.477$  mm y riego 503 mm, para un punto de partida de  $CE_{ex}=0,235$  dS/m, con un factor  $f= 0,35$  y  $W_{fc}= 187$ mm. En la Fig. 7.8.8. se registró la variación de la humedad del suelo con los ingresos y egresos hídricos,

viéndose que durante el período estudiado se sucedieron fases de exceso de lluvias que produjeron una importante lixiviación y lavado de sales y otras de déficit hídrico edáfico durante las cuales se incrementó fuertemente la concentración salina del suelo.

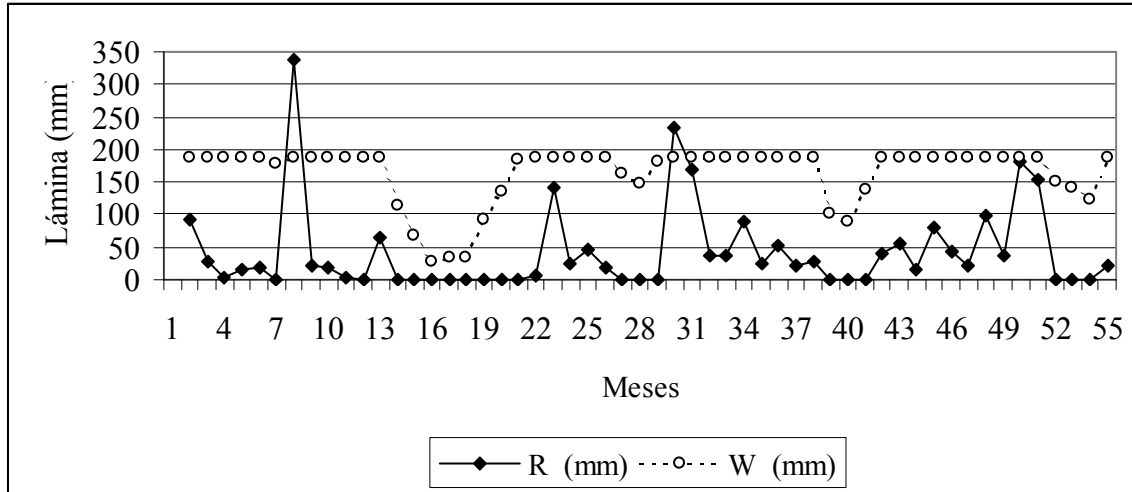


Figura 7.8.8. Evolución de la humedad del suelo W y de la lámina de lavado R en el lote San Pedro Chico, Ea. Ojo de Agua.

**Cuadro 7.8.4. Planilla de salida del programa Balansal. Lote San Pedro Chico, Estancia Ojo de Agua, Balcarce. Período: octubre de 1997 a marzo de 2002.**

Cultivos regados: maíz 1997-98, trigo 1998, maíz 1999-00, trigo 2000 y maíz 2001-02

Datos : Textura franco-arcillo-limosa				CEi	0,235	dS/m				
Wc				187	mm	CEe*	0,58	dS/m		
f				0,35	CEa	1,13	dS/m			
Mes	Etr (mm)	Pp (mm)	Lám. riego (mm)	CEa (dS/m)	CEex (dS/m)	Cambio (dS/m)	Riego* (mm)	DL (mm)	R (mm)	W (mm)
Oct-97	39,60	132		0,00	0,20	-0,04	0,0	-453	92,4	187,00
Nov-97	95,25	123		0,00	0,19	-0,01	0,0	-526	27,8	187,00
Dic-97	174,9	152	25	1,13	0,26	0,07	981,5	959	2,1	187,00
Ene-98	202,80	152	65	1,13	0,42	0,16	673,1	622	14,2	187,00
Feb-98	112,20	132		0,00	0,40	-0,02	0,0	-175	19,8	187,00
Mar-98	64,40	56		0,00	0,40	0,00	8,4	-194	0,0	178,60
Abr-98	24,00	369		0,00	0,21	-0,19	0,0	-194	336,6	187,00
May-98	12,00	33		0,00	0,20	-0,01	0,0	-502	21,0	187,00
Jun-98	10,00	28		0,00	0,19	-0,01	0,0	-518	18,0	187,00
Jul-98	7,65	10		0,00	0,19	0,00	0,0	-532	2,4	187,00
Ago-98	21,45	21		0,00	0,19	0,00	0,4	-534	0,0	186,55
Set-98	47,60	112		0,00	0,17	-0,02	0,0	-534	64,0	187,00
Oct-98	83,60	9		0,00	0,17	0,00	74,6	-580	0,0	112,40
Nov-98	139,70	57	38	1,13	0,29	0,11	82,7	-188	0,0	67,70
Dic-98	111,30	70		0,00	0,29	0,00	41,3	-362	0,0	26,40
Ene-99	80,00	86		0,00	0,29	0,00	0,0	-362	0,0	32,40
Feb-99	61,00	63		0,00	0,29	0,00	0,0	-362	0,0	34,40
Mar-99	65,00	124		0,00	0,29	0,00	0,0	-362	0,0	93,40
Abr-99	30,00	72		0,00	0,29	0,00	0,0	-362	0,0	135,40
May-99	25,00	75		0,00	0,29	0,00	0,0	-362	0,0	185,40
Jun-99	14,00	22		0,00	0,28	0,00	0,0	-362	6,4	187,00
Jul-99	17,00	158		0,00	0,22	-0,07	0,0	-368	141,0	187,00
Ago-99	33,00	57		0,00	0,21	-0,01	0,0	-487	24,0	187,00
Set-99	40,00	87		0,00	0,19	-0,02	0,0	-505	47,0	187,00
Oct-99	39,60	58		0,00	0,18	-0,01	0,0	-541	18,4	187,00
Nov-99	95,25	70		0,00	0,18	0,00	25,3	-555	0,0	161,75
Dic-99	174,90	75	84	1,13	0,44	0,25	180,7	56	0,0	145,85
Ene-00	202,80	130	107	1,13	0,76	0,32	72,8	-1930	0,0	180,05
Feb-00	112,20	352		0,00	0,49	-0,27	0,0	143	232,9	187,00
Mar-00	64,40	233		0,00	0,36	-0,13	0,0	-92	168,6	187,00
Abr-00	24,00	62		0,00	0,33	-0,02	0,0	-257	38,0	187,00
May-00	12,00	48		0,00	0,31	-0,02	0,0	-293	36,0	187,00
Jun-00	10,00	100		0,00	0,26	-0,05	0,0	-326	90,0	187,00
Jul-00	7,65	31		0,00	0,25	-0,01	0,0	-405	23,4	187,00
Ago-00	21,45	74		0,00	0,23	-0,02	0,0	-425	52,6	187,00

(continuación del Cuadro 7.8.4)

Mes	Etr (mm)	Pp (mm)	Lám. riego (mm)	CEa (dS/m)	CEex (dS/m)	Cambio (dS/m)	Riego* (mm)	DL (mm)	R (mm)	W (mm)
Set-00	47,60	70		0,00	0,22	-0,01	0,0	-469	22,4	187,00
Oct-00	83,60	110		0,00	0,21	-0,01	0,0	-487	26,4	187,00
Nov-00	139,70	38	16	1,13	0,26	0,05	310,3	209	0,0	101,30
Dic-00	111,30	98		0,00	0,26	0,00	13,3	-416	0,0	88,00
Ene-01	80,00	131		0,00	0,26	0,00	0,0	-416	0,0	139,00
Feb-01	61,00	148		0,00	0,24	-0,02	0,0	-416	39,0	187,00
Mar-01	65,00	119		0,00	0,21	-0,02	0,0	-449	54,0	187,00
Abr-01	30,00	46		0,00	0,21	-0,01	0,0	-492	16,0	187,00
May-01	25,00	106		0,00	0,18	-0,03	0,0	-505	81,0	187,00
Jun-01	14,00	58		0,00	0,16	-0,01	0,0	-566	44,0	187,00
Jul-01	17,00	37		0,00	0,16	-0,01	0,0	-597	20,0	187,00
Ago-01	33,00	131		0,00	0,13	-0,03	0,0	-610	98,0	187,00
Set-01	40,00	76		0,00	0,12	-0,01	0,0	-673	36,0	187,00
Oct-01	39,60	220		0,00	0,09	-0,04	0,0	-694	180,4	187,00
Nov-01	95,25	248		0,00	0,07	-0,02	0,0	-788	152,8	187,00
Dic-01	174,90	63	75	1,20	0,31	0,24	413,6	302	0,0	150,10
Ene-02	202,80	130	63	1,20	0,51	0,20	72,8	-265	0,0	140,30
Feb-02	112,20	66	30	1,20	0,60	0,10	46,2	-2184	0,0	124,10
Mar-02	64,40	149		0,00	0,58	-0,02	0,0	21	21,7	187,00
Totales	3712	5477	503				2997	-21362	2268	

Referencias

Cambio	Variación de la CEex por lluvia y riego (dS/m)
CEa	Salinidad del agua de riego (dS/m)
CEi	Salinidad inicial del suelo (dS/m)
CEe*	Salinidad del suelo objetivo (salinidad deseada manejando la lixiviación, en dS/m)
CEex	Salinidad del suelo (dS/m)
DL	Lámina de lavado necesaria para obtener la salinidad objetivo (mm)
Etr	Evapotranspiración real (mm)
f	Factor de eficiencia de lavado
Lám.	Lámina de riego aplicada (mm)
Pp	Precipitación efectiva (mm)
R	Percolación producida (mm)
Riego*	Lámina de riego total necesaria para obtener la salinidad objetivo (mm)
W	Variación de la humedad del suelo almacenada en la zona de raíces (mm)
Wfc	Humedad a capacidad de campo del espesor de suelo con raíces (mm)



La figuras 7.8.9. y 7.8.10 ilustran la marcha de los valores de salinidad edáfica simulados con el programa y medidos y la alta correlación entre ambos ( $r^2=0,87$ ), aunque algunos valores pronosticados extremadamente bajos de  $CE_{ex}$ , de menos de 0,1 dS/m, se consideran distantes de verificarse en la realidad y que evidentemente han sido calculados con las ecuaciones del modelo en correspondencia con la secuencia de altas precipitaciones mensuales ocurridas durante casi todo el año 2001. De todos modos, la salinidad final del suelo después de la última temporada de riego, se ubicó dentro del rango de variación de los registros de campo.

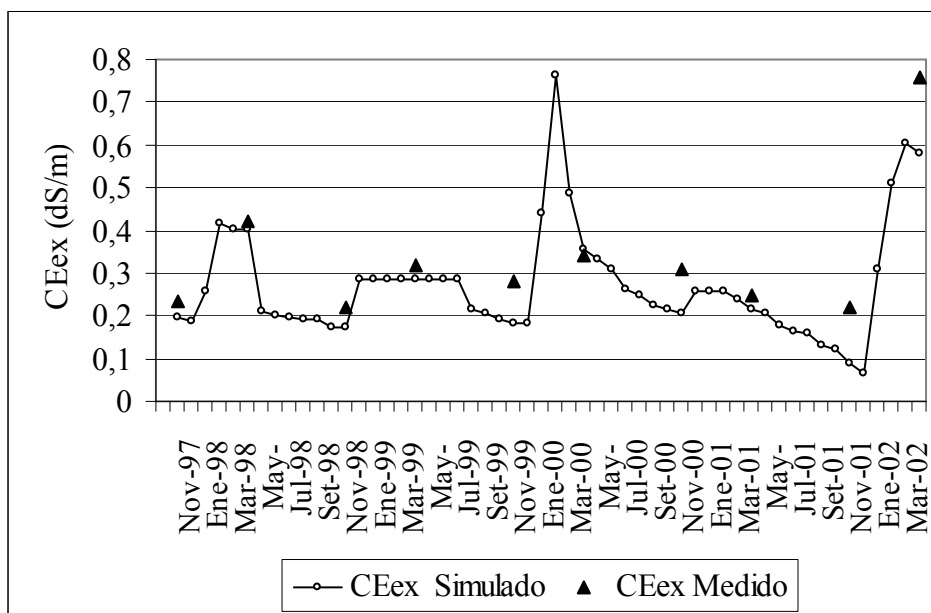


Figura 7.8.9. Evolución de la salinidad del suelo simulada con el Modelo Balansal y medida. Ea. Ojo de Agua, lote San Pedro Chico.

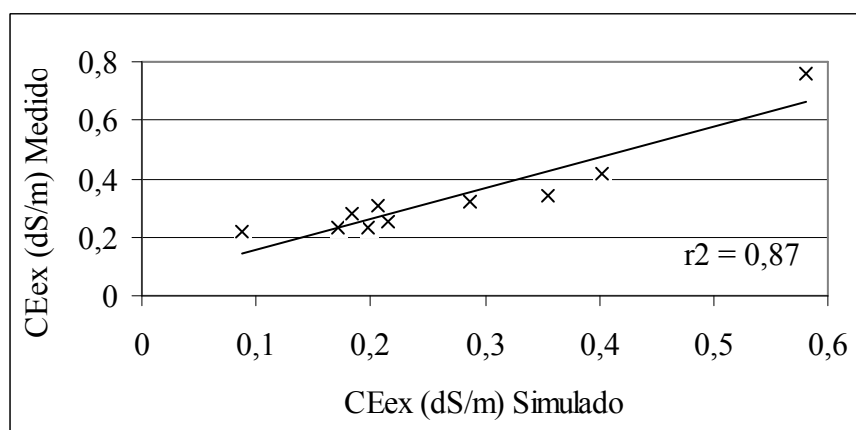


Figura 7.8.10. Correlación entre la salinidad del suelo simulada con el Modelo Balansal y la salinidad medida en el terreno. Ea. Ojo de Agua, lote San Pedro Chico.

**Cuadro 7.8.5. Planilla de salida del programa Balansal. Lote San Pedro Grande, Estancia Ojo de Agua, Balcarce. Período: octubre de 1997 a marzo de 2001.**

Rotación: Maíz 97-98, maíz 98-99, trigo 99 y maíz 00-01										
Datos: Textura franco-arcillosa										
							CEi	0,205	dS/m	
							CEe*	0,64	dS/m	
							CEa	1,24	dS/m	
Mes	Etr (mm)	Pp (mm)	Lám. riego (mm)	CEa (dS/m)	CEex (dS/m)	Cambio (dS/m)	Riego* (mm)	DL (mm)	R (mm)	W (mm)
Oct-97	40	132	0	0,00	0,165	-0,040	0	-463	92	171
Nov-97	95	123	0	0,00	0,155	-0,010	0	-525	28	171
Dic-97	175	152	30	1,24	0,245	0,090	996	974	7	171
Ene-98	203	152	60	1,24	0,435	0,190	777	726	9	171
Feb-98	112	132	0	0,00	0,415	-0,020	0	-193	20	171
Mar-98	64	56	0	0,00	0,415	0,000	8	-212	0	163
Abr-98	24	369	0	0,00	0,181	-0,235	0	-212	337	171
May-98	12	33	0	0,00	0,172	-0,009	0	-500	21	171
Jun-98	10	28	0	0,00	0,165	-0,007	0	-513	18	171
Jul-98	17	10	0	0,00	0,165	0,000	7	-525	0	164
Ago-98	33	21	0	0,00	0,165	0,000	12	-525	0	152
Set-98	56	112	0	0,00	0,151	-0,014	0	-525	37	171
Oct-98	40	9	0	0,00	0,151	0,000	31	-547	0	140
Nov-98	95	57	0	0,00	0,151	0,000	38	-547	0	102
Dic-98	175	70	126	1,24	0,608	0,457	105	-197	0	123
Ene-99	203	86	119	1,24	1,039	0,431	7894	7730	0	125
Feb-99	112	63	0	0,00	1,039	0,000	268	173	0	76
Mar-99	64	124	0	0,00	1,039	0,000	209	173	0	136
Abr-99	24	72	0	0,00	1,009	-0,031	161	173	13	171
May-99	12	75	0	0,00	0,870	-0,138	98	161	63	171
Jun-99	10	22	0	0,00	0,846	-0,024	87	99	12	171
Jul-99	8	158	0	0,00	0,593	-0,253	0	88	150	171
Ago-99	21	57	0	0,00	0,546	-0,047	0	-64	36	171
Set-99	48	87	0	0,00	0,498	-0,048	0	-99	39	171
Oct-99	84	58	0	0,00	0,498	0,000	26	-138	0	145
Nov-99	140	70	62	1,24	0,722	0,225	70	-2471	0	138
Dic-99	111	75	0	0,00	0,722	0,000	90	20	0	101
Ene-00	80	130	0	0,00	0,722	0,000	40	20	0	151
Feb-00	61	352	0	0,00	0,374	-0,348	0	20	271	171
Mar-00	65	233	0	0,00	0,251	-0,123	0	-253	168	171
Abr-00	30	62	0	0,00	0,233	-0,018	0	-398	32	171
May-00	25	48	0	0,00	0,221	-0,012	0	-423	23	171
Jun-00	14	100	0	0,00	0,181	-0,040	0	-440	86	171
Jul-00	17	31	0	0,00	0,175	-0,006	0	-500	14	171
Ago-00	33	74	0	0,00	0,159	-0,016	0	-509	41	171
Set-00	40	70	0	0,00	0,148	-0,011	0	-535	30	171

(continuación del Cuadro 7.8.5.)

Mes	Etr (mm)	Pp (mm)	Lám. riego (mm)	CEa (dS/m)	CEex (dS/m)	Cambio (dS/m)	Riego* (mm)	DL (mm)	R (mm)	W (mm)
Oct-00	40	110	0	0,00	0,126	-0,023	0	-553	70	171
Nov-00	95	38	0	0,00	0,126	0,000	57	-592	0	114
Dic-00	175	98	88	1,24	0,445	0,319	289	155	0	125
Ene-01	203	131	74	1,24	0,713	0,268	71,80	-1472	0	127
Feb-01	112	148	0	0,00	0,713	0,000	23	15	0	163
Mar-01	64	119	0	0,00	0,639	-0,073	0	15	46	171
Totales	3042	4147	559			0,434		11357	-3387	1664

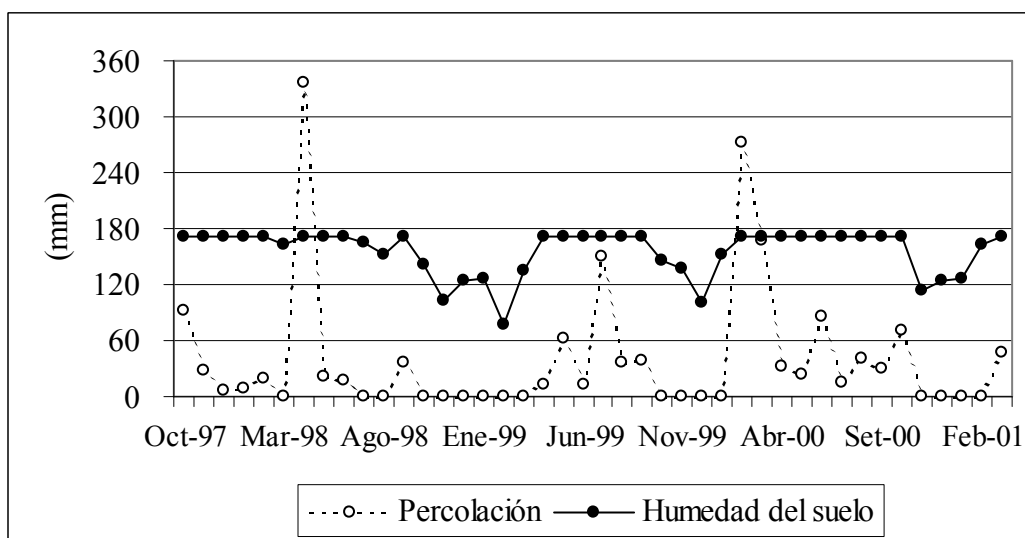
Referencias

Cambio	Variación de la CEex por lluvia y riego (dS/m)
CEa	Salinidad del agua de riego (dS/m)
CEi	Salinidad inicial del suelo (dS/m)
CEe*	Salinidad del suelo objetivo (salinidad deseada manejando la lixiviación, en dS/m)
CEex	Salinidad del suelo (dS/m)
DL	Lámina de lavado necesaria para obtener la salinidad objetivo (mm)
Etr	Evapotranspiración real (mm)
f	Factor de eficiencia de lavado
Lám.	Lámina de riego aplicada (mm)
Pp	Precipitación efectiva (mm)
R	Percolación producida (mm)
Riego*	Lámina de riego total necesaria para obtener la salinidad objetivo (mm)
W	Variación de la humedad del suelo almacenada en la zona de raíces (mm)
Wc	Humedad a capacidad de campo del espesor de suelo con raíces (mm)

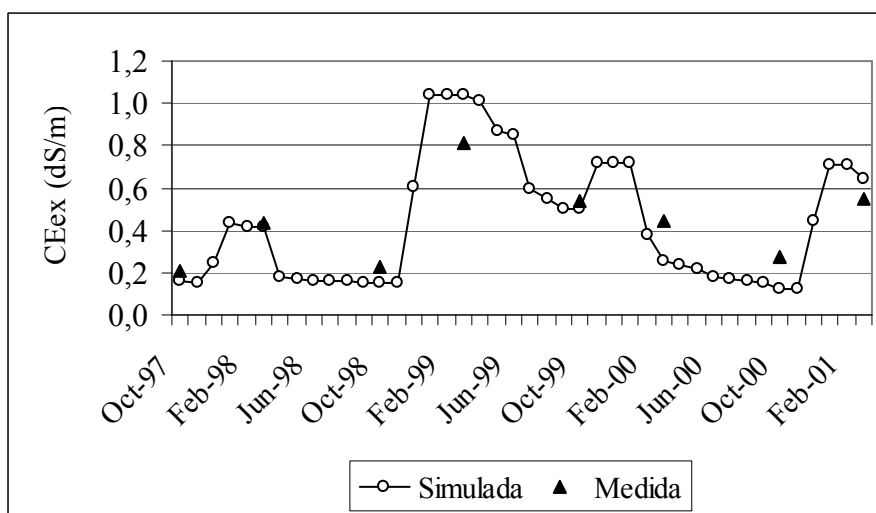
Por último, se estudió en el lote San Pedro Grande, ubicado en la misma estancia, la dinámica salina del suelo regado consecutivamente durante cuatro temporadas, entre noviembre de 1997 y marzo de 2001, presentando el Cuadro 7.8.5 los valores de las variables hídricas y salinas, donde la más diferenciada respecto de los otros casos estudiados, es el alto tenor salino del agua de riego ( $CE_a = 1,24$  dS/m), aplicada a una rotación de maíz interrumpida un solo año con trigo, que insumió una lámina acumulada de riego de 559 mm, una evapotranspiración de los suelos con cultivos y rastrojos de cultivos de 3.042 mm y una precipitación de 4.147 mm.

La figura 7.8.11 grafica la variación de la humedad del suelo y de los volúmenes de agua percolados, identificándose claramente dos períodos en los que los excesos de precipitación controlaron la salinidad y cuatro períodos donde la disminución de la humedad del suelo concentró su solución, alcanzando los más altos valores de

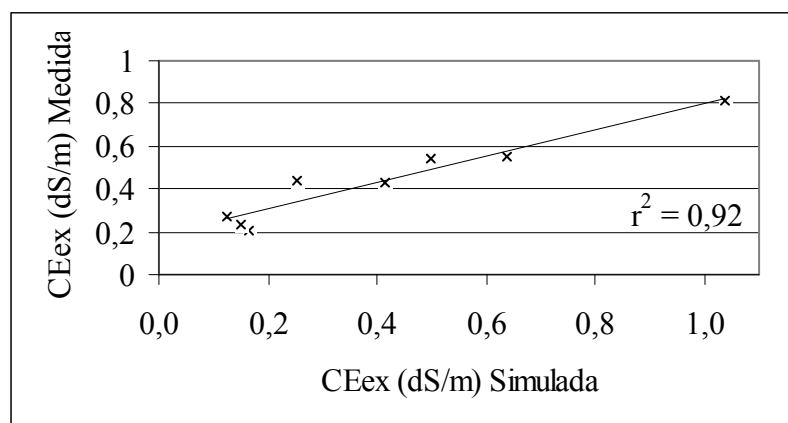
conductividad, que se observan en la figura 7.8.12. La correlación entre los valores salinos simulados y medidos es alta, del orden de  $r^2=0,92$  (Fig. 7.8.13)



**7.8.11. Cambios de la humedad del suelo y de la percolación en el lote San Pedro Grande, Ea. Ojo de Agua.**



**Figura 7.8.12. Evolución de la salinidad del suelo simulada con el programa Balansal y medida en el terreno. Ea. Ojo de Agua, lote San Pedro Grande.**



**Figura 7.8.13. Correlación entre la salinidad simulada y medida. Ea. Ojo de Agua, lote San Pedro Grande.**

El seguimiento de la salinidad del suelo a través de mediciones de la conductividad eléctrica del extracto de saturación de muestras de suelo, desde su condición inicial antes de comenzar a ser regados, hasta finalizar las temporadas de riego, con aguas de similar concentración de sales que varió entre 1,05 y 1,24 dS/m, en lotes agrícolas con suelos Argiudoles y Hapludoles para distintas rotaciones de cultivos, años de riego y registros de precipitaciones variables, mostró que en la región pampeana húmeda, las precipitaciones logran controlar la salinidad del suelo bajo riego complementario debido fundamentalmente a las relativamente bajas salinidad de las aguas y láminas aplicadas en cada temporada de riego. Esta aseveración no solo está avalada por los cuatro casos presentados en este capítulo, sino por el resto de datos que se incluyen en este trabajo.

En efecto, los casos estudiados con el apoyo del modelo Balansal, siguen la misma tendencia que los correspondientes a otras localidades pampeanas que están siendo estudiados, con más detalle, por un grupo de investigación del Centro Regional Andino del INA, dirigido por uno de los autores del modelo, cuyos resultados aún no han sido publicados, pero comunicaciones personales (C. Mirábile, 2006) confirmaron que las  $CE_{ex}$  simuladas y medidas se han correlacionado fuertemente, probando la capacidad de predicción del modelo y consecuentemente avalando su uso como poderosa herramienta de diagnóstico y pronóstico de la salinidad edáfica en condiciones de riego complementario.

### **7.9. La eficiencia de adsorción de sodio como método de pronóstico de la sodicidad de suelos regados. Modelo de Marano.**

Marano (2004) propuso un modelo matemático sencillo para pronosticar la peligrosidad de sodificación de los suelos regados con aguas de distinta cantidad de sodio, mediante el cálculo de la eficiencia de la absorción de sodio EFNa por parte del suelo, que se alimenta con datos analíticos de suelos y aguas de uso corriente en los estudios convencionales para elaborar proyectos de riego.

Para correr el modelo, se seleccionaron los suelos más representativos de cada cuenca hidrográfica, que además contaban con toda la información relativa a las campañas de riego ejecutadas en los lotes agrícolas estudiados y se correlacionaron los valores de PSI pronosticados por el modelo con los PSI medidos, obtenidos mediante muestreo y análisis de los suelos regados.

En el Cuadro 7.9.1 figuran los datos con los que se calculó la cantidad de sodio aplicada al suelo con los riegos y en el Cuadro 7.9.2 constan los datos requeridos para el cálculo de la cantidad de sodio adsorbido por el suelo.

Las EFNa calculadas para los 10 sitios estudiados se presentan en el Cuadro 7.9.3.

El Cuadro 7.9.4. muestra los resultados del pronóstico de la variación del PSI de los suelos regados, para cada horizonte, en función de las EFNa calculadas.

Por último, en el Cuadro 7.9.5. constan los PSI simulados con el modelo y los medidos en los horizontes de los suelos considerados.

**Cuadro 7.9.1. Cantidad de sodio aplicado al suelo con el agua de riego.**

Estancia	Serie de suelo	Na agua de riego	Equiv. mmol/L a g/l	Na agua de riego	Lámina de riego	Equiv. mm a m <sup>3</sup> /ha	Volumen de agua aplicada	Sodio aplicado al suelo
		(mmolc/L)		(g/l)	(mm)		( m <sup>3</sup> /ha)	(kg/ha)
El Olvido	Ramallo	7,80	0,023	0,1794	360	10	3600	645,84
		7,80	0,023	0,1794	360	10	3600	645,84
Santa Emilia	Chovet	10,60	0,023	0,2438	620	10	6200	1511,56
		10,60	0,023	0,2438	620	10	6200	1511,56
María Laura	Rojas	9,20	0,023	0,2116	400	10	4000	846,40
		9,20	0,023	0,2116	400	10	4000	846,40
Santa Elena	A° Dulce	11,40	0,023	0,2622	280	10	2800	734,16
		11,40	0,023	0,2622	280	10	2800	734,16
La Federala	Gouin	6,80	0,023	0,1564	320	10	3200	500,48
		6,80	0,023	0,1564	320	10	3200	500,48
La Amelia	Chacabuco	8,80	0,023	0,2024	440	10	4400	890,56
		8,80	0,023	0,2024	440	10	4400	890,56
La Argentina	Junín	6,10	0,023	0,1403	420	10	4200	589,26
		6,10	0,023	0,1403	420	10	4200	589,26
Ojo de agua	Mar del Plata	10,00	0,023	0,2300	480	10	4800	1104,0
		10,00	0,023	0,2300	480	10	4800	1104,0
Ojo de agua	Mar del Plata	12,50	0,023	0,2875	250	10	2500	718,75
		12,50	0,023	0,2875	250	10	2500	718,75
		12,50	0,023	0,2875	250	10	2500	718,75
Santa Ida	Loma prof.	9,80	0,023	0,2254	960	10	9600	2163,84
		9,80	0,023	0,2254	960	10	9600	2163,84

**Cuadro 7.9.2. Cantidad de sodio adsorbido en el espesor de suelo regado.**

Sitio y espesor del suelo regado	Sodio adsorbido en el suelo regado	Equiv. cmol a kg	Sodio adsorbido en el suelo	Espesor del suelo regado	Volumen de suelo por ha.	Densidad aparente del suelo	Peso del perfil de suelo por ha.	Cantidad de sodio adsorb. por ha.
(dm)	(cmol/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(m)	(m <sup>3</sup> /ha)	(ton/m <sup>3</sup> )	(ton/ha)	(kg/ha)
El Olvido 0-2	0,38	0,23	0,0874	0,20	2000	1,22	2440	213,3
El Olvido 2-4	0,47	0,23	0,1081	0,20	2000	1,18	2360	255,1
Sta.Emilia 0-2	1,14	0,23	0,2622	0,20	2000	1,20	2400	629,3
Sta.Emilia 2-4	0,82	0,23	0,1886	0,20	2000	1,15	2300	433,8
M. Laura 0-2	0,71	0,23	0,1633	0,20	2000	1,23	2460	401,7
M. Laura 2-4	0,83	0,23	0,1909	0,20	2000	1,21	2420	462,0
S. Elena 0-2	0,91	0,23	0,2093	0,20	2000	1,30	2600	544,2
S. Elena 2-4	0,67	0,23	0,1541	0,20	2000	1,22	2440	376,0
L.Federala 0-2	1,00	0,23	0,2300	0,20	2000	1,26	2520	579,6
L.Federala 2-4	0,61	0,23	0,1403	0,20	2000	1,21	2420	339,5
La Amelia 0-2	0,52	0,23	0,1196	0,20	2000	1,27	2540	303,8
La Amelia 2-4	0,50	0,23	0,1150	0,20	2000	1,25	2500	287,5
L Argent. 0-2	0,81	0,23	0,1863	0,20	2000	1,31	2620	488,1
L Argent. 2-4	0,34	0,23	0,0782	0,20	2000	1,28	2560	200,2
O.de agua 0-2	1,10	0,23	0,2530	0,20	2000	1,22	2440	617,3
O. de agua 2-4	0,80	0,23	0,1840	0,20	2000	1,20	2400	441,6
O.de agua 0-2	0,32	0,23	0,0736	0,20	2000	1,22	2440	179,6
O. de agua 2-4	0,56	0,23	0,1288	0,20	2000	1,20	2400	309,1
O. de agua 4-6	0,69	0,23	0,1587	0,20	2000	1,25	2500	396,8
Santa Ida 0-2	0,76	0,23	0,1748	0,20	2000	1,12	2240	391,6
Santa Ida 2-4	0,75	0,23	0,1725	0,20	2000	1,18	2360	407,1



**Cuadro 7.9.3. Eficiencia de adsorción de sodio EFNa.**

Sitio y espesor del suelo regado	Sodio adsorbido	Sodio aplicado	EFNa
(dm)	(kg/ha)	(kg/ha)	
El Olvido 0-2	213,3	645,84	0,330
El Olvido 2-4	255,1	645,84	0,395
Sta.Emilia 0-2	629,3	1511,56	0,416
Sta.Emilia 2-4	433,8	1511,56	0,287
M. Laura 0-2	401,7	846,40	0,475
M. Laura 2-4	462,0	846,40	0,546
Sta. Elena 0-2	544,2	734,16	0,741
Sta. Elena 0-2	376,0	734,16	0,512
L.Federala 0-2	579,6	500,48	1,158
L.Federala 2-4	339,5	500,48	0,678
La Amelia 0-2	303,8	890,56	0,341
La Amelia 2-4	287,5	890,56	0,323
L Argent. 0-2	488,1	589,26	0,828
L Argent. 2-4	200,2	589,26	0,340
O.de agua 0-2	617,3	1104,00	0,559
O. de agua 2-4	441,6	1104,00	0,400
O.de agua 0-2	179,6	718,75	0,250
O. de agua 2-4	309,1	718,75	0,430
O. de agua 4-6	396,8	718,75	0,552
Santa Ida 0-2	391,6	2163,84	0,181
Santa Ida 2-4	407,1	2163,84	0,188

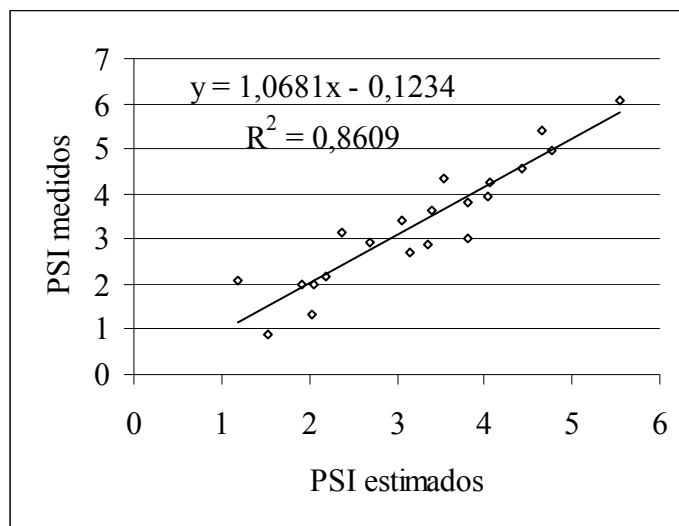
**Cuadro 7.9.4. Pronóstico de la variación del PSI de los suelos regados.**

Sitio y espesor del suelo regado	10*EFNA	Lámina de riego	Conc. Na del agua de riego	CIC	Densidad aparente del suelo	Prof. de suelo	Variación del PSI
(dm)		(mm)	(mmol/L)	(cmol/kg)	(kg/m <sup>3</sup> )	(m)	(%)
El Olvido 0-2	3,30	360	7,80	24,75	1220	0,20	1,54
El Olvido 2-4	3,95	360	7,80	23,10	1180	0,20	2,03
Sta.Emilia 0-2	4,16	620	10,60	24,50	1200	0,20	4,65
Sta.Emilia 2-4	2,87	620	10,60	26,00	1150	0,20	3,15
M. Laura 0-2	4,75	400	9,20	20,90	1230	0,20	3,40
M. Laura 2-4	5,46	400	9,20	21,75	1210	0,20	3,82
Sta. Elena 0-2	7,41	280	11,40	22,55	1300	0,20	4,04
Sta. Elena 0-2	5,12	280	11,40	19,95	1220	0,20	3,36
L.Federala 0-2	11,58	320	6,80	22,55	1260	0,20	4,43
L.Federala 2-4	6,78	320	6,80	19,95	1210	0,20	3,06
La Amelia 0-2	3,41	440	8,80	27,10	1270	0,20	1,92
La Amelia 2-4	3,23	440	8,80	21,10	1250	0,20	2,37
L Argent. 0-2	8,28	420	6,10	14,60	1310	0,20	5,55
L Argent. 2-4	3,40	420	6,10	12,60	1280	0,20	2,70
O.de agua 0-2	5,59	480	10,00	23,05	1220	0,20	4,77
O. de agua 2-4	4,00	480	10,00	22,65	1200	0,20	3,53
O.de agua 0-2	2,50	250	12,50	27,20	1220	0,20	1,18
O. de agua 2-4	4,30	250	12,50	27,20	1200	0,20	2,06
O. de agua 4-6	5,52	250	12,50	31,50	1250	0,20	2,19
Santa Ida 0-2	1,81	960	9,80	19,97	1120	0,20	3,81
Santa Ida 2-4	1,88	960	9,80	18,50	1180	0,20	4,05

**Cuadro 7.9.5. Correlación entre los PSI estimados con el modelo y los PSI medidos.**

Sitio	Espesor del suelo (cm)	PSI medido (%)	PSI estimado (%)
El Olvido	00-20	0,88	1,54
El Olvido	20-40	1,35	2,03
Santa Emilia	00-20	5,42	4,65
Santa Emilia	20-40	2,69	3,15
María Laura	00-20	3,62	3,40
María Laura	20-40	3,02	3,82
Santa Elena	00-20	3,95	4,04
Santa Elena	20-40	2,89	3,36
La Federala	00-20	4,58	4,43
La Federala	20-40	3,43	3,06
La Amelia	00-20	2,00	1,92
La Amelia	20-40	3,15	2,37
L Argentina	00-20	6,06	5,55
L Argentina	20-40	2,94	2,70
Ojo de agua	00-20	4,97	4,77
Ojo de agua	20-40	4,35	3,53
Ojo de agua	00-20	2,10	1,18
Ojo de agua	20-40	1,99	2,06
Ojo de agua	40-60	2,16	2,19
Santa Ida	00-20	3,80	3,81
Santa Ida	20-40	4,26	4,05

En la Figura 7.9. se muestra la buena correlación entre los valores de PSI estimados con el modelo y los medidos en los suelos regados, con un  $r^2 = 0,86$ .



**Figura 7.9. Correlación entre los valores de PSI estimados con el modelo de Marano y los PSI medidos.**

Con la información disponible, que se considera escasa, se puede concluir que el Modelo de Marano (2004) constituye una promisoriosa herramienta para pronosticar la variación del PSI de los suelos regados complementariamente, aunque debería ahondarse la investigación para generar datos a partir de ensayos con el diseño estadístico apropiado, que considere situaciones de aguas, suelos y programas operativos de riego seleccionadas previamente.

### 7.10. Sustentabilidad de los agroecosistemas regados complementariamente.

Con el ordenamiento y análisis de los datos registrados en los 20 años de monitoreo del impacto del riego en los suelos y los resultados generados durante el desarrollo de este trabajo, se considera haber hallado evidencias suficientes para asignar a los agroecosistemas bajo riego complementario de la región pampeana, la categoría de sustentables por el lado del mantenimiento de la calidad del suelo, a pesar del continuo disturbio que van sufriendo por la recarga de sales con el riego.

En la figura 7.10 se grafica la evolución de la salinidad y la sodicidad de los suelos correspondientes a una muestra conformada por cinco lotes regados durante distintos períodos, ordenados de esta manera al solo efecto de destacar la alternancia de los valores de los indicadores en el tiempo, siendo muy evidente que en pretemporada de riego, se registraron siempre menores magnitudes de pH,  $CE_{ex}$  y PSI que en posttemporada de riego, cuando los valores son máximos, para decrecer hasta el próximo ciclo de riego, en que va repitiéndose la misma tendencia.

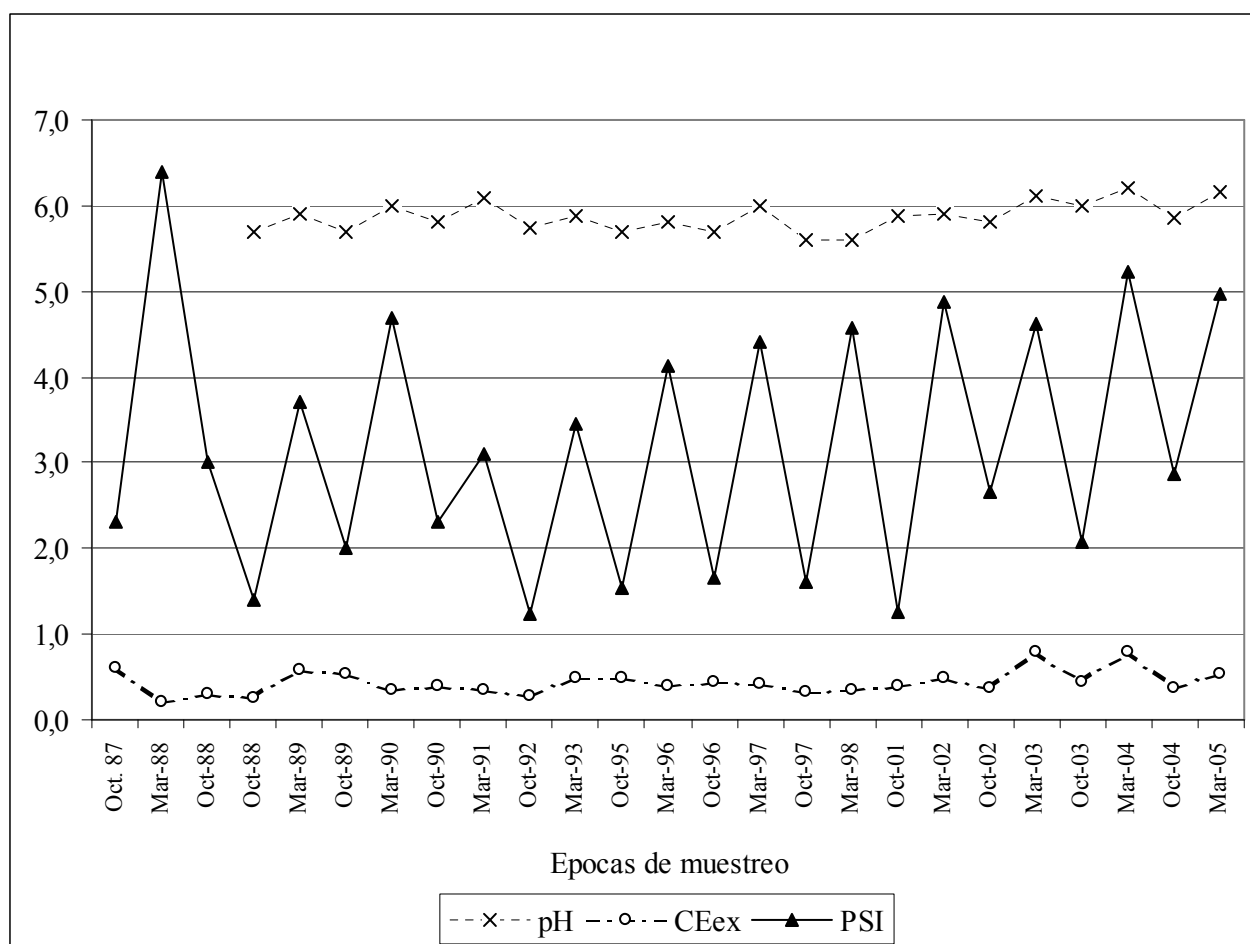


Figura 7.10. Evolución de la salinidad y la sodicidad de suelos regados en cinco sitios durante igual cantidad de series de tiempo. Oct.1987 a Oct. 1988, Ea. Carquen Hue; Oct 1988 a Mar. 1991, Ea. La Guardia; Oct. 1992 a Mar. 1993, Ea. Sta. Ursula; Oct. 1995 a Mar. 1998, Ea. La Federala y Oct. 2001 a Mar. 2005, Ea. Ojo de Agua.

Una síntesis de las evidencias halladas es la siguiente:

a) Verificación de la alternancia en el tiempo, de valores de pH,  $CE_{ex}$  y PSI de los suelos regados, sin que el balance salino de la solución del suelo indique un crecimiento sostenido de los indicadores, sino la ocurrencia de fases de acumulación, principalmente durante la temporada de riego y de disminución en cualquier momento del ciclo, en función de balance hídrico, las primeras por el aporte de sales con los riegos y las segundas por el efecto de los dos principales mecanismos de recuperación: lavado e intercambio catiónico.

b) Esa alternancia en los valores de los indicadores, se manifiesta claramente en la tendencia central de los datos obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego, con muestreos de suelos generalmente realizados en los meses de Octubre y Marzo, respectivamente, que considerados junto a los valores de secano, permitieron evaluar las resistencias y resiliencias de los suelos a cambios en el pH, la  $CE_{ex}$  y el PSI.

c) La caracterización de las resistencias del suelo frente al pH,  $CE_{ex}$  y PSI, indicó con certeza el fuerte impacto del riego en los suelos, inmediatamente de ocurrido el disturbio, pues se evalúan como el cociente entre los máximos valores alcanzados en posttemporada y los correspondientes a la situación inicial sin riego.

d) La caracterización de las resiliencias del suelo respecto al pH,  $CE_{ex}$  y PSI, indican la elasticidad o capacidad de recuperación de los suelos durante la ocurrencia de los disturbios, ya que se evalúan considerando los valores de los indicadores en tres situaciones: secano, pre y posttemporada de riego.

e) La evolución de los registros de  $CE_{ex}$  y PSI durante las series de tiempo consideradas durante los 20 años de estudios, valida el modelo conceptual de control natural de la salinidad y sodicidad de los suelos pampeanos bajo riego complementario, propuesto por Génova (1992, 1993), vinculándose actualmente con el concepto y la evaluación de la resiliencia edáfica caracterizada..

f) La confirmación de la improcedencia de la valoración en la aptitud agrícola de las aguas subterráneas disponibles en la región pampeana para riego complementario, clasificadas con el método del US Salinity Lab. de Riverside. El método es solo aplicable al riego integral de cultivos en las zonas áridas.

g) También la confirmación de la inexactitud de los pronósticos de sodificación de los suelos al ser regados con las aguas bicarbonatadas sódicas disponibles, realizados con el modelo de regresión  $RAS_a$ -PSI del US Salinity Lab. de Riverside. El modelo mantiene su vigencia para aquellas soluciones del suelo fundamentalmente en equilibrio con las aguas de riego, que ocurre en las zonas áridas bajo riego.

h) Los resultados de la aplicación del modelo Balansal, cuya simulación de los cambios de la  $CE_{ex}$  en los suelos regados, ajustan muy bien con las  $CE_{ex}$  medidas a campo, explicando con ecuaciones de flujo hídrico y salino, los efectos del lavado de las sales por las lluvias.

i) Los resultados de la aplicación del modelo de Marano de pronóstico de la variación del PSI de los suelos regados, a partir del cálculo de la eficiencia de adsorción de sodio del suelo en función de la cantidad de sodio aplicada por el agua de riego y algunas propiedades y características del suelo, en especial la capacidad de intercambio catiónico, encontrándose alta correlación entre los PSI estimados por el modelo y los medidos en los lotes regados.

j) La continuidad en la aplicación de riego en la producción agrícola e incluso el sostenido incremento del área bajo riego complementario en la región pampeana, apoyada en la disminución o eliminación del riesgo de ocurrencia de déficit hídrico y el mantenimiento de elevados rendimientos fisiológicos durante las rotaciones de los cultivos extensivos bajo riego, que producen beneficios netos de la actividad agrícola, a pesar de los altos costos totales del riego, dan cuenta de la sostenibilidad económica de los sistemas de manejo agronómico con riego complementario.

## 8. CONCLUSIONES.

Se logró el objetivo general de garantizar la sustentabilidad de los sistemas agroecológicos pampeanos bajo riego complementario, alcanzándose también los objetivos específicos pues se caracterizaron los recursos hídricos y edáficos y vincularon la calidad de las aguas con la salinidad y sodicidad de los suelos regados, han sido evaluadas la resistencia y resiliencia edáficas frente al pH, la  $CE_{ex}$  y el PSI, identificada y verificada la existencia de mecanismos de recuperación de los suelos frente al disturbio ocasionado por el riego, que controlan naturalmente la salinidad y sodicidad de los suelos bajo riego complementario y por último, se comprobaron las capacidades de predicción de modelos de balance salino para monitorear el impacto del riego complementario en los suelos.

Fue convalidada la hipótesis planteada, pues las magnitudes de los indicadores salinos y sódicos no evidenciaron degradaciones irreversibles en los suelos, cuya calidad se mantuvo, con lo cual puede asumirse que el riego complementario en la zona húmeda no compromete la sustentabilidad de los agroecosistemas productivos de cultivos extensivos.

Efectivamente la resiliencia de suelos Argiudoles y Hapludoles pampeanos a la degradación salina y sódica, no fue superada por el suministro de aguas bicarbonatadas sódicas, debido a la ocurrencia de procesos recuperativos, que hacen que la calidad de los suelos no varíe en términos del mantenimiento de sus funciones, por lo que el sistema de manejo agronómico bajo riego complementario, constituye un sistema de manejo sustentable.

Los valores medios de los indicadores salinos de los suelos de secano, representativos de los sistemas de manejo agronómico sin riego SISMASEC, correspondientes a las 34 estancias estudiadas, fueron: pH= 5,99 y 6,27;  $CE_{ex}$ = 0,27 y 0,24 dS/m y PSI= 1,79 y 1,88 %, para los horizontes superficial HS y subsuperficial HSS, respectivamente.

La base de datos de salinidad y sodicidad de suelos regados durante el período 1986-2005, integrada por más de 5.000 registros de pH,  $CE_{ex}$ , PSI y  $RAS_{ex}$  de los HS y HSS, provenientes de 80 lotes agrícolas, que generaron 1309 valores medios, representativos de los sistemas de manejo agronómico con riego SISMARIE, arrojó los siguientes promedios generales de los indicadores: pH= 6,24 y 6,43;  $CE_{ex}$ = 0,47 y 0,42 dS/m y PSI= 3,22 y 3,10 %, para HS y HSS, respectivamente.

Los valores medios alcanzados por los suelos regados siempre fueron mayores que los correspondientes a los no regados, con incrementos muy leves de pH, del 4,0 % para el HS y del 2,5 % para el HSS y aumentos muy notorios de la  $CE_{ex}$  (174 y 105 %) y del PSI (180 y 165%) para los HS y HSS, respectivamente.

La simulación de la dinámica salina de la solución del suelo gestada por los aportes de agua de riego y de lluvia, realizada con el Programa Balansal para distintas situaciones de lotes con riego, representativas de diferentes tipos de suelo, cantidad y oportunidad de precipitaciones, rotaciones de cultivos y láminas de riego con aguas de varias clases, permitió mostrar claramente la incidencia del lavado de las sales del suelo por la lluvia,



constituyendo el principal factor de la sustentabilidad de los agroecosistemas regados complementariamente. Con altos niveles de ajuste se corroboró la capacidad de predicción del modelo Balansal en zonas húmedas, coincidiendo cercanamente los valores de la  $CE_{ex}$  sintetizados por el modelo con los medidos en el terreno.

Se pronosticaron los PSI de suelos regados con distintas aguas, utilizando el modelo de Marano, basado en el cálculo de la eficiencia de la absorción de sodio por parte del suelo, hallándose una correlación con  $r^2 = 0,86$  entre los valores de PSI calculados por el modelo y los medidos en los suelos regados, considerándose por lo tanto una promisoría herramienta de estimación del impacto sódico en los suelos bajo riego, aunque será necesario incrementar la cantidad y distribución de estudios de casos para validar el modelo.

Una síntesis de las principales evidencias logradas en este trabajo, consideradas demostrativas de la sustentabilidad de los agroecosistemas bajo riego complementario en cuanto al mantenimiento de la calidad edáfica, a pesar de la degradación salino y sódica que genera la derivación de aguas bicarbonatadas sódicas, se da a continuación:

a) Los valores de pH,  $CE_{ex}$  y PSI de los suelos regados no manifestaron un crecimiento sostenido en el tiempo, sino la ocurrencia de fases de acumulación, principalmente durante la temporada de riego por el aporte de sales con las aguas y de fases de disminución, en cualquier momento del ciclo, en función de los balances hídrico y salino, por los efectos de los dos principales mecanismos de recuperación: lavado e intercambio catiónico.

b) Esa alternancia en las magnitudes de los indicadores, se manifiesta claramente en los valores medios de los datos obtenidos en posttemporada de riego, que generalmente superaron a los de pretemporada, con muestreos de suelos realizados en los meses de Marzo y Octubre, respectivamente. Con estos promedios generados por el riego y los valores de secano, se evaluaron las resistencias y las resiliencias de los suelos a cambios en el pH, la  $CE_{ex}$  y el PSI.

c) Los valores de las resistencias del suelo frente al pH,  $CE_{ex}$  y PSI, indicaron la magnitud del impacto del riego en el suelo, inmediatamente de ocurrido el disturbio, pues se calculan como el cociente entre los máximos valores alcanzados en posttemporada y los correspondientes a la situación inicial sin riego.

d) Los valores de las resiliencias del suelo respecto al pH,  $CE_{ex}$  y PSI, indicaron la elasticidad o capacidad de recuperación de los suelos durante la ocurrencia del disturbio, ya que se calculan considerando la magnitud de los indicadores medidas en tres situaciones: secano, pre y posttemporada de riego.

e) La dinámica de la  $CE_{ex}$  y del PSI medidos durante 20 años, corrobora el modelo conceptual de control natural de la salinidad y sodicidad de los suelos pampeanos bajo riego complementario, propuesto por Génova (1992, 1993), vinculándose actualmente con el concepto y la evaluación de la resiliencia edáfica.

f) La confirmación de la improcedencia de la valoración de la aptitud agrícola de las aguas subterráneas disponibles en la región pampeana para riego complementario, clasificadas con el método del US Salinity Lab. de Riverside. El método es solo aplicable al riego integral de cultivos en las zonas áridas.

g) La confirmación de la inexactitud de los pronósticos de sodificación de los suelos al ser regados con las aguas subterráneas bicarbonatadas sódicas disponibles, realizados con el modelo de regresión  $PSI = f(RAS_a)$  del US Salinity Lab. de Riverside. El modelo mantiene su vigencia para condiciones de aridez.

h) Las  $CE_{ex}$  de los suelos regados complementariamente simuladas con el modelo Balansal, ajustan muy bien con las  $CE_{ex}$  medidas a campo, explicando con ecuaciones de flujo hídrico y salino, los efectos del lavado de las sales por las lluvias.

i) Las variaciones del PSI de los suelos regados, pronosticadas con el modelo de Marano, calculando la eficiencia de adsorción de sodio del suelo en función del sodio aportado por el agua de riego y de algunas propiedades y características del suelo, en especial la capacidad de intercambio catiónico, ajustaron estrechamente con los PSI medidos en los lotes regados.

j) La continuidad en la aplicación de riego en la producción agrícola e incluso el sostenido incremento del área bajo riego complementario en la región pampeana, apoyados en la disminución o eliminación del riesgo de ocurrencia de déficit hídrico y el mantenimiento de elevados rendimientos fisiológicos durante las rotaciones de los cultivos extensivos bajo riego, que producen beneficios netos de la actividad agrícola, a pesar de los altos costos totales del riego, dan cuenta de la sostenibilidad económica de los sistemas de manejo agronómico con riego complementario.

Al haber sido reconocidas la resiliencia y la resistencia edáficas frente al pH,  $CE_{ex}$  y PSI como atributos de los agroecosistemas regados, se recomienda su caracterización para su evaluación, monitoreo y control, para definir la sustentabilidad, para controlar la calidad de los suelos y pronosticar degradaciones por sales y prevenirlas, mejorando los SISMARIE y en general, para establecer una estrategia que incluya el desarrollo del productor en su escenario, buscando incorporar más equidad en el manejo de los recursos naturales.

Dado que los estudios de la dinámica salina y sódica de los suelos regados no fueron una consecuencia de diseños experimentales, sino por la obtención de datos de campo generados por la sucesión de proyectos de riego ejecutados a escala productiva, se recomienda profundizar la investigación con adecuados métodos estadísticos, sobre todo para obtener resultados referidos a la resiliencia de los suelos que permita la construcción de categorías de resiliencia y para dar mayor validez a los modelos de pronóstico de la dinámica salina y sódica.

## 9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.

- ABREGO, F., A. ANDRIULO, C. FERREYRA, M. GALETTO, J. GALINA, C. IRURTIA, R. MON, F. RIMATORI & C. SASAL. 1998. Efecto de 11 años de riego complementario sobre algunas propiedades del suelo. II. Propiedades físicas. Actas del XVI Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo, Comisión IV, 249:250 pp. Villa Carlos Paz.
- ABROL, I. & R. GUPTA. 1988. Recent advances in the chemistry of alcali soils. Proc. of the Internat. Symposium on solonetz soils. Yugoslavia. Actas 111:122.
- AGENDA 21. 1992. Comisión de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y desarrollo CNUMAD. Cumbre de Río de Janeiro.
- ALCONADA, M. 1999. Estudio de la dinámica hídrica y de sales en suelos de la región pampeana bajo riego complementario de cultivos extensivos. Proyecto de tesis doctoral a la Fac. de Cs. Naturales y Museo, UNLP.
- ANDREU, L, F. MORENO, N. JARVIS & G. VACHAUD. 1994. Application of the model MACRO to water movement and SALT leaching in drained and irrigated marsh soils, Marismas, Spain. Agric. Water Management 25: 71-88.
- ANDRIULO, A. & C. FERREIRA. 1997. Impacto ambiental del riego complementario: rumbo a la ecoeficiencia. Comunicación. Revista de Tecnología Agropecuaria INTA Pergamino. Vol II (6):51-53.
- ANDRIULO, A, M. GALETTO, C. FERREYRA, G. CORDONE, C. SASAL, F. ABREGO, J. GALINA Y F. RIMATORI. 1998. Efecto de 11 años de riego complementario sobre algunas propiedades del suelo. I: Propiedades físico-químicas. Actas del XVI Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo, Com. IV, 247:248 pp. V. Carlos Paz.
- ANDRIULO, A., M. de GALETTO, C. SASAL, F. ABREGO, M. BUENO, F. RIMATORI & M. de la CRUZ. 2000. Efecto del riego complementario con aguas salino-sódicas sobre algunas propiedades del suelo en el Sudoeste Santafesino. Actas del XVII Cong. Arg. Ciencia del Suelo, C IV, N°5. Trabajo completo en CD-ROM. Mar del Plata.
- ARENS, P. 1969. Algunos efectos del riego suplementario sobre los suelos de la pampa ondulada. Actas de la 5ta. Reunión de la A.A.C.S. Santa Fe, pp 98-102.
- ATLAS DIGITAL DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES DE LA R. ARGENTINA. 2002. Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Bs. Aires.
- **AUGE, M. 1988.**
- AUGÉ, M. & M. HERNANDEZ. 1983. Características geohidrológicas de un acuífero semiconfinado (Puelche) en la Llanura Bonaerense. Su implicancia en el ciclo

hidrológico de llanuras dilatadas. Actas del Coloquio de Olavarria. Vol II:1019-1042. Bs Aires-París.

- AUGE, M., M. A. HERNANDEZ & L. HERNANDEZ. 2002. Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelche en la Pcia. de Buenos Aires, Argentina. En Aguas subterráneas y Desarrollo Humano. XXXII IAH y VI ALHSUD. Ed. CD ROM. Mar del Plata.
- AUGE, M. 2004. Regiones hidrogeológicas de la República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe. Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea. En [www.alhsud.com/castellano/ebook](http://www.alhsud.com/castellano/ebook). Ed. propia. La Plata.
- AVELLANEDA, M. 1990. Química de las aguas de uso agrícola. Aguas de riego, evaluación de su factibilidad de uso. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. 68 pp.
- AYERS, R. & D. WESTCOT. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Serie FAO Riego y Drenaje N° 29 rev1. Roma, Italia.
- BARBIER, E. 1987. The concept of sustainable economic development. *Environmental Conservation*, 14 (2) 107-110.
- BERNARDO, S. 1995. Manual de Irrigação. Ed. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais.
- BERGA MONGE, A. 2001. Sistemas rurales y desarrollo sostenible. <http://cederul.unizar.es/revista/num01/pag01/htm>.
- BERTONA, A. 2001. La planificación ambiental. <http://www.ambiente-ecológico.com/revist60/berton60.htm>.
- BEZDICEK, D., R. PAPENDICK & L. RATTAN. 1997. Introduction: Importance of soil quality to health and sustainable land management. p 1-8 in John Doran and Alice J. Jones (ed) *Methods for Assessing Soil Quality*. SSSA Special Publication No. 9, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- BIFANI, P. 1995. El desafío ambiental como un reto a los valores de la sociedad contemporánea. Maestría en Educ. Ambiental. Fund. Universidad-Empresa. Madrid. 68 pp
- BLACK, C. A. (ed). 1965. *Methods of soil analysis*. Agronomy N° 9. Part 1.
- BLUM, W. 1994. Soil resilience- General aproachs and definition. In Proc. 15 th World Cong. of soil sci. Acapulco, México, pp 233-237.

- BLUM, W. 1998. Basis concepts: degradation, resilience and rehabilitation. In *Methods for assessment of soil degradation*. Advances in soil science. R. Lal et al (eds). CRC Press. Boca Ratón, FL, pp 1-16.
- BOIVIN, P. *et al.* 1998. Riego Suplementario en Santa Fe: Clasificación química del agua subterránea. *La Revista del Riego*, Bs. As. 26-27 pp.
- BRUENIG, E. 1992. Sustainable development: problems, causes of decline and obstacles to improvement. In H. Bossel & E. Bruenig (eds). *Natural Resource Systems Analysis*. DES-ASEAN-ZEL. Feldafing. Alemania. Pp 27-49.
- CARRICABURU, J. 1998. Calidad de agua para riego. Aguas subterráneas uruguayas. *Actas del 4to. Cong. Latinoamericano de Hidrología Subterránea.*: 1107-1113.
- CARTA DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA. 1998. Escala 1:50.000. Varias hojas. Instituto de Suelos. CIRN. INTA. Castelar.
- CASABIANCA, F. de. 1992. Desarrollo integrado y medio ambiente, en *Desarrollo local y medio ambiente en zonas desfavorecidas*. Secretaría de Estado para las Políticas de Aguas y Medio Ambiente. MOPT. Madrid.
- CASTIGLIONI, M. & J. CEJAS. 1996. Análisis de factores naturales para riego complementario de la zona Centro de Santa Fe. Ministerio de Agricultura de Santa Fe.
- CAVIGLIA, O. & O. PAPAROTTI. 2000. Efecto del uso de aguas de riego de calidad dudosa sobre algunas propiedades químicas del suelo en el Centro Oeste de Entre Ríos. *Actas del XVII Congreso Argentino de Ciencia del Suelo, Comisión IV, N° 15*. Trabajo completo en CD-ROM. Mar del Plata.
- CAVIGLIA, O., P. BARBAGELATA & O. PAPAROTTI. 2000. Evaluación de dos sistemas de labranza con riego suplementario. II. Impacto del agua de riego de calidad dudosa sobre algunas propiedades químicas del suelo. *Actas del XVII Cong. Arg. de Ciencia del Suelo, Com. IV, N° 17*. Trabajo completo en CD-ROM. Mar del Plata.
- CAVIGLIA, O & J. L. COSTA. 2002. Cambios en propiedades químicas de suelos regados: evaluación del modelo LEACHC. *Resúmenes del XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Comisión IV. Puerto Madryn, Chubut. 16-19 de abril de 2002.* p. 78.
- CECI, J. H. 1969. El agua subterránea del NE de Buenos Aires.(Inéditos). La Plata.
- CERANA, J. 1980. Deterioro de los suelos a consecuencia de riegos con aguas poco salinas que contienen bicarbonatos. *Actas de la 6ta Reunión A.A.C.S. Paraná. Tomo I:* 55-61.

- CLOTHIER, B., M. KIRKHAM & J. MC LEAN. 1992. In situ measurement of the effective transport volume for solute moving through soil. *Soil Science. Soc. Am. Journal* 56:733-736.
- CONSTANZA, R. (ed.) 1991. *Ecological economics: the science and management of sustainability*. Columbia Univ. Press. N. York. 234 pp.
- CONTI, M. 1997. Curso "Avances en el estudio de suelos y su relación con el medio ambiente. Contaminación y calidad de suelos. Fac. de Agronomía. UBA.
- COSTA, J., B. LYLE PRUNTY, J. RICHARDSON & R. ALESSI. 1991. Water quality effects on soils and alfalfa: II Soil Physical and Chemical Properties. *Soil Sci. Soc. Am. Journal*. 55:203-209.
- COSTA, J. L. 1995. *Manual de riego del productor pampeano*. SAGPyA. 64 pp.
- COSTA, J. L. 1998. Calidad de agua para riego. *Cuad. AgroMercado* N° 28, 8-11
- COSTA, J. L. 1999. Effect of irrigation water quality under supplementary irrigation on soil chemical and physical properties en the "Southern Humid Pampas of Argentina". *J. of Crop Production* 2(2):85-99. *Water Use in Crop Production* pp 85-99.
- DE ORELLANA, J. A. 1997. Necesidad y peligro del riego suplementario en los suelos agrícolas del centro de Santa Fe. En *Rev. "6 de agosto": IV (X): 27-29*. Centro de Estudiantes de Agronomía y Veterinaria. Esperanza.
- DOOREMBOS, J. & W. PRUITT. 1977. *Crop water requeriments*. Paper N° 24. FAO. Roma.
- DORAN, J., M. SARRANTONIO & M. LIEBIG. 1996. Soil health and sustainability. In *Advances in Agronomy*, Vol 56, D. Sparks (ed). Academic Press, San Diego, pp 1-54.
- DOUROJEANNI, A. 1996. Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable (aplicados a micro regiones y cuencas). En Sepúlveda, S. & R. Edwards (Eds). *Desarrollo sostenible*. IICA. San José de Costa Rica. pp 113-148.
- EASNE. 1972. *Contribución al estudio geohidrológico del NE de la Pcia. de Buenos Aires*. CFI. Serie Tecn.. 24. La Plata.
- FORMAN, R. & M. GORDON. 1986. *Landscape edology*. Ed. Willey & sons. NY.
- FORSYTHE, W. 1975. *Física de suelos. Manual de laboratorio* Ed. IICA. San José de Costa Rica.

- GENOVA, L. & E. PALACIOS VELEZ. 1985. Respuesta de la papa (*Solanum tuberosum* L.) a niveles de humedad del suelo en dos etapas fenológicas y a la fertilización nitrogenada. *Agrociencia* N° 59 : 55-70. México.
- GENOVA, L. 1986. Estudio de la factibilidad técnica, económica y financiera de riego complementario en la zona típica maicera de la Pcia. de Buenos Aires. Informe de avance. Formulación de ensayos de campo para evaluar el impacto del riego en el suelo. Convenio IICA-SAGyP-INTA EEA Pergamino.
- GENOVA, L. 1988. Impacto de las aguas bicarbonatadas sódicas en suelos regados complementariamente en la región típica maicera de la Pcia. de Buenos Aires. Documento de informe de avance. Carta acuerdo RLAC-FAO-UNLP. La Plata. 88 pp.
- GENOVA, L. 1989. Taller FAO sobre Análisis de métodos empleados en la recuperación de tierras y la prevención de la degradación de tierras bajo riego y drenaje de América Latina. Riego complementario en el norte de Buenos Aires: bases para prevenir la degradación de suelos. Organizado por la RLAC-FAO y el PRONADRET. 24 y 29 de octubre de 1989. Chiclayo, Perú.
- GENOVA, L. 1991. El riego complementario de maíz en el sudeste bonaerense. Actas de las 3ras. Jornadas de Actualización Profesional sobre el cultivo del maíz. Fac. de Cs Agrarias de la U.N.Mar del Plata y la EEA INTA Balcarce. Mar del Plata.
- GENOVA, L. 1992. Evaluación del impacto del riego complementario con aguas bicarbonatadas sódicas en los suelos del norte de la Pcia. de Buenos Aires. Actas del V Cong. Nac. de Maíz '92 y II Reunión Suramericana. Cap. II 86:89 pp. Pergamino.
- GENOVA, L. 1993. Estudio de la degradación de suelos bajo riego complementario de cultivos extensivos con aguas subterráneas del acuífero Pampeano en el norte de Buenos Aires. XIV Congr. Arg. Ciencia del suelo. 347:348 pp. Mendoza.
- GENOVA, L. 1994 a. Riego complementario de maíz, soja y trigo en el norte de Buenos Aires: efectos de la salinidad de las aguas subterráneas en los suelos y su influencia en los rendimientos. Actas del Primer Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola. Univ. de Concepción, Chillán, Chile.
- GENOVA, L. 1994 b. Riego complementario del cultivo de maíz: análisis comparativo de costos totales de riego de cinco tipos de equipamiento. Actas del Primer Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola. Univ. de Concepción, Chillán, Chile.
- GENOVA, L. 1995 a. Riego complementario de cultivos extensivos en la región pampeana húmeda. Ea. Santa Emilia, Elortondo, Santa Fe. CREA-Región Sur de Sta Fe.
- GENOVA, L. 1995 b. Diseño y operación de riego complementario por surcos de maíz, soja, sorgo y girasol en la Región Pampeana Húmeda. 2do. Seminario de

Actualización Técnica en Riego. Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica-Centro Argentino de Ing. Agrónomos-Sociedad Rural Argentina-INTA. Pág. 25-38. Bs. Aires.

- GENOVA, L. 1996. Efecto de aguas subterráneas bicarbonatadas sódicas en suelos pampeanos Argiudoles típicos de las Provincias de Buenos Aires y Santa Fe, regados complementariamente por aspersión con equipos de pivote central. Inédito.
- GENOVA, L. 2002. Resistencia y resiliencia de seis Argiudoles pampeanos a las degradaciones salina y sódica, regados complementariamente con agua subterránea. Resúmenes del XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Comisión IV Manejo y conservación de suelos y aguas, riego y drenaje, pág. 88. Trabajo presentado oralmente y publicado completo en CD-Rom. Puerto Madryn, 16 al 19 de abril de 2002.
- GENOVA, L. 2003. Resistencia y resiliencia de suelos pampeanos a la degradación salina y sódica, disturbados por riego complementario. Revista de la Facultad de Agronomía. 23 (2-3) 119:130. Buenos Aires
- GENOVA, L. 2004. Salinidad y sodicidad edáfica de agroecosistemas regados complementariamente en el centro y sur de la Provincia de Buenos Aires. Resúmenes del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Comisión 4, pp. 343. Trabajo completo en CD-ROM. Paraná, 22 al 25 de junio de 2004. 6 pp.
- GENOVA, L. 2005 a. Resistencia y resiliencia edáfica a la degradación salina y sódica en agroecosistemas regados complementariamente en la Pampa Húmeda Argentina. Resúmenes del II Congreso Internacional de Riego y Drenaje, pág 41. Trabajo completo en CD-ROM. La Habana, Cuba. 25 al 29 de octubre de 2005.
- GENOVA, L. 2005 b. Sostenibilidad de agroecosistemas pampeanos regados complementariamente. En Avances en Ingeniería Agrícola 2003-2005, Barbosa, O. Ed. Capítulo Manejo de aguas y suelos, páginas 213 a 218. Villa Mercedes, San Luis.
- GHIBERTO, P., R. MARANO, M. PILATTI & O. FELLI. 2002. Riego suplementario con aguas bicarbonatadas sódicas en Molisoles de Santa Fe. 2) Estudio de caso: degradación física de un Argiudol en el Centro Este santafecino. Resúmenes del XVIII Cong. Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn, Chubut. 16-19 de abril de 2002. pp. 89
- GONZALEZ, N. & M. HERNANDEZ. 1997. La práctica del riego y el desarrollo sustentable en los acuíferos del Noroeste bonaerense. Congreso Nacional sobre Aguas. UBA-AUGM-UNESCO, I:55. Buenos Aires.
- GONZALEZ, N. 2004. Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio XV Congreso Geológico Argentino, pp. 359-374. La Plata.
- GORGAS, J.A, E. LOVERA & J. TASSILE. 1996. Posibilidades de riego suplementario en cultivos extensivos de cosecha en la Provincia de Córdoba. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos. Córdoba. 15 pp.



- GRENON, D. 1988. Modificaciones producidas por el riego complementario en un suelo Argiudol de Pergamino, Bs As. Convenio IICA-SAGyP. 18 pp.
- HALCROW CONSULT. 1999. Plan Maestro Integral Cuenca del Río Salado. MOSP de Bs. Aires-Unidad de Proyecto Río Salado. Ed. CD ROM. La Plata.
- HERNANDEZ, M, M. FILI, M. AUGE & J. CECI. 1975. Geohidrología de los acuíferos profundos de la Provincia de Buenos Aires. VI Congreso Geológico Argentino. Actas II:479-500. Buenos Aires.
- HERNANDEZ, M . 2005. Panorama ambiental de los recursos hídricos subterráneos en la Pcia. de Buenos Aires. Relatorio XV Congreso Geológico Argentino, pp 347-358. La Plata.
- HERRICK, J. & M. WANDER. 1998. Relationships between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils. The importance of distribution, composition and soil biological activity. In Soil Proceses and the CarbonCycle. R. Lal et al (eds). Advances in Soil Sci. CRC Press, Boca Ratón, Florida, pp 405-426.
- HILLEL, D. 1991. Out of the earth: civilization and the life of the soil. The Free Press, New York.
- HOLLING, C. 1973. Rescilience and stability of ecological systems. Annual Rev. Ecology and systematics, 4:1-24.
- IACOBUCCI, P. 2000. Informe final del Programa de Desarrollo Agropecuario de la Pcia. de Buenos Aires. Programa de Servicios Agropecuarios PROSAP. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación.
- INFORME BRUNDTLAND. 1987. Our common future. Oxford University Press.
- INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNICA HIDRICAS. Convenio Argentino Alemán de agua subterránea. Recursos de agua subterránea y su aprovechamiento en la Llanura Pampeana y en el Valle del Río Conlara. Tomo 1, 1975. Buenos Aires.
- IRURTIA, C. 1995. Efecto del riego complementario en las propiedades físicas del suelo. 2do. Seminario de Actualización Técnica en Riego. Cons. Prof. Ingeniería Agronómica-Centro Arg. de Ing. Agrón-Soc. Rural Arg.-INTA. Pág. 41-66. Bs. Aires.
- IRURTIA, C. & R. MON. 1998. Cambios en las propiedades físicas y químicas de los suelos de la región pampeana después de cinco años de riego suplementario. Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Villa Carlos Paz. 241-242 pp.
- JACKSON, J.E. 1990. A user's guide to principal components. Ed. J. Wiley. N.Y.

- JACKSON, M.L. 1976. Soil chemical analysis. Prentice Hall. USA.
- JENNY, H. 1980. The soil resource: origin and behavior. Springer-Verlag. N.Y.
- KARLEN, D., M. MAUSBACH, J. DORAN, R. CLINE, R. HARRIS & G. SCHUMAN. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Sci. Soc. Amer. J. 61:4-10.
- KOPPEN'S CLIMATE CLASSIFICATION. 1997. FAO-SDRN Agrometeorology group. Roma.
- LAL, R. 1994. Land use and soil resilience. In Proc. 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, México. Vol 2 a:246-260.
- LAL, R. 1997. Degradation and resilience of soils. Phil. Trans. Royal Soc. Lond. B352:997-1010.
- LANG, I. 1994. Soil resilience in stressed agro-ecosystems. In Proc. 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, México. Vol 2 a:217-220.
- LOSINNO, B., C. SAINATO & L. GIUFFRE. 2004. Variabilidad espacial de las propiedades del suelo en la zona de Pergamino-arrecifes. Riesgos de salinización y sodificación por aplicación de riego complementario. Resúmenes del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Comisión 4, pp. . Trabajo completo en CD-ROM. Paraná, 22 al 25 de junio de 2004. 6 pp
- LAVADO, R. 1976/77. Salinización y alcalinización de suelos pampeanos bajo riego complementario. Rev. de Investigaciones Agrícolas INTA XIII (2):41-57.
- LAVADO, R. 1996. Análisis de la generación de conocimientos relativos a los suelos salinos y sódicos en la Argentina. Relato XV Cong. Arg. Ciencia del Suelo. La Pampa. Pp 351-356.
- MARANO, R., M. PILATTI & J. de ORELLANA. 2000. Efectos físico-químicos de aguas bicarbonatadas sódicas sobre Argiudoles del Centro Este Santafesino. Actas del XVII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Com. IV. N° 41. Trab. completo en CD-ROM. Mar del Plata.
- MARANO, R., M. PILATTI & O. FELLI. 2000. Riego suplementario en el Centro Este Santafesino. Efecto de cambios edáficos luego de cuatro años de riego, sobre la producción de maíz. Actas del XVII Cong. Arg. Ciencia del Suelo. Com. IV. N° 42. Trabajo completo en CD-ROM. Mar del Plata.
- MARANO, R. 2000. Efectos del agua subterránea en suelos de la región centro-este de la Provincia de Santa Fe, regados suplementariamente. Tesis de Maestría en Ciencias Agronómicas. Facultad de Ciencias Agrarias. Univ. Nac. de Cuyo. Mendoza.

- MARANO, R. 2004. Propuesta de un nuevo indicador de peligrosidad de aguas bicarbonatadas sódicas en suelos bajo riego complementario. Resúmenes XIX Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo, Com.4. Trabajo completo en CD-ROM. Paraná. 6 pp
- MASERA O., M. ASTIER & S. LOPEZ-RIDAURA. 1999. Sustentabilidad y evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Mundi-Prensa-GIRA-UNAM. México.
- MIRABILE, C. 1987. BALANSAL. Modelo de balance hídrico salino de suelos regados. INCYTH-CRA. Mendoza.
- MIRABILE, C. y L. FORNERO. 1986. Modelo de simulación de balance salino de un Distrito de riego. Mecanismos de aprovechamiento hídrico de la Región Andina. INCYTH-CRA. M. Menenti ed. Mendoza. 19 pp.
- MIRABILE, C. 2006. Comunicación personal. Resultados preliminares del Proyecto Validación del Modelo Balansal en condiciones de riego complementario de cultivos extensivos en la Pampa Húmeda. CRA-INA. 9 de agosto de 2006. Mendoza.
- NAREDO, J. 1993. Desde un sistema económico hacia la economía de los sistemas. En J. Naredo & F. Parra. Hacia una ciencia de los recursos naturales. Siglo XXI. Madrid.
- ORTEGA, M. 1982. Curso de salinidad. Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados de México. Chapingo.
- OSTER, J. & G. SPOSITO. 1980. The Gapon coefficient and the exchangeable sodium percentage-sodium adsorption ratio relation. Soil Sci. Am. J. 44:258-260.
- PAGE, J. (Ed.). 1983. Methods of soil analysis. Part. 2. Wisconsin.
- PEINEMANN, N., M. DIAZ ZORITA, M. VILLAMIL, H. LUSARRETA & D. GRUNEWALD. 1998. Consecuencias del riego complementario sobre las propiedades edáficas en la Llanura Pampeana. Ciencia del Suelo 16:39-42.
- PILATTI, M., R. MARANO & J. de ORELLANA. 2002. Riego suplementario con aguas bicarbonatadas sódicas en Molisoles de Santa Fe. 1) Sodificación y alcalinización. Res. XVIII Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. P. Madryn. 16-19 de abril de 2002. p. 98.
- PLA SENTIS, I. 1983. Sistema integrado agua-cultivo-suelo-manejo para evaluar la calidad del agua para riego. Int. Atom. Ener. Agen. Viena. Reprint from Isot. And Radiat. Tech in Soil Physics and Irrigation Studies. 1983:192-206.
- PLA SENTIS, I. 1993. Soil salinization and land desertification. College on Soil Physics. International Center for Theoretical Physics. Trieste. 35 pp

- PROGRAMA ARCEXPLORER.
- PROGRAMA ARCVIEW.
- PROGRAMA CROPWAT-FAO. 1985. Programa para cálculo de la precipitación efectiva (Método del US Bureau of Reclamation, SCS, USA). Construido por M. Smith, AGOL-FAO. Roma.
- PROGRAMA DE AGROECOLOGIA GIRA A.C. 2001. [http: / www. oikos. unam.mx/ /gira/esp/agroeco2.htm](http://www.oikos.unam.mx/gira/esp/agroeco2.htm)
- PROGRAMA DE METODOS ANALÍTICOS DE REFERENCIA. 1995. Comité de Química de la Asoc. Arg. de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires.
- PROGRAMA MULTIVARIATE STATISTICAL PACKAGE. 1999. Kovach Comp. Co. N. Jersey.
- PROGRAMA DE SERVICIOS AGRARIOS PROVINCIALES. PROSAP. 1995. Riego complementario. Sec. de Agricultura, Ganadería y Pesca. Bs. Aires.
- PROGRAMA DE SERVICIOS AGRARIOS PROVINCIALES PROSAP. 2006. Servir al agro. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Ministerio de Economía y Producción de la R. Argentina. Bs. Aires. 180 pp.
- PROGRAMA UNSATCHEM. 2000. USDA Salinity Lab. Washington.
- PROYECTO IICA-GTZ. 1990. Diseño de indicadores de sostenibilidad para América Latina y el Caribe. <http://www.iicanet.org/comuniica/n-3/htm>
- PROYECTO IPG-INTA. 1998. Síntesis de discusión del taller sobre calidad de aguas para riego. Proy. IPG. Noviembre 9-10 de 1998. Pergamino. 3 pp.
- PROYECTO MESMIS-GIRA-UNAM. 1998. Marco para la evaluación de sistemas de manejo, incorporando indicadores de sustentabilidad. GIRA A.C.– Univ. Autónoma de México. [www.oikos.unam.mx/gira/esp/mesmis\\_files/mesmis.htm](http://www.oikos.unam.mx/gira/esp/mesmis_files/mesmis.htm)
- PRUDKIN, N. 1994. Base ecológica para el manejo integrado de recursos naturales. Centro de Investigaciones Ambientales. Maestría en Gestión Ambiental de Desarrollo Urbano. Mar del Plata.
- QUIROGA MARTINEZ, R. 2001. El crecimiento económico chileno no es ecológicamente sustentable. Instituto de Medio Ambiente, Ecología y Salud Pública. Universidad de Santiago de Chile. <http://www.lauca.usach.cl/ima/quiroga.htm>

- RICHARDS, L . Editor. 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual de agricultura N° 60. Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de los EE. UU. de América, Riverside, California. Washington. 172 pp.
- ROZANOV, B. 1994. Stressed soil system and soil resilience in drylands. In Proc. 15th World Cong. of Soil Sci. Acapulco, Méx. Pp. 238-245.
- SACHS, I. 1980. Strategie de l'ecodeveloppement. De Ouvrieres. París. 158 pp.
- SAGyP-INTA-IICA. 1988. Proyecto de Cooperación para la Modernización del Sector Agropecuario. Estudio de factibilidad técnica, económica y financiera del riego complementario y Uso de Aguas Subterráneas en la región maicera típica. 33 pp.
- SALA, J. M. 1975. Recursos hídricos (especial mención de las aguas subterráneas) en Relatorio Geológico de la Pcia. de Bs. Aires. VI Cong. Geológico Argentino. Bahía Blanca.
- SALINAS CHAVEZ, E. & J. MIDDLETON. 1998. La economía del paisaje como base para el desarrollo sustentable en América Latina. <http://www.broku.ca/epi/lebk.html>.
- SANTA CRUZ, J. 1986. Estudio de factibilidad técnica, económica y financiera del riego complementario en la zona maicera típica de la Pcia. de Buenos Aires. Aguas subterráneas. Informe de avance. Convenio SAGYP-INTA-IICA. Buenos Aires.
- SASAL, C., A. ANDRIULO, M. de GARLETTO, C. FERREYRA, F. ABREGO, M. BUENO, F. RIMATORI & M. de la CRUZ. 2000. Efecto de la cobertura y de dos niveles de yeso sobre un suelo sodificado por riego complementario. Actas del XVII Cong. Arg. de Ciencia del Suelo, Com. IV, N° 54. Mar del Plata.
- SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE. 2000. Metodología para el establecimiento de niveles de guía de calidad de agua para riego. Inédito.
- SEJAS, J., E. ACEVES NAVARRO & O. PALACIOS VELEZ. 1979. Comportamiento físico y químico de suelos ensalitrados sometidos a lavado con diluciones graduales. Agrocienza 38:35-52. Chapingo, México.
- SEYBOLD, C., J. MAUSBACH, D. KARLEN & H. ROGERS. 1998. Quantification of soil quality. In soil processes and the carbon cycle. R. Lal et al (eds). CRC Press, Boca Ratón, Florida. Pp 387-404.
- SEYBOLD, C., J. HERRICK & J. BREJDA. 1999. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. Soil Sci. 164:4:224-234

- SHARMA, M., S. PONIA, R. GUPTA & R. SSIYAG. 1995. Prediction of moisture, salinity profiles in soil under wheat irrigated with poor quality waters. Actas del 15th. World Congress of Soil Science. México. Vol 2ª 51-52.
- SMITH, M. 1985. Programa Cropwat-FAO. Estimación de la evapotranspiración de referencia. Método de Penman-Monteith. AGOL-FAO. Roma.
- SPARKS, D.L. (ed.). 1988. Soil physical chemistry. CRC Press Inc. Boca Ratón, Florida.
- SPOSITO, G. 1977. The Gapon and the Vanselow selectivity coefficients. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:1205-1206.
- STOCKLE, C. 2001. Environmental impact of irrigation: a review. Conferencia del IV Cong. Internac. de Ingeniería Agrícola. 9 al 11 de mayo de 2001. Chillán, Chile.
- SUERO, E. 1995. Consideraciones generales del riego suplementario. 2do. Seminario de Actualización Técnica en Riego. Consejo Prof. de Ing. Agrónóm-Centro Argentino de Ing. Agrónomos-Sociedad Rural Argentina-INTA. Pág. 17-24. Bs. Aires.
- SVARTZ, H. 1993. Simulación de cambios en las propiedades físicas y fisico-químicas en columnas de suelo de Pergamino bajo condiciones de riego complementario. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, UBA. 65 pp.
- SZABOLZS, Y. 1995. Introduction to the symposium on "Stressed ecosystems and soil resilience". In Proc. 15th World Congress of Soil Science, Acapulco. Vol. 2 a:218-220.
- TILMAN, D. & J. DOWNING. 1995. Biodiversity and stability in grasslands. Nature 367, 363:365.
- VAZQUEZ, M., G. MILLAN & P. GELATI. 2004. Salinidad y sodicidad de un suelo con riego complementario en el centro-E de la Provincia de Buenos Aires. Resúmenes del XIX Cong. Arg. de la Ciencia del Suelo. Com. IV. Paraná. 22-25 de junio de 2004. p. 255.
- WARKENTIN, B. 1996. The changing concept of soil quality. J. Soil Water Conserv. 50:226-228
- WILLIAMS, J. & C. CHARTRES. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics. 1. Managing the soil resource. Trop. Gras. 25:73-84.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE. 1994. World resources 1994-95. Oxford Univ. Press. N. York. 400 pp.

- WYCKERS, A. & L. GENOVA. 1987. Evaluación del efecto del riego complementario en el cultivo de maíz con aguas bicarbonatadas sódicas en la región típica maicera. Trabajo de Intensificación Fac. de Agronomía, UBA. Bs. Aires. 45 pp.
- ZULETA, J. 1990. La contaminación de aguas y su relación con la degradación del ambiente agrícola de las zonas áridas de la Argentina. Guías Técnicas Proyecto GCP/RLA/084/JPN. Mendoza, Mayo de 1990. 42 pp.

# ANEXO



<b>INDICE DE CONTENIDO DEL ANEXO</b>	Página
Cuadros A 1 a A 9. Estadística climática de las principales localidades de las cuencas hídricas. Serie 1961-90. Estaciones Meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional correspondientes a San Pedro, Pergamino, Junín, Nueve de Julio, Bolívar, Balcarce, Mar del Plata, Tres Arroyos y Cnel. Suárez.	A 3-11
Cuadros B.1 a B.2. Datos analíticos y clasificación de la aptitud de las aguas subterráneas, ordenados por su pertenencia a las cuencas hídricas y por clase de calidad de agua.	A 12-13
Cuadros C.1 a C.12. Base de datos generales sobre la salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.	A 14-19
Cuadro C.1.1. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36	A 20
Cuadro C.1.2. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 48 y 50	A 21
Cuadro C.1.3. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 98	A 22
Cuadro C.2.1. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36.	A 23
Cuadro C.2.2. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 48 y 50.	A 24
Cuadro C.2.3. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 98.	A 25
Cuadro D.1.1. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36	A 26
Cuadro D.1.2. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 48 y 50.	A 27
Cuadro D.1.3. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la pretemporada de riego. Cuencas 98.	A 28
Cuadro D.2.1. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36.	A 29
Cuadro D.2.2. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 48 y 50.	A 30

Cuadro D.2.3. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados, correspondientes a la posttemporada de riego. Cuencas 98	A 31
Cuadros E.1.1. a E. 1.3. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36.	A 32
Cuadros E.1.4. a E 1.6. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuencas 48, 50 y 98.	A 33
Cuadros F.1.1. a F. 1.3. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuencas 33, 35 y 36.	A 34
Cuadros F.1.4. a 1. 6. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 35.	A 35
Cuadro G.1.1. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad del perfil total de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada, de las cuencas 33, 35 y 36.	A 36
Cuadro G.1.2. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad del perfil total de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada, de las cuencas 48, 50 y 98.	A 37
Cuadro G.1.3. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada. Cuencas 33, 35 y 36.	A 38
Cuadro G.1.4. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada. Cuencas 48, 50 y 98.	A 39
Cuadro G.1.5. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada. Cuencas 33, 35 y 36.	A 40
Cuadro G.1.6. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada. Cuencas 48, 50 y 98.	A 41
Cuadro H.1. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del perfil total de los suelos, a cambios de pH, CE <sub>ex</sub> y PSI.	A 42
Cuadro H.2. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia	

TRL del horizonte superficial de los suelos, a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI.	A 43
Cuadro H.3. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del horizonte subsuperficial de los suelos, a cambios de pH, $CE_{ex}$ y PSI.	A 44
Cuadro I. Planilla de salida original del Programa Balansal.	A 45

Cuadro A 1. Estadística climática. Serie 1961-90. Servicio Meteorológico Nacional.

<b>Estación Meteorológica San Pedro</b>														Latitud 33° 44' Sur, longitud 59° 54' Oeste y altitud 28 m.	
Serie 1961-70	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total	
T máx (°C)	30,2	29,5	27,2	23,6	20,2	14,4	17,1	17,8	21,5	22,5	26,8	30,2	23,4		
T min (°C)	16,8	16,5	14,7	11,0	8,3	4,7	6,5	5,6	8,5	10,9	13,9	16,3	11,1		
HR (%)	67	71	73	76	80	83	82	76	73	75	67	61	73,7		
Viento(km/h)	13	13	12	12	13	14	14	14	15	15	13	13	13,4		
Viento(km/d)	312	312	288	288	312	336	336	336	360	360	312	312	322		
Heliof. relat.	68	68	66	65	54	44	48	53	53	51	70	63	58,6		
Precip. (mm)	117	113	131	69	64	50	44	58	76	162	82	70	86,3	1036,0	
Serie 1971-80															
T máx (°C)	29,9	28,3	26,4	22,8	19,5	16,0	15,9	17,1	19,8	22,8	25,5	29,0	22,8		
T min (°C)	17,3	16,5	15,2	11,5	8,7	5,9	6,1	6,0	8,0	10,9	12,8	16,1	11,3		
HR (%)	69	74	78	80	84	82	83	78	73	73	67	66	75,6		
Viento(km/h)	9	8	8	8	8	9	9	9	11	11	11	10	9,3		
Viento(km/d)	216	192	192	192	192	216	216	216	264	264	264	240	222,0		
Heliof. relat.	66	64	62	60	54	52	51	56	60	59	67	65	59,7		
Precip. (mm)	144	143	135	74	49	72	62	58	83	103	92	100	92,9	1115,0	
Serie 1981-90															
T máx (°C)	31,1	29,0	26,5	22,8	19,1	15,6	15,1	17,7	19,5	23,0	25,9	28,8	22,8		
T min (°C)	18,8	17,5	15,3	12,1	8,7	5,9	5,7	7,0	8,1	11,5	14,6	16,7	11,8		
HR (%)	67	74	79	82	82	84	84	77	74	73	72	68	76,3		
Viento(km/h)	8,3	8,0	7,7	7,1	8,0	7,5	8,3	9,2	10,2	10,0	10,2	9,0	8,6		
Viento(km/d)	199,2	192,0	184,8	170,4	192,0	180,0	199,2	220,8	244,8	240,0	244,8	216,0	207,0		
Heliof. relat.	65	63	60	57	53	50	51	56	57	59	62	61	57,8		
Precip. (mm)	115,1	133,5	130,2	98,9	60,2	36,4	48,7	31,5	61,3	135,0	135,8	100,5	90,6	1087	
Serie 1961-90	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total	
T máx (°C)	30,4	28,9	26,7	23,1	19,6	15,3	16,0	17,5	20,3	22,8	26,1	29,3	23,0		
T min (°C)	17,6	16,8	15,1	11,5	8,6	5,5	6,1	6,2	8,2	11,1	13,8	16,4	11,4		
HR (%)	67,7	73,0	76,7	79,3	82,0	83,0	83,0	77,0	73,3	73,7	68,7	65,0	75,2		
Viento(km/h)	10,1	9,7	9,2	9,0	9,7	10,2	10,4	10,7	12,1	12,0	11,4	10,7	10,4		
Viento(km/d)	242,4	232,0	221,6	216,8	232,0	244,0	250,4	257,6	289,6	288,0	273,6	256,0	250,3		
Heliof. relat.	66,3	65,0	62,7	60,7	53,7	48,7	50,0	55,0	56,7	56,3	66,3	63,0	58,7		
Precip. (mm)	125,4	129,8	132,1	80,6	57,7	52,8	51,6	49,2	73,4	133,3	103,3	90,2	89,9	1079,4	
Evapotranspiración de referencia. Cuenca 33.															
Eto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total	
Diaria (mm/d)	4,86	4,52	4,09	3,41	2,69	2,15	2,25	2,75	3,34	3,65	4,36	4,76	3,57		
Mensual (mm)	151	127	127	102	83,4	64,5	69,8	85,3	100	113	131	148	108,4	1301	

Cuadro A 2. Estadística climática. Serie 1961-90. Servicio Meteorológico Nacional.

**Estacion Meteorológica Pergamino.** Latitud 33° 56' Sur, longitud 60° 33' Oeste y altitud 65 m

Serie 1961-70	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	30,5	30,5	27,1	23,7	20,2	11,4	16	17,5	20,1	21,8	25,9	29,3	22,8	
T mín (°C)	15,2	15,3	13,4	10	7,3	3,4	4,4	4,4	6,4	9,2	12	14,2	9,6	
HR (%)	65	68	75	78	81	82	83	77	74	78	72	66	74,9	
Viento(km/h)	11	9	10	8	10	11	11	12	14	14	11	11	11,0	
Viento(km/d)	264	216	240	192	240	264	264	288	336	336	264	264	264	
Helióf. relat.	68	71	61	62	54	45	49	56	54	53	63	64	58,3	
Precip. (mm)	74	95	153	63	58	28	32	48	59	106	79	100	74,6	895,0
<b>Serie 1971-80</b>														
T máx (°C)	29,8	28,1	26,2	23,1	19,5	15,7	15,6	16,9	19,7	22,4	25,3	28,9	22,6	
T mín (°C)	17	15,8	14	10,5	7,9	4,7	5,4	5,2	7	9,9	12,3	15,8	10,5	
HR (%)	67	73	76	76	81	80	81	76	70	73	66	65	73,7	
Viento(km/h)	11	10	10	10	10	11	12	12	13	13	13	12	11,4	
Viento(km/d)	264	240	240	240	240	264	288	288	312	312	312	288	274	
Helióf. relat.	69	67	64	63	54	53	51	58	63	61	68	66	61,4	
Precip. (mm)	141	142	159	66	37	54	55	52	54	117	87	105	89,1	1069,0
<b>Serie 1981-90</b>														
T máx (°C)	31	28,9	26,3	22,8	19,3	15,9	15	17,8	19,7	23	26	29,3	22,9	
T mín (°C)	17,7	16,9	14,4	11,1	7,5	4,8	4,5	5,7	6,9	10,7	13,9	16,2	10,9	
HR (%)	64	72	77	80	79	81	81	74	70	70	69	63	73,3	
Viento(km/h)	10,5	9,8	9,4	9,1	10,2	9,9	11,4	12	13,5	13,2	12,1	10,8	11,0	
Viento(km/d)	252	235,2	225,6	218,4	244,8	237,6	273,6	288	324	316,8	290,4	259,2	264	
Helióf. relat.	69	67	61	60	54	51	52	55	60	58	62	65	59,5	
Precip. (mm)	133,1	126,2	129,1	89,5	44,5	18,7	33,8	20	52	134,4	117,1	74,8	81,1	973,2
<b>Serie 1961-90</b>														
T máx (°C)	30,4	29,2	26,5	23,2	19,7	14,3	15,5	17,4	19,8	22,4	25,7	29,2	22,78	
T mín (°C)	16,6	16,0	13,9	10,5	7,6	4,3	4,8	5,1	6,8	9,9	12,7	15,4	10,31	
HR (%)	65,3	71,0	76,0	78,0	80,3	81,0	81,7	75,7	71,3	73,7	69,0	64,7	73,97	
Viento(km/h)	10,8	9,6	9,8	9,0	10,1	10,6	11,5	12,0	13,5	13,4	12,0	11,3	11,14	
Viento(km/d)	260,0	230,4	235,2	216,8	241,6	255,2	275,2	288,0	324,0	321,6	288,8	270,4	267,3	
Helióf. relat.	68,7	68,3	62,0	61,7	54,0	49,7	50,7	56,3	59,0	57,3	64,3	65,0	59,75	
Precip. (mm)	116,0	121,1	147,0	72,8	46,5	33,6	40,3	40,0	55,0	119,1	94,4	93,3	81,59	979,1
<b>Evapotranspiración de referencia. Cuenca 35.</b>														
Eto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Diaria (mm/d)	5,05	4,68	4,06	3,24	2,71	2,14	2,24	2,79	3,41	3,62	4,26	4,32	3,54	
Mensual (mm)	156,6	131	125,9	97,2	84,01	64,2	69,44	86,49	102,3	112,2	127,8	133,9	107,6	1291,0

Cuadro A 3. Estadística climática. Serie 1961-90. Servicio Meteorológico Nacional.

**Estación Meteorológica Junín.** Latitud 34° 33' Sur, longitud 60° 55' Oeste y altitud 81 m.

Serie 1961-70	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	30,8	30,2	26,5	23	19,6	15,1	15,4	17	19,6	21,5	25,7	28,7	22,76	
T mín (°C)	15,5	15,3	13,2	10,3	7,1	4,6	4,2	4	6,4	9,2	12,6	14,5	9,74	
HR (%)	63	66	73	77	80	83	81	75	71	74	71	67	73,42	
Viento(km/h)	12	11	11	10	10	11	12	12	13	13	12	13	11,67	
Viento(km/d)	288	264	264	240	240	264	288	288	312	312	288	312	280,0	
Helióf. relat.	66	68	60	57	53	43	46	54	54	52	59	60	56,00	
Precip. (mm)	78	67	165	83	41	26	33	38	57	113	127	118	78,83	946,0
Serie 1971-80	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	29,4	28	26,2	22,8	18,8	15,1	15,2	16,6	19,6	22,2	25,3	29,1	22,36	
T mín (°C)	16,2	15,2	13,8	10	7,3	4,4	4,4	4,5	6,7	9,6	11,6	15	9,89	
HR (%)	71	75	77	79	82	81	82	78	73	74	67	65	75,33	
Viento(km/h)	13	11	11	11	11	12	13	14	15	15	15	14	12,92	
Viento(km/d)	312	264	264	264	264	288	312	336	360	360	360	336	310,0	
Helióf. relat.	66	65	60	61	52	50	50	57	60	67	66	63	59,75	
Precip. (mm)	164	114	177	74	40	43	41	47	45	91	85	99	85,00	1020,0
Serie 1981-90	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	30,3	28,5	25,8	22,3	18,7	15	14,7	17,3	19,2	22,6	25,8	28,9	22,43	
T mín (°C)	17	16,2	13,8	10,6	6,9	4,3	3,9	5,3	6,5	10,2	13,3	15,6	10,30	
HR (%)	69	74	79	81	79	82	81	77	73	72	70	66	75,25	
Viento(km/h)	12,5	11,4	10,3	8,6	9,9	9	12,3	12,1	14,4	14,2	14,3	13,8	11,90	
Viento(km/d)	300	274	247	206	238	216	295	290	346	341	343	331	285,6	
Helióf. relat.	66	67	59	59	53	46	49	53	56	58	62	61	57,42	
Precip. (mm)	147	134	142	91,4	52,6	17,8	32,9	20,1	61,9	115	116	83,7	84,53	1014,4
Serie 1961-90	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	30,2	28,9	26,2	22,7	19,0	15,1	15,1	17,0	19,5	22,1	25,6	28,9	22,51	
T mín (°C)	16,2	15,6	13,6	10,3	7,1	4,4	4,2	4,6	6,5	9,7	12,5	15,0	9,98	
HR (%)	67,7	71,7	76,3	79,0	80,3	82,0	81,3	76,7	72,3	73,3	69,3	66,0	74,67	
Viento(km/h)	12,5	11,1	10,8	9,9	10,3	10,7	12,4	12,7	14,1	14,1	13,8	13,6	12,16	
Viento(km/d)	300,0	267,2	258,4	236,8	247,2	256,0	298,4	304,8	339,2	337,6	330,4	326,4	291,9	
Helióf. relat.	66,0	66,7	59,7	59,0	52,7	46,3	48,3	54,7	56,7	59,0	62,3	61,3	57,72	
Precip. (mm)	129,8	104,8	161,3	82,8	44,5	28,9	35,6	35,0	54,6	106,3	109,5	100,2	82,79	993,5
<b>Evapotranspiración de referencia. Cuenca 48.</b>														
Eto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Diaria (mm/d)	4,97	4,65	3,99	3,33	2,66	2,12	2,19	2,69	3,3	3,66	4,28	4,82	1295	Total
Mensual (mm)	154	130	124	99,9	82,5	63,6	67,9	83,4	99	113	128	149	108,0	1295,5

Cuadro A 4. Estadística climática. Serie 1961-90. Servicio Meteorológico Nacional.

**Estación Meteorológica Nueve de Julio** Latitud 35° 27' Sur, longitud 60° 53' Oeste y altitud 76 m.

Serie 1961-70	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	30,4	29,7	26,1	23,3	19,5	14,9	15,4	16,9	19,5	21,3	25,7	28,6	22,61	
T mín (°C)	15,9	15,4	13,2	10,2	7,4	4,7	4,4	4,6	6,7	9,5	12,7	14,6	9,94	
HR (%)	67	69	74	79	81	83	82	76	73	76	72	70	75,17	
Viento(km/h)	8	7	7	6	7	8	8	8	10	10	9	8	8,00	
Viento(km/d)	192	168	168	144	168	192	192	192	240	240	216	192	192,0	
Heliof. relat.														
Precip. (mm)	79	90	118	101	41	41	40	54	65	130	110	126	82,92	995,0
<b>Serie 1971-80</b>														
T máx (°C)	29,9	28,5	26,5	23	18,6	15,2	11,5	16,7	19,7	22,4	25,7	29,6	30,93	
T mín (°C)	16,3	15,4	13,9	10,4	8	4,3	4,8	5,1	7,1	10	12	15,2	10,21	
HR (%)	69	73	76	77	81	80	81	76	71	73	67	65	74,08	
Viento(km/h)	12	12	11	11	11	12	12	13	14	14	15	13	12,50	
Viento(km/d)	288	288	264	264	264	288	288	312	336	336	360	312	300,0	
Heliof. relat.														
Precip. (mm)	167	141	157	106	44	46	54	39	61	91	83	109	91,50	1098,0
<b>Serie 1981-90</b>														
T máx (°C)	31	29,3	26,4	22,4	18,5	14,7	14,5	17,1	19,1	22,7	26,1	29,4	22,60	
T mín (°C)	17,1	16,3	14	10,9	7,2	4,5	4,1	5,5	6,8	10,3	13,3	15,6	10,47	
HR (%)	64	69	75	78	78	80	79	73	70	70	67	64	72,25	
Viento(km/h)	12	11,7	11,8	10,5	11,6	10,5	12,1	13,3	14,6	14,7	14,3	13,5	12,55	
Viento(km/d)	288	281	283	252	278	252	290	319	350	353	343	324	301,2	
Heliof. relat.														
Precip. (mm)	138	132	140	97,8	57,1	32,2	37,5	31,9	69,9	110	118	96	88,34	1060,1
<b>Serie 1961-90</b>														
T máx (°C)	30,4	29,2	26,3	22,9	18,9	14,9	14,9	16,9	19,4	22,1	25,8	29,2	25,38	
T mín (°C)	16,4	15,7	13,7	10,5	7,5	4,5	4,4	5,1	6,9	9,9	12,7	15,1	10,21	
HR (%)	66,7	70,3	75,0	78,0	80,0	81,0	80,7	75,0	71,3	73,0	68,7	66,3	73,83	
Viento(km/h)	10,7	10,2	9,9	9,2	9,9	10,2	10,7	11,4	12,9	12,9	12,8	11,5	11,02	
Viento(km/d)	256,0	245,6	238,4	220,0	236,8	244,0	256,8	274,4	308,8	309,6	306,4	276,0	264,4	
Heliof. relat.	70,0	67,0	63,0	60,0	54,0	50,0	48,0	53,0	58,0	62,0	64,0	66,0		
Precip. (mm)	127,9	121,0	138,4	101,6	47,4	39,7	43,8	41,6	65,3	110,2	103,8	110,3	87,59	1051,0
<b>Evapotranspiración de referencia. Cuenca 48.</b>														
Eto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Diaria (mm/d)	4,99	4,71	4,1	3,4	2,76	2,18	2,21	2,73	3,35	3,7	4,32	4,76	3,60	
Mensual (mm)	155	132	127	102	85,6	65,4	68,5	84,6	101	115	130	148	109,3	1312,1

Cuadro A 5. Estadística climática. Serie 1961-90. Servicio Meteorológico Nacional.

**Estación Meteorológica Bolivar.** Latitud 36° 15' Sur, longitud 61° 06' Oeste y altitud 93 m.

Serie 1961-70	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	31	30,1	26,3	22,5	18,9	14,4	14,7	16,3	19,2	21,3	25,8	28,4	22,41	
T min (°C)	14,7	14,2	12	8,6	6,2	3,9	3,7	3,8	5,8	8,8	12,4	14,2	9,03	
HR (%)	71	73	78	80	82	85	83	81	78	81	78	77	78,92	
Viento(km/h)	4	4	4	3	3	4	4	4	5	5	4	5	4,08	
Viento(km/d)	96	96	96	72	72	96	96	96	120	120	96	120	98,0	
Heliof. relat.														
Precip. (mm)	87	99	96	75	51	45	31	47	79	108	106	98	76,83	922,0
Serie 1971-80														
T máx (°C)	30,1	28,8	26,2	22,8	17,9	14,8	14,3	16,2	19,4	21,8	25,2	29,1	22,22	
T min (°C)	15,7	14,9	13,3	9,6	6,9	4	3,9	4,4	6,5	9,3	11,3	14,5	9,53	
HR (%)	68	73	77	77	80	80	79	75	70	73	67	66	73,75	
Viento(km/h)	8	7	6	7	6	7	8	8	9	9	10	9	7,83	
Viento(km/d)	192	168	144	168	144	168	192	192	216	216	240	216	188,0	
Heliof. relat.														
Precip. (mm)	111	108	115	97	57	36	32	43	59	88	91	104	78,42	941,0
Serie 1981-90														
T máx (°C)	29,9	28,8	25,7	21,6	17,6	13,4	13,7	15,8	18,5	21,6	25	28,3	21,66	
T min (°C)	16,2	15,1	13,7	10,5	6,6	3,7	3,3	4,1	6,3	10	12,7	14,8	9,75	
HR (%)	69	72	75	79	78	81	80	74	72	72	71	67	74,17	
Viento(km/h)	8,7	8,5	9,4	7,2	7,3	6,8	7,3	9,2	10	10	9,4	10,2	8,67	
Viento(km/d)	209	204	226	173	175	163	175	221	240	240	226	245	208,0	
Heliof. relat.														
Precip. (mm)	121	122	178	96,6	37,9	15,5	25,5	30,2	69,6	132	122	109	88,39	1060,7
Serie 1961-90	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	30,3	29,2	26,1	22,3	18,1	14,2	14,2	16,1	19,0	21,6	25,3	28,6	22,09	
T min (°C)	15,5	14,7	13,0	9,6	6,6	3,9	3,6	4,1	6,2	9,4	12,1	14,5	9,43	
HR (%)	69,3	72,7	76,7	78,7	80,0	82,0	80,7	76,7	73,3	75,3	72,0	70,0	75,61	
Viento(km/h)	6,9	6,5	6,5	5,7	5,4	5,9	6,4	7,1	8,0	8,0	7,8	8,1	6,86	
Viento(km/d)	165,6	156,0	155,2	137,6	130,4	142,4	154,4	169,6	192,0	192,0	187,2	193,6	164,7	
Heliof. relat.	70,0	67,0	63,0	60,0	54,0	50,0	48,0	53,0	58,0	62,0	64,0	66,0	59,6	
Precip. (mm)	106,5	109,8	129,7	89,5	48,6	32,2	29,5	40,1	69,2	109,4	106,5	103,7	81,21	974,6
Evapotranspiración de referencia. Cuenca 48.														
Eto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Diaria (mm/d)	4,53	4,35	3,89	3,25	2,58	2,1	2,12	2,54	3,17	3,43	3,85	4,26	3,34	
Mensual (mm)	140	122	121	97,5	80	63,00	65,7	78,7	95,10	106	116	132	101,4	1216,8



Cuadro A 6. Estadística climática. Serie 1961-90. Servicio Meteorológico Nacional.

**Estación Meteorológica Balcarce.** Latitud 37° 45` Sur, longitud 58° 18` Oeste y altitud 130 m.

Serie 1971-80	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	27,1	26,2	25,1	20,1	15,5	12,3	12,6	14,3	16,6	18,7	21,9	26,4	19,73	
T mín (°C)	13,4	12,7	12,6	8,7	6,1	3,8	3,8	4,1	4,8	7,1	8,4	12,5	8,17	
HR (%)	72	75	77	79	84	86	88	80	77	78	73	75	78,67	
Viento(km/h)	16	14	13	14	14	14	14	16	16	15	16	14	14,67	
Viento(km/d)	384	336	312	336	336	336	336	384	384	360	384	336	352,0	
Heliof. relat.														
Precip. (mm)	98	75	66	126	67	64	63	32	55	74	59	153	77,67	932,0
<b>Serie 1981-90</b>														
T máx (°C)	27,5	26,8	23,8	20,1	16	12,5	12	14	15,7	19,5	23	25,1	19,67	
T mín (°C)	13,7	13,4	11,4	8,4	5,3	2,6	2,6	4	4,4	7,2	9,6	11,7	7,86	
HR (%)	76	78	80	83	84	85	87	83	80	77	75	77	80,42	
Viento(km/h)	10,2	11,1	11,7	9,4	10,2	9,6	10,6	12	13,1	12,7	12	11,3	11,16	
Viento(km/d)	245	266	281	226	245	230	254	288	314	305	288	271	267,8	
Heliof. relat.	61	69		53	45	45	43	43	50	56	57	61	53,0	
Precip. (mm)	115	72	70,9	65,1	85,8	25,1	51,5	61,4	53,4	112	58,9	140	75,91	910,9
<b>Serie 1971-90</b>														
T máx (°C)	27,3	26,5	24,5	20,1	15,8	12,4	12,3	14,2	16,2	19,1	22,5	25,8	19,70	
T mín (°C)	13,6	13,1	12	8,55	5,7	3,2	3,2	4,05	4,6	7,15	9	12,1	8,01	
HR (%)	74	76,5	78,5	81	84	85,5	87,5	81,5	78,5	77,5	74	76	79,54	
Viento(km/h)	13,1	12,6	12,4	11,7	12,1	11,8	12,3	14	14,6	13,9	14	12,7	12,91	
Viento(km/d)	314	301	296	281	290	283	295	336	349	332	336	304	309,9	
Heliof. relat.	61	69		53	45	45	43	43	50,00	56	57	61	53,0	
Precip. (mm)	107	73,50	68,5	95,6	76,40	44,6	57,3	46,70	54,20	92,8	59	147	76,79	921,5
<b>Evapotranspiración de referencia. Cuenca 50.</b>														
Eto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Diaria (mm/d)	4,15	4,18	3,76	2,92	2,18	1,81	1,73	2,16	2,61	3,05	3,52	3,79	2,99	
Mensual (mm)	129	117	117	87,6	67,6	54,30	53,6	67	78,30	94,6	106	117	90,7	1088,3

Cuadro A 7. Estadística climática. Serie 1961-90. Servicio Meteorológico Nacional.

**Estación Meteorológica Mar del Plata** Latitud 37°56'Sur, longitud 57°35'Oeste, altitud 21m

Serie 1961-70	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	25,9	25,3	22,9	20,3	17,1	13,4	13	14,1	15,5	17,7	21,6	24,3	19,26	
T min (°C)	13,4	13,6	11,8	8,4	5,9	4,3	3,9	3,8	5,1	7	10,1	12,1	8,28	
HR (%)	77	77	89	82	83	85	85	81	80	79	79	75	81,00	
Viento(km/h)	22	19	18	16	15	16	16	18	21	20	20	21	18,50	
Viento(km/d)	528	456	432	384	360	384	384	432	504	480	480	504	444,0	
Helióf. relat.	56	59	54	54	45	38	38	45	41	46	48	50	47,8	
Precip. (mm)	102	72	110	46	64	64	57	94	54	72	70	88	74,42	893,0
Serie 1971-80														
T máx (°C)	26,1	25,8	24	20,6	16,6	13,6	13,5	14,7	16,5	18,8	21,5	24,8	19,71	
T min (°C)	14,5	14,1	13,2	9,6	7,2	4,4	4,4	4,3	5,8	8,1	9,7	13,3	9,05	
HR (%)	75	77	79	80	83	83	83	80	79	79	75	75	79,00	
Viento(km/h)	21	20	17	16	16	17	17	18	18	19	21	21	18,42	
Viento(km/d)	504	480	408	384	384	408	408	432	432	456	504	504	442,0	
Helióf. relat.														
Precip. (mm)	88	78	112	98	77	60	64	44	61	88	75	114	79,92	959,0
Serie 1981-90														
T máx (°C)	26,8	26,3	24,1	20,7	16,8	14,3	12,9	14,3	16	19	22,2	24,3	19,81	
T min (°C)	15	14,7	12,7	9,4	6	3,6	3,1	4	5,2	7,7	10,5	12,8	8,73	
HR (%)	75	76	79	81	83	84	84	83	81	80	78	77	80,08	
Viento(km/h)	18,1	16,8	15,9	14,5	15,6	15,5	15,9	16,5	18	18,9	19,3	19,4	17,03	
Viento(km/d)	434	403	382	348	374	372	382	396	432	454	463	466	408,8	
Helióf. relat.	43	51		33	25			31	30	37	38		36,0	
Precip. (mm)	111	67,6	98,9	76,2	80	40,9	55,8	54,8	54,3	90,2	81,7	110	76,75	921,0
Serie 1961-90														
T máx (°C)	26,3	25,8	23,7	20,5	16,8	13,8	13,1	14,4	16,0	18,5	21,8	24,5	19,59	
T min (°C)	14,3	14,1	12,6	9,1	6,4	4,1	3,8	4,0	5,4	7,6	10,1	12,7	8,69	
HR (%)	75,7	76,7	82,3	81,0	83,0	84,0	84,0	81,3	80,0	79,3	77,3	75,7	80,03	
Viento(km/h)	20,4	18,6	17,0	15,5	15,5	16,2	16,3	17,5	19,0	19,3	20,1	20,5	17,98	
Viento(km/d)	488,8	446,4	407,2	372,0	372,8	388,0	391,2	420,0	456,0	463,2	482,4	491,2	431,6	
Helióf. relat.	70,0	67,0	63,0	60,0	54,0	50,0	48,0	53,0	58,0	62,0	64,0	66,0	59,6	
Precip. (mm)	100,2	72,5	107,0	73,4	73,7	55,0	58,9	64,3	56,4	83,4	75,6	104,0	77,03	924,3
Evapotranspiración de referencia. Cuenca 50.														
Eto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Diaria (mm/d)	4,01	4,02	3,38	2,83	2,15	1,87	1,84	2,12	2,38	2,76	3,22	3,74	2,86	
Mensual (mm)	124	113	105	84,9	66,7	56,10	57	65,7	71,40	85,6	96,6	116	86,8	1041,6

Cuadro A 8. Estadística climática. Serie 1961-90. Servicio Meteorológico Nacional.

*Estacion Meteorológica Tres Arroyos. Latitud 38°20'Sur, longitud 60°15'Oeste, altitud 115 m.*

Serie 1961-70	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	30,1	29,5	25,2	21,1	17,1	13,8	12,5	15,1	16,6	19,6	24,5	27,1	21,02	
T min (°C)	14,5	13,9	11,8	8,7	6,2	4,4	3,1	3,9	4,7	7,4	10,9	12,7	8,52	
HR (%)	56	62	65	72	74	79	79	72	69	69	68	59	68,67	
Viento(km/h)	11	10	9	9	10	9	8	10	10	9	11	12	9,83	
Viento(km/d)	264	240	216	216	240	216	192	240	240	216	264	288	236,0	
Heliof. relat.														
Precip. (mm)	110	68	70	43	49	42	48	50	54	59	95	72	63,33	760,0
Serie 1971-80														
T máx (°C)	28,9	27,6	25,2	20,6	16,1	12,7	12,8	14,8	17,8	19,8	23	27,3	20,55	
T min (°C)	14,1	13,6	12,2	8,7	6,1	3,5	3,3	3,5	5	7,6	9,5	12,8	8,33	
HR (%)	58	64	69	74	78	78	78	71	67	71	64	60	69,33	
Viento(km/h)	16	15	13	13	13	15	14	15	14	13	15	16	14,33	
Viento(km/d)	384	360	312	312	312	360	336	360	336	312	360	384	344,0	
Heliof. relat.	66	63	64	60	46	44	44	54	59	56	62	60	56,5	
Precip. (mm)	67	76	77	101	49	38	42	40	47	96	67	88	65,67	788,0
Serie 1981-90														
T máx (°C)	29,1	27,9	24,6	20,4	16	12,7	12,4	14,6	16,6	20	23,8	27,2	20,44	
T min (°C)	15	14,4	12,4	9,2	5,9	3,3	3,1	3,9	5,1	7,9	10,8	13,3	8,69	
HR (%)	61	67	70	74	76	78	78	73	71	70	65	62	70,42	
Viento(km/h)	12,4	11,6	11,1	10,1	10,8	10,3	11	11,2	11,9	11,9	12	13,3	11,47	
Viento(km/d)	298	278	266	242	259	247	264	269	286	286	288	319	275,2	
Heliof. relat.	62	66	56	54	48	45	43	47	47	53	58	62	53,4	
Precip. (mm)	100	58,4	86,1	77,5	81,3	21,8	48,9	45,4	65,7	74,9	85,9	95,8	70,14	841,7
Serie 1961-90	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	29,4	28,3	25,0	20,7	16,4	13,1	12,6	14,8	17,0	19,8	23,8	27,2	20,67	
T min (°C)	14,5	14,0	12,1	8,9	6,1	3,7	3,2	3,8	4,9	7,6	10,4	12,9	8,51	
HR (%)	58,3	64,3	68,0	73,3	76,0	78,3	78,3	72,0	69,0	70,0	65,7	60,3	69,47	
Viento(km/h)	13,1	12,2	11,0	10,7	11,3	11,4	11,0	12,1	12,0	11,3	12,7	13,8	11,88	
Viento(km/d)	315,2	292,8	264,8	256,8	270,4	274,4	264,0	289,6	287,2	271,2	304,0	330,4	285,1	
Heliof. relat.	64,0	64,5	60,0	57,0	47,0	44,5	43,5	50,5	53,0	54,5	60,0	61,0	55,0	
Precip. (mm)	92,3	67,5	77,7	73,8	59,8	33,9	46,3	45,1	55,6	76,6	82,6	85,3	66,38	796,6
Evapotranspiración de referencia. Cuenca 50.														
Eto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Diaria (mm/d)	5,35	4,92	4,22	3,34	2,56	2,1	2,06	2,63	3,07	3,38	4,11	4,88	3,55	
Mensual (mm)	166	138	131	100	79,4	63,00	63,9	81,5	92,10	105	123	151	107,8	1293,8

Cuadro A 9. Estadística climática. Serie 1961-90. Servicio Meteorológico Nacional.

**Estación Meteorológica Cnel. Suarez. Latitud 37°30'Sur, longitud 61°57'Oeste, altitud 234 m**

Serie 1961-70	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
T máx (°C)	30,3	28,9	25,2	20,2	16,2	13,2	12,1	14,7	16,8	19,8	23,5	25,9	20,57	
T min (°C)	13,7	12,8	10,7	8,2	4,1	3,3	1,4	2	3,6	6,3	10,5	12,1	7,39	
HR (%)	58	62	69	80	79	84	82	72	72	72	73	69	72,67	
Viento(km/h)	7	6	5	4	3	3	4	5	7	6	7	7	5,33	
Viento(km/d)	168	144	120	96	72	72	96	120	168	144	168	168	128,0	
Heliof. relat.	66	68	64	53	50	38	41	52	54	59	55	59	54,92	
Precip. (mm)	25	62	88	66	41	34	39	31	40	65	125	82	58,17	698,0
<b>Serie 1971-80</b>														
T máx (°C)	29,1	27,7	24,6	20,7	16	12,5	12,7	14,9	18,1	20,1	23,5	27,4	20,61	
T min (°C)	14,2	13,4	11,7	8,1	5,4	2,4	2,2	2,5	4,6	7,6	9,6	12,8	7,88	
HR (%)	68	74	78	80	85	84	84	75	68	74	69	71	75,83	
Viento(km/h)	4	4	3	4	3	4	4	5	5	5	6	5	4,33	
Viento(km/d)	96	96	72	96	72	96	96	120	120	120	144	120	104,0	
Heliof. relat.	59	66	64	62	46	41	43	57	60	57	58	52	55,42	
Precip. (mm)	74	128	95	84	43	38	19	23	45	93	81	113	69,67	836,0
<b>Serie 1981-90</b>														
T máx (°C)	28,9	27,7	24,3	20,1	15,6	12,1	11,9	14,4	16,4	19,9	23,6	27,6	20,21	
T min (°C)	14,1	13,1	10,8	7,5	3,7	1,1	0,8	1,7	3,3	6,6	9,6	12,3	7,05	
HR (%)	63	70	73	78	79	82	82	76	74	73	69	62	73,42	
Viento(km/h)	15,2	14,8	13,9	12,1	11,5	10,7	12,3	13,5	16,3	16,9	16,3	16,8	14,19	
Viento(km/d)	365	355	334	290	276	257	295	324	391	406	391	403	340,6	
Heliof. relat.	56	73	63	58	51	44	48	55	57	60	59	56	56,67	
Precip. (mm)	123	74,6	94,6	95,1	61,4	16,7	33,2	37,3	67,2	105	91,3	68,5	72,31	867,7
<b>Serie 1961-90</b>														
T máx (°C)	29,4	28,1	24,7	20,3	15,9	12,6	12,2	14,7	17,1	19,9	23,5	27,0	20,5	
T min (°C)	14,0	13,1	11,1	7,9	4,4	2,3	1,5	2,1	3,8	6,8	9,9	12,4	7,4	
HR (%)	63,0	68,7	73,3	79,3	81,0	83,3	82,7	74,3	71,3	73,0	70,3	67,3	74,0	
Viento(km/h)	8,7	8,3	7,3	6,7	5,8	5,9	6,8	7,8	9,4	9,3	9,8	9,6	8,0	
Viento(km/d)	209,6	198,4	175,2	160,8	140,0	141,6	162,4	188,0	226,4	223,2	234,4	230,4	190,9	
Heliof. relat.	90,5	103,5	95,5	86,5	73,5	61,5	66,0	82,0	85,5	88,0	86,0	83,5	83,5	
Precip. (mm)	73,9	88,2	92,5	81,7	48,5	29,6	30,4	30,4	50,7	87,7	99,1	87,8	66,7	800,6
<b>Evapotranspiración de referencia. Cuenca 98.</b>														
Eto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media	Total
Diaria (mm/d)	4,57	4,49	3,86	3,03	2,32	1,86	1,89	2,5	2,97	3,27	3,67	4,06	3,21	
Mensual (mm)	142	126	120	90,9	71,9	55,80	58,6	77,5	89,10	101	110	126	97,3	1168,2

Cuadro B 1. Datos analíticos y clasificación de la aptitud de las aguas de riego, ordenados por cuenca hídrica y clase.

Código	pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR (me/l)	Clase
33	7,36	0,75	7,20	6,50	C2S2
33	7,53	1,02	15,40		C3S3
33	8,22	1,07	21,70		C3S4
33	8,08	0,93	17,30		C3S4
33	7,28	1,69	21,90		C3S4
33		1,00	18,50		C3S4
33		1,60	23,10		C3S4
33	7,20	1,70	25,0	13,80	C3S4
33	8,10	0,90	18,2	10,50	C3S4
33	7,80	0,90	17,9	10,10	C3S4
35	7,20	0,72	8,20		C2S2
35	7,40	0,96	3,60		C3S1
35	7,80	0,80	11,50	10,00	C3S2
35	8,10	0,80	11,50	10,00	C3S2
35	7,82	1,12	8,40	8,20	C3S2
35	7,87	1,18	8,90	8,40	C3S2
35	7,75	1,25	9,30		C3S2
35	7,82	0,87	11,70		C3S2
35	7,64	0,80	10,70		C3S2
35	7,97	1,03	11,00		C3S2
35		1,00	12,90		C3S3
35		1,40	12,00	7,30	C3S3
36		0,69	7,00		C2S2
36	7,52	0,71	6,90		C2S2
36	8,10	1,00	8,94	9,40	C3S2
36	8,00	0,80	11,49	10,00	C3S2
36	7,90	1,00	8,90	9,30	C3S2
48	7,30	0,66	2,20	6,90	C2S1
48	8,24	0,68	10,20	6,90	C2S2
48	7,70	0,97	5,50		C3S1
48		1,40	8,60	8,60	C3S2
48	8,10	1,00	8,90	9,40	C3S2
48	7,20	0,99	6,50		C3S2
48	7,45	1,60	8,70		C3S2
48	7,25	0,97	6,20		C3S2

Cuadro B 2. Datos analíticos y clasificación de la aptitud de las aguas de riego, ordenados por cuenca hídrica y clase.

Código	pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR (me/l)	Clase
50	7,60	1,00	14,00	7,70	C3S3
50	7,54	1,18	20,8		C3S4
50	7,22	0,99	18,6		C3S4
50	7,36	0,92	18,1	8,70	C3S4
50	7,22	0,99	18,60	8,90	C3S4
50	7,40	1,24	22,80	10,00	C3S4
50	7,60	1,13	22,00	9,20	C3S4
50	7,40	1,25	21,8	9,80	C3S4
50	7,70	1,06	17,70	8,30	C3S4
50	7,90	1,10	20,10	8,50	C3S4
51	8,50	1,30	15,50	8,80	C3S3
51	7,70	1,60	17,40	7,90	C3S3
51	7,80	4,00	29,10	5,40	C4S4
51	7,50	2,80	19,10	6,30	C4S4
98	8,00	0,75	7,83		C2S2
98	7,40	0,88	3,50		C3S1
98	7,40	1,01	3,80		C3S1
98	7,60	1,07	8,98		C3S2
98		1,17	9,90		C3S2
98		1,05	8,20		C3S2
98		1,20	9,37		C3S2
98		0,99	8,50		C3S2
98	7,94	1,20	9,37		C3S2
98		1,18	12,07		C3S3
98		1,03	11,5		C3S3
98	7,96	1,18	13,7		C3S3
98		1,25	11,3		C3S3
98	7,90	1,25	11,8		C3S3
98	7,94	1,14	13,7		C3S3
98	8,08	1,63	10,2		C3S3
98	7,95	1,32	11,5		C3S3

Cuadro C. 1. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca	Localidad	Estancia y lote	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo						Años de riego	Fuente
				pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	Horizonte superficial			Horiz. subsuperficial				
	Nº de código															
Dic-86	36	C. de Areco	La Casa Vieja Agua 1	8,10	1,00	8,94	9,40	C3S2	5,40	0,35	2,14	5,85	0,38	1,60	0	Wyckers y
Mar-87	36	C. de Areco	La Casa Vieja	8,10	1,00	8,94	9,40	C3S2	5,90	0,55	2,00	5,95	0,42	1,99	1	Génova 1987
Dic-86	36	C. de Areco	La Casa Vieja Agua 2	8,00	0,80	11,49	10,00	C3S2	5,40	0,34	2,14	5,85	0,36	1,60	0	Wyckers y
Mar-87	36	C. de Areco	La Casa Vieja	8,00	0,80	11,49	10,00	C3S2	6,10	0,43	3,74	5,85	0,44	2,62	1	Génova 1987
Set-87	48	Chacabuco	Carquen Hue		1,40	8,60	8,60	C3S2		0,60	2,30		0,50	2,50	0	Génova 1988
Feb-88	48	Chacabuco	Carquen Hue		1,40	8,60	8,60	C3S2		0,20	6,40		0,30	4,70	1	
Oct-88	48	Chacabuco	Carquen Hue		1,40	8,60	8,60	C3S2		0,30	3,00		0,40	2,40	1	
Ene-87	35	Pergamino	EEA INTA		1,40	12,00	7,30	C3S3	5,90	0,30	1,20				9	Grenón 1988
Mar-88	35	Salto	María Laura	7,80	0,80	11,50	10,00	C3S2	5,80	0,40	2,90	5,80	0,40	3,10	16	Génova 1988
Oct-88	48	Chacabuco	La Amelia	8,10	1,00	8,90	9,40	C3S2		0,62	1,51		0,93	1,67	2	Génova 1993
Mar-89	48	Chacabuco	La Amelia	8,10	1,00	8,90	9,40	C3S2		0,27	3,28		0,23	3,03	3	Rev. FAUBA
Oct-89	48	Chacabuco	La Amelia	8,10	1,00	8,90	9,40	C3S2		0,53	1,75		0,29	2,12	3	
Mar-90	48	Chacabuco	La Amelia	8,10	1,00	8,90	9,40	C3S2		0,26	2,00		0,20	3,15	4	
Oct-90	48	Chacabuco	La Amelia	8,10	1,00	8,90	9,40	C3S2		0,63	1,65		0,41	2,25	4	
Mar-91	48	Chacabuco	La Amelia	8,10	1,00	8,90	9,40	C3S2		0,43	0,50		0,36	1,00	5	
Oct-88	36	C. de Areco	La Guardia	7,90	1,00	8,90	9,30	C3S2	5,70	0,25	1,39	5,80	0,29	1,62	0	Génova 2003
Mar-89	36	C. de Areco	La Guardia	7,90	1,00	8,90	9,30	C3S2	5,90	0,58	3,72	6,10	0,22	2,72	1	Rev. FAUBA
Oct-89	36	C. de Areco	La Guardia	7,90	1,00	8,90	9,30	C3S2	5,70	0,54	2,00	6,10	0,26	2,20	1	
Mar-90	36	C. de Areco	La Guardia	7,90	1,00	8,90	9,30	C3S2	6,00	0,36	4,70	5,90	0,22	3,85	2	
Oct-90	36	C. de Areco	La Guardia	7,90	1,00	8,90	9,30	C3S2	5,80	0,40	2,32	5,80	0,36	2,48	2	
Mar-91	36	C. de Areco	La Guardia	7,90	1,00	8,90	9,30	C3S2	6,10	0,36	3,10	6,00	0,35	3,10	3	

Cuadro C. 2. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca	Localidad	Estancia y lote	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo						Años de riego	Fuente
				pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	Horizonte superficial			Horiz. subsuperficial				
	Nº de código															
Oct-88	48	Junín	La Argentina	8,24	0,68	10,20	6,90	C2S2	6,20	0,88	3,33	7,40	0,63	1,61	0	Génova 2003
Mar-89	48	Junín	La Argentina	8,24	0,68	10,20	6,90	C2S2	6,50	0,67	7,59	7,50	0,25	2,36	1	Rev. FAUBA
Oct-89	48	Junín	La Argentina	8,24	0,68	10,20	6,90	C2S2	6,30	0,50	6,05	7,70	0,29	2,90	1	
Mar-90	48	Junín	La Argentina	8,24	0,68	10,20	6,90	C2S2	6,50	0,26	4,25	7,90	0,60	3,10	2	
Oct-90	48	Junín	La Argentina	8,24	0,68	10,20	6,90	C2S2	6,20	0,69	4,26	7,50	0,56	2,30	2	
Mar-91	48	Junín	La Argentina	8,24	0,68	10,20	6,90	C2S2	6,60	0,55	6,34	7,70	0,41	3,36	3	
Oct-88	35	Salto	María Laura	8,10	0,80	11,50	10,00	C3S2	6,00	0,42	2,90	6,10	0,43	3,15	16	Génova 2003
Mar-89	35	Salto	María Laura	8,10	0,80	11,50	10,00	C3S2	6,10	0,35	2,88	6,20	0,40	3,12	17	Rev. FAUBA
Oct-89	35	Salto	María Laura	8,10	0,80	11,50	10,00	C3S2	6,20	0,60	4,70	6,10	0,31	2,90	17	
Mar-90	35	Salto	María Laura	8,10	0,80	11,50	10,00	C3S2	6,00	0,31	4,00	6,10	0,22	3,33	18	
Oct-90	35	Salto	María Laura	8,10	0,80	11,50	10,00	C3S2	6,10	0,63	3,60	5,90	0,35	3,00	18	
Mar-91	35	Salto	María Laura	8,10	0,80	11,50	10,00	C3S2	6,20	0,59	3,98	6,00	0,64	2,62	19	
Oct-88	33	San Pedro	El Olvido	7,36	0,75	7,20	6,50	C2S2	5,50	0,22	2,40	6,00	0,11	2,50	0	Génova 2003
Mar-89	33	San Pedro	El Olvido	7,36	0,75	7,20	6,50	C2S2	5,70	1,19	2,77	6,10	0,26	2,29	1	Rev. FAUBA
Oct-89	33	San Pedro	El Olvido	7,36	0,75	7,20	6,50	C2S2	5,60	0,50	2,50	6,10	0,40	2,30	1	
Mar-90	33	San Pedro	El Olvido	7,36	0,75	7,20	6,50	C2S2	5,80	0,25	4,17	6,00	0,20	3,10	2	
Oct-90	33	San Pedro	El Olvido	7,36	0,75	7,20	6,50	C2S2	5,60	0,36	2,38	5,90	0,28	2,22	2	
Mar-91	33	San Pedro	El Olvido	7,36	0,75	7,20	6,50	C2S2	5,80	0,39	0,88	6,10	0,70	1,35	3	
Oct-89	35	Salto	La Paloma (Codorniz)	7,82	1,12	8,40	8,20	C3S2	5,90	0,28	1,10	5,80	0,26	1,15	0	Génova 1992
Mar-92	35	Salto	La Paloma (Codorniz)	7,82	1,12	8,40	8,20	C3S2	6,00	0,35	2,91	6,00	0,41	2,87	2	
Oct-89	35	Salto	La Paloma Lote Biguá	7,87	1,18	8,90	8,40	C3S2	5,90	0,31	1,11	5,90	0,32	1,18	0	Génova 1992
Mar-92	35	Salto	La Paloma Lote Biguá	7,87	1,18	8,90	8,40	C3S2	6,10	0,35	3,21	6,10	0,30	3,30	1	
Oct-92	35	Colon	Santa Ursula	7,40	0,96	3,60		C3S1	5,75	0,28	1,24	5,80	0,29	1,29	0	Génova 1993
Mar-93	35	Colon	Santa Ursula	7,40	0,96	3,60		C3S1	5,87	0,44	3,46	5,88	0,33	3,03	1	

Cuadro C. 3. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca	Localidad	Estancia y lote	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo						Años de riego	Fuente
				pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	Horizonte superficial			Horiz. subsuperficial				
	N° de código															
Oct-92	48	Lincoln	La Diana	7,70	0,97	5,50		C3S1	5,86	0,21	1,43	6,12	0,31	1,52	0	Génova 1994
Mar-93	48	Lincoln	La Diana	7,70	0,97	5,50		C3S1	6,05	0,25	2,55	6,00	0,29	2,68	1	inédito
Oct-95	35	Pergamino	La Lucila	7,20	0,72	8,20		C2S2	5,90	0,22	1,40	6,10	0,22	1,30	0	Génova, 1996
Mar-96	35	Pergamino	La Lucila	7,20	0,72	8,20		C2S2	6,20	0,34	2,80	6,10	0,31	3,10	1	
Oct-95	35	Colón	San Enrique	7,75	1,25	9,30		C3S2	6,20	0,24	1,15	6,20	0,25	1,32	0	Génova 1996
Mar-96	35	Colón	San Enrique	7,75	1,25	9,30		C3S2	6,40	0,42	4,20	6,40	0,46	3,98	1	
Oct-95	35	Rojas	Santa Elena Lote 4	7,82	0,87	11,70		C3S2	5,75	0,47	1,55	5,75	0,43	1,60	8	Génova 1996
Mar-96	35	Rojas	Santa Elena Lote 4	7,82	0,87	11,70		C3S2	5,88	0,40	4,03	5,83	0,53	2,63	9	
Oct-95	35	Rojas	Santa Elena Lote 15	7,64	0,80	10,70		C3S2	5,80	0,59	1,70	5,90	0,73	1,17	8	Génova 1996
Mar-96	35	Rojas	Santa Elena Lote 15	7,64	0,80	10,70		C3S2	5,80	0,56	4,45	5,93	0,46	2,25	9	
Oct-95	35	Rojas	Santa Elena Lote 21	7,97	1,03	11,00		C3S2	5,90	0,68	1,60	5,83	0,62	1,33	8	Génova 1996
Mar-96	35	Rojas	Santa Elena Lote 21	7,97	1,03	11,00		C3S2	5,93	0,43	3,80	5,93	0,52	2,68	9	
Oct-95	33	Elortondo	Santa Emilia Lote 20	8,22	1,07	21,70		C3S4	6,00	0,62	0,60	6,00	0,58	0,53	3	Génova 1996
Mar-96	33	Elortondo	Santa Emilia Lote 20	8,22	1,07	21,70		C3S4	5,70	0,52	4,23	5,75	0,35	1,48	4	
Oct-95	33	Elortondo	Santa Emilia Lote 24	7,53	1,02	15,40		C3S3	5,80	0,60	1,92	5,75	0,67	1,75	18	Génova 1996
Mar-96	33	Elortondo	Santa Emilia Lote 24	7,53	1,02	15,40		C3S3	5,83	0,57	5,45	5,82	0,47	1,98	19	
Oct-95	33	Elortondo	Santa Emilia Lote 27	8,08	0,93	17,30		C3S4	5,80	0,58	1,40	5,80	0,56	0,55	1	Génova 1996
Mar-96	33	Elortondo	Santa Emilia Lote 27	8,08	0,93	17,30		C3S4	5,78	0,37	3,73	5,75	0,43	2,88	2	
Oct-95	33	Carmen	Lamili	7,28	1,69	21,90		C3S4	5,85	0,61	1,35	5,85	0,59	1,40	4	Génova 1996
Mar-96	33	Carmen	Lamili	7,28	1,69	21,90		C3S4	5,98	0,52	2,43	6,10	0,51	1,43	5	

Cuadro C. 4. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca	Localidad	Estancia y lote	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo						Años de riego	Fuente
				pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	Horizonte superficial			Horiz. subsuperficial				
	N° de código															
Oct-95	36	C. de Areco	La Federala Lote 7	7,52	0,71	6,90		C2S2	5,65	0,50	1,55	5,55	0,47	1,55	2	Génova 1996
Mar-96	36	C. de Areco	La Federala Lote 7	7,52	0,71	6,90		C2S2	5,78	0,39	4,13	5,83	0,32	3,25	3	
Oct-95	48	25 de Mayo	La Bellaca	7,30	0,66	2,20	6,90	C2S1	5,60	0,11	1,20	5,70	0,15	1,20	0	Génova 1996
Mar-96	48	25 de Mayo	La Bellaca	7,30	0,66	2,20	6,90	C2S1	5,80	0,25	1,80	5,80	0,26	2,20	1	
Oct-95	33	Elortondo	Santa Emilia		1,00	18,50		C3S4	6,60	0,62	1,90	6,60	0,58	1,70	4	Génova 2003
Mar-96	33	Elortondo	Santa Emilia		1,00	18,50		C3S4	6,80	0,52	5,45	6,80	0,35	1,98	5	Rev. FAUBA
Oct-96	33	Elortondo	Santa Emilia		1,00	18,50		C3S4	6,40	0,55	2,10	6,50	0,49	1,75	5	
Mar-97	33	Elortondo	Santa Emilia		1,00	18,50		C3S4	6,80	0,51	5,70	6,90	0,33	1,86	6	
Oct-97	33	Elortondo	Santa Emilia		1,00	18,50		C3S4	6,48	0,48	2,43	6,57	0,40	2,10	6	Génova 2003
Mar-98	33	Elortondo	Santa Emilia		1,00	18,50		C3S4	6,86	0,45	5,80	6,90	0,41	3,10	7	CBAE
Oct-95	33	Carmen	Lamili Lote 8		1,60	23,10		C3S4	5,90	0,61	1,35	5,90	0,59	1,40	4	Génova 2003
Mar-96	33	Carmen	Lamili Lote 8		1,60	23,10		C3S4	6,00	0,62	2,43	6,10	0,51	1,43	5	Rev. FAUBA
Oct-96	33	Carmen	Lamili Lote 8		1,60	23,10		C3S4	6,10	0,58	1,92	6,20	0,55	1,96	5	
Mar-97	33	Carmen	Lamili Lote 8		1,60	23,10		C3S4	6,20	0,63	3,67	6,20	0,58	3,68	6	
Oct-97	33	Carmen	Lamili Lote 8		1,60	23,10		C3S4	6,15	0,55	1,58	6,10	0,51	3,41	6	Génova 2003
Mar-98	33	Carmen	Lamili Lote 8		1,60	23,10		C3S4	6,22	0,58	1,38	6,25	0,50	3,56	7	CBAE
Oct-95	35	Rojas	Santa Elena		1,00	12,90		C3S3	5,90	0,68	1,60	5,80	0,62	1,33	1	Génova 2003
Mar-96	35	Rojas	Santa Elena		1,00	12,90		C3S3	5,90	0,43	3,80	5,90	0,52	2,68	2	Rev. FAUBA
Oct-96	35	Rojas	Santa Elena		1,00	12,90		C3S3	5,80	0,55	2,93	5,70	0,54	2,71	2	Génova 2003
Mar-97	35	Rojas	Santa Elena		1,00	12,90		C3S3	6,00	0,51	4,10	5,90	0,53	3,10	3	CBAE
Oct-95	36	C. de Areco	La Federala Lote 6		0,69	7,00		C2S2	5,70	0,50	1,55	5,60	0,47	1,55	2	Génova 2003
Mar-96	36	C. de Areco	La Federala Lote 6		0,69	7,00		C2S2	5,80	0,39	4,13	5,80	0,32	3,25	3	Rev. FAUBA
Oct-96	36	C. de Areco	La Federala Lote 6		0,69	7,00		C2S2	5,70	0,45	1,65	5,80	0,42	1,59	3	
Mar-97	36	C. de Areco	La Federala Lote 6		0,69	7,00		C2S2	6,00	0,41	4,40	6,10	0,33	3,40	4	
Oct-97	36	C. de Areco	La Federala Lote 6		0,69	7,00		C2S2	5,60	0,32	1,60	5,60	0,30	1,72	4	Génova 2003
Mar-98	36	C. de Areco	La Federala Lote 6		0,69	7,00		C2S2	5,60	0,35	4,58	5,90	0,29	3,43	5	CBAE



Cuadro C. 5. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca N° de código	Localidad	Estancia y lote	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo						Años de riego	Fuente
				pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	Horizonte superficial			Horiz. subsuperficial				
								pH	CEex (dS/m)	PSI %	pH	CEex (dS/m)	PSI %			
Oct-95	98	Huanguelén	Santa Ida		1,17	9,90		C3S2	6,80	0,28	1,75	7,10	0,29	1,57	3	Génova 2003
Mar-96	98	Huanguelén	Santa Ida		1,17	9,90		C3S2	6,70	0,60	5,62	7,20	0,51	4,91	4	Rev. FAUBA
Oct-96	98	Huanguelén	Santa Ida		1,17	9,90		C3S2	6,80	0,41	2,19	6,80	0,33	3,30	4	
Mar-97	98	Huanguelén	Santa Ida		1,17	9,90		C3S2	6,60	0,40	3,80	6,90	0,39	4,00	5	
Oct-97	98	Huanguelén	Santa Ida		1,17	9,90		C3S2	6,80	0,37	1,87	6,90	0,35	2,14	5	
Mar-98	98	Huanguelén	Santa Ida		1,17	9,90		C3S2	7,10	0,43	4,10	6,80	0,39	4,35	6	
Oct-95	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 1		1,05	8,20		C3S2	6,77	0,27	1,73	7,07	0,28	1,60	3	Génova 1999
Mar-96	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 1		1,05	8,20		C3S2	6,40	0,69	5,70	6,70	0,54	3,80	4	
Oct-96	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 1		1,05	8,20		C3S2	6,00	0,48	2,17	6,00	0,37	3,70	4	
Oct-98	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 1		1,20	9,37		C3S2		0,41			0,39		6	
Mar-99	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 1		1,20	9,37		C3S2		0,63			0,88		7	
Oct-95	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 2		0,99	8,50		C3S2	7,00	0,29	1,77	7,17	0,30	1,53	3	Génova 1999
Mar-96	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 2		0,99	8,50		C3S2	6,80	0,52	5,47	6,97	0,47	6,07	4	
Oct-96	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 2		0,99	8,50		C3S2	6,17	0,34	2,20	6,33	0,30	2,93	4	
Mar-99	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 2	7,94	1,20	9,37		C3S2								
Oct-98	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 4		1,18	12,07		C3S3		0,54	3,00		0,34	3,20	3	Génova 2004
Mar-99	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 4		1,18	12,07		C3S3		0,55	3,66		0,88	3,12	4	
Mar-04	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 4		1,18	12,07		C3S3		0,55	2,70		0,31	2,90	8	
Jun-95	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 9		1,03	11,5		C3S3	6,73	0,20	1,63	7,03	0,26	1,67	1	Génova 1999
Dic-95	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 9		1,03	11,5		C3S3	6,77	0,39	1,83	6,07	0,32	1,87	2	
Oct-96	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 9		1,03	11,5		C3S3	5,90	0,31	3,60	5,97	0,31	1,83	3	
Mar-96	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 9		1,03	11,5		C3S3	6,60	0,35	4,10	6,25	0,36	3,60	3	
Mar-99	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	7,96	1,18	13,7		C3S3	6,64	0,31	3,80	6,72	0,33	4,40	6	
Oct-96	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 16						5,85	0,36	2,28	5,93	0,34	2,03	1	Génova 1999
Mar-97	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 16						5,97	0,34	4,40	5,98	0,39	4,80	2	
Mar-99	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 16	8,00	0,75	7,83		C2S2	6,40	0,41	5,30	7,00	0,44	5,10	4	

Cuadro C. 6. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca N° de código	Localidad	Estancia y lote	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo						Años de riego	Fuente
				pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	Horizonte superficial			Horiz. subsuperficial				
								pH	CEex (dS/m)	PSI %	pH	CEex (dS/m)	PSI %			
Oct-96	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 30						5,67	0,36	1,56	5,78	0,28	1,93	1	Génova 1999
Mar-97	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 30		1,25	11,3		C3S3	5,90	0,42	5,20	5,86	0,33	4,70	2	
Mar-99	98	Huanguelén	Santa Ida Lote 30	7,90	1,25	11,8		C3S3	6,20	0,47	5,20	5,80	0,41	4,50	4	
Oct-98	98	Guaminí	Santa Ida Lote 39	8,08	1,63	10,2		C3S3		0,37	2,60		0,32	3,30	8	Génova 2004
Mar-99	98	Guaminí	Santa Ida Lote 39	8,08	1,63	10,2		C3S3		0,55	6,90		0,35	8,10	9	
Mar-04	98	Guaminí	Santa Ida Lote 39	8,08	1,63	10,2		C3S3		0,71	2,42		0,53	2,92	12	
Oct-97	33	San Pedro	El Olvido	7,36	0,75	7,20	6,50	C2S2	5,60	0,36	2,38	5,90	0,39	2,22	10	Génova 2003
Mar-98	33	San Pedro	El Olvido	7,36	0,75	7,20	6,50	C2S2	5,80	0,28	0,88	6,10	0,70	1,35	11	CBAE
Oct-98	50	Balcarce	Ojo de Agua.(D Raúl)	7,54	1,18	20,8		C3S4	5,61	0,80	1,06	6,15	0,43	1,55	0	Génova 2005
Mar-99	50	Balcarce	Ojo de Agua.(D Raúl)	7,54	1,18	20,8		C3S4	5,89	0,49	2,12	6,31	0,36	1,99	1	
2001/02	33	Hughes 1		7,20	1,70	25,0	13,8	C3S4	7,10	0,80	5,50	7,20	0,40	3,00	30	Pilatti, 2002
2001/02	33	Hughes 2		7,20	1,70	25,0	13,8	C3S4	7,15	0,70	9,00	7,20	0,70	4,00	30	Pilatti, 2002
2001/02	33	Sta.Emilia 1		8,10	0,90	18,2	10,5	C3S4	7,15	0,70	4,50	7,20	0,80	4,00	4	Pilatti, 2002
2001/02	33	Sta.Emilia 2		7,80	0,90	17,9	10,1	C3S4	6,90	0,75	4,50	7,00	0,80	2,00	8	Pilatti, 2002
Nov-02	48	G. Lamadrid	La Granja Lote 1	7,45	1,60	8,70		C3S2	6,40	0,60	4,01	7,25	0,39	5,10	8	Génova 2004
Mar-03	48	G. Lamadrid	La Granja Lote 1	7,45	1,60	8,70		C3S2	6,10	0,83	9,33	6,40	0,49	10,04	9	inédito
Nov-02	48	G. Lamadrid	La Granja Lote 2	7,45	1,60	8,70		C3S2	6,55	0,70		7,25	0,29	10,90	8	Génova 2004
Mar-03	48	G. Lamadrid	La Granja Lote 2	7,45	1,60	8,70		C3S2						11,67	9	inédito
Nov-02	48	G. Lamadrid	La Granja Lote 3	7,45	1,60	8,70		C3S2	6,45	0,43	2,68	7,20	0,27	3,26	8	Génova 2004
Mar-03	48	G. Lamadrid	La Granja Lote 3	7,45	1,60	8,70		C3S2	5,93	0,76	4,77	6,27	0,43	5,39	9	inédito

Cuadro C. 7. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca	Localidad	Estancia y lote	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo						Años de riego	Fuente	
				pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	Horizonte superficial			Horiz. subsuperficial					
									pH	CEex (dS/m)	PSI %	pH	CEex (dS/m)	PSI %			
Mar-03	48	G. Lamadrid	Santa Anita							6,10	0,70	3,04	6,25	0,54	2,95	9	Génova 2004
																	inédito
Nov-02	48	Laprida	La Gloria (Santa Ana)	7,25	0,97	6,20		C3S2	6,30	0,33	2,98	7,20	0,43	2,89	10	Génova 2004	
Mar-03	48	Laprida	La Gloria (Santa Ana)	7,25	0,97	6,20		C3S2	6,13	0,62	4,55	6,10	0,52	4,31	11	inédito	
Nov-02	48	Laprida	La Gloria (S. Antonio)	7,25	0,97	6,20		C3S2	8,10	0,37	2,29	8,10	0,55	3,11	10	Génova 2004	
Mar-03	48	Laprida	La Gloria (S. Antonio)	7,25	0,97	6,20		C3S2	6,20	0,70	5,03	6,90	0,80	4,00	11	inédito	
Nov-02	48	Laprida	La Gloria Lote 8 A	7,20	0,99	6,50		C3S2	6,30	0,49	2,55	6,60	0,35	1,94	10	Génova 2004	
Mar-03	48	Laprida	La Gloria Lote 8 A	7,20	0,99	6,50		C3S2	5,70	0,68	3,74	5,90	0,50	4,05	11	inédito	
Nov-02	48	Laprida	La Gloria Lote 11 A	7,20	0,99	6,50		C3S2	6,00	0,38	1,96	7,00	0,24	6,88	10	Génova 2004	
Mar-03	48	Laprida	La Gloria Lote 11 A	7,20	0,99	6,50		C3S2	5,77	0,38	3,51	6,33	0,76	3,92	11	inédito	
Nov-02	98	Cnel Suárez	La Carreta Lote 1	7,40	0,88	3,50		C3S1	7,30	0,35	3,77	6,50	0,55	4,25	9	Génova 2004	
Mar-03	98	Cnel Suárez	La Carreta Lote 1	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,27	0,85	9,01	6,50	0,84	8,49	10	inédito	
Oct-04	98	Cnel Suárez	La Carreta Lote 1	7,40	0,88	3,50		C3S1	7,10	0,45	3,37	6,80	0,41	4,97	11		
Nov-02	98	Cnel Suárez	La Carreta Lote 2	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,40	0,45	2,99	7,15	0,27	3,09	9	Génova 2004	
Mar-03	98	Cnel Suárez	La Carreta Lote 2	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,20	1,00	7,61	6,40	0,5	10,47	10	inédito	
Oct-04	98	Cnel Suárez	La Carreta Lote 2	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,50	0,34	1,05	6,80	0,38	4,19	11		
Oct-04	98	Cnel Suárez	La Carreta Lote 3	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,33	0,43	1,79	6,60	0,26	1,49	11	Génova 2004	
																	inédito
Nov-02	98	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 1	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,50	0,33	1,57	6,80	0,18	2,27	8	Génova 2004	
Mar-03	98	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 1	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,10	0,80	4,00	6,20	0,40	3,23	9	inédito	
Oct-04	98	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 1	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,80	0,24	2,55	6,70	0,21	1,76	10		
Nov-02	98	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 2	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,30	0,37	1,77	6,80	0,19	1,54	8	Génova 2004	
Mar-03	98	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 2	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,27	0,75	3,14	6,27	0,33	3,61	9	inédito	
Oct-04	98	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 2	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,50	0,36	2,30	6,60	0,32	2,44	10		

Cuadro C.8. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca	Localidad	Estancia y lote	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo						Años de riego	Fuente	
				pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	Horizonte superficial			Horiz. subsuperficial					
									pH	CEex (dS/m)	PSI %	pH	CEex (dS/m)	PSI %			
Oct-04	98	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 3	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,40	0,32	2,60	6,50	0,33	1,85	10	Génova 2004	
																	inédito
Oct-04	98	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 4	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,50	0,46	2,50	6,70	0,35	2,35	10	Génova 2004	
																	inédito
Mar-04	98	Huangelén	Santa Ida Lote 7	7,94	1,14	13,7		C3S3	5,90	1,11	0,53	6,00	0,80	0,63	11	Génova 2004	
																	inédito
Mar-04	98	Huangelén	Santa Ida Lote 8	7,94	1,14	13,7		C3S3	5,80	0,83	2,40	5,90	0,57	0,63	11	Génova 2004	
																	inédito
Mar-04	98	Guamini	Santa Ida Lote 39	8,08	1,63	10,2		C3S3	5,90	0,71	2,45	6,15	0,52	2,92	12	Génova 2004	
																	inédito
Mar-04	98	Huangelén	Santa Ida Lote 7-8	7,94	1,14	13,7		C3S3	5,90	0,96	1,79	6,10	0,79	1,18	11	Génova 2004	
																	inédito
Oct-02	48	G. Lamadrid	La Granja	7,45	1,60	8,70		C3S2	6,02	0,11	3,34	6,34	0,43	4,18	8	Génova 2005	
Mar-03	48	G. Lamadrid	La Granja	7,45	1,60	8,70		C3S2	6,47	0,31	1,52	7,23	0,6	4,36	9		
Oct-03	48	G. Lamadrid	La Granja	7,45	1,60	8,70		C3S2	6,10	0,25	2,34	6,54	0,44	4,05	9		
Mar-04	48	G. Lamadrid	La Granja	7,45	1,60	8,70		C3S2	6,52	0,35	3,88	6,68	0,6	4,67	10		
Oct-04	48	G. Lamadrid	La Granja	7,45	1,60	8,70		C3S2	6,31	0,28	2,99	6,45	0,44	3,11	10		
Mar-05	48	G. Lamadrid	La Granja	7,45	1,60	8,70		C3S2	6,54	0,34	3,58	7,12	0,64	4,67	11		
Oct-02	48	Laprida	La Gloria	7,25	0,97	6,20		C3S2	5,95	0,39	2,45	6,31	0,39	3,71	11	Génova 2005	
Mar-03	48	Laprida	La Gloria	7,25	0,97	6,20		C3S2	6,68	0,60	4,21	7,23	0,65	4,07	12		
Oct-03	48	Laprida	La Gloria	7,25	0,97	6,20		C3S2	6,12	0,41	2,45	6,30	0,48	3,71	12		
Mar-04	48	Laprida	La Gloria	7,25	0,97	6,20		C3S2	6,64	0,54	3,22	6,87	0,62	4,35	13		
Oct-04	48	Laprida	La Gloria	7,25	0,97	6,20		C3S2	6,23	0,38	2,45	6,46	0,69	2,48	13		
Mar-05	48	Laprida	La Gloria	7,25	0,97	6,20		C3S2	6,88	0,56	4,21	6,98	0,63	4,08	14		

Cuadro C. 9. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca	Localidad	Estancia y lote	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo						Años de riego	Fuente
				pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	Horizonte superficial			Horiz. subsuperficial				
	N° de código							pH	CEex (dS/m)	PSI %	pH	CEex (dS/m)	PSI %			
Oct-01	50	Balcarce	Ojo de agua	7,36	0,92	18,1		C3S4	5,89	0,40	1,26	6,77	0,33	1,66	6	Génova 2005
Mar-02	50	Balcarce	Ojo de agua	7,36	0,92	18,1		C3S4	5,90	0,49	4,88	6,10	0,36	3,06	7	
Oct-02	50	Balcarce	Ojo de agua	7,36	0,92	18,1		C3S4	5,82	0,38	2,65	6,20	0,34	1,70	7	
Mar-03	50	Balcarce	Ojo de agua	7,36	0,92	18,1		C3S4	6,12	0,79	4,62	6,60	0,43	2,16	8	
Oct-03	50	Balcarce	Ojo de agua	7,36	0,92	18,1		C3S4	6,00	0,45	2,07	6,22	0,39	1,99	8	
Mar-04	50	Balcarce	Ojo de agua	7,36	0,92	18,1		C3S4	6,20	0,80	5,23	6,86	0,72	5,08	9	
Oct-04	50	Balcarce	Ojo de agua	7,36	0,92	18,1		C3S4	5,85	0,38	2,87	5,96	0,26	2,11	9	
Mar-05	50	Balcarce	Ojo de agua	7,36	0,92	18,1		C3S4	6,15	0,53	4,97	6,90	0,26	4,35	10	
Oct-01	50	Balcarce	Ojo de agua	7,22	0,99	18,6		C3S4	5,90	0,43	2,65	6,40	0,38	1,87	6	Génova 2005
Mar-02	50	Balcarce	Ojo de agua	7,22	0,99	18,6		C3S4	6,23	0,51	4,34	6,34	0,45	4,06	7	
Oct-02	50	Balcarce	Ojo de agua	7,22	0,99	18,6		C3S4	6,15	0,32	2,77	6,35	0,30	2,08	7	
Mar-03	50	Balcarce	Ojo de agua	7,22	0,99	18,6		C3S4	6,39	0,71	4,98	6,78	0,52	2,35	8	
Oct-03	50	Balcarce	Ojo de agua	7,22	0,99	18,6		C3S4	6,13	0,42	2,34	6,44	0,36	2,20	8	
Mar-04	50	Balcarce	Ojo de agua	7,22	0,99	18,6		C3S4	6,48	0,75	5,47	6,78	0,75	4,88	9	
Oct-04	50	Balcarce	Ojo de agua	7,22	0,99	18,6		C3S4	6,12	0,34	2,90	5,91	0,31	1,98	9	
Mar-05	50	Balcarce	Ojo de agua	7,22	0,99	18,6		C3S4	6,89	0,62	3,99	6,85	0,32	4,12	10	
Oct-01	98	Guamini	Santa Ida	7,95	1,32	11,5		C3S3	6,85	0,20	1,63	6,90	0,26	1,67	7	Génova 2005
Mar-02	98	Guamini	Santa Ida	7,95	1,32	11,5		C3S3	6,93	0,39	1,83	6,90	0,32	1,87	8	
Oct-02	98	Guamini	Santa Ida	7,95	1,32	11,5		C3S3	6,82	0,31	3,60	6,92	0,31	1,83	8	
Mar-03	98	Guamini	Santa Ida	7,95	1,32	11,5		C3S3	6,95	0,35	4,10	6,83	0,36	3,60	9	
Oct-03	98	Guamini	Santa Ida	7,95	1,32	11,5		C3S3	6,75	0,34	3,21	7,05	0,34	3,85	9	
Mar-04	98	Guamini	Santa Ida	7,95	1,32	11,5		C3S3	6,95	0,67	6,60	7,10	0,72	8,25	10	
Oct-04	98	Guamini	Santa Ida	7,95	1,32	11,5		C3S3	6,80	0,37	2,71	6,82	0,32	3,11	10	
Mar-05	98	Guamini	Santa Ida	7,95	1,32	11,5		C3S3	6,91	0,71	3,80	6,98	0,53	4,26	11	

Cuadro C. 10. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca	Localidad	Estancia y lote	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo						Años de riego	Fuente
				pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	Horizonte superficial			Horiz. subsuperficial				
	N° de código															
Oct-01	98	Huanguelén	Santa Ida	7,60	1,07	8,98		C3S2	6,80	0,28	1,73	7,10	0,29	1,60	7	Génova 2005
Mar-02	98	Huanguelén	Santa Ida	7,60	1,07	8,98		C3S2	6,70	0,60	5,70	7,20	0,51	3,80	8	
Oct-02	98	Huanguelén	Santa Ida	7,60	1,07	8,98		C3S2	6,80	0,41	2,17	6,80	0,33	3,70	8	
Mar-03	98	Huanguelén	Santa Ida	7,60	1,07	8,98		C3S2	6,60	0,40	4,05	6,90	0,39	3,98	9	
Oct-03	98	Huanguelén	Santa Ida	7,60	1,07	8,98		C3S2	6,80	0,37	2,60	6,90	0,35	2,75	9	
Mar-04	98	Huanguelén	Santa Ida	7,60	1,07	8,98		C3S2	7,10	0,43	3,73	6,80	0,39	3,21	10	
Oct-04	98	Huanguelén	Santa Ida	7,60	1,07	8,98		C3S2	6,74	0,47	2,60	6,88	0,39	2,65	10	
Mar-05	98	Huanguelén	Santa Ida	7,60	1,07	8,98		C3S2	6,87	0,55	3,97	6,78	0,31	4,12	11	
Oct-02	98	Cnel. Suárez	La Carreta	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,24	0,40	3,38	6,45	0,41	3,67	9	Génova 2005
Mar-03	98	Cnel. Suárez	La Carreta	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,85	0,93	8,31	6,83	0,67	9,48	10	
Oct-03	98	Cnel. Suárez	La Carreta	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,35	0,38	2,98	6,64	0,36	3,05	10	
Mar-04	98	Cnel. Suárez	La Carreta	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,80	0,40	2,21	6,80	0,40	4,58	11	
Oct-04	98	Cnel. Suárez	La Carreta	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,39	0,37	3,43	6,62	0,33	3,94	12	
Mar-05	98	Cnel. Suárez	La Carreta	7,40	0,88	3,50		C3S1	6,30	0,48	2,57	6,80	0,41	4,92	13	
Oct-02	98	Cnel. Suárez	Las Lomas	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,18	0,35	1,67	6,24	0,19	1,91	8	Génova 2005
Mar-03	98	Cnel. Suárez	Las Lomas	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,40	0,78	3,57	6,80	0,38	3,42	9	
Oct-03	98	Cnel. Suárez	Las Lomas	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,34	0,37	2,21	6,45	0,43	1,94	9	
Mar-04	98	Cnel. Suárez	Las Lomas	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,55	0,35	2,49	6,63	0,30	2,10	10	
Oct-04	98	Cnel. Suárez	Las Lomas	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,39	0,37	2,35	6,42	0,48	1,89	10	
Mar-05	98	Cnel. Suárez	Las Lomas	7,40	1,01	3,80		C3S1	6,51	0,38	2,82	6,79	0,52	2,99	11	
Nov-03	50	Balcarce	Ojo de agua. (D. Raúl)	7,36	0,92	18,10	8,70	C3S4	5,90	0,38	1,33	6,10	0,26	1,86	9	Génova 2004
Mar-04	50	Balcarce	Ojo de agua. (D. Raúl)	7,22	0,99	18,60	8,90	C3S4	7,68	0,41	5,23	7,93	0,19	5,08	10	inédito
Mar-04	50	Balcarce	Ojo de agua. (S.P.G)	7,40	1,24	22,80	10,00	C3S4	6,10	0,32	5,96	6,20	0,41	4,88	10	Génova 2004 inédito
Mar-04	50	Balcarce	Ojo de agua. (S.P.Ch)	7,60	1,13	22,00	9,20	C3S4	5,90	0,29	4,07	6,00	0,29	5,46	10	Génova 2004 inédito

Cuadro C. 11. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca	Localidad	Estancia	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo					Años de riego	Fuente	
				y lote					Horizonte superficial		Horiz. subsuperficial					
	N° de código			pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	pH	CEex (dS/m)	PSI %	pH	CEex (dS/m)	PSI %		
Mar-04	50	Balcarce	Ojo de agua.(5 Grande)	7,40	1,25	21,8	9,80	C3S4	6,20	0,23	4,29	6,40	0,77	5,47	10	Génova 2004
																inédito
Mar-04	50	Balcarce	Ojo de agua.(5 Chico)	7,60	1,00	14,00	7,70	C3S3	6,50	0,39	9,02	6,50	0,33	7,76	10	Génova 2004
				7,70	1,06	17,70	8,30	C3S4								inédito

Cuadro C. 12. Salinidad y sodicidad de las aguas subterráneas utilizadas y de los suelos regados complementariamente.

Fecha	Cuenca	Localidad	Estancia	Características del agua de riego					Salinidad-sodicidad del suelo					Años de riego	Fuente	
				y lote					Horizonte superficial		Horiz. subsuperficial					
	N° de código			pH	CEa (dS/m)	RAS	CSR me/l	Clase aptitud	pH	CEex (dS/m)	RASex	pH	CEex (dS/m)	RASex		
Ene-98	51	Necochea	Necochea Orense	7,80	4,00	29,10	5,40	C4S4		3,20			1,30			Costa, 1999
Feb-98	51	Necochea	Necochea Orense	7,80	4,00	29,10	5,40	C4S4		2,00			1,20			
Ago-98	51	Necochea	Necochea Orense	7,80	4,00	29,10	5,40	C4S4		0,40			0,50			
Ago-93	51	Alvarado	Alvarado Iranzos	8,50	1,30	15,50	8,80	C3S3			1,50		1,70	1,55	0	Costa, 1999
Ago-97	51	Alvarado	Alvarado Iranzos	8,50	1,30	15,50	8,80	C3S3			5,30		5,00	5,20	4	
Ago-98	51	Alvarado	Alvarado Iranzos	8,50	1,30	15,50	8,80	C3S3		0,32	1,80		0,29	2,20	5	
Ago-92	51	Lobería		7,70	1,60	17,40	7,90	C3S3			2,00				0	Costa, 1999
Ago-96	51	Lobería		7,70	1,60	17,40	7,90	C3S3			5,50				4	
Ago-97	51	Lobería		7,70	1,60	17,40	7,90	C3S3		0,35	5,50		0,36		5	
Ago-93	51	Necochea	Necochea Energía	7,50	2,80	19,10	6,30	C4S4			1,80			2,10	0	Costa, 1999
Ago-96	51	Necochea	Necochea Energía	7,50	2,80	19,10	6,30	C4S4			4,50			4,10	3	
Ago-97	51	Necochea	Necochea Energía	7,50	2,80	19,10	6,30	C4S4		0,45	5,20		0,59	3,90	4	
Ago-97	50	Balcarce		7,90	1,10	20,10	8,50	C3S4		0,21			0,19		6	Costa, 1999
Ago-98	50	Balcarce		7,90	1,10	20,10	8,50	C3S4		0,32			0,30		7	

Cuadro C.1.1. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados.  
Valores de pretemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEex (dS/m)	PSI
33	Oct-88	San Pedro	El Olvido	C2S2	5,50	0,22	2,40
33	Oct-89	San Pedro	El Olvido	C2S2	5,60	0,50	2,50
33	Oct-90	San Pedro	El Olvido	C2S2	5,60	0,36	2,38
33	Oct-97	San Pedro	El Olvido	C2S2	5,60	0,36	2,38
33	Oct-95	Elortondo	Santa Emilia Lote 24	C3S3	5,80	0,60	1,92
33	Oct-95	Elortondo	Santa Emilia Lote 20	C3S4	6,00	0,62	0,60
33	Oct-95	Elortondo	Santa Emilia Lote 27	C3S4	5,80	0,58	1,40
33	Oct-95	Carmen	Lamili Lote 7	C3S4	5,85	0,61	1,30
33	Oct-95	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,60	0,62	1,90
33	Oct-96	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,40	0,55	2,10
33	Oct-97	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,48	0,48	2,43
33	Oct-95	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	5,90	0,61	1,35
33	Oct-96	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	6,10	0,58	1,92
33	Oct-97	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	6,15	0,55	1,58
35	Oct-92	Pergamino	La Lucila	C2S2	5,90	0,22	1,40
35	Oct-89	Colon	Santa Ursula	C3S1	5,75	0,28	1,24
35	Oct-88	Salto	María Laura	C3S2	6,00	0,42	2,90
35	Oct-89	Salto	María Laura	C3S2	6,20	0,60	4,70
35	Oct-90	Salto	María Laura	C3S2	6,10	0,63	3,60
35	Oct-89	Salto	La Paloma	C3S2	5,90	0,28	1,10
35	Oct-89	Salto	La Paloma	C3S2	5,90	0,31	1,11
35	Oct-92	Colón	San Enrique	C3S2	6,20	0,24	1,15
35	Oct-95	Rojas	Santa Elena Lote 4	C3S2	5,75	0,47	1,55
35	Oct-95	Rojas	Santa Elena Lote 15	C3S2	5,80	0,59	1,70
35	Oct-95	Rojas	Santa Elena Lote 21	C3S2	5,90	0,68	1,60
35	Oct-95	Rojas	Santa Elena	C3S3	5,90	0,68	1,60
35	Oct-96	Rojas	Santa Elena	C3S3	5,80	0,55	2,93
36	Oct-95	C. de Areco	La Federala Lote 7	C2S2	5,65	0,50	1,55
36	Oct-95	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	5,70	0,50	1,55
36	Oct-96	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	5,70	0,45	1,65
36	Oct-97	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	5,60	0,32	1,60
36	Dic-86	C. de Areco	La Casa Vieja Agua 1	C3S2	5,40	0,35	2,14
36	Dic-86	C. de Areco	La Casa Vieja Agua 2	C3S2	5,40	0,34	2,14
36	Oct-88	C. de Areco	La Guardia	C3S2	5,70	0,25	1,39
36	Oct-89	C. de Areco	La Guardia	C3S2	5,70	0,54	2,00
36	Oct-90	C. de Areco	La Guardia	C3S2	5,80	0,40	2,32

Cuadro C.1.2. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados.  
Valores de pretemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
48	Oct-95	25 de Mayo	La Bellaca	C2S1	5,60	0,11	1,20
48	Oct-88	Junín	La Argentina	C2S2	6,20	0,88	3,33
48	Oct-89	Junín	La Argentina	C2S2	6,30	0,50	6,05
48	Oct-90	Junín	La Argentina	C2S2	6,20	0,69	4,26
48	Oct-92	Lincoln	La Diana	C3S1	5,86	0,21	1,43
48	Set-87	Chacabuco	Carquen Hue	C3S2		0,60	2,30
48	Oct-88	Chacabuco	Carquen Hue	C3S2		0,30	3,00
48	Oct-88	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,62	1,51
48	Oct-89	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,53	1,75
48	Oct-90	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,63	1,65
48	Nov-02	Gral. Lamadrid	La Granja Lote 1	C3S2	6,40	0,60	4,01
48	Nov-02	Gral. Lamadrid	La Granja Lote 2	C3S2	6,55	0,70	
48	Nov-02	Gral. Lamadrid	La Granja Lote 3	C3S2	6,45	0,43	2,68
48	Nov-02	Laprida	La Gloria Lote S. Ana	C3S2	6,30	0,33	2,98
48	Nov-02	Laprida	La Gloria Lote S. Antonio	C3S2	8,10	0,37	2,29
48	Nov-02	Laprida	La Gloria Lote 8 A	C3S2	6,30	0,49	2,55
48	Nov-02	Laprida	La Gloria Lote 11 A	C3S2	6,00	0,38	1,96
48	Oct-02	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	6,02	0,11	3,34
48	Oct-03	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	6,10	0,25	2,34
48	Oct-04	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	6,31	0,28	2,99
48	Oct-02	Laprida	La Gloria	C3S2	5,95	0,39	2,45
48	Oct-03	Laprida	La Gloria	C3S2	6,12	0,41	2,45
48	Oct-04	Laprida	La Gloria	C3S2	6,23	0,38	2,45
50	Oct-98	Balcarce	Ojo de Agua. Lote D. Raúl	C3S4	5,61	0,80	1,06
50	Oct-01	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	5,89	0,40	1,26
50	Oct-02	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	5,82	0,38	2,65
50	Oct-03	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,00	0,45	2,07
50	Oct-04	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	5,85	0,38	2,87
50	Oct-01	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	5,90	0,43	2,65
50	Oct-02	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,15	0,32	2,77
50	Oct-03	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,13	0,42	2,34
50	Oct-04	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,12	0,34	2,90
50	Nov-03	Balcarce	Ojo de Agua. Lote D. Raúl	C3S4	5,90	0,38	1,33

Cuadro C.1.3. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados.  
Valores de pretemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 16	C2S2	5,85	0,36	2,28
98	Oct-02	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,24	0,40	3,38
98	Oct-03	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,35	0,38	2,98
98	Oct-04	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,39	0,37	3,43
98	Oct-02	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,18	0,35	1,67
98	Oct-03	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,34	0,37	2,21
98	Oct-04	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,39	0,37	2,35
98	Nov-02	Cnel Suárez	La Carreta Lote 1	C3S1	7,30	0,35	3,77
98	Oct-04	Cnel Suárez	La Carreta Lote 1	C3S1	7,10	0,45	3,37
98	Nov-02	Cnel Suárez	La Carreta Lote 2	C3S1	6,40	0,45	2,99
98	Oct-04	Cnel Suárez	La Carreta Lote 2	C3S1	6,50	0,34	1,05
98	Oct-04	Cnel Suárez	La Carreta Lote 3	C3S1	6,33	0,43	1,79
98	Nov-02	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 1	C3S1	6,50	0,33	1,57
98	Oct-04	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 1	C3S1	6,80	0,24	2,55
98	Nov-02	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 2	C3S1	6,30	0,37	1,77
98	Oct-04	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 2	C3S1	6,50	0,36	2,30
98	Oct-04	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 3	C3S1	6,40	0,32	2,60
98	Oct-04	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 4	C3S1	6,50	0,46	2,50
98	Oct-95	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,80	0,28	1,75
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,80	0,41	2,19
98	Oct-97	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,80	0,37	1,87
98	Oct-95	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2	6,77	0,27	1,73
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2	6,00	0,48	2,17
98	Oct-98	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2		0,41	
98	Oct-95	Huanguelén	Santa Ida Lote 2	C3S2	7,00	0,29	1,77
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 2	C3S2	6,17	0,34	2,20
98	Oct-01	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,80	0,28	1,73
98	Oct-02	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,80	0,41	2,17
98	Oct-03	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,80	0,37	2,60
98	Oct-04	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,74	0,47	2,60
98	Oct-98	Huanguelén	Santa Ida Lote 4	C3S3		0,54	3,00
98	Jun-95	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	C3S3	6,73	0,20	1,63
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	C3S3	5,90	0,31	3,60
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 30	C3S3	5,67	0,36	1,56
98	Oct-98	Guaminí	Santa Ida Lote 39	C3S3		0,37	2,60
98	Oct-01	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,85	0,20	1,63
98	Oct-02	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,82	0,31	3,60
98	Oct-03	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,75	0,34	3,21
98	Oct-04	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,80	0,37	2,71

Cuadro C.2.1. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados.  
Valores de posttemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEex (dS/m)	PSI
33	Mar-89	San Pedro	El Olvido	C2S2	5,70	1,19	2,77
33	Mar-90	San Pedro	El Olvido	C2S2	5,80	0,25	4,17
33	Mar-91	San Pedro	El Olvido	C2S2	5,80	0,39	0,88
33	Mar-98	San Pedro	El Olvido	C2S2	5,80	0,28	0,88
33	Mar-96	Elortondo	Santa Emilia Lote 20	C3S4	5,70	0,52	4,23
33	Mar-96	Elortondo	Santa Emilia Lote 24	C3S4	5,83	0,57	5,45
33	Mar-96	Elortondo	Santa Emilia Lote 27	C3S4	5,78	0,37	3,73
33	Mar-96	Carmen	Lamili Lote 7	C3S4	5,98	0,52	2,60
33	Mar-96	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,80	0,52	5,45
33	Mar-97	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,80	0,51	5,70
33	Mar-98	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,86	0,45	5,80
33	Mar-96	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	6,00	0,62	2,43
33	Mar-97	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	6,20	0,63	3,67
33	Mar-98	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	6,22	0,58	1,38
35	Mar-96	Pergamino	La Lucila	C2S2	6,20	0,34	2,80
35	Mar-93	Colón	Santa Ursula	C3S1	5,87	0,44	3,46
35	Mar-88	Salto	María Laura	C3S2	5,80	0,40	2,90
35	Mar-89	Salto	María Laura	C3S2	6,10	0,35	2,88
35	Mar-90	Salto	María Laura	C3S2	6,00	0,31	4,00
35	Mar-91	Salto	María Laura	C3S2	6,20	0,59	3,98
35	Mar-92	Salto	La Paloma Lote Codorniz	C3S2	6,00	0,35	2,91
35	Mar-92	Salto	La Paloma Lote Bigua	C3S2	6,10	0,35	3,21
35	Mar-96	Colón	San Enrique	C3S2	6,40	0,42	4,20
35	Mar-96	Rojas	Santa Elena Lote 4	C3S2	5,88	0,40	4,03
35	Mar-96	Rojas	Santa Elena Lote 15	C3S2	5,80	0,56	4,45
35	Mar-96	Rojas	Santa Elena Lote 21	C3S2	5,93	0,43	3,80
35	Ene-87	Pergamino	EEA INTA	C3S3	5,90	0,30	1,20
35	Mar-96	Rojas	Santa Elena	C3S3	5,90	0,43	3,80
35	Mar-97	Rojas	Santa Elena	C3S3	6,00	0,51	4,10
36	Mar-96	C. de Areco	La Federala Lote 7	C2S2	5,78	0,39	4,13
36	Mar-96	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	5,80	0,39	4,13
36	Mar-97	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	6,00	0,41	4,40
36	Mar-98	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	5,60	0,35	4,58
36	Mar-87	C. de Areco	La Casa Vieja	C3S2	5,90	0,55	2,00
36	Mar-87	C. de Areco	La Casa Vieja	C3S2	6,10	0,43	3,74
36	Mar-89	C. de Areco	La Guardia	C3S2	5,90	0,58	3,72
36	Mar-90	C. de Areco	La Guardia	C3S2	6,00	0,36	4,70
36	Mar-91	C. de Areco	La Guardia	C3S2	6,10	0,36	3,10



Cuadro C.2.2. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados.  
Valores de posttemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
48	Mar-96	25 de Mayo	La Bellaca	C2S1	5,80	0,25	1,80
48	Mar-89	Junín	La Argentina	C2S2	6,50	0,67	7,59
48	Mar-90	Junín	La Argentina	C2S2	6,50	0,26	4,25
48	Mar-91	Junín	La Argentina	C2S2	6,60	0,55	6,34
48	Mar-93	Lincoln	La Diana	C3S1	6,05	0,25	2,55
48	Feb-88	Chacabuco	Carquen Hue	C3S2		0,20	6,40
48	Mar-89	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,27	3,28
48	Mar-90	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,26	2,00
48	Mar-91	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,43	0,50
48	Mar-03	Gral. Lamadrid	La Granja Lote 1	C3S2	6,10	0,83	9,33
48	Mar-03	Gral. Lamadrid	La Granja Lote 3	C3S2	5,93	0,76	4,77
48	Mar-03	Gral. Lamadrid	Santa Anita	C3S2	6,10	0,70	3,04
48	Mar-03	Laprida	La Gloria Lote S. Ana	C3S2	6,13	0,62	4,55
48	Mar-03	Laprida	La Gloria Lote S. Antonio	C3S2	6,20	0,70	5,03
48	Mar-03	Laprida	La Gloria Lote 8 A	C3S2	5,70	0,68	3,74
48	Mar-03	Laprida	La Gloria Lote 11 A	C3S2	5,77	0,38	3,51
48	Mar-03	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	6,47	0,31	1,52
48	Mar-04	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	6,52	0,35	3,88
48	Mar-05	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	6,54	0,34	3,58
48	Mar-03	Laprida	La Gloria	C3S2	6,68	0,60	4,21
48	Mar-04	Laprida	La Gloria	C3S2	6,64	0,54	3,22
48	Mar-05	Laprida	La Gloria	C3S2	6,88	0,56	4,21
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua. Lote 5 Chico	C3S3	6,50	0,39	9,02
50	Mar-99	Balcarce	Ojo de Agua. Lote D. Raúl	C3S4	5,89	0,49	2,12
50	Mar-02	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	5,90	0,49	4,88
50	Mar-03	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,12	0,79	4,62
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,20	0,80	5,23
50	Mar-05	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,15	0,53	4,97
50	Mar-02	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,23	0,51	4,34
50	Mar-03	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,39	0,71	4,98
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,48	0,75	5,47
50	Mar-05	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,89	0,62	3,99
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua. Lote Don Raúl	C3S4	7,68	0,41	5,23
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua. Lote SPGrande	C3S4	6,10	0,32	5,96
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua. Lote SPChico	C3S4	5,90	0,29	4,07
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua. Lote 5 Grande	C3S4	6,20	0,23	4,29

Cuadro C.2.3. Salinidad y sodicidad del horizonte superficial de los suelos regados.  
Valores de posttemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
98	Mar-97	Huanguelén	Santa Ida Lote 16	C2S2	5,97	0,34	4,40
98	Mar-99	Huanguelén	Santa Ida Lote 16	C2S2	6,40	0,41	5,30
98	Mar-03	Cnel Suárez	La Carreta Lote 1	C3S1	6,27	0,85	9,01
98	Mar-03	Cnel Suárez	La Carreta Lote 2	C3S1	6,20	1,00	7,61
98	Mar-03	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 1	C3S1	6,10	0,80	4,00
98	Mar-03	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 2	C3S1	6,27	0,75	3,14
98	Mar-03	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,85	0,93	8,31
98	Mar-04	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,80	0,40	2,21
98	Mar-05	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,30	0,48	2,57
98	Mar-03	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,40	0,78	3,57
98	Mar-04	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,55	0,35	2,49
98	Mar-05	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,51	0,38	2,82
98	Mar-96	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,70	0,60	5,62
98	Mar-97	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,60	0,40	3,80
98	Mar-98	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	7,10	0,43	4,10
98	Mar-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2	6,40	0,69	5,70
98	Mar-98	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2		0,41	
98	Mar-99	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2		0,63	
98	Mar-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 2	C3S2	6,8	0,52	5,47
98	Mar-02	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,70	0,60	5,70
98	Mar-03	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,60	0,40	4,05
98	Mar-04	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	7,10	0,43	3,73
98	Mar-05	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,87	0,55	3,97
98	Mar-99	Huanguelén	Santa Ida Lote 4	C3S3		0,55	3,66
98	Mar-04	Huanguelén	Santa Ida Lote 4	C3S3		0,55	2,70
98	Dic-95	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	C3S3	6,77	0,39	1,83
98	Mar-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	C3S3	6,60	0,35	4,10
98	Mar-99	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	C3S3	6,64	0,31	3,80
98	Mar-97	Huanguelén	Santa Ida Lote 30	C3S3	5,90	0,42	5,20
98	Mar-99	Huanguelén	Santa Ida Lote 30	C3S3	6,20	0,47	5,20
98	Mar-99	Guaminí	Santa Ida Lote 39	C3S3		0,55	6,90
98	Mar-04	Guaminí	Santa Ida Lote 39	C3S3		0,71	2,42
98	Mar-04	Huanguelén	Santa Ida Lote 7	C3S3	5,90	1,11	0,53
98	Mar-04	Huanguelén	Santa Ida Lote 8	C3S3	5,80	0,83	2,40
98	Mar-04	Guaminí	Santa Ida Lote 39	C3S3	5,90	0,71	2,45
98	Mar-04	Huanguelén	Santa Ida Lote 7-8	C3S3	5,90	0,96	1,79
98	Mar-02	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,93	0,39	1,83
98	Mar-03	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,95	0,35	4,10
98	Mar-04	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,95	0,67	6,60
98	Mar-05	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,91	0,71	3,80

Cuadro D.1.1. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados.  
Valores de pretemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
33	Oct-88	San Pedro	El Olvido	C2S2	6,00	0,11	2,50
33	Oct-89	San Pedro	El Olvido	C2S2	6,10	0,40	2,30
33	Oct-90	San Pedro	El Olvido	C2S2	5,90	0,28	2,22
33	Oct-97	San Pedro	El Olvido	C2S2	5,90	0,39	2,22
33	Oct-95	Elortondo	Santa Emilia Lote 24	C3S3	5,75	0,67	1,75
33	Oct-95	Elortondo	Santa Emilia Lote 20	C3S4	6,00	0,58	0,53
33	Oct-95	Elortondo	Santa Emilia Lote 27	C3S4	5,80	0,56	0,55
33	Oct-95	Carmen	Lamili Lote 7	C3S4	5,85	0,59	1,40
33	Oct-95	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,60	0,58	1,70
33	Oct-96	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,50	0,49	1,75
33	Oct-97	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,57	0,40	2,10
33	Oct-95	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	5,90	0,59	1,40
33	Oct-96	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	6,20	0,55	1,96
33	Oct-97	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	6,10	0,51	3,41
35	Oct-92	Pergamino	La Lucila	C2S2	6,10	0,22	1,30
35	Oct-89	Colon	Santa Ursula	C3S1	5,80	0,29	1,29
35	Oct-88	Salto	María Laura	C3S2	6,10	0,43	3,15
35	Oct-89	Salto	María Laura	C3S2	6,10	0,31	2,90
35	Oct-90	Salto	María Laura	C3S2	5,90	0,35	3,00
35	Oct-89	Salto	La Paloma	C3S2	5,80	0,26	1,15
35	Oct-89	Salto	La Paloma	C3S2	5,90	0,32	1,18
35	Oct-92	Colón	San Enrique	C3S2	6,20	0,25	1,32
35	Oct-95	Rojas	Santa Elena Lote 4	C3S2	5,75	0,43	1,60
35	Oct-95	Rojas	Santa Elena Lote 15	C3S2	5,90	0,73	1,17
35	Oct-95	Rojas	Santa Elena Lote 21	C3S2	5,83	0,62	1,33
35	Oct-95	Rojas	Santa Elena	C3S3	5,80	0,62	1,33
35	Oct-96	Rojas	Santa Elena	C3S3	5,70	0,54	2,71
36	Oct-95	C. de Areco	La Federala Lote 7	C2S2	5,55	0,47	1,55
36	Oct-95	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	5,60	0,47	1,55
36	Oct-96	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	5,80	0,42	1,59
36	Oct-97	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	5,60	0,30	1,72
36	Dic-86	C. de Areco	La Casa Vieja Agua 1	C3S2	5,85	0,38	1,60
36	Dic-86	C. de Areco	La Casa Vieja Agua 2	C3S2	5,85	0,36	1,60
36	Oct-88	C. de Areco	La Guardia	C3S2	5,80	0,29	1,62
36	Oct-89	C. de Areco	La Guardia	C3S2	6,10	0,26	2,20
36	Oct-90	C. de Areco	La Guardia	C3S2	5,80	0,36	2,48

Cuadro D.1.2. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados.  
Valores de pretemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
48	Oct-95	25 de Mayo	La Bellaca	C2S1	5,70	0,15	1,20
48	Oct-88	Junín	La Argentina	C2S2	7,40	0,63	1,61
48	Oct-89	Junín	La Argentina	C2S2	7,70	0,29	2,90
48	Oct-90	Junín	La Argentina	C2S2	7,50	0,56	2,30
48	Oct-92	Lincoln	La Diana	C3S1	6,12	0,31	1,52
48	Set-87	Chacabuco	Carquen Hue	C3S2		0,50	2,50
48	Oct-88	Chacabuco	Carquen Hue	C3S2		0,40	2,40
48	Oct-88	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,93	1,67
48	Oct-89	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,29	2,12
48	Oct-90	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,41	2,25
48	Nov-02	Gral. Lamadrid	La Granja Lote 1	C3S2	7,25	0,39	5,10
48	Nov-02	Gral. Lamadrid	La Granja Lote 2	C3S2	7,25	0,29	10,90
48	Nov-02	Gral. Lamadrid	La Granja Lote 3	C3S2	7,20	0,27	3,26
48	Nov-02	Laprida	La Gloria Lote S. Ana	C3S2	7,20	0,43	2,89
48	Nov-02	Laprida	La Gloria Lote S. Antonio	C3S2	8,10	0,55	3,11
48	Nov-02	Laprida	La Gloria Lote 8 A	C3S2	6,60	0,35	1,94
48	Nov-02	Laprida	La Gloria Lote 11 A	C3S2	7,00	0,24	6,88
48	Oct-02	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	6,34	0,43	4,18
48	Oct-03	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	6,54	0,44	4,05
48	Oct-04	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	6,45	0,44	3,11
48	Oct-02	Laprida	La Gloria	C3S2	6,31	0,39	3,71
48	Oct-03	Laprida	La Gloria	C3S2	6,30	0,48	3,71
48	Oct-04	Laprida	La Gloria	C3S2	6,46	0,69	2,48
50	Oct-98	Balcarce	Ojo de Agua. Lote D. Raúl	C3S4	6,15	0,43	1,55
50	Oct-01	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,77	0,33	1,66
50	Oct-02	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,20	0,34	1,7
50	Oct-03	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,22	0,39	1,99
50	Oct-04	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	5,96	0,26	2,11
50	Oct-01	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,40	0,38	1,87
50	Oct-02	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,35	0,30	2,08
50	Oct-03	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,44	0,36	2,2
50	Oct-04	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	5,91	0,31	1,98
50	Nov-03	Balcarce	Ojo de Agua. Lote D. Raúl	C3S4	6,10	0,26	1,86

Cuadro D.1.3. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados.  
Valores de pretemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 16	C2S2	5,93	0,34	2,03
98	Oct-02	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,45	0,41	3,67
98	Oct-03	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,64	0,36	3,05
98	Oct-04	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,62	0,33	3,94
98	Oct-02	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,24	0,19	1,91
98	Oct-03	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,45	0,43	1,94
98	Oct-04	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,42	0,48	1,89
98	Nov-02	Cnel Suárez	La Carreta Lote 1	C3S1	6,50	0,55	4,25
98	Oct-04	Cnel Suárez	La Carreta Lote 1	C3S1	6,80	0,41	4,97
98	Nov-02	Cnel Suárez	La Carreta Lote 2	C3S1	7,15	0,27	3,09
98	Oct-04	Cnel Suárez	La Carreta Lote 2	C3S1	6,80	0,38	4,19
98	Oct-04	Cnel Suárez	La Carreta Lote 3	C3S1	6,60	0,26	1,49
98	Nov-02	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 1	C3S1	6,80	0,18	2,27
98	Oct-04	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 1	C3S1	6,70	0,21	1,76
98	Nov-02	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 2	C3S1	6,80	0,19	1,54
98	Oct-04	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 2	C3S1	6,60	0,32	2,44
98	Oct-04	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 3	C3S1	6,50	0,33	1,85
98	Oct-04	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 4	C3S1	6,70	0,35	2,35
98	Oct-95	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	7,10	0,29	1,57
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,80	0,33	3,30
98	Oct-97	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,90	0,35	2,14
98	Oct-95	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2	7,07	0,28	1,6
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2	6,00	0,37	3,7
98	Oct-98	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2		0,39	
98	Oct-95	Huanguelén	Santa Ida Lote 2	C3S2	7,17	0,30	1,53
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 2	C3S2	6,33	0,30	2,93
98	Oct-01	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	7,10	0,29	1,6
98	Oct-02	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,80	0,33	3,7
98	Oct-03	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,90	0,35	2,75
98	Oct-04	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,88	0,39	2,65
98	Oct-98	Huanguelén	Santa Ida Lote 4	C3S3		0,34	3,20
98	Jun-95	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	C3S3	7,03	0,26	1,67
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	C3S3	5,97	0,31	1,83
98	Oct-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 30	C3S3	5,78	0,28	1,93
98	Oct-98	Guaminí	Santa Ida Lote 39	C3S3		0,32	3,30
98	Oct-01	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,90	0,26	1,67
98	Oct-02	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,92	0,31	1,83
98	Oct-03	Guaminí	Santa Ida	C3S3	7,05	0,34	3,85
98	Oct-04	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,82	0,32	3,11

Cuadro D.2.1. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados.  
Valores de postemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
33	Mar-89	San Pedro	El Olvido	C2S2	6,10	0,26	2,29
33	Mar-90	San Pedro	El Olvido	C2S2	6,00	0,20	3,10
33	Mar-91	San Pedro	El Olvido	C2S2	6,10	0,7	1,35
33	Mar-98	San Pedro	El Olvido	C2S2	6,10	0,7	1,35
33	Mar-96	Elortondo	Santa Emilia Lote 20	C3S4	5,75	0,35	1,48
33	Mar-96	Elortondo	Santa Emilia Lote 24	C3S4	5,82	0,47	1,98
33	Mar-96	Elortondo	Santa Emilia Lote 27	C3S4	5,75	0,43	2,88
33	Mar-96	Carmen	Lamili Lote 7	C3S4	6,10	0,51	1,43
33	Mar-96	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,80	0,35	1,98
33	Mar-97	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,90	0,33	1,86
33	Mar-98	Elortondo	Santa Emilia	C3S4	6,90	0,41	3,10
33	Mar-96	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	6,10	0,51	1,43
33	Mar-97	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	6,20	0,58	3,68
33	Mar-98	Carmen	Lamili Lote 8	C3S4	6,25	0,50	3,56
35	Mar-96	Pergamino	La Lucila	C2S2	6,10	0,31	3,10
35	Mar-93	Colón	Santa Ursula	C3S1	5,88	0,33	3,03
35	Mar-88	Salto	María Laura	C3S2	5,80	0,40	3,10
35	Mar-89	Salto	María Laura	C3S2	6,20	0,40	3,12
35	Mar-90	Salto	María Laura	C3S2	6,10	0,22	3,33
35	Mar-91	Salto	María Laura	C3S2	6,00	0,64	2,62
35	Mar-92	Salto	La Paloma Lote Codorniz	C3S2	6,00	0,41	2,87
35	Mar-92	Salto	La Paloma Lote Bigua	C3S2	6,10	0,30	3,30
35	Mar-96	Colón	San Enrique	C3S2	6,40	0,46	3,98
35	Mar-96	Rojas	Santa Elena Lote 4	C3S2	5,83	0,53	2,63
35	Mar-96	Rojas	Santa Elena Lote 15	C3S2	5,93	0,46	2,25
35	Mar-96	Rojas	Santa Elena Lote 21	C3S2	5,93	0,52	2,68
35	Mar-96	Rojas	Santa Elena	C3S3	5,90	0,52	2,68
35	Mar-97	Rojas	Santa Elena	C3S3	5,90	0,53	3,10
36	Mar-96	C. de Areco	La Federala Lote 7	C2S2	5,830	0,320	3,250
36	Mar-96	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	5,80	0,32	3,25
36	Mar-97	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	6,10	0,33	3,40
36	Mar-98	C. de Areco	La Federala Lote 6	C2S2	5,90	0,29	3,43
36	Mar-87	C. de Areco	La Casa Vieja	C3S2	5,95	0,42	1,99
36	Mar-87	C. de Areco	La Casa Vieja	C3S2	5,85	0,44	2,62
36	Mar-89	C. de Areco	La Guardia	C3S2	6,10	0,22	2,72
36	Mar-90	C. de Areco	La Guardia	C3S2	5,90	0,22	3,85
36	Mar-91	C. de Areco	La Guardia	C3S2	6,00	0,35	3,10

Cuadro D.2.2. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados.  
Valores de posttemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
48	Mar-96	25 de Mayo	La Bellaca	C2S1	5,80	0,26	2,20
48	Mar-89	Junín	La Argentina	C2S2	7,50	0,25	2,36
48	Mar-90	Junín	La Argentina	C2S2	7,90	0,60	3,10
48	Mar-91	Junín	La Argentina	C2S2	7,70	0,41	3,36
48	Mar-93	Lincoln	La Diana	C3S1	6,00	0,29	2,68
48	Feb-88	Chacabuco	Carquen Hue	C3S2		0,30	4,70
48	Mar-89	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,23	3,03
48	Mar-90	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,20	3,15
48	Mar-91	Chacabuco	La Amelia	C3S2		0,36	1,00
48	Mar-03	Gral. Lamadrid	La Granja Lote 1	C3S2	6,40	0,49	10,04
48	Mar-03	Gral. Lamadrid	La Granja Lote 3	C3S2	6,27	0,43	5,39
48	Mar-03	Gral. Lamadrid	Santa Anita	C3S2	6,25	0,54	2,95
48	Mar-03	Laprida	La Gloria Lote S. Ana	C3S2	6,10	0,52	4,31
48	Mar-03	Laprida	La Gloria Lote S. Antonio	C3S2	6,90	0,80	4,00
48	Mar-03	Laprida	La Gloria Lote 8 A	C3S2	5,90	0,50	4,05
48	Mar-03	Laprida	La Gloria Lote 11 A	C3S2	6,33	0,76	3,92
48	Mar-03	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	7,23	0,6	4,36
48	Mar-04	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	6,68	0,6	4,67
48	Mar-05	Gral. Lamadrid	La Granja	C3S2	7,12	0,64	4,67
48	Mar-03	Laprida	La Gloria	C3S2	7,23	0,65	4,07
48	Mar-04	Laprida	La Gloria	C3S2	6,87	0,62	4,35
48	Mar-05	Laprida	La Gloria	C3S2	6,98	0,63	4,08
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua. Lote 5 Chico	C3S3	6,50	0,33	7,76
50	Mar-99	Balcarce	Ojo de Agua. Lote D. Raúl	C3S4	6,31	0,36	1,99
50	Mar-02	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,10	0,36	3,06
50	Mar-03	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,60	0,43	2,16
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,86	0,72	5,08
50	Mar-05	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,90	0,26	4,35
50	Mar-02	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,34	0,45	4,06
50	Mar-03	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,78	0,52	2,35
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,78	0,75	4,88
50	Mar-05	Balcarce	Ojo de agua	C3S4	6,85	0,32	4,12
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua. Lote Don Raúl	C3S4	6,20	0,41	4,88
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua. Lote SPGrande	C3S4	6,00	0,29	5,46
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua. Lote SPChico	C3S4	6,40	0,77	5,47
50	Mar-04	Balcarce	Ojo de agua. Lote 5 Grande	C3S4	6,50	0,33	7,76

Cuadro D.2.3. Salinidad y sodicidad del horizonte subsuperficial de los suelos regados.  
Valores de posttemporada de riego.

Código	Fecha	Lugar	Estancia	Clase de agua	pH	CEx (dS/m)	PSI
98	Mar-97	Huanguelén	Santa Ida Lote 16	C2S2	5,98	0,39	4,80
98	Mar-99	Huanguelén	Santa Ida Lote 16	C2S2	7,00	0,44	5,10
98	Mar-03	Cnel Suárez	La Carreta Lote 1	C3S1	6,50	0,84	8,49
98	Mar-03	Cnel Suárez	La Carreta Lote 2	C3S1	6,40	0,5	10,47
98	Mar-03	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 1	C3S1	6,20	0,40	3,23
98	Mar-03	Cnel. Suárez	Las Lomas Lote 2	C3S1	6,27	0,33	3,61
98	Mar-03	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,83	0,67	9,48
98	Mar-04	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,80	0,40	4,58
98	Mar-05	Cnel. Suárez	La Carreta	C3S1	6,80	0,41	4,92
98	Mar-03	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,80	0,38	3,42
98	Mar-04	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,63	0,30	2,10
98	Mar-05	Cnel. Suárez	Las Lomas	C3S1	6,79	0,52	2,99
98	Mar-96	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	7,20	0,51	4,91
98	Mar-97	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,90	0,39	4,00
98	Mar-98	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,80	0,39	4,35
98	Mar-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2	6,70	0,54	3,80
98	Mar-99	Huanguelén	Santa Ida Lote 1	C3S2		0,88	
98	Mar-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 2	C3S2	6,97	0,47	6,07
98	Mar-02	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	7,20	0,51	3,80
98	Mar-03	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,90	0,39	3,98
98	Mar-04	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,80	0,39	3,21
98	Mar-05	Huanguelén	Santa Ida	C3S2	6,78	0,31	4,12
98	Mar-99	Huanguelén	Santa Ida Lote 4	C3S3		0,88	3,12
98	Mar-04	Huanguelén	Santa Ida Lote 4	C3S3		0,31	2,90
98	Dic-95	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	C3S3	6,07	0,32	1,87
98	Mar-96	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	C3S3	6,25	0,36	3,60
98	Mar-99	Huanguelén	Santa Ida Lote 9	C3S3	6,72	0,33	4,40
98	Mar-97	Huanguelén	Santa Ida Lote 30	C3S3	5,86	0,33	4,70
98	Mar-99	Huanguelén	Santa Ida Lote 30	C3S3	5,80	0,41	4,50
98	Mar-99	Guaminí	Santa Ida Lote 39	C3S3		0,35	8,10
98	Mar-04	Guaminí	Santa Ida Lote 39	C3S3		0,53	2,92
98	Mar-04	Huanguelén	Santa Ida Lote 7	C3S3	6,00	0,80	0,63
98	Mar-04	Huanguelén	Santa Ida Lote 8	C3S3	5,90	0,57	0,63
98	Mar-04	Guaminí	Santa Ida Lote 39	C3S3	6,15	0,52	2,92
98	Mar-04	Huanguelén	Santa Ida Lote 7-8	C3S3	6,10	0,79	1,18
98	Mar-02	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,90	0,32	1,87
98	Mar-03	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,83	0,36	3,60
98	Mar-04	Guaminí	Santa Ida	C3S3	7,10	0,72	8,25
98	Mar-05	Guaminí	Santa Ida	C3S3	6,98	0,53	4,26



Cuadro E.1.1 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 33.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>33</b>	7,36	0,75	7,20	C2S2	Pre	5,575	0,360	2,415
					Post	5,775	0,528	2,175
	7,53	1,02	15,40	C3S3	Pre	5,800	0,600	1,920
					Post			
	7,78	1,22	20,45	C3S4	Pre	6,142	0,578	1,620
					Post	6,217	0,529	4,044

Cuadro E.1.2 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 35.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>35</b>	7,20	0,72	8,20	C2S2	Pre	5,900	0,220	1,400
					Post	6,200	0,340	2,800
	7,40	0,96	3,60	C3S1	Pre	5,750	0,280	1,240
					Post	5,870	0,440	3,460
	7,85	0,98	10,38	C3S2	Pre	5,972	0,469	2,157
					Post	6,021	0,416	3,636
		1,20	12,45	C3S3	Pre	5,850	0,615	2,265
					Post	5,933	0,413	3,033

Cuadro E.1.3 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 36.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>36</b>	7,52	0,70	6,95	C2S2	Pre	5,663	0,443	1,588
					Post	5,795	0,385	4,310
	8,00	0,93	9,78	C3S2	Pre	5,600	0,376	1,998
					Post	6,000	0,456	3,452

Cuadro E.1.4 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 48.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>48</b>	7,30	0,66	2,20	C2S1	Pre	5,600	0,110	1,200
					Post	5,800	0,250	1,800
	8,24	0,68	10,20	C2S2	Pre	6,233	0,690	4,547
					Post	6,533	0,493	6,060
	7,70	0,97	5,50	C3S1	Pre	5,860	0,210	1,430
					Post	6,050	0,250	2,550
	7,50	1,19	7,78	C3S2	Pre	6,372	0,433	2,512
					Post	6,282	0,502	3,928

Cuadro E.1.5 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 50.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>50</b>	7,60	1,00	14,00	C3S3	Pre			
					Post	6,500	0,390	9,020
	7,48	1,10	20,06	C3S4	Pre	5,937	0,430	2,190
					Post	6,318	0,534	4,627

Cuadro E.1.6 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 98.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>98</b>	8,00	0,75	7,83	C2S2	Pre	5,850	0,360	2,280
					Post	6,185	0,375	4,850
	7,40	0,95	3,65	C3S1	Pre	6,501	0,373	2,487
					Post	6,425	0,672	4,573
	7,77	1,11	9,05	C3S2	Pre	6,680	0,365	2,071
					Post	6,763	0,515	4,682
	7,97	1,25	11,97	C3S3	Pre	6,503	0,333	2,616
					Post	6,412	0,590	3,489

Cuadro F.1.1 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 33.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>33</b>	7,36	0,75	7,20	C2S2	Pre	5,975	0,295	2,310
					Post	6,075	0,465	2,023
	7,53	1,02	15,40	C3S3	Pre	5,750	0,670	1,750
					Post			
	7,78	1,22	20,45	C3S4	Pre	6,169	0,539	1,644
					Post	6,257	0,444	2,338

Cuadro F.1.2 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 35.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>35</b>	7,20	0,72	8,20	C2S2	Pre	6,100	0,220	1,300
					Post	6,100	0,310	3,100
	7,40	0,96	3,60	C3S1	Pre	5,800	0,290	1,290
					Post	5,880	0,330	3,030
	7,85	0,98	10,38	C3S2	Pre	5,942	0,411	1,867
					Post	6,029	0,434	2,988
		1,20	12,45	C3S3	Pre	5,750	0,580	2,020
					Post	5,900	0,525	2,890

Cuadro F.1.3 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 36.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>36</b>	7,52	0,70	6,95	C2S2	Pre	5,638	0,415	1,603
					Post	5,908	0,315	3,333
	8,00	0,93	9,78	C3S2	Pre	5,880	0,330	1,900
					Post	5,960	0,330	2,854

Cuadro F.1.4 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 48.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>48</b>	7,30	0,66	2,20	C2S1	Pre	5,700	0,150	1,200
					Post	5,800	0,260	2,200
	8,24	0,68	10,20	C2S2	Pre	7,533	0,493	2,270
					Post	7,700	0,420	2,940
	7,70	0,97	5,50	C3S1	Pre	6,120	0,310	1,520
					Post	6,000	0,290	2,680
	7,50	1,19	7,78	C3S2	Pre	6,846	0,440	3,681
					Post	6,635	0,522	4,279

Cuadro F.1.5 . Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 50.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>50</b>	7,60	1,00	14,00	C3S3	Pre			
					Post	6,500	0,330	7,760
	7,48	1,10	20,06	C3S4	Pre	6,250	0,336	1,900
					Post	6,509	0,459	4,278

Cuadro F.1.6. Valores medios de los indicadores de salinidad y sodicidad de las aguas y del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en pretemporada y posttemporada de riego. Cuenca 98.

Codigo de cuenca	Agua de riego				Suelos			
	pH	CEa (dS/m)	RAS	Clase	Epoca	pH	CEex (dS/m)	PSI
<b>98</b>	8,00	0,75	7,83	C2S2	Pre	5,930	0,340	2,030
					Post	6,490	0,415	4,950
	7,40	0,95	3,65	C3S1	Pre	6,634	0,332	2,741
					Post	6,602	0,475	5,329
	7,77	1,11	9,05	C3S2	Pre	6,823	0,331	2,497
					Post	6,917	0,478	4,249
	7,97	1,25	11,97	C3S3	Pre	6,639	0,304	2,488
					Post	6,358	0,496	3,497

Cuadro G.1.1. Valores medios de los indicadores del perfil total de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada, de las cuencas 33, 35 y 36.

Clase de agua	Estancia	Inicial			Pretemporada			Posttemporada		
		A pH	A CEex (dS/m)	A PSI %	B pH	B CEex (dS/m)	B PSI %	C pH	C CEex (dS/m)	C PSI %
Cuenca 33. Arroyos del sudeste de Santa Fe y norte de Buenos Aires.										
C2S2	El Olvido	5,50	0,19	1,62	5,57	0,36	2,43	5,77	0,61	2,61
C2S2	El Olvido	5,90	0,2	2,27	5,98	0,3	2,31	6,08	0,47	2,02
C2S2	El Olvido	5,70	0,20	1,95	5,77	0,33	2,37	5,92	0,54	2,31
C3S4	S Emilia	6,00	0,25	1,47	6,49	0,55	2,14	6,82	0,49	5,65
C3S4	S Emilia	6,10	0,23	1,34	6,56	0,49	1,85	6,87	0,36	2,31
C3S4	S Emilia	6,05	0,24	1,41	6,53	0,52	2,00	6,84	0,43	3,98
C3S4	Lamili	5,80	0,27	1,29	6,05	0,58	1,62	6,14	0,61	2,49
C3S4	Lamili	5,90	0,21	1,32	6,07	0,55	2,26	6,18	0,53	2,89
C3S4	Lamili	5,85	0,24	1,31	6,06	0,57	1,94	6,16	0,57	2,69
Cuenca 35. Cuenca del Río Arrecifes.										
C2S2	La Lucila	5,45	0,20	1,90	5,90	0,22	1,40	6,20	0,34	2,80
C2S2	La Lucila	5,75	0,18	2,28	6,10	0,22	1,30	6,10	0,31	3,10
C2S2	La Lucila	5,60	0,19	2,09	6,00	0,22	1,35	6,15	0,33	2,95
C3S1	S. Ursula	6,00	0,27	2,03	5,75	0,28	1,24	5,87	0,44	3,46
C3S1	S. Ursula	6,18	0,22	2,45	5,80	0,29	1,29	5,88	0,33	3,03
C3S1	S. Ursula	6,09	0,25	2,24	5,78	0,29	1,27	5,88	0,39	3,25
C3S2	M. Laura	6,00	0,23	1,10	6,10	0,55	3,73	6,08	0,40	3,44
C3S2	M. Laura	6,10	0,22	1,08	6,03	0,36	3,02	6,03	0,42	3,04
C3S2	M. Laura	6,05	0,23	1,09	6,07	0,46	3,38	6,05	0,41	3,24
C3S2	La Paloma	6,10	0,24	1,19	5,90	0,30	1,11	6,05	0,35	3,06
C3S2	La Paloma	6,30	0,21	1,11	5,85	0,29	1,17	6,05	0,36	3,09
C3S2	La Paloma	6,20	0,23	1,15	5,88	0,29	1,14	6,05	0,35	3,07
C3S2	S. Enrique	6,10	0,25	1,23	6,20	0,24	1,15	6,40	0,42	4,20
C3S2	S. Enrique	6,20	0,23	1,25	6,20	0,25	1,32	6,40	0,46	3,98
C3S2	S. Enrique	6,15	0,24	1,24	6,20	0,25	1,24	6,40	0,44	4,09
C3S3	Sta. Elena	5,40	0,26	1,99	5,85	0,62	2,27	5,95	0,47	3,95
C3S3	Sta. Elena	5,60	0,24	2,50	5,75	0,58	2,02	5,90	0,53	2,89
C3S3	Sta. Elena	5,50	0,25	2,25	5,80	0,60	2,14	5,93	0,50	3,42
Cuenca 36. Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.										
C2S2	L.Federala	5,60	0,23	1,36	5,67	0,42	1,60	5,80	0,38	4,37
C2S2	L.Federala	5,80	0,22	1,65	5,67	0,40	1,62	5,93	0,31	3,36
C2S2	L.Federala	5,70	0,23	1,51	5,67	0,41	1,61	5,87	0,35	3,87
C3S2	Casa Vieja	5,70	0,28	1,60	5,40	0,35	2,14	6,00	0,49	2,87
C3S2	Casa Vieja	5,85	0,23	1,87	5,85	0,37	1,60	5,90	0,43	2,30
C3S2	Casa Vieja	5,78	0,26	1,74	5,63	0,36	1,87	5,95	0,46	2,59
C3S2	La Guardia	5,60	0,25	1,31	5,73	0,40	1,90	6,00	0,43	3,84
C3S2	La Guardia	5,80	0,22	1,73	5,90	0,30	2,10	6,00	0,26	3,22
C3S2	La Guardia	5,70	0,24	1,52	5,82	0,35	2,00	6,00	0,35	3,53

Cuadro G.1.2. Valores medios de los indicadores del perfil total de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada, de las cuencas 48, 50 y 98.

Clase de agua	Estancia	Inicial			Pretemporada			Posttemporada		
		A pH	A CEex (dS/m)	A PSI %	B pH	B CEex (dS/m)	B PSI %	C pH	C CEex (dS/m)	C PSI %
Cuenca 48. Cuenca del Río Salado de Buenos										
C2S1	La Bellaca	6,50	0,32	1,60	5,60	0,11	1,20	5,80	0,25	1,80
C2S1	La Bellaca	6,90	0,27	4,60	5,70	0,25	1,20	5,80	0,26	2,20
C2S1	La Bellaca	6,70	0,30	3,10	5,65	0,18	1,20	5,80	0,26	2,00
C2S2	L Argentina	6,30	0,30	3,90	6,23	0,69	4,55	6,53	0,49	6,06
C2S2	L Argentina	7,30	0,32	2,71	7,53	0,49	2,27	7,70	0,42	2,94
C2S2	L Argentina	6,80	0,31	3,31	6,88	0,59	3,41	7,12	0,46	4,50
C3S1	La Diana	6,65	0,29	3,70	5,86	0,21	1,43	6,05	0,25	2,55
C3S1	La Diana	6,80	0,29	2,35	6,12	0,31	1,52	6,00	0,30	2,68
C3S1	La Diana	6,73	0,29	3,03	5,99	0,26	1,48	6,03	0,28	2,62
C3S2	La Amelia	5,90	0,21	1,32	s/d	0,59	1,64	s/d	0,32	1,93
C3S2	La Amelia	6,15	0,18	1,78	s/d	0,54	2,01	s/d	0,26	2,39
C3S2	La Amelia	6,03	0,20	1,55	s/d	0,57	1,83	s/d	0,29	2,16
C3S2	La Granja	5,90	0,15	1,24	6,14	0,21	2,89	6,51	0,33	2,99
C3S2	La Granja	6,20	0,23	1,45	6,44	0,44	3,78	7,01	0,61	4,57
C3S2	La Granja	6,05	0,19	1,35	6,29	0,33	3,34	6,76	0,47	3,78
C3S2	La Gloria	5,85	0,22	1,32	6,10	0,39	2,45	6,73	0,57	3,88
C3S2	La Gloria	6,15	0,31	1,56	6,36	0,52	3,30	7,03	0,63	4,17
C3S2	La Gloria	6,00	0,27	1,44	6,23	0,46	2,88	6,88	0,60	4,02
Cuenca 50. Cuenca de los Arroyos del Sudoeste de Buenos										
C3S4	O. de agua	5,65	0,25	1,02	5,89	0,40	2,21	6,09	0,65	4,93
C3S4	O. de agua	6,37	0,22	1,55	6,29	0,33	1,87	6,62	0,44	3,66
C3S4	O. de agua	6,01	0,24	1,29	6,09	0,37	2,04	6,35	0,55	4,29
C3S4	O. de agua	5,80	0,22	1,23	6,08	0,38	2,67	6,50	0,65	4,70
C3S4	O. de agua	5,90	0,19	1,60	6,28	0,34	2,03	6,69	0,51	3,85
C3S4	O. de agua	5,85	0,21	1,42	6,18	0,36	2,35	6,59	0,58	4,27
Cuenca 98. Región Lagunar del Sudoeste de Buenos Aires										
C3S1	La Carreta	6,33	0,43	1,79	6,33	0,38	3,26	6,65	0,60	4,36
C3S1	La Carreta	6,60	0,26	1,49	6,57	0,37	3,55	6,81	0,49	6,33
C3S1	La Carreta	6,47	0,35	1,64	6,45	0,38	3,41	6,73	0,55	5,35
C3S1	Las Lomas	6,45	0,41	1,75	6,30	0,36	2,08	6,49	0,50	2,96
C3S1	Las Lomas	6,55	0,28	1,46	6,37	0,37	1,91	6,74	0,40	2,84
C3S1	Las Lomas	6,50	0,35	1,61	6,34	0,37	2,00	6,61	0,45	2,90
C3S3	Santa Ida	6,82	0,21	1,27	6,62	0,31	2,95	6,73	0,51	4,31
C3S3	Santa Ida	6,82	0,20	1,38	6,73	0,31	2,46	6,73	0,45	4,54
C3S3	Santa Ida	6,82	0,21	1,33	6,68	0,31	2,70	6,73	0,48	4,42

Cuadro G.1.3. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada, de las cuencas 33, 35 y 36.

Clase de agua	Estancia	Inicial			Fecha	Pretemporada			Fecha	Posttemporada		
		A	A	A		B	B	B		C	C	C
		pH	CEex (dS/m)	PSI %		pH	CEex (dS/m)	PSI %		pH	CEex (dS/m)	PSI %
Cuenca 33. Arroyos del sudeste de Santa Fe y norte de Buenos Aires.												
C2S2	El Olvido				Oct-88	5,50	0,22	2,40	Mar-89	5,70	1,19	2,77
C2S2	El Olvido				Oct-89	5,60	0,50	2,50	Mar-90	5,80	0,25	4,17
C2S2	El Olvido				Oct-90	5,60	0,36	2,38	Mar-91	5,80	0,39	0,88
C2S2	El Olvido	5,50	0,19	1,62	Prom.	5,57	0,36	2,43	Prom.	5,77	0,61	2,61
C3S4	S Emilia				Oct-95	6,60	0,62	1,90	Mar-96	6,80	0,52	5,45
C3S4	S Emilia				Oct-96	6,40	0,55	2,10	Mar-97	6,80	0,51	5,70
C3S4	S Emilia				Oct-97	6,48	0,48	2,43	Mar-98	6,86	0,45	5,80
C3S4	S Emilia	6,00	0,25	1,47	Prom.	6,49	0,55	2,14	Prom.	6,82	0,49	5,65
C3S4	Lamili				Oct-95	5,90	0,61	1,35	Mar-96	6,00	0,62	2,43
C3S4	Lamili				Oct-96	6,10	0,58	1,92	Mar-97	6,20	0,63	3,67
C3S4	Lamili				Oct-97	6,15	0,55	1,58	Mar-98	6,22	0,58	1,38
C3S4	Lamili	5,80	0,27	1,29	Prom.	6,05	0,58	1,62	Prom.	6,14	0,61	2,49
Cuenca 35. Cuenca del Río Arrecifes.												
C2S2	La Lucila	5,45	0,20	1,90	Oct-92	5,90	0,22	1,40	Mar-96	6,20	0,34	2,80
C3S1	S. Ursula	6,00	0,27	2,03	Oct-89	5,75	0,28	1,24	Mar-93	5,87	0,44	3,46
C3S2	M. Laura				Oct-88	6,00	0,42	2,90	Mar-89	6,10	0,35	2,88
C3S2	M. Laura				Oct-89	6,20	0,60	4,70	Mar-90	6,00	0,31	4,00
C3S2	M. Laura				Oct-90	6,10	0,63	3,60	Mar-91	6,20	0,59	3,98
C3S2	M. Laura				s/d	s/d	s/d	s/d	Mar-92	6,00	0,35	2,91
C3S2	M. Laura	6,00	0,23	1,10	Prom.	6,10	0,55	3,73	Prom.	6,08	0,40	3,44
C3S2	La Paloma				Oct-89	5,90	0,28	1,10	Mar-92	6,00	0,35	2,91
C3S2	La Paloma				Oct-89	5,90	0,31	1,11	Mar-92	6,10	0,35	3,21
C3S2	La Paloma	6,10	0,24	1,19	Prom.	5,90	0,30	1,11	Prom.	6,05	0,35	3,06
C3S2	S. Enrique	6,10	0,25	1,23	Oct-92	6,20	0,24	1,15	Mar-96	6,40	0,42	4,20
C3S3	Sta. Elena				Oct-95	5,90	0,68	1,60	Mar-96	5,90	0,43	3,80
C3S3	Sta. Elena				Oct-96	5,80	0,55	2,93	Mar-97	6,00	0,51	4,10
C3S3	Sta. Elena	5,40	0,26	1,99	Prom.	5,85	0,62	2,27	Prom.	5,95	0,47	3,95
Cuenca 36. Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.												
C2S2	L.Federala				Oct-95	5,70	0,50	1,55	Mar-96	5,80	0,39	4,13
C2S2	L.Federala				Oct-96	5,70	0,45	1,65	Mar-97	6,00	0,41	4,40
C2S2	L.Federala				Oct-97	5,60	0,32	1,60	Mar-98	5,60	0,35	4,58
C2S2	L.Federala	5,6	0,23	1,36	Prom.	5,67	0,42	1,60	Prom.	5,80	0,38	4,37
C3S2	Casa Vieja				Dic-86	5,40	0,35	2,14	Mar-87	5,90	0,55	2,00
C3S2	Casa Vieja				Dic-86	5,40	0,34	2,14	Mar-87	6,10	0,43	3,74
C3S2	Casa Vieja	5,70	0,28	1,60	Prom.	5,40	0,35	2,14	Prom.	6,00	0,49	2,87
C3S2	La Guardia				Oct-88	5,70	0,25	1,39	Mar-89	5,90	0,58	3,72
C3S2	La Guardia				Oct-89	5,70	0,54	2,00	Mar-90	6,00	0,36	4,70
C3S2	La Guardia				Oct-90	5,80	0,40	2,32	Mar-91	6,10	0,36	3,10
C3S2	La Guardia	5,60	0,25	1,31	Prom.	5,73	0,40	1,90	Prom.	6,00	0,43	3,84

Cuadro G.1.4. Valores medios de los indicadores del horizonte superficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada, de las cuencas 48, 50 y 98.

Cuenca 48. Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.												
C2S1	La Bellaca	6,50	0,32	1,60	Oct-95	5,60	0,11	1,20	Mar-96	5,80	0,25	1,80
C2S2	L Argentina				Oct-88	6,20	0,88	3,33	Mar-89	6,50	0,67	7,59
C2S2	L Argentina				Oct-89	6,30	0,50	6,05	Mar-90	6,50	0,26	4,25
C2S2	L Argentina				Oct-90	6,20	0,69	4,26	Mar-91	6,60	0,55	6,34
C2S2	L Argentina	6,30	0,30	3,90	Prom.	6,23	0,69	4,55	Prom.	6,53	0,49	6,06
C3S1	La Diana	6,65	0,29	3,70	Oct-92	5,86	0,21	1,43	Mar-93	6,05	0,25	2,55
C3S2	La Amelia				Oct-88	s/d	0,62	1,51	Mar-89	s/d	0,27	3,28
C3S2	La Amelia				Oct-89	s/d	0,53	1,75	Mar-90	s/d	0,26	2,00
C3S2	La Amelia				Oct-90	s/d	0,63	1,65	Mar-91	s/d	0,43	0,50
C3S2	La Amelia	5,90	0,21	1,32	Prom.	s/d	0,59	1,64	Prom.	s/d	0,32	1,93
C3S2	La Granja				Oct-02	6,02	0,11	3,34	Mar-03	6,47	0,31	1,52
C3S2	La Granja				Oct-03	6,10	0,25	2,34	Mar-04	6,52	0,35	3,88
C3S2	La Granja				Oct-04	6,31	0,28	2,99	Mar-05	6,54	0,34	3,58
C3S2	La Granja	5,90	0,15	1,24	Prom.	6,14	0,21	2,89	Prom.	6,51	0,33	2,99
C3S2	La Gloria				Oct-02	5,95	0,39	2,45	Mar-03	6,68	0,60	4,21
C3S2	La Gloria				Oct-03	6,12	0,41	2,45	Mar-04	6,64	0,54	3,22
C3S2	La Gloria				Oct-04	6,23	0,38	2,45	Mar-05	6,88	0,56	4,21
C3S2	La Gloria	5,85	0,22	1,32	Prom.	6,10	0,39	2,45	Prom.	6,73	0,57	3,88
Cuenca 50. Cuenca de los Arroyos del Sudoeste de Buenos Aires.												
C3S4	O. de agua				Oct-01	5,89	0,40	1,26	Mar-02	5,90	0,49	4,88
C3S4	O. de agua				Oct-02	5,82	0,38	2,65	Mar-03	6,12	0,79	4,62
C3S4	O. de agua				Oct-03	6,00	0,45	2,07	Mar-04	6,20	0,80	5,23
C3S4	O. de agua				Oct-04	5,85	0,38	2,87	Mar-05	6,15	0,53	4,97
C3S4	O. de agua	5,65	0,25	1,02	Prom.	5,89	0,40	2,21	Prom.	6,09	0,65	4,93
C3S4	O. de agua				Oct-01	5,90	0,43	2,65	Mar-02	6,23	0,51	4,34
C3S4	O. de agua				Oct-02	6,15	0,32	2,77	Mar-03	6,39	0,71	4,98
C3S4	O. de agua				Oct-03	6,13	0,42	2,34	Mar-04	6,48	0,75	5,47
C3S4	O. de agua				Oct-04	6,12	0,34	2,90	Mar-05	6,89	0,62	3,99
C3S4	O. de agua	5,80	0,22	1,23	Prom.	6,08	0,38	2,67	Prom.	6,50	0,65	4,70
Cuenca 98. Región Lagunar del Sudoeste de Buenos Aires												
C3S1	La Carreta				Oct-02	6,24	0,40	3,38	Mar-03	6,85	0,93	8,31
C3S1	La Carreta				Oct-03	6,35	0,38	2,98	Mar-04	6,80	0,40	2,21
C3S1	La Carreta				Oct-04	6,39	0,37	3,43	Mar-05	6,30	0,48	2,57
C3S1	La Carreta	6,33	0,43	1,79	Prom.	6,33	0,38	3,26	Prom.	6,65	0,60	4,36
C3S1	Las Lomas				Oct-02	6,18	0,35	1,67	Mar-03	6,40	0,78	3,57
C3S1	Las Lomas				Oct-03	6,34	0,37	2,21	Mar-04	6,55	0,35	2,49
C3S1	Las Lomas				Oct-04	6,39	0,37	2,35	Mar-05	6,51	0,38	2,82
C3S1	Las Lomas	6,45	0,41	1,75	Prom.	6,30	0,36	2,08	Prom.	6,49	0,50	2,96
C3S3	Santa Ida				Oct-96	5,90	0,31	3,60	Mar-97	5,90	0,42	5,20
C3S3	Santa Ida				Oct-01	6,85	0,20	1,63	Mar-02	6,93	0,39	1,83
C3S3	Santa Ida				Oct-02	6,82	0,31	3,60	Mar-03	6,95	0,35	4,10
C3S3	Santa Ida				Oct-03	6,75	0,34	3,21	Mar-04	6,95	0,67	6,60
C3S3	Santa Ida				Oct-04	6,80	0,37	2,71	Mar-05	6,91	0,71	3,80
C3S3	Santa Ida	6,82	0,21	1,27	Prom.	6,62	0,31	2,95	Prom.	6,73	0,51	4,31



Cuadro G.1.5. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada, de las cuencas 33, 35 y 36.

Clase de agua	Estancia	Inicial			Fecha	Pretemporada			Fecha	Posttemporada		
		A pH	A CEex (dS/m)	A PSI %		B pH	B CEex (dS/m)	B PSI %		C pH	C CEex (dS/m)	C PSI %
Cuenca 33. Arroyos del sudeste de Santa Fe y norte de Buenos Aires.												
C2S2	El Olvido				Oct-88	6,00	0,11	2,50	Mar-89	6,10	0,26	2,29
C2S2	El Olvido				Oct-89	6,10	0,40	2,30	Mar-90	6,00	0,20	3,10
C2S2	El Olvido				Oct-90	5,90	0,28	2,22	Mar-91	6,10	0,70	1,35
C2S2	El Olvido				Oct-97	5,90	0,39	2,22	Mar-98	6,10	0,70	1,35
C2S2	El Olvido	5,90	0,20	2,27	Prom.	5,98	0,30	2,31	Prom.	6,08	0,47	2,02
C3S4	S Emilia				Oct-95	6,60	0,58	1,70	Mar-96	6,80	0,35	1,98
C3S4	S Emilia				Oct-96	6,50	0,49	1,75	Mar-97	6,90	0,33	1,86
C3S4	S Emilia				Oct-97	6,57	0,40	2,10	Mar-98	6,90	0,41	3,10
C3S4	S Emilia	6,10	0,23	1,34	Prom.	6,56	0,49	1,85	Prom.	6,87	0,36	2,31
C3S4	Lamili				Oct-95	5,90	0,59	1,40	Mar-96	6,10	0,51	1,43
C3S4	Lamili				Oct-96	6,20	0,55	1,96	Mar-97	6,20	0,58	3,68
C3S4	Lamili				Oct-97	6,10	0,51	3,41	Mar-98	6,25	0,50	3,56
C3S4	Lamili	5,90	0,21	1,32	Prom.	6,07	0,55	2,26	Prom.	6,18	0,53	2,89
Cuenca 35. Cuenca del Río Arrecifes.												
C2S2	La Lucila	5,75	0,18	2,28	Oct-92	6,10	0,22	1,30	Mar-96	6,10	0,31	3,10
C3S1	S. Ursula	6,18	0,22	2,45	Oct-89	5,80	0,29	1,29	Mar-93	5,88	0,33	3,03
C3S2	M. Laura				Oct-88	6,10	0,43	3,15	Mar-89	5,80	0,40	3,10
C3S2	M. Laura				Oct-89	6,10	0,31	2,90	Mar-90	6,20	0,40	3,12
C3S2	M. Laura				Oct-90	5,90	0,35	3,00	Mar-91	6,10	0,22	3,33
C3S2	M. Laura				s/d	s/d	s/d	s/d	Mar-92	6,00	0,64	2,62
C3S2	M. Laura	6,10	0,22	1,08	Prom.	6,03	0,36	3,02	Prom.	6,03	0,42	3,04
C3S2	La Paloma				Oct-89	5,80	0,26	1,15	Mar-92	6,00	0,41	2,87
C3S2	La Paloma				Oct-89	5,90	0,32	1,18	Mar-92	6,10	0,30	3,30
C3S2	La Paloma	6,30	0,21	1,11	Prom.	5,85	0,29	1,17	Prom.	6,05	0,36	3,09
C3S2	S. Enrique	6,20	0,23	1,25	Oct-92	6,20	0,25	1,32	Mar-96	6,40	0,46	3,98
C3S3	Sta. Elena				Oct-95	5,80	0,62	1,33	Mar-96	5,90	0,52	2,68
C3S3	Sta. Elena				Oct-96	5,70	0,54	2,71	Mar-97	5,90	0,53	3,10
C3S3	Sta. Elena	5,60	0,24	2,50	Prom.	5,75	0,58	2,02	Prom.	5,90	0,53	2,89
Cuenca 36. Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.												
C2S2	L.Federala				Oct-95	5,60	0,47	1,55	Mar-96	5,80	0,32	3,25
C2S2	L.Federala				Oct-96	5,80	0,42	1,59	Mar-97	6,10	0,33	3,40
C2S2	L.Federala				Oct-97	5,60	0,30	1,72	Mar-98	5,90	0,29	3,43
C2S2	L.Federala	5,80	0,22	1,65	Prom.	5,67	0,40	1,62	Prom.	5,93	0,31	3,36
C3S2	Casa Vieja				Dic-86	5,85	0,38	1,60	Mar-87	5,95	0,42	1,99
C3S2	Casa Vieja				Dic-86	5,85	0,36	1,60	Mar-87	5,85	0,44	2,62
C3S2	Casa Vieja	5,85	0,23	1,87	Prom.	5,85	0,37	1,60	Prom.	5,90	0,43	2,30
C3S2	La Guardia				Oct-88	5,80	0,29	1,62	Mar-89	6,10	0,22	2,72
C3S2	La Guardia				Oct-89	6,10	0,26	2,20	Mar-90	5,90	0,22	3,85
C3S2	La Guardia				Oct-90	5,80	0,36	2,48	Mar-91	6,00	0,35	3,10
C3S2	La Guardia	5,80	0,22	1,73	Prom.	5,90	0,30	2,10	Prom.	6,00	0,26	3,22

Cuadro G.1.6. Valores medios de los indicadores del horizonte subsuperficial de los suelos, obtenidos en las etapas inicial, pre y posttemporada, de las cuencas 48, 50 y 98.

Cuenca 48. Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.												
C2S1	La Bellaca	6,90	0,27	4,60	Oct-95	5,70	0,25	1,20	Mar-96	5,80	0,26	2,20
C2S2	L Argentina				Oct-88	7,40	0,63	1,61	Mar-89	7,50	0,25	2,36
C2S2	L Argentina				Oct-89	7,70	0,29	2,90	Mar-90	7,90	0,60	3,10
C2S2	L Argentina				Oct-90	7,50	0,56	2,30	Mar-91	7,70	0,41	3,36
C2S2	L Argentina	7,30	0,32	2,71	Prom.	7,53	0,49	2,27	Prom.	7,70	0,42	2,94
C3S1	La Diana	6,80	0,29	2,35	Oct-92	6,12	0,31	1,52	Mar-93	6,00	0,30	2,68
C3S2	La Amelia				Oct-88	s/d	0,93	1,67	Mar-89	s/d	0,23	3,03
C3S2	La Amelia				Oct-89	s/d	0,29	2,12	Mar-90	s/d	0,20	3,15
C3S2	La Amelia				Oct-90	s/d	0,41	2,25	Mar-91	s/d	0,36	1,00
C3S2	La Amelia	6,15	0,18	1,78	Prom.	s/d	0,54	2,01	Prom.	s/d	0,26	2,39
C3S2	La Granja				Oct-02	6,34	0,43	4,18	Mar-03	7,23	0,6	4,36
C3S2	La Granja				Oct-03	6,54	0,44	4,05	Mar-04	6,68	0,6	4,67
C3S2	La Granja				Oct-04	6,45	0,44	3,11	Mar-05	7,12	0,64	4,67
C3S2	La Granja	6,20	0,23	1,45	Prom.	6,44	0,44	3,78	Prom.	7,01	0,61	4,57
C3S2	La Gloria				Oct-02	6,31	0,39	3,71	Mar-03	7,23	0,65	4,07
C3S2	La Gloria				Oct-03	6,30	0,48	3,71	Mar-04	6,87	0,62	4,35
C3S2	La Gloria				Oct-04	6,46	0,69	2,48	Mar-05	6,98	0,63	4,08
C3S2	La Gloria	6,15	0,31	1,56	Prom.	6,36	0,52	3,30	Prom.	7,03	0,63	4,17
Cuenca 50. Cuenca de los Arroyos del Sudoeste de Buenos Aires.												
C3S4	O. de agua				Oct-01	6,77	0,33	1,66	Mar-02	6,10	0,36	3,06
C3S4	O. de agua				Oct-02	6,20	0,34	1,7	Mar-03	6,60	0,43	2,16
C3S4	O. de agua				Oct-03	6,22	0,39	1,99	Mar-04	6,86	0,72	5,08
C3S4	O. de agua				Oct-04	5,96	0,26	2,11	Mar-05	6,90	0,26	4,35
C3S4	O. de agua	6,37	0,22	1,55	Prom.	6,29	0,33	1,87	Prom.	6,62	0,44	3,66
C3S4	O. de agua				Oct-01	6,40	0,38	1,87	Mar-02	6,34	0,45	4,06
C3S4	O. de agua				Oct-02	6,35	0,30	2,08	Mar-03	6,78	0,52	2,35
C3S4	O. de agua				Oct-03	6,44	0,36	2,2	Mar-04	6,78	0,75	4,88
C3S4	O. de agua				Oct-04	5,91	0,31	1,98	Mar-05	6,85	0,32	4,12
C3S4	O. de agua	5,90	0,19	1,60	Prom.	6,28	0,34	2,03	Prom.	6,69	0,51	3,85
Cuenca 98. Región Lagunar del Sudoeste de Buenos Aires												
C3S1	La Carreta				Oct-02	6,45	0,41	3,67	Mar-03	6,83	0,67	9,48
C3S1	La Carreta				Oct-03	6,64	0,36	3,05	Mar-04	6,80	0,40	4,58
C3S1	La Carreta				Oct-04	6,62	0,33	3,94	Mar-05	6,80	0,41	4,92
C3S1	La Carreta	6,60	0,26	1,49	Prom.	6,57	0,37	3,55	Prom.	6,81	0,49	6,33
C3S1	Las Lomas				Oct-02	6,24	0,19	1,91	Mar-03	6,80	0,38	3,42
C3S1	Las Lomas				Oct-03	6,45	0,43	1,94	Mar-04	6,63	0,30	2,10
C3S1	Las Lomas				Oct-04	6,42	0,48	1,89	Mar-05	6,79	0,52	2,99
C3S1	Las Lomas	6,55	0,28	1,46	Prom.	6,37	0,37	1,91	Prom.	6,74	0,40	2,84
C3S3	Santa Ida				Oct-96	5,97	0,31	1,83	Mar-97	5,86	0,33	4,70
C3S3	Santa Ida				Oct-01	6,90	0,26	1,67	Mar-02	6,90	0,32	1,87
C3S3	Santa Ida				Oct-02	6,92	0,31	1,83	Mar-03	6,83	0,36	3,60
C3S3	Santa Ida				Oct-03	7,05	0,34	3,85	Mar-04	7,10	0,72	8,25
C3S3	Santa Ida				Oct-04	6,82	0,32	3,11	Mar-05	6,98	0,53	4,26
C3S3	Santa Ida	6,82	0,20	1,38	Prom.	6,73	0,31	2,46	Prom.	6,73	0,45	4,54

Cuadro H.1. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del perfil total de los suelos, a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI.

Clase de agua	Estancia	RT pH	RT CE <sub>ex</sub>	RT PSI	RL pH	RL CE <sub>ex</sub>	RL PSI	Años de riego	TRL pH	TRL CE <sub>ex</sub>	TRL PSI
Cuenca 33. Arroyos del sudeste de Santa Fe y norte de Buenos Aires.											
C2S2	El Olvido	1,04	2,76	1,19	0,68	0,61	-0,15	3	0,23	0,20	-0,05
C3S4	S Emilia	1,13	1,78	2,83	0,40	-0,49	0,77	3	0,13	-0,16	0,26
C3S4	Lamili	1,05	2,38	2,06	0,33	0,02	0,54	3	0,11	0,01	0,18
Cuenca 35. Cuenca del Río Arrecifes.											
C2S2	La Lucila	1,10	1,71	1,41	0,27	0,78	1,86	4	0,07	0,19	0,47
C3S1	S. Ursula	0,96	1,57	1,45	-0,47	0,71	1,97	4	-0,12	0,18	0,49
C3S2	M. Laura	1,00	1,81	2,97	Indef	-0,27	-0,06	4	Indef	-0,07	-0,02
C3S2	La Paloma	0,98	1,57	2,67	-1,17	0,47	1,01	3	-0,39	0,16	0,34
C3S2	S. Enrique	1,04	1,83	3,30	0,80	0,98	1,00	4	0,20	0,24	0,25
C3S3	Sta. Elena	1,08	1,99	1,52	0,29	-0,40	1,09	3	0,10	-0,13	0,36
Cuenca 36. Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.											
C2S2	L.Federala	1,03	1,55	2,57	1,20	-0,50	0,96	3	0,40	-0,17	0,32
C3S2	Casa Vieja	1,03	1,80	1,49	1,86	0,50	0,84	1	1,86	0,50	0,84
C3S2	La Guardia	1,05	1,48	2,32	0,61	-0,01	0,76	3	0,20	0,00	0,25
Cuenca 48. Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.											
C2S1	La Bellaca	0,87	0,86	0,65	-0,17	-1,88	-0,73	1	-0,17	-1,88	-0,73
C2S2	L Argentina	1,05	1,47	1,36	0,74	-0,92	0,91	4	0,18	-0,23	0,23
C3S1	La Diana	0,90	0,95	0,86	-0,05	-1,00	-2,78	1	-0,05	-1,00	-2,78
C3S2	La Amelia	s/d	1,50	1,39	s/d	-2,86	0,55	3	s/d	-0,95	0,18
C3S2	La Granja	1,12	2,49	2,81	0,66	0,52	0,18	3	0,22	0,17	0,06
C3S2	La Gloria	1,15	2,26	2,79	0,74	0,43	0,44	3	0,25	0,14	0,15
Cuenca 50. Cuenca de los Arroyos del Sudoeste de Buenos Aires.											
C3S4	O. de agua	1,06	2,33	3,34	0,77	0,58	0,75	3	0,26	0,19	0,25
C3S4	O. de agua	1,13	2,82	3,02	0,56	0,59	0,67	3	0,19	0,20	0,22
Cuenca 98. Región Lagunar del Sudoeste de Buenos Aires											
C3S1	La Carreta	1,04	1,59	3,26	1,06	0,85	0,52	3	0,35	0,28	0,17
C3S1	Las Lomas	1,02	1,31	1,81	2,44	0,81	0,70	3	0,81	0,27	0,23
C3S3	Santa Ida	0,99	2,34	3,34	-0,60	0,63	0,55	6	-0,10	0,10	0,09

Cuadro H.2. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del horizonte superficial de los suelos, a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI.

Clase de agua	Estancia	RT pH	RT CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RL PSI	Años de riego	TRL pH	TRL CE <sub>ex</sub> (dS/m)	TRL PSI
Cuenca 33. Arroyos del sudeste de Santa Fe y norte de Buenos Aires.											
C2S2	El Olvido	1,05	3,21	1,61	0,75	0,60	0,18	3	0,25	0,20	0,06
C3S4	Sta Emilia	1,14	1,97	3,84	0,40	-0,23	0,84	3	0,13	-0,08	0,28
C3S4	Lamili	1,06	2,26	1,93	0,26	0,09	0,73	3	0,09	0,03	0,24
Cuenca 35. Cuenca del Río Arrecifes.											
C2S2	La Lucila	1,14	1,70	1,47	0,40	0,86	1,56	4	0,10	0,21	0,39
C3S1	S. Ursula	0,98	1,63	1,70	-0,92	0,94	1,55	4	-0,23	0,24	0,39
C3S2	M. Laura	1,01	1,74	3,13	-0,33	-0,88	-0,12	4	-0,08	-0,22	-0,03
C3S2	La Paloma	0,99	1,46	2,57	-3,00	0,50	1,05	3	-1,00	0,17	0,35
C3S2	S. Enrique	1,05	1,68	3,41	0,67	1,06	1,03	4	0,17	0,26	0,26
C3S3	Sta. Elena	1,10	1,81	1,98	0,18	-0,69	0,86	3	0,06	-0,23	0,29
Cuenca 36. Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.											
C2S2	L.Federala	1,04	1,67	3,21	0,67	-0,26	0,92	3	0,22	-0,09	0,31
C3S2	Casa Vieja	1,05	1,75	1,79	2,00	0,69	0,57	1	2,00	0,69	0,57
C3S2	La Guardia	1,07	1,73	2,93	0,67	0,20	0,77	3	0,22	0,07	0,26
Cuenca 48. Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.											
C2S1	La Bellaca	0,89	0,78	1,13	-0,29	-2,00	3,00	1	-0,29	-2,00	3,00
C2S2	L Argentina	1,04	1,64	1,55	1,29	-1,02	0,70	4	0,32	-0,25	0,18
C3S1	La Diana	0,91	0,86	0,69	-0,32	-1,00	-0,97	1	-0,32	-1,00	-0,97
C3S2	La Amelia	s/d	1,52	1,46	s/d	-2,48	0,48	3	s/d	-0,83	0,16
C3S2	La Granja	1,10	2,22	2,41	0,60	0,65	0,06	3	0,20	0,22	0,02
C3S2	La Gloria	1,15	2,58	2,94	0,72	0,50	0,56	3	0,24	0,17	0,19
Cuenca 50. Cuenca de los Arroyos del Sudoeste de Buenos Aires.											
C3S4	O. de agua	1,08	2,61	4,83	0,46	0,62	0,69	3	0,15	0,21	0,23
C3S4	O. de agua	1,12	2,94	3,82	0,61	0,63	0,59	3	0,20	0,21	0,20
Cuenca 98. Región Lagunar del Sudoeste de Buenos Aires											
C3S1	La Carreta	1,05	1,40	2,44	1,01	1,27	0,43	3	0,34	0,42	0,14
C3S1	Las Lomas	1,01	1,23	1,69	5,00	1,50	0,73	3	1,67	0,50	0,24
C3S3	Santa Ida	0,99	2,42	3,39	-1,13	0,68	0,45	6	-0,19	0,11	0,07

Cuadro H.3. Valores medios de resistencia RT, resiliencia RL y tasa de resiliencia TRL del horizonte subsuperficial de los suelos, a cambios de pH, CE<sub>ex</sub> y PSI.

Clase de agua	Estancia	RT pH	RT CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RT PSI	RL pH	RL CE <sub>ex</sub> (dS/m)	RL PSI	Años de riego	TRL pH	TRL CE <sub>ex</sub> (dS/m)	TRL PSI
Cuenca 33. Arroyos del sudeste de Santa Fe y norte de Buenos Aires.											
C2S2	El Olvido	1,03	2,33	0,89	0,57	0,64	1,16	3	0,19	0,21	0,39
C3S4	Sta Emilia	1,13	1,58	1,73	0,40	-0,95	0,48	3	0,13	-0,32	0,16
C3S4	Lamili	1,05	2,52	2,19	0,41	-0,06	0,40	3	0,14	-0,02	0,13
Cuenca 35. Cuenca del Río Arrecifes.											
C2S2	La Lucila	1,06	1,72	1,36	0,00	0,69	2,20	4	0,00	0,17	0,55
C3S1	S. Ursula	0,95	1,50	1,24	-0,27	0,36	3,00	4	-0,07	0,09	0,75
C3S2	M. Laura	0,99	1,89	2,82	0,11	0,26	0,01	4	0,03	0,07	0,00
C3S2	La Paloma	0,96	1,69	2,78	-0,80	0,45	0,97	3	-0,27	0,15	0,32
C3S2	S. Enrique	1,03	2,00	3,18	1,00	0,91	0,97	4	0,25	0,23	0,24
C3S3	Sta. Elena	1,05	2,19	1,16	0,50	-0,19	2,23	3	0,17	-0,06	0,74
Cuenca 36. Cuenca de Arroyos del noreste de Buenos Aires.											
C2S2	L.Federala	1,02	1,42	2,04	2,00	-0,89	1,02	3	0,67	-0,30	0,34
C3S2	Casa Vieja	1,01	1,87	1,23	1,00	0,30	1,63	1	1,00	0,30	1,63
C3S2	La Guardia	1,03	1,20	1,86	0,50	-0,92	0,75	3	0,17	-0,31	0,25
Cuenca 48. Cuenca del Río Salado de Buenos Aires.											
C2S1	La Bellaca	0,84	0,96	0,48	-0,09	-1,00	-0,42	1	-0,09	-1,00	-0,42
C2S2	L Argentina	1,05	1,31	1,08	0,42	-0,73	2,91	4	0,10	-0,18	0,73
C3S1	La Diana	0,88	1,03	1,14	0,15	-1,00	3,52	1	0,15	-1,00	3,52
C3S2	La Amelia	s/d	1,46	1,34	s/d	-3,36	0,62	3	s/d	-1,12	0,21
C3S2	La Granja	1,13	2,67	3,15	0,70	0,46	0,25	3	0,23	0,15	0,08
C3S2	La Gloria	1,14	2,04	2,67	0,76	0,35	0,33	3	0,25	0,12	0,11
Cuenca 50. Cuenca de los Arroyos del Sudoeste de Buenos Aires.											
C3S4	O. de agua	1,04	2,01	2,36	1,34	0,51	0,85	3	0,45	0,17	0,28
C3S4	O. de agua	1,13	2,68	2,41	0,52	0,54	0,81	3	0,17	0,18	0,27
Cuenca 98. Región Lagunar del Sudoeste de Buenos Aires											
C3S1	La Carreta	1,03	1,90	4,25	1,14	0,54	0,57	3	0,38	0,18	0,19
C3S1	Las Lomas	1,03	1,43	1,94	1,95	0,28	0,67	3	0,65	0,09	0,22
C3S3	Santa Ida	0,99	2,26	3,29	-0,02	0,57	0,66	6	0,00	0,10	0,11

Cuadro I. Planilla de salida del modelo Balansal.



**Modelo Balansal**

**Carlos Miráble - Luis Fornero**

**e-mail carlosmirabile@hotmail.com**

**Cultivo:** Ajo

**Tipo de suelo:** Franco

**Est. Meteo.:** Aerop

**Datos suelo:** Wfc = 154 mm

CEe = 3,520 mmohs

CEe\* = 3,520

f = 0,6

Mes	Evapot. (mm)	Precip. (mm)	Riego (mm)	CE agua (mmohs)	CEe (mmohs)	Cambio (mmohs)	Riego* (mm)	DL (mm)	R (mm)	W (mm)
Ene					3,520	0,000	0	0	0	154
Feb					3,520	0,000	0	0	0	154
Mar					3,520	0,000	0	0	0	154
Abr	51	3	56	1,663	3,693	0,173	73	25	8	154
May	31	0	147	1,663	2,774	-0,918	62	31	116	154
Jun	21	0	67	1,663	2,559	-0,216	21	-70	46	154
Jul	24	0	36	1,663	2,607	0,048	24	-97	12	154
Ago	39	0	39	1,663	2,817	0,211	39	-81	0	154
Set	71	2	69	1,663	3,190	0,373	69	-36	0	154
Oct	119	1	149	1,663	3,522	0,332	149	31	31	154
Nov	151	6	219	1,663	3,528	0,006	220	75	74	154
Dic	47	2	0	0,000	3,528	0,000	46	1	0	109
	<b>554</b>	<b>14</b>	<b>782</b>			<b>0,008</b>	<b>703</b>	<b>-121</b>	<b>287</b>	