

ESTUDIOS BASICOS PARA EL DIQUE JUME ESQUINA

INFORME FINAL

V.– EDAFOLOGÍA Y CALIDAD DEL AGUA

V.1.– EDAFOLOGÍA

V.1.1. Introducción: Capacidad Productiva de los Suelos

El presente trabajo constituye el informe técnico de los estudios edafológicos efectuados en un área de aproximadamente 38.000 Has, ubicadas al sur del canal Jume Esquina, desde la progresiva 40 (cruce del canal homónimo con la Ruta Provincial N° 21) hacia el este. Esta zona se localiza en los Departamentos Figueroa, Robles y Juan Felipe Ibarra de la Provincia de Santiago del Estero.

El carácter semiárido de la región donde se emplaza el área de estudio determina que el suelo y el agua para riego, constituyan los recursos básicos más importantes a partir de los cuales se verá condicionada la actividad agropecuaria.

El reconocimiento y la evaluación de la aptitud de los suelos es necesario para realizar una planificación de la producción agrícola que abarcará la habilitación de

escala 1:25.000. Estos mapas temáticos se acompañan con sus correspondientes memorias e informes técnicos, que describen las propiedades de los suelos, establecen sus capacidades potenciales de uso y limitaciones más importantes.

Además el informe edafológico se completa con la Carta de fotointerpretación a escala 1:50.000.

V.1.2. Materiales y Métodos

- Selección y procesado de antecedentes de trabajos edafológicos realizados en la zona de estudio. También se consultó material cartográfico auxiliar disponible, tal como cartas topográficas del IGM, mapas geológicos y geomorfológicos.
- Análisis analógico de la copia soporte papel a Escala 1:100.000 de la imagen satelital multiespectral “SPOT 4” del año 1.999 y de los fotomosaicos armados con fotografías aéreas del año 1.964 (Escala 1:62.000) y del año 1.986 (Escala 1:100.000), que permitieron demarcar a nivel de reconocimiento, los diferentes ambientes fisiográficos que componen el paisaje, como paso previo a la comprensión de los procesos edafogenéticos ocurridos en la zona.
- Fotointerpretación preliminar sobre las fotografías aéreas de escala 1:62.000 y

producción agrícola con riego, quemadas provocadas, etc., han modificado considerablemente las condiciones naturales de la zona.

Como resultado de este trabajo se ha elaborado la carta de fotointerpretación en escala 1:50.000, que vincula las grandes unidades de ambientes naturales con los suelos. **Ver Plano N° 15: Carta de Fotointerpretación.**

- Primer control de campaña. El mismo se efectuó para conocer los diferentes ambientes fisiográficos que componen la zona y la presencia de caminos. También fue útil para verificar en el terreno los límites de las unidades demarcadas en gabinete y para localizar los futuros sitios de muestreo.
- El uso de la fotointerpretación de fotografías aéreas de escala 1:20.000 del año 1.991 y mediante el procesamiento digital de imágenes, se ha mejorado la calidad visual del área estudiada. Estos métodos de trabajo han permitido confeccionar la carta preliminar de suelos a Escala 1:25.000.
- Sobre dicha carta y considerando las condiciones fisiográficas, geomorfológicas, edáficas y el factor antrópico, se diseñó el plan del primer muestreo de los suelos.
- En el segundo control de campaña se verificaron los límites de las unidades cartográficas.

- Sobre las muestras obtenidas en las perforaciones de observación se realizaron 168 análisis de laboratorio incluyendo pH, CEes, $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ y Na^{+} .
- El muestreo se ha practicado conforme al diseño establecido en gabinete y a las condiciones geomorfológicas y edáficas encontradas en la zona.
- Al procesar y sintetizar los resultados analíticos de las muestras de suelos, la información obtenida por fotointerpretación y el control de campaña; se obtuvo un conocimiento satisfactorio de la ubicación geográfica de los suelos de la zona seleccionada.
- Identificados los suelos dominantes de los diferentes ambientes geomórficos y edáficos, se procedió a la apertura de 11 calicatas modales. Estas se han georeferenciado y descripto morfológicamente conforme a las Normas de Reconocimiento de Suelos de P. Etchevhere, INTA, 1976. Los perfiles representativos y el paisaje donde se hallan ubicados se han fotografiado, utilizándose como patrón de referencia en las calicatas una cinta con franjas de 15 cm rojas y blancas. Además, se extrajeron para su procesamiento químico completo muestras de suelos de cada horizonte hasta los 2,00 metros. En estas calicatas se ha barrenado hasta la pro-

agua en la pasta de saturación, conductividad eléctrica del extracto de saturación, iones solubles, capacidad de intercambio catiónico total y cationes de intercambio.

- Los resultados de los análisis físicos y químicos de los suelos se correlacionaron con el informe de las tareas de gabinete y de campo. Sirvieron para ajustar los límites de las unidades cartográficas de suelos y permitieron elaborar los mapas de clasificación de los suelos por su capacidad de uso y por su aptitud para riego, ambas a escala 1:25.000.

- **Ver Plano N° 16: Mapa de Clasificación de los Suelos por su Capacidad de Uso.**

- **Ver Plano N° 17: Mapa de Clasificación de los Suelos por su Aptitud para Riego.**

V.1.3. Consideraciones generales

Determinar la capacidad productiva de los suelos significa utilizar la información obtenida en las tareas de reconocimiento de suelos. Estas brindan una abultada cantidad de datos sobre las tierras de la región estudiada; los cuales se analizan, sinteti-

La evaluación de las tierras en condiciones de secano se ha efectuado según los criterios sustentados en la “Clasificación de las tierras por su capacidad de uso”– Land Capability–del Servicio de Conservación de suelos de E.E.U.U.

La misma es una agrupación práctica de los distintos suelos, que se comportan de una misma manera con un tratamiento y/o manejo igual.

Las tierras se agrupan en tres niveles:

- Clase de capacidad.
- Subclase de capacidad
- Unidad de capacidad

Las clases de capacidad son ocho y se designan mediante números romanos. Indican un aumento progresivo de las limitaciones para el desarrollo de los cultivos o riesgos de provocar daños al suelo.

Las cuatro primeras, que se definen como tierras aptas para la labranza y otros usos, incluyen tierras para cultivos. La clase I posee poca o ninguna limitante de uso; las tierras de clase II, III y IV requieren grados crecientes de cuidado y protección. La clase V, VI y VII, definidas como tierras de uso limitado, generalmente inaptas para la

Estas son:

Clase I

Las tierras de esta clase tienen muy pocas limitaciones para su uso. Son aptos para producir una amplia variedad de plantas, pudiendo usarse para cultivos labrados y pasturas artificiales, como campos naturales de pastoreo, para forestación y recreo.

Clase II

Agrupar a las tierras que poseen ligeras limitaciones en cuanto a la elección de especies a cultivar. Los suelos de esta clase demandan para su correcto uso un manejo simple, incluyendo técnicas de conservación de fácil aplicación, generalmente para mejorar la relación aire–agua.

Pueden ser utilizadas con mínimo riesgo para cultivos labrados, pasturas artificiales, campos naturales de pastoreo, forestación y desarrollo de la flora y fauna autóctona.

Clase III

Tierras con pocas limitaciones que restringen la selección de especies para cul-

Clase IV

Las tierras de esta clase poseen restricciones más severas que las de la clase III. Necesitan un manejo y conservación muy cuidadosa. En regiones subhúmedas y semiáridas, las tierras de la clase IV reditúan satisfactoriamente en años de precipitaciones superiores a la media histórica anual; medios rendimientos en años de registros normales y fracasos en años de lluvias inferiores al promedio. En todos los casos se requieren prácticas especiales de conservación de la humedad y técnicas adecuadas para prevenir las voladuras de suelos.

Pueden ser utilizadas para algunos cultivos, pasturas cultivadas, forestación, pastoreo natural o vida silvestre. Primordialmente son tierras pastoriles.

Clase V

Las tierras de esta clase poseen graves limitaciones que las hacen generalmente inaptas para cultivos comunes. Su uso queda restringido en gran parte a pasturas artificiales, campos naturales de pastoreo, forestación y conservación de la vida silvestre.

Las condiciones físicas y químicas de los suelos son tales, que resulta conve-

nes no corregibles que restringen su uso a la producción de pasturas y árboles forestales, pudiendo ser aprovechadas también como campos naturales de pastoreo o para conservación de la fauna o flora autóctona.

Son inaptas para cultivos comunes.

Clase VII

Tierras que presentan limitaciones muy graves que los hacen inadecuados para cultivos y su uso se reduce exclusivamente a pastoreo con vegetación natural, forestación o vida silvestre.

Clase VIII

Las tierras de esta clase poseen severas limitaciones que imposibilitan su uso para la producción de cultivos, pasturas o forestación. Se dedican a la conservación de la flora y fauna autóctona, no justificándose ninguna práctica que tienda a su recuperación como consecuencia de sus altos costos de implantación.

Las subclases corresponden al segundo nivel del sistema. Son cuatro e indican el tipo de limitación más importante de las clases. En la clase I no hay subclases, en

“e” erosión: Esta integrada por tierras en las que la susceptibilidad a la erosión es el problema dominante para su uso. Este peligro latente, así como el daño que pudo haber sufrido el suelo en el pasado por un proceso erosivo, son los factores que determinan su inclusión.

“w” exceso de humedad en el perfil o en superficie– Los criterios para determinar que tierras pertenecen a esta subclase son: drenaje deficiente, humedad excesiva por inundación y anegabilidad, capa de agua alta (freática o suspendida).

“s” condiciones desfavorables del suelo en la zona de actividad radicular– Incluye tierras que presentan problemas por pobre desarrollo, escasa profundidad, baja capacidad de retención de humedad, salinidad, alcalinidad y bajo nivel de fertilidad.

“c” limitación climática. Las condiciones climáticas desfavorables es la principal limitante. Para la zona de trabajo son las altas temperaturas y escasas lluvias.

La clasificación utilitaria de las tierras para riego se practicó de acuerdo con el

Se definen seis clases de capacidad. Las tres primeras son aquellas tierras, que por sus características, son aptas para ser habilitadas para riego en forma inmediata. La clase 4 es también regable, pero la magnitud de las limitaciones hace que el riego se practique con reservas, transformándose en tierras marginales, de uso limitado o especial. Las clases 5 y 6 incluyen tierras no regables en las condiciones del proyecto.

Estas son:

Clase 1. Muy buena aptitud para riego.

Comprende las tierras de excelente calidad, máxima aptitud para cultivos de regadío. Pueden producir rendimientos sostenidos y relativamente altos, con un grupo numeroso de cultivos adaptados a las condiciones climáticas.

La topografía es regular, suave pendiente, suelos profundos, texturas medias, bien estructurados, sin impedimentos a la penetración de raíces, aire y agua, buen drenaje, adecuada retención de humedad y no presentan acumulaciones perjudiciales de sales solubles.

Las condiciones topográficas son tales que no se precisan obras secundarias

Clase 2. Buena aptitud para riego.

Comprende las tierras de buena aptitud para la agricultura de regadío. En comparación con la clase 1, su capacidad productiva es algo menor. Se adaptan a un grupo de cultivos más reducidos y la preparación para el riego, así como su explotación agrícola, son más costosos.

Las limitantes de esta clase pueden ser modificables, transformando considerablemente su potencial agrícola.

Las limitaciones pueden ser: menor capacidad de retención de humedad aprovechable, baja permeabilidad debido a capas arcillosas o a la compactación del subsuelo; moderada salinidad, lo cual puede limitar su productividad o implicar costos extras para el lavado de las sales y para la instalación de una red de drenaje. Topográficamente, pueden tener superficies irregulares que requieren costos de nivelación.

En cuanto a su transformación en tierras regadas, se espera de ellas una rentabilidad buena, siempre que se acierte en corregir las deficiencias que presentan.

Pueden tener topografía normal, pero debido a condiciones del suelo, poseen más restringida adaptabilidad a los cultivos y requieren prácticas de riego especiales. Demandan prácticas más intensivas de mejoramiento y conservación del suelo.

La explotación agrícola de estas tierras encierra más riesgo que la clase 1 y 2, pero se puede predecir que con adecuadas prácticas de manejo del agua y del suelo, tendrán mediana rentabilidad si se las cultiva bajo riego.

Clase 4. Regables con reservas.

Pueden tener una excesiva deficiencia específica o limitaciones susceptibles de corrección a un costo muy alto, pero son aptas para riego debido a que pueden ser utilizadas para algunos cultivos. Se denominan como de uso limitado, especial o marginal.

Las deficiencias pueden ser: drenaje inadecuado, excesiva cantidad de sales que requieren lavados intensivos o técnicas más costosas de recuperación, inundaciones periódicas o dificultad en el saneamiento de los excesos de agua, topografía irregular.

Las tierras incluidas en esta clase no son regables en sus condiciones naturales, pero tienen un valor potencial suficiente para justificar en ellas estudios especiales antes de determinar su clasificación definitiva.

La designación de la clase 5 es tentativa y debe ser cambiada a una clase arable o a la clase 6 (no apta para riego), antes de concluir con la clasificación definitiva de las tierras.

Para este estudio no se han presentado unidades que deban ser incluidas en esta clase.

Clase 6. No aptas para riego

Las tierras de este grupo son las consideradas como no regables bajo las condiciones del proyecto, porque no cumplen con los mínimos requisitos para ser incluidas en otras clases.

Generalmente, en esta clase se involucran las tierras con drenaje inadecuado y alto contenido de sales solubles o sodio, excesivamente desparejas, muy erosionadas, con suelos de texturas gruesas o muy finas, con muy baja profundidad explorable por las raíces, etc.

V.1.4. Resultados

V.1.4.1. Relación suelos–paisaje

Las 38.000 Has mapeadas se localizan entre los 27° 38´ 11” y 27° 53´ 40” de latitud sur y 63° 35´ 55” y 63° 48´ 28” de longitud oeste (Carta topográfica I.G.M. N° 2763–III “Santiago del Estero”).

El área de estudio presenta una variedad de geoformas, resultantes de diversos procesos, dentro de los cuales los levantamientos tectónicos, los cambios climáticos y la inundación provocada por el Río Dulce, han sido los agentes principales en la modelación del relieve actual y los suelos asociados.

Dos unidades edáficas integran el área cartografiada. Estas son coincidentes con las grandes unidades geomórficas y se han denominado de la siguiente manera:

- Paleobajada de las Sierras Subandinas Pampeanas.
- Paleollanura de Inundación del Río Dulce.

La **Paleobajada de las Sierras Subandinas Pampeanas** es una planicie ligeramente inclinada con suave pendiente hacia el sureste. Sobre la misma asientan los

a moderado desarrollo, con sencillos perfiles del tipo A–AC–C. Texturalmente responden a las clases franca y/o franca limosa, y no presentan horizontes arcillosos que limitan el crecimiento normal de las raíces

El micro relieve adquiere gran importancia como regidor del escurrimiento superficial del agua y como factor de diferenciación edáfica. Las pequeñas disimilitudes encontradas en los suelos, fundamentalmente de carácter físico–químico, son consecuencia de las variaciones locales del relieve.

Estas modificaciones internas del relieve dan origen a lomadas que se comportan como divisorias de aguas locales, pendientes y depresiones. Estos elementos geomórficos, no obstante ser de escaso desarrollo, generan un relieve complejo que controla el drenaje de las tierras.

Los suelos de los sitios altos presentan pocas limitaciones de uso. Poseen buen drenaje y su evolución está en equilibrio con el clima, son de colores claros, medianamente provistos de materia orgánica, débil a moderadamente salinizados y en procesos de calcificación.

Las depresiones, además de las precipitaciones directas, reciben aportes de

acuífero se ubica a corta profundidad y los suelos se hallan asociados a procesos de salinización y alcalinización.

El vaso salino de mayor extensión ocupa 2.376 ha y se forma entre los planos altos donde asientan las áreas de cultivos de los Establecimientos Santa Rosa al oeste y Uritu Huasi al este. El tiempo de permanencia de los excesos de humedad en la zona de actividad radicular, se incrementa por el ineficiente funcionamiento del canal de drenaje que atraviesa esta depresión; el cual está cubierto por especies vegetales de gran porte y residuos, que imposibilitan el libre desplazamiento del agua.

En el lado oeste del área, cortando el bloque elevado donde se localiza la propiedad Santa Rosa, se destaca la presencia de dos pequeñas hondonadas de poco desnivel que se alinean en forma paralela con rumbo norte–sur. Estos bajos naturales, se comportan como cañadas de escurrimientos esporádicos y conducen agua hacia la Paleollanura de Inundación del Río Dulce. Sus suelos exhiben un mayor desarrollo edáfico, con perfiles del tipo A–B–C.

El área de estudio es atravesada por una ancha cañada plana de rumbo noroeste–sudsudeste y su génesis podría ser atribuible a un antiguo valle del Río Dul-

En inmediaciones de La Cañada y Santa Rosa, se localizan tierras bajo riego (algunas con pocos años de explotación). En ellas se aprecian las consecuencias del excesivo caudal de agua suministrado en los riegos, con altos volúmenes de infiltración. Este manejo ineficiente provoca en algunos perfiles edáficos la elevación del primer acuífero a profundidades de alto riesgo, la acumulación de sales en el subsuelo por ascenso capilar y la incipiente formación de horizontes iluviados y ligeramente endurecidos, que de continuar con esta técnica, generarán una capa impermeable. También se han detectado algunas tierras con deposiciones superficiales de sal y deficiente estructuración, siendo duras y masivas en la capa arable.

La otra unidad de suelos denominada **Paleollanura de Inundación del Río Dulce**, se localiza en el lado suroeste de la región del proyecto y presenta características totalmente diferentes al resto de la zona cartografiada. La misma posee un relieve ondulado y corresponde a la antigua llanura de inundación del Río Dulce.

La pendiente regional es de dirección oeste a este. Los suelos de este sector han evolucionado a partir de sedimentos limo arenosos, transportados y depositados por el Río Dulce y materiales eólicos. Exhiben colores muy claros, están constituidos por partículas minerales de consistencia muy suelta y de incipiente evolución edafo-

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

V.1.4.2. Clasificación de la capacidad de uso de las tierras de secano y por su aptitud para riego.

El nivel cartográfico alcanzado en la carta de suelos, donde existen unidades que contienen dos o más suelos, determina que la asignación de la capacidad de uso tenga el carácter de aptitud media de la unidad cartográfica mapeada.

Unidad de Suelos Paleobajada de las Sierras Subandinas Pampeanas

Unidad Cartog.	Geoforma	Capacidad de uso			Aptitud para riego			Superficie
		Clase	Subclase	Limitaciones principales	Clase	Subclase	Limitaciones principales	
1.a.	Planos interfluviales altos	IV	s–e–c	Débil a moderada presencia de sal. Alta susceptibilidad a erosión. Lluvias escasas.	2	S	Débil presencia de sales en profundidad que se eliminarán con buen manejo de riego.	2.934 ha
1.b.	Paleoderrames salinizados	VI	s–w–c	Fuerte presencia de sal. Napa de agua alta. Lluvias escasas.	6	SD	Salinidad y sodicidad fuerte. Drenaje natural imperfecto.	1.954 ha
1.c.	Planos interfluviales bajos salinizados	V	s–w–c	Moderada a fuerte presencia de sal. Drenaje natural imperfecto. Lluvias escasas.	4	SD	Salinidad moderada a fuerte desde la superficie. Drenaje natural imperfecto.	838 ha
1.d.	Planos interfluviales medios	IV	s–c	Moderada presencia de sal. Lluvias escasas.	3	SD	Salinidad moderada. Drenaje natural imperfecto.	4.504 ha
1.e.	Planos interfluviales bajos salinizados	V	s–c	Moderada a fuerte presencia de sal. Lluvias escasas.	4	SD	Salinidad moderada a fuerte. Drenaje natural imperfecto.	6.219 ha
1.f.	Planos interfluviales altos	III	s–c	Débil a moderada presencia de sal. Lluvias escasas.	3	SD	Débil a moderada presencia de sales que se eliminarán con buen manejo de riego. Drenaje natural imperfecto.	2.360 ha
1.g.	Cañadas con escurrimiento esporádico	IV	w–s–c	Drenaje natural imperfecto. Débil presencia de sal. Lluvias escasas.	3	SD	Salinidad débil en profundidad y moderado PSI que puede requerir enmiendas cálcicas. Drenaje natural imperfecto.	895 ha
1.h.	Planos interfluviales bajos	VI	s–c	Fuerte presencia de sal. Lluvias escasas.	4	SD	Salinidad fuerte que podría corregirse con buen manejo del riego. Drenaje natural imperfecto.	1.301 ha

Unidad Cartog.	Geoforma	Capacidad de uso			Aptitud para riego			Superficie
		Clase	Subclase	Limitaciones principales	Clase	Subclase	Limitaciones principales	
1.i.	Cañada ancha con escurrimiento temporario.	V	s–e–c	Débil a moderada presencia de sal. Moderada susceptibilidad a erosión. Lluvias escasas.	2	ST	Salinidad débil a moderada que se corregirá con buen manejo del riego. Requiere emparejamiento.	2.542 ha
1.j.	Depresiones anegables salinizadas.	VII	w–s	Exceso de agua superficial. Napa de agua alta. Moderada a fuerte presencia de sal.	6	SD	Salinidad moderada a fuerte. Drenaje impedido en superficie y en profundidad.	1.467 ha
1.k.	Depresiones anegables salinizadas.	VI	w–s	Napa de agua alta. Moderada a fuerte presencia de sal.	6	SD	Salinidad moderada a fuerte. Drenaje impedido.	909 ha
1.l.	Plano interfluvial degradado por acción antrópica.	VI	e–s–c	Severa erosión y alta susceptibilidad de erosión. Moderada a fuerte presencia de sal. Lluvias escasas.	4	ST	Salinidad moderada a fuerte. Requiere emparejamiento y buen manejo de riego.	683 ha
1.m.	Planos interfluviales medios	V	e–s–c	Moderada susceptibilidad de erosión. Moderada a fuerte presencia de sal. Lluvias escasas.	3	ST	Salinidad moderada a fuerte en profundidad. Drenaje natural imperfecto. Relieve suavemente ondulado, requiere emparejamiento.	2.009 ha
1.o.	Planos interfluviales altos	IV	e–s–c	Alta susceptibilidad a erosión. Débil a moderada presencia de sal. Lluvias escasas.	2	T	Relieve suavemente ondulado, requiere emparejamiento. Salinidad débil a moderada que se corregirá con buen manejo del riego.	1.773 ha
1.p.	Plano interfluvial suavemente inclinado.	V	s–w–e–c	Moderada a fuerte presencia de sal. Drenaje subsuperficial imperfecto. Moderada susceptibilidad a erosión. Lluvias escasas.	4	STD	Salinidad moderada a fuerte. Drenaje natural imperfecto. Relieve suavemente inclinado, requiere emparejamiento.	275 ha

Unidad de Suelos Paleollanura de inundación del Río Dulce

Unidad Cartog.	Geoforma	Capacidad de uso			Aptitud para riego			Superficie
		Clase	Subclase	Limitaciones principales	Clase	Subclase	Limitaciones principales	
2.a.–	Antiguos planos inundables	V	s–e–c	Pobre desarrollo edáfico. Mediana retención de humedad. Alta susceptibilidad a erosión. Lluvias escasas.	2	T	Susceptibilidad a erosión. Requiere emparejamiento.	1.599 ha
2.b	Lomadas aisladas	V	e–s–c	Alta susceptibilidad a erosión. Pobre desarrollo edáfico. Mediana retención de humedad. Lluvias escasas.	3	TD	Susceptibilidad a erosión. Requiere emparejamiento. Drenaje natural imperfecto.	805 ha
2.c.–	Antiguo bañado	VI	s–w–c	Fuerte presencia de sal. Drenaje natural imperfecto. Lluvias escasas.	6	STD	Salinidad fuerte. Relieve subnormal a cóncavo. Drenaje natural imperfecto.	2.300 ha
2.d.	Planos en pendiente	V	s–w–c	Moderada a fuerte presencia de sal. Drenaje natural imperfecto. Lluvias escasas.	4	STD	Salinidad moderada a fuerte. Requiere emparejamiento. Drenaje natural imperfecto.	1.583 ha
2.e.	Paleocauces del Río Dulce	V	s–c	Pobre desarrollo edáfico. Mediana retención de humedad. Lluvias escasas.	2	S	Baja capacidad de almacenaje de agua útil.	1.197 ha

V.1.4.3. Descripción morfológica de las calicatas modales

A continuación se describe la morfología y se informa sobre las características diagnósticas y condiciones físico–químicas de los suelos modales. También se los clasifica por su capacidad de uso (secano) y aptitud de riego.

Los perfiles de suelos seleccionados se han localizado en el terreno de acuerdo a las condiciones fisiográficas y a la posición topográfica que ocupan en el paisaje.

Calicata N° 51

- **Clasificación por capacidad de uso: IV s–e–c**
- **Limitaciones principales:** Débil a moderada presencia de sal. Alta susceptibilidad a erosión. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 2 S**
- **Limitaciones principales:** Débil presencia de sales en profundidad que se eliminarán con buen manejo de riego.

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600



Características diagnósticas:

Presentan colores claros y con pobre desarrollo edafogenético. El grado de evolución alcanzado está en total equilibrio con el clima, con la posición topográfica alta que ocupan y la vegetación natural que los cubre.


Texturalmente responden a la clase franco limosa con abundante mica

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

La débil estructuración y la consistencia muy friable. Así como el pobre desarrollo edáfico y la posición de loma que ocupan, los hacen muy susceptibles de erosionarse cuando se les quita la cobertura vegetal que los protege.

Son tierras que no poseen limitantes físicas y químicas–nutricionales para el crecimiento de cultivos. Su uso con fines agropecuarios se ve muy limitado por la condición de aridez que caracteriza la región.

Morfología de un perfil representativo

<p>Paisaje: Plano interfluvial alto de la Paleobajada de las Sierras Subandinas Pampeanas</p> <p>Calicata N° 51</p> <p>Fecha: 26/11/01</p> <p>Posición geográfica: 4.200 m. al norte de La Cañada, camino a Santa María.</p> <p>Latitud: S 27° 41' 59,2 "; Longitud W 63° 44' 57,1"</p> <p>Posición topográfica: Loma</p> <p>Pendiente: 0–1%</p>	<p>Escurrimiento: Rápido</p> <p>Permeabilidad estimada: Moderadamente Rápida</p> <p>Drenaje: Bien drenado</p> <p>Vegetación natural: Arbustal (renovales de quebrachos blancos y algarrobos, breas, talas, jarillas, piquillin, chaguar, etc.)</p> <p>Uso de la tierra: Forestal</p>
	<p>A1 0–22 cm. Color en seco pardo amarillento claro (10YR 6/4), en húmedo pardo amarillento (10YR 5/4). Franco. Bloques subangulares medios, moderados que rompen a granular media, débil. En seco ligeramente duro; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 6,00. Comunes raíces. Mediana cantidad de mica blanca. Límite inferior claro–suave.</p> <p>AC 22–41 cm. Color en seco pardo amarillento claro (10YR 6/4), en húmedo pardo (7,5YR 5/4). Franco. Bloques subangulares medios, débiles que rompen a masiva. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,00. Escasas raíces. Mediana cantidad de mica blanca. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>C1 41–72 cm. Color en seco pardo pálido (7,5YR 6/3), en húmedo pardo (7,5YR 5/4). Franco. Masivo. En seco ligeramente duro; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,50. Escasas raíces. Escasos carbonatos en la masa. Mediana cantidad de mica blanca. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>C2ca 72–190 cm. Color en seco rosado (7,5YR 7/4), en húmedo pardo (7,5YR 5/4). Franco. Masivo. En seco duro; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,50. Abundantes carbonatos en la masa. Abundante mica blanca.</p> <p>Observaciones: ca: cálcico</p>

Calicata N° 53

- **Clasificación por capacidad de uso: IV s–c**
- **Limitaciones principales:** Moderada presencia de sal. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 3 S D**
- **Limitaciones principales:** Salinidad moderada. Drenaje natural imperfecto.
- **Unidad cartográfica: 1.d. y 1.l.**
- **Ubicación:** Suelos de los planos medios (lomadas), moderadamente bien drenados, del lado noreste del área estudiada. Comparten el paisaje con los suelos de la calicata N° 54 y se localizan en el área de contacto entre la paleobajada de las sierras subandinas pampeanas y la llanura aluvial del Río Salado. El mismo manifiesta un relieve muy suavemente ondulado y extendido con suave inclinación hacia el Río Salado. También se los encuentra en el plano interfluvial degradado por ac-

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600



Características diagnósticas:


Presentan horizontes de incipiente evolución. La secuencia de los mismos es A–AC–C. La profundidad del A1 (A11 + A12) es de 23cm, con estructura granular y de baja estabilidad. El AC posee semejantes características, aunque posee una mayor concentración de arcilla, con abundante carbonato de calcio. El C1 de naturaleza masiva, comienza a los 49 cm con presencia de abundante sal.

La consistencia suelta, como su posición suavemente inclinada los hacen susceptibles de erosionarse cuando se desmontan. Esta limitante junto con el alto grado de afectación salina que se manifiesta a partir de los 40 cm constituyen las limitaciones agrícolas más importantes para esta serie.

Texturalmente responden a la clase franco limosa y el porcentaje de materia orgánica es medio. Los valores de sal son moderados en superficie y altos en profundidad. El sodio intercambiable se considera alto en profundidad.

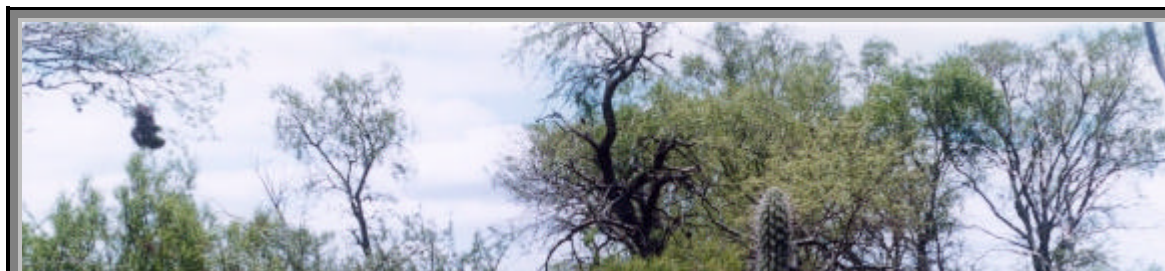
La presencia de una capa franca arcillo limosa a los 3,70 metros representa una limitación importante a tener en cuenta cuando se pongan bajo riego.

Morfología de un perfil representativo

<p>Paisaje: Paleobajada de las Sierras Subandinas Pampeanas Calicata N° 53 Fecha: 26/11/01 Posición geográfica: 9,5 km al sureste de La Cañada. Latitud: S 27° 44' 56,4"; Longitud W 63° 41' 14,3" Posición topográfica: loma Pendiente: 0–1% Escurrimiento: rápido</p>	<p>Permeabilidad estimada: Moderadamente rápida Drenaje: Moderadamente bien drenado Vegetación natural: Bosque bajo mas arbustal: quebrachos colorados y blancos (8 a 10 m.), talas, breas, mistoles, garabatos blancos, chañares, cardones, jarillas. Uso de la tierra: Forestal</p>
	<p>A11 0–10 cm. Color en seco pardo (10YR 5/3), en húmedo pardo a pardo oscuro (10YR 4/3). Franco limoso. Granular grande, moderada que rompe a granular fina, fuerte. En seco ligeramente duro; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 6,50. Abundantes raíces. Límite inferior abrupto–suave.</p> <p>A12 10–23 cm. Color en seco pardo (10YR 5/3), en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 4/4). Franco limoso. Bloques subangulares medios, moderados que rompen a bloques subangulares finos, débiles. En seco blando; en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH 6,75. Comunes raíces. Límite inferior claro–suave.</p> <p>AC 23–49 cm. Color en seco pardo amarillento oscuro (10YR 4/4), en húmedo pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4). Franco limoso. Bloques subangulares grandes, débiles que rompen a masiva. En húmedo friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,50. Escasas raíces. Límite inferior claro–suave.</p> <p>C1 49–80 cm. Color en húmedo pardo amarillento oscuro (7,5YR 4/4). Franco limoso. Masivo. En húmedo friable; en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH 8,00. Escasas raíces. Pocos carbonatos en la masa. Bolsas de cenizas volcánicas distribuidas en láminas de 15 cm x 2,5 cm. En la base psedomielios salinos. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>C21ca 80–145 cm. Color en húmedo rojo amarillento (5YR 4/4). Franco limoso. Masivo. En húmedo friable; en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH</p>

Calicata N° 54

- **Clasificación por capacidad de uso: V s–c**
- **Limitaciones principales:** Moderada a fuerte presencia de sal. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 4 S D**
- **Limitaciones principales:** Salinidad moderada a fuerte. Drenaje natural imperfecto.
- **Unidad cartográfica: 1.b., 1.c. y 1.e.**
- **Ubicación:** Suelos de los planos bajos, imperfectamente drenados y con fuerte afectación salina.



Características diagnósticas:


La morfología de la calicata modal de estos suelos es muy semejante a la exhibida en la calicata N° 53. Contienen iguales contenidos de materia orgánica y la misma secuencia de horizontes. A diferencia de aquella, posee mayores contenidos de arena en detrimento del limo, lo que determina que la clase textural sea franca.

Los altos índices de afectación salina y sódica que se manifiestan desde los 18 cm. y la capa de material impermeable franco arcillo limosa que se encuentra los 3,50 m de profundidad, son las limitaciones agronómicas más severas para el riego.

El uso de estas tierras en condiciones de secano se encuentra limitado, siendo inaptas para cultivos comunes.

La vegetación natural está compuesta por especies adaptadas al ambiente salino, en donde los jumes y cosqui yuyos aparecen como dominantes.

Morfología de un perfil representativo

<p>Paisaje: Paleobajada de las Sierras Subandinas Pampeanas Calicata N° 54 Fecha: 27/11/01 Posición geográfica: Propiedad San Gregorio Latitud: S 27°40'52,0" ; Longitud W 63°42'37,2" Relieve: Subnormal Posición topográfica: bajo Pendiente: 0–1%</p>	<p>Escurrimiento: medio Permeabilidad estimada: Moderada. Drenaje: Imperfectamente drenado Vegetación natural: Arbustal (cosqui yuyos, jumes, breas, talas, quinti tacho, garabatos blancos, retamas, cardones, jarillas y escasos renovales de quebrachos blancos). Uso de la tierra: Forestal y ganadera</p>
	<p>A1 0–19 cm. Color en seco pardo pálido (10YR 6/3), en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 4/4). Franco. Bloques subangulares medios, moderados que rompen a granular medios, moderados. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 6,50. Escasas raíces. Límite inferior claro–suave.</p> <p>AC 19–40 cm. Color en seco pardo (10YR 5/3), en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 4/4). Franco. Bloques subangulares medios, débiles que rompen a masiva. En húmedo friable; en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH 6,75. Escasas raíces. Límite inferior abrupto–suave.</p> <p>C1 40–75 cm. Color en húmedo pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4). De franco a franco limoso. Masivo. En húmedo friable; en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH 7,50. Escasas raíces. Pocos carbonatos en la masa. Desde 63 cm abundantes pseudomicelios salinos. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>C21ca 75–128 cm. Color en húmedo pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4). Franco limoso. Masivo. En húmedo friable; en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH 7,75. Abundantes carbonatos en la masa. Hasta 94 cm abundantes pseudomicelios salinos. Límite inferior abrupto–suave.</p> <p>C22ca–sa 128–150 cm. Color en húmedo rojo amarillento (5YR 4/4). Franco limoso. Masivo. En húmedo friable; en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH 8,25. Abundantes carbonatos en la masa. Abundantes cristales de 0,5 a 1 mm de sal. Límite inferior abrupto–suave.</p> <p>C3a 150–240 cm. Color en húmedo rojo amarillento (5YR 4/6). Franco limoso. Masivo. En</p>

Calicata N° 56

- **Clasificación por capacidad de uso: III s–c**
- **Limitaciones principales:** Débil a moderada presencia de sal. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 3 S D**
- **Limitaciones principales:** Débil presencia de sales que se eliminarán con buen manejo de riego. Drenaje natural imperfecto.
- **Unidad cartográfica: 1.f. y 1.p.**



riego. Los situados en el plano interfluvial suavemente inclinado están cubiertos de vegetación natural.


Características diagnósticas:

Como el resto de los suelos desarrollados en los sectores altos, el perfil modal responde a la secuencia A–AC–C. Exhiben una mayor evolución edafogenética, con horizontes superiores más profundos, mejor provistos de materia orgánica y más alta capacidad de intercambio catiónico. No son suelos sódicos y los registros de salinidad se ubican dentro del rango de débil a moderados.

Se encuentran moderadamente bien drenados. La clase textural franca se mantiene constante hasta los 310 cm, profundidad en que aparece la capa franca arcillosa, común al resto de las calicatas descriptas en esta unidad de suelos.

Las mejores condiciones químicas nutricionales permiten clasificar a estas tierras con una mejor capacidad de uso de secano, aunque también poseen la limitación climática por escasas lluvias. La presencia de una capa impermeable, medianamente profunda constituye una limitante para riego.

Morfología de un perfil representativo

<p>Paisaje: Planos altos de la paleo planicie aluvial del Río Dulce. Calicata N° 56 Fecha: 28/11/01 Posición geográfica: Propiedad Santa Rosa del Sr. Galvez Latitud: S 27° 46'34,3"; Longitud W 63° 45'21,6" Relieve: Subnormal Posición topográfica: loma</p>	<p>Pendiente: 0–1% Escurrimiento: Rápido Permeabilidad estimada: Moderada Drenaje: Moderadamente bien drenado Vegetación: Plantación de maíz Uso de la tierra: Agricultura con riego</p>
	<p>A1 0–18 cm. Color en seco pardo (10YR 5/3), en húmedo pardo oscuro (10YR 4/3). Franco. Bloques subangulares medios, débiles que rompen a granular medios, moderados. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 6,50. Comunes raíces. Límite inferior claro–suave.</p> <p>AC 19–54 cm. Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 4/4). Franco. Bloques subangulares grandes, débiles que rompen a masiva. En húmedo friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,00. Escasas raíces. Límite inferior claro–suave.</p> <p>C1 54–86 cm. Color en húmedo pardo amarillento (10YR 5/4). Franco. Masivo. En húmedo friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,50. Pocos carbonatos en la masa. Abundante mica blanca. Límite inferior abrupto–suave.</p> <p>C2ca 86–180 cm. Color en húmedo pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4). Franco. Bloques subangulares grandes, moderados que rompen en bloques angulares finos, moderados. En húmedo firme; en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH 8,00. Abundantes carbonatos en la masa y en forma de chorreaduras. Abundante mica blanca. En la parte superior manifiesta una consistencia muy quebradiza.</p> <p>Observaciones: ca–cálcico.</p>

Calicata N° 57

- **Clasificación por capacidad de uso: IV w–s–c**
- **Limitaciones principales:** Drenaje natural imperfecto. Débil presencia de sal. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 3 S D**
- **Limitaciones principales:** Salinidad débil en profundidad. Moderado PSI que puede requerir enmiendas cálcicas. Drenaje natural imperfecto.
- **Unidad cartográfica: 1.g., 1.j. y 1.k.**



viesa la Propiedad Santa Rosa, para desaguar en la antigua llanura de inundación del Río Dulce. Estas hondonadas reciben los excedentes hídricos superficiales y el agua de drenaje de los riegos.

También se los encuentra en la depresión anegable y salina emplazada entre las propiedades Santa Rosa y Uritu Huasi.


Características diagnósticas:

Por la posición topográfica deprimida que ocupan y la influencia que ejercen los excesos hídricos, determinan que estos suelos reciban agua adicional, la cual actúa positivamente en su evolución, alcanzando un buen desarrollo edáfico con perfiles A–B–C.

Están imperfectamente drenados y exhiben algunos rasgos hidromórficos, que se manifiestan a través de la presencia de gley, moteados ferruginosos y nodulitos de hierro–manganeso a los 100 cm de profundidad.

A los 270 cm se encontró la capa franco arcillosa, que retarda el libre movimiento gravitacional del agua de infiltración.

Morfología de un perfil representativo

<p>Paisaje: Vía de escurrimiento Calicata N°: 57 Fecha: 28/11/01 Posición geográfica: Al sureste del casco del Establecimiento Santa Rosa Latitud: S 27° 48' 21,4" ; Longitud W 63° 44' 59,6" Relieve: cóncavo Posición topográfica: bajo</p>	<p>Pendiente: 0–1% Escorrimento: lento Permeabilidad estimada: Moderada Drenaje: imperfectamente drenado Vegetación natural: Abra con chinchillas y malvas Uso de la tierra: En estado natural.</p>
	<p>A1 0–15 cm. Color en húmedo pardo a pardo oscuro (10YR 4/3). Franco. Bloques subangulares medios, moderados que rompen a bloques subangulares finos, moderados. En húmedo friable, en mojado no plástico y no adhesivo. pH 6,75. Abundantes raíces. Límite inferior claro–suave.</p> <p>A12 15–27 cm. Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 3/4). Franco. Bloques subangulares medios, moderados que rompen a bloques subangulares finos, moderados. En húmedo friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,00. Comunes raíces. Límite inferior abrupto–suave.</p> <p>B21 27–44 cm Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 3/6). Franco. Bloques subangulares grandes, moderados que rompen a bloques subangulares medios, fuertes. En húmedo firme, en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH 7,75. Escasas raíces. Ligera deposición de material coloidal en forma de clay skin sobre las caras verticales de los agregados secundarios. Límite inferior claro–suave.</p> <p>B22 44–67 cm Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 3/4). Franco. Bloques subangulares grandes, moderados que rompen a bloques subangulares medios, moderados. En húmedo friable, en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH 8,00. Escasas raíces. Ligera deposición de material coloidal en forma de clay skin sobre las caras verticales de los agregados secundarios. Límite inferior claro–suave.</p> <p>B3 67–90 cm Color en húmedo pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4). Franco. Bloques subangulares medios, moderados que rompen a bloques angulares finos, moderados.</p>

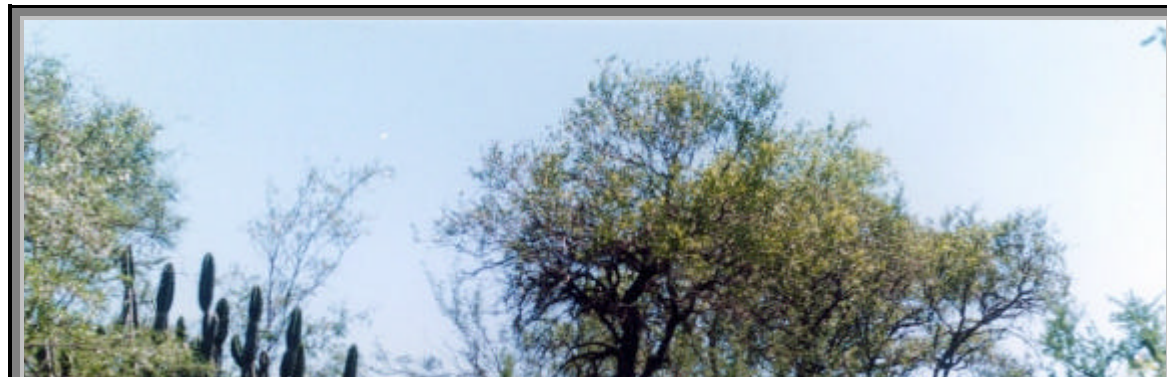
Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Al profundizar el perfil, exhibe los estratos siguientes:

Profundidad (cm)	Clase textural
200–270	Franca con abundante mica blanca
270–430	Franca arcillosa con abundantes carbonatos (color pardo rojizo)
430 a más	Arenosa gruesa

Calicata N° 60

- **Clasificación por capacidad de uso: IV e–s–c**
- **Limitaciones principales:** Alta susceptibilidad a la erosión. Débil a moderada presencia de sal. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 2T**
- **Limitaciones principales:** Relieve suavemente ondulado, requiere emparejamiento. Salinidad débil a moderada que se corregirá con buen manejo de riego.
- **Unidad cartográfica: 1.m. y 1.o.**



- **Ubicación:** Suelos de las crestas y pendientes altas de las lomas, situadas en el centro y sureste del área de estudio. El paisaje donde se ubican muestra un relieve alto, actuando como divisoria principal de aguas.


Características diagnósticas:

Son suelos bien drenados de áreas altas y la vegetación natural que los cubren esta constituida por la comunidad bosque bajo más arbustal, con escasa presencia de especies que indican salinidad (quebrachos colorados y blancos acompañados por algarrobos, mistoles, atamisquis, garabatos y pocos jumes).

Poseen incipiente evolución y por ello escasa diferenciación de horizontes. El perfil es del tipo A–AC–C. Poseen textura franca con porcentajes medios de 14% de arcilla, 46% de limo y 40% de arena.

Contienen valores del orden del 2,5% en materia orgánica. No son suelos sódicos ni salinos en superficie. En profundidad las concentraciones de sales aumentan; pero la textura franca y la posición topográfica que ocupan les confieren a estas tierras un buen drenaje, que facilitará el lavado de las mismas cuando se

Morfología de un perfil representativo

<p>Paisaje: Planos interfluviales altos Calicata N° 60 Fecha: 07/12/01 Posición geográfica: 1.300 m al este del esquinero noroeste del Establecimiento Uritu Huasi del Sr. Galvez Latitud: S 27° 49' 38,6" ; Longitud W 63° 41' 05,2" Posición topográfica: loma Pendiente: 0–1%</p>	<p>Escurrimiento: rápido Permeabilidad estimada: Rápida Drenaje: Algo excesivamente drenado Vegetación natural: Renovales de quebrachos blancos y colorados, abundantes jarillas, talas, atamisquis, tuscas y algo de jumes negros. Uso de la tierra: Forestal</p>
	<p>A1 0–12 cm. Color en húmedo pardo fuerte (10YR 3/3). Franco. Semimigajosa media, débil. En húmedo friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,00. Comunes raíces. Abundante mica blanca. Límite inferior claro–suave.</p> <p>AC 12–52 cm. Color en húmedo pardo oscuro (7,5YR 3/4). Franco. Bloques subangulares medios, débiles que rompen a bloques subangulares finos, débiles. En húmedo muy friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,25. Comunes raíces. Abundante mica blanca. Límite inferior claro–suave.</p> <p>C1 52–120 cm. Color en húmedo pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4). Franco. Masivo. En húmedo muy friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,50. Hasta 90 cm presencia de escasas raíces. Pocos carbonatos en la masa. Abundante mica blanca. Con manchas de color pardo muy oscuro. Presencia de escasos nódulos pequeños de material más fino. Límite inferior gradual–suave. En la parte superior manifiesta una consistencia quebradiza.</p> <p>C2ca 120–190 cm. Color en húmedo pardo fuerte (7,5YR 4/6). Franco. Masivo. En húmedo muy friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 8,25. Abundantes carbonatos en la masa. Abundante mica blanca.</p>

Calicata N° 61

- **Clasificación por capacidad de uso: VI s– w–c**
- **Limitaciones principales:** Fuerte presencia de sal. Drenaje natural imperfecto. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 6 S T D**
- **Limitaciones principales:** Salinidad fuerte. Relieve subnormal a cóncavo. Drenaje natural imperfecto.
- **Unidad cartográfica: 2.c. y 2.d.**



- **Ubicación:** Estos suelos se encuentran en el extremo sur, dentro de la antigua planicie de inundación del Río Dulce. Ocupan el piso de bañado antiguo y las pendientes bajas.

Características diagnósticas:


Son suelos fuertemente salinizados y sódicos, mal drenados y en donde las especies vegetales halófitas son dominantes.

La génesis de los mismos se produce a partir de materiales de distinta mineralogía y tamaño, en una estratificación de tipo torrencial. Tal condición edafogenética ha determinado que los perfiles estén constituidos por clases texturales diferentes, con altos porcentajes de arcilla.

Los mismos están formados por una capa de sedimentos finos de aproximadamente 60 cm, en donde se distingue una secuencia de horizontes A–B. A continuación se ubican diferentes estratos de espesores menores, donde se intercalan materiales arcillosos.

A la profundidad de 126 cm se detectó una capa de 27 cm de cenizas vol-

Morfología de un perfil representativo

<p>Paisaje: Bañado antiguo. Calicata N°: 61 Fecha: 07/12/01 Posición geográfica: 350 m al norte del esquinero suroeste del Establecimiento Uritu Huasi, por picada perimetral Latitud: S 27° 51' 13,8" Longitud W 63° 42' 18,0" Relieve: Cóncavo Posición topográfica: bajo</p>	<p>Pendiente: 0–1% Ecurrimiento: lento Permeabilidad estimada: lenta Drenaje: Pobrementamente drenado Vegetación natural: Jumes negros, cosqui yuyos, palos azules, breas, garabatos y quebrachitos blancos de crecimiento esclerótico. Uso de la tierra: Sin uso</p>
	<p>A1 0–19 cm. Color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2). Franco arcillo limoso. Bloques subangulares medios, moderados que rompen a bloques subangulares finos, moderados. En húmedo friable, en mojado ligeramente plástico y adhesivo. pH 6,50. Comunes raíces. Límite inferior abrupto–suave.</p> <p>B2 19–43 cm Color en húmedo pardo muy oscuro (10YR 2/2). Franco arcilloso. Bloques angulares grandes, moderados que rompen en bloques angulares finos, fuertes . En húmedo firme, en mojado plástico y adhesivo. pH 6,75. Comunes raíces. Ligera deposición de material coloidal en forma de clay skin.. Límite inferior claro–suave.</p> <p>B3 43–57 cm Color en húmedo pardo oscuro (7,5YR 3/4). Franco. Bloques subangulares grandes, moderados que rompen a bloques subangulares medios, moderados. En húmedo friable, en mojado ligeramente plástico y ligeramente adhesivo. pH 7,00. Escasas raíces. Abundantes pseudomicelios salinos. Límite inferior claro–suave.</p> <p>IIC1 57–88 cm Color en húmedo pardo rojizo (5YR 4/3). Franco arcilloso. Laminar. En húmedo firme; en mojado plástico y adhesivo. pH 7,50. Impermeable. Límite inferior abrupto–suave.</p> <p>IIC2 ca 88–126 cm Color en húmedo rojo amarillento (5YR 4/6). Franco arcilloso. La-</p>

Calicata N° 63

- **Clasificación por capacidad de uso: V s–c**
- **Limitaciones principales:** Pobre desarrollo edáfico. Moderada retención de humedad. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 2 S**
- **Limitaciones principales:** Moderada capacidad de almacenaje de agua útil.
- **Unidad cartográfica: 2.e.**



oeste–este. Se ubican en áreas con relieve chato, algo cóncavas y de formas elongadas.


Características diagnósticas:

Deben su origen a aportes de sedimentos fluviales de granulometrías más gruesas entremezclados con sedimentos eólicos de más joven deposición. Exhiben muy escaso desarrollo con perfiles A–AC–C, de colores muy claros. La textura franca limosa gruesa es igual para todos los horizontes identificados y le confiere a estos suelos un buen drenaje, con mediana retención de humedad y agua útil a las plantas. Permanecen casi todo el año secos, solamente después de cada lluvia poseen humedad disponible a la vegetación por períodos de pocos días.

Son suelos con contenidos pobres de materia orgánica y mediana capacidad de intercambio catiónico. Se hallan libres de sales y sodio en la zona de actividad radicular, situación que se revierte a los 90 cm de profundidad. El pH promedia valores normales para la zona.

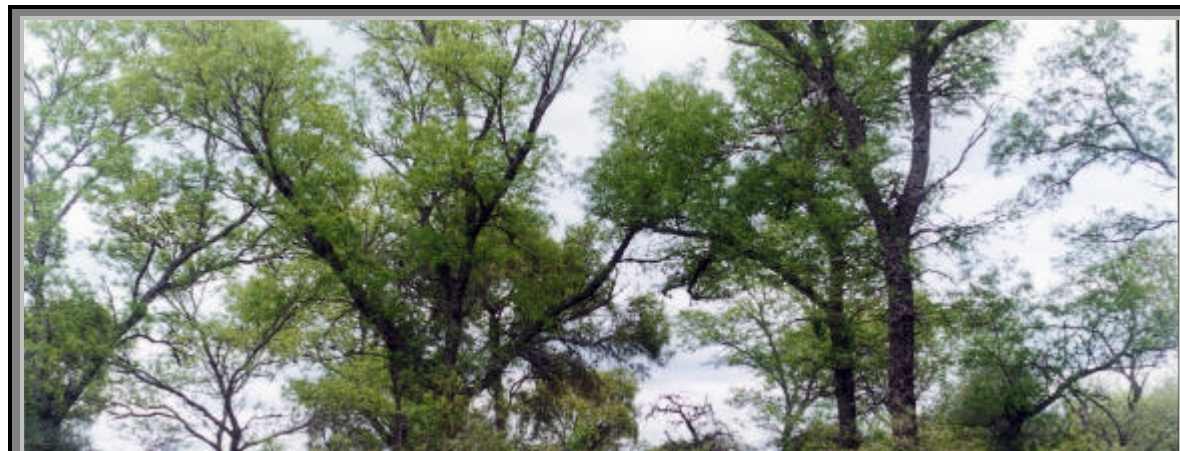
Poseen una alta susceptibilidad de degradación cuando se les quita la cobertura de pastizales que los cubren.

Morfología de un perfil representativo

<p>Paisaje: Paleocauce del Río Dulce Calicata N° 63 Fecha: 28/11/01 Posición geográfica: 4.100 m al este del camino que vincula La Cañada con Taboada, por picada sur de deslinde del Lote 21 de San José. Latitud: S 27° 52' 34,2" Longitud W 63° 45' 31,5" Relieve: Subnormal Posición topográfica: bajo</p>	<p>Pendiente: 0–1% Ecurrimiento: medio Permeabilidad estimada: Rápida Drenaje: Algo excesivamente drenado Vegetación natural: Pastizal (cola de zorro, yerba de oveja, poleo) con quebrachitos blancos y tuscas aisladas. Uso de la tierra: Sin uso</p>
	<p>A1 0–11 cm. Color en seco pardo amarillento (10YR 5/4), en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 4/4). Franco limoso. Semimigajosa media, débil que rompe a masiva. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,00. Abundantes raicillas. Abundante mica blanca. Límite inferior claro–suave.</p> <p>AC 11–31 cm. Color en seco pardo amarillento claro (10YR 6/4), en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 4/4). Franco limoso. Masivo. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,50. Abundantes raicillas. Abundante mica blanca. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>C1 31–64 cm. Color en seco pardo pálido (10YR 6/3), en húmedo pardo claro (7,5YR 6/4). Franco limoso. Masivo. En seco suelto; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 8,00. Comunes raicillas. Abundante mica blanca. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>C2 64–160 cm. Color en húmedo pardo (7,5YR 5/4). Franco limoso. Masivo. En húmedo suelto; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 8,00. Abundantes carbonatos en la masa. Abundante mica blanca. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>C3 160–250 cm. Color en húmedo pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4). De franco a franco arenoso. Masivo. En húmedo suelto; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 8,00. Abundantes carbonatos en la masa. Abundante mica blanca.</p>

Calicata N° 66

- **Clasificación por capacidad de uso: V e–s–c**
- **Limitaciones principales:** Alta susceptibilidad de erosión. Pobre desarrollo edáfico. Baja retención de humedad. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 3 T D**
- **Limitaciones principales:** Susceptibilidad erosión. Requiere emparejamiento. Drenaje natural imperfecto.
- **Unidad cartográfica: 2.b**



cales y podrían ser antiguas dunas, actualmente estabilizadas por la vegetación natural.

Características diagnósticas:

Los perfiles de estos suelos muestran en superficie horizontes minerales de texturas medias formados a partir de sedimentos depositados por el viento. A mayor profundidad están constituidos por capas de materiales de diferentes litologías de posible origen fluvial.

Hasta la profundidad de 146 cm, el tamaño de partículas define la clase textural franca limosa. Este estrato exhibe color muy claro, con escasa evolución edafogenética. Solamente se ha podido diferenciar un corto horizonte superficial de 36 cm, con escaso contenido de materia orgánica y en donde se encuentran los horizontes A y AC.

Luego se intercalan capas angostas de materiales litológicos diferentes. El estrato ubicado a los 2,00 metros posee un elevado porcentaje de limo y arcilla, dando origen a una capa medianamente impermeable. La presencia de dicha capa y las concentraciones de sal y sodio halladas a partir de los 40 cm representan

Morfología de un perfil representativo

Paisaje: Lomada dentro de la Paleollanura de inundación del Río Dulce Calicata N° 66 Fecha: 28/11/01 Posición geográfica: 8,7 km. al este del camino La Cañada – Tabeada, por picada sur de deslinde del Lote 21 de San José Latitud: S 27° 53' 03,3" Longitud W 63° 42' 47,4" Relieve: Subnormal Posición topográfica: loma Pendiente: 0–1%	Escurrimiento: rápido Permeabilidad estimada: Rápida en superficie, moderadamente lenta en profundidad Drenaje: Moderadamente bien drenado Vegetación natural: Bosque más arbustal (Quebrachos blancos y colorados de 10 a 15 m, mistoles, breas, tuscas, itines, jarillas, atamisquis, garabatos, etc.) Uso de la tierra: Forestal
---	---



A1 0–12 cm. . Color en seco pardo amarillento (10YR 5/4), en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 3/4). Franco limoso. Semimigajosa media, débil que rompe a masiva. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 6,50. Abundantes raíces. Límite inferior abrupto–suave.

AC 12–36 cm. Color en seco pardo (10YR 5/3), en húmedo pardo a pardo oscuro (10YR 4/3). Franco limoso. Bloques subangulares medios, débiles que rompen a masiva. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,00. Comunes raíces. Escasa mica blanca fina. Límite inferior claro–suave.

C1ca 36–96 cm. Color en seco pardo pálido (10YR 6/3), en húmedo pardo (10YR 5/3). Franco limoso. Masiva. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,75. Abundante mica blanca fina. Abundantes carbonatos en la masa. Límite inferior gradual–suave.

C2 96–120 cm. Color en seco pardo muy pálido (10YR 7/3), en húmedo pardo (7,5YR 5/4). Franco limoso. Masiva. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 8,00. Comunes carbonatos en la masa. Abundante mica blanca fina. Límite inferior abrupto–suave.

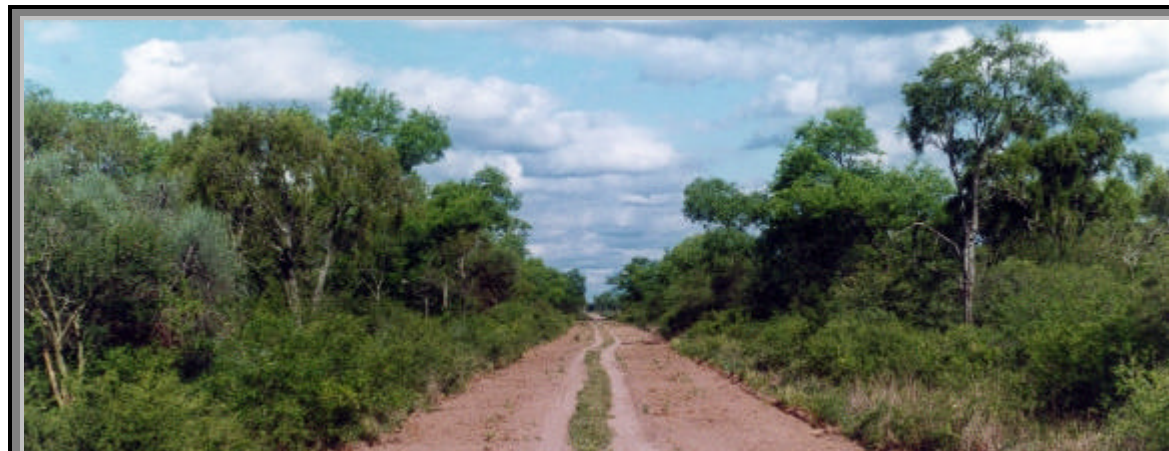
Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Al profundizar el perfil, exhibe los estratos siguientes:

Profundidad (cm)	Clase textural
190–240	Franca limosa a franca arcillo limosa
240–280	Franco arenoso
280–350	Franca arcillo limosa

Calicata N° 68

- **Clasificación por capacidad de uso: V s–e–c**
- **Limitaciones principales:** Limitaciones principales: Débil a moderada presencia de sal. Moderada susceptibilidad a erosión. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 2 S T**
- **Limitaciones principales:** Salinidad débil a moderada que se corregirá con un buen manejo de riego. Requiere emparejamiento.
- **Unidad cartográfica: 1.i.**



- **Ubicación:** Los suelos de la calicata N° 68 se ubican en la cañada ancha con escurrimiento temporario, que atraviesa la zona cartografiada en sentido noroeste–sudsudeste.


Características diagnósticas:

Deben su origen a aportes de sedimentos fluviales de granulometrías gruesas. Exhiben un débil desarrollo con perfiles A–AC–C. La textura franca arenosa es igual para todos los horizontes identificados y le confiere a estos suelos un buen drenaje. En profundidad no presentan estratos de texturas finas que dificulten la libre infiltración del agua.

Presentan un sencillo perfil A–AC–C. Solamente en los primeros 40 cm (horizontes A y AC) se aprecia débil evolución.

Son suelos de baja capacidad de intercambio catiónico, con contenidos medios de materia orgánica. En superficie se hallan libres de sales y sodio, en profundidad se aprecia un leve incremento de estos registros. El pH promedia valores normales para la zona.

Morfología de un perfil representativo

<p>Paisaje: Cañada con escurrimiento temporario. Calicata N°: 68 Fecha: 26/11/01 Posición geográfica: Establecimiento “La Esperanza” del Ing. Altamiranda Latitud: S 27° 44’ 51,6” Longitud: W 63° 43’ 62,8” Relieve: Subnormal Posición topográfica: bajo:</p>	<p>Pendiente: 0–1% Escurrimiento: rápida Permeabilidad estimada: Rápida Drenaje: Algo excesivamente drenado Vegetación natural: Renovales de quebrachos blancos y colorados, breas, itines, tuscas, ucles, etc. Uso de la tierra: Forestal</p>
	<p>A1 0–18 cm. Color en seco pardo (10YR 5/3), en húmedo pardo a pardo oscuro (10YR 4/3). Franco arenoso. Bloques subangulares medios débiles que rompen a semimigajosa media, débil. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 6,25. Comunes raíces. Abundante mica blanca. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>AC 18–43 cm. Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 3/4). Franco arenoso. Bloques subangulares medios, débiles que rompen a masiva. En húmedo friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,00. Comunes raíces. Abundante mica blanca. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>C1 43–112 cm. Color en húmedo pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4). Franco arenoso. Masivo. En húmedo muy friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,50. Hasta 53 cm presencia de escasas raíces. Pocos carbonatos en la masa. Abundante mica blanca. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>C2ca 112–200 cm. Color en húmedo pardo fuerte (7,5YR 4/6). Franco arenoso. Masivo. En húmedo muy friable; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,75. Abundantes carbonatos en la masa. Abundante mica blanca.</p> <p>Observaciones: ca: cálcico.</p>

Calicata N° 71

- **Clasificación por capacidad de uso: V s –e–c**
- **Limitaciones principales:** Pobre desarrollo edáfico. Mediana retención de humedad. Alta susceptibilidad a erosión. Lluvias escasas.
- **Clasificación por aptitud para riego: 2 T**
- **Limitaciones principales:** Susceptibilidad a erosión. Requiere emparejamiento.
- **Unidad cartográfica: 2.a.**



Características diagnósticas:


La mineralogía del material originario de estos suelos permite diagnosticar que han evolucionado sobre sedimentos acarreados por el Río Dulce, entremezclados con material de deposición eólica.

El perfil representativo esta constituido por sedimentos limo arenosos de consistencia muy friable y en donde se pueden diferenciar horizontes por su color y consistencia. A partir de los 100 cm. se encontró otro estrato de características diferentes, con abundante ceniza volcánica depositada en capas compactas de pocos milímetros de espesor y en estado pulverulento, que le confiere a la capa un color blanquecino.

No son suelos salinos ni sódicos y la textura les confiere un buen drenaje, con mediana retención de agua útil para los cultivos.

La alta temperatura y deficitario registro de precipitaciones que ocurren en la zona, no permiten una mayor evolución en los suelos. La fertilidad actual es pobre, aunque la constitución mineralógica asegura una elevada fertilidad potencial, obteniéndose excelentes rendimientos si en estas tierras se establecen pro-

Morfología de un perfil representativo

<p>Paisaje: Planicie ligeramente deprimida Calicata N°: 71 Fecha: 07/12/01 Posición geográfica: 14 Km al sureste de La Cañada Latitud: S 27° 50' 22,0 " Longitud: W 63° 47' 06,6" Relieve: Subnormal Posición topográfica: bajo Pendiente: 0–1%</p>	<p>Escurrimiento: lento Permeabilidad estimada: Rápida Drenaje: Algo excesivamente drenado Pastizal de gramíneas (cola de zorro) con rebrote de quebracho blanco Uso de la tierra: pastoril</p>
	<p>A11 0–13 cm. Color en seco pardo (10YR 5/3), en húmedo pardo a pardo oscuro (10YR 4/3). Franco limoso grueso. Bloques subangulares medios, débiles. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 6,50. Comunes raíces. Comunes carbonatos en la masa. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>A12 13–23 cm. Color en seco pardo amarillento (10YR 5/4), en húmedo pardo (10YR 4,5/3). Franco limoso grueso. Bloques subangulares medios, débiles. En seco blando; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 7,25. Escasas raíces. Abundantes carbonatos en la masa. Límite inferior gradual–suave..</p> <p>AC 23–50 cm. Color en seco pardo pálido (10YR 6/3), en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 4/4). Franco limoso grueso. Grano suelto. En seco suelto; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 8,00. Escasas raíces. Comunes carbonatos en la masa. Límite inferior gradual–suave.</p> <p>C1 50–100 cm. Color en seco pardo amarillento claro (10YR 6/4), en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 5/4). Franco limoso grueso. Grano suelto. En seco suelto; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 8,25. Abundantes carbonatos en la masa. Límite inferior abrupto–suave.</p> <p>IIC 100–180 cm. Color en húmedo blanco (10YR 8/1). Franco Limoso grueso. Grano suelto. En húmedo suelto; en mojado no plástico y no adhesivo. pH 8,25 Escasos carbonatos en la masa. Abundante ceniza volcánica pulverulenta y depositada en</p>

V.1.5.- Caracterización de las Relaciones Suelo:Agua

V.1.5.1.- Curvas de Capacidad Hídrica

La función que relaciona el potencial mátrico del suelo con el contenido hídrico se denomina “curva de retención hídrica del suelo”, “curva de humedad característica” o “curva de capacidad hídrica”.

La determinación de dichas curvas se realizaron por el método de desorción o secado, colocando las muestras de suelo saturadas con agua en cámaras donde, mediante una presión de aire comprimido, se fuerza a la fase líquida a salir del espacio poroso del suelo hasta alcanzar una condición de equilibrio entre la presión aplicada y el contenido hídrico retenido por el suelo. Posteriormente se determina el contenido hídrico en peso remanente en las muestras.

Las curvas de retención de agua por los suelos tiene gran importancia agrícola, porque permiten estimar la cantidad de agua que un suelo puede almacenar dentro de límites dados de succión, es decir la cantidad de agua de fácil aprovechamiento (succión baja) y la de difícil aprovechamiento (succión alta) por las

miento que corresponden a alguna función de succión en la práctica del riego, la que puede evaluarse en términos de ingresos económicos.

La información sobre la curva de desorción de muestras de los suelos tiene varias aplicaciones prácticas. Es útil saber de antemano cuánta agua puede almacenar una profundidad dada del perfil del suelo después de un riego o de una lluvia.

Utilizando la información de estas curvas se definen las láminas de reposición o dosis unitaria de cada riego, en función del espesor de suelo aprovechable por las raíces del cultivo, del régimen hidrológico al que se ajustará el sistema productivo y de los niveles de productividad que se pretenden.

Así, cada cultivo tolerará que se agote el agua del suelo hasta un determinado umbral θ_u , sin que se resientan los rendimientos previstos. Existen algunas etapas del desarrollo de los cultivos en que estos son especialmente sensibles al déficit de agua e incluso en algunos casos hay que modificar el valor de θ_u durante estas etapas para evitar disminuciones en los rendimientos. A estas etapas de mayor sensibilidad se las denomina períodos críticos y en general correspon-

Tanto la capacidad de campo θ_f como el umbral de riego θ_u guardan relación con el contenido hídrico y el potencial mátrico. Así, en la mayoría de los suelos, los valores de capacidad de campo θ_f corresponden aproximadamente a los contenidos hídricos medidos en equilibrio con una presión de 0,3 bares en desorción o secado. Los valores de umbral de riego θ_u guardan relación, como ya se dijo, con el nivel de productividad esperado y con la fase de desarrollo fenológico. En general corresponden a contenidos hídricos en equilibrio con presiones del orden de 0,5 a 1,0 bares, aunque en algunas fases de desarrollo pueden alcanzarse valores de umbral correspondientes a presiones de hasta 3,0 bares.

Esto resulta de gran importancia al momento de programar y controlar los riegos, utilizando instrumentos para medir la fuerza con que la matriz del suelo retiene el agua, denominados “tensiómetros”. La medición hecha con estos aparatos, debidamente interpretada a partir de la curva de desorción, indica la cantidad de agua disponible en el suelo..

Un tensiómetro consiste en una cápsula porosa unida a un vacuómetro por medio de un tubo con cierre hermético. La cápsula porosa se coloca en íntimo

de succión, suele producirse discontinuidad de la columna por formación de burbujas, y en tal caso no puede hacerse la lectura correctamente.

Esta información facilita el planeamiento del riego en cuanto a la cantidad de agua que es necesario aplicar en relación con el valor de la succión del agua del suelo, que limita el crecimiento activo y productivo de un cultivo, tanto en condiciones de secano como bajo riego. La información de la curva de desorción se puede combinar con datos de evapotranspiración y lluvia infiltrada para determinar el balance hídrico del suelo y la succión de agua correspondiente a dicho balance, valores que permiten calcular la fecha y la cantidad de riego. El mismo método se puede usar en sistemas productivos en secano, para calcular el régimen del balance hídrico del suelo y las succiones correspondientes durante el ciclo de un cultivo y caracterizar así un elemento importante del clima y del crecimiento de una planta de la zona.

El almacenamiento de agua de un perfil de suelo después del riego, es una información importante para calcular el volumen de las aplicaciones de agua para la lixiviación de suelos salinos. La curva de desorción proporciona una base para calcular el factor de concentración de la solución del suelo a medida que éste se

V.1.5.2.- Mediciones de Infiltración

Infiltración es el proceso mediante el cual se incorpora el agua al suelo, desde la superficie de mismo hacia las capas más profundas, en sentido predominantemente vertical. Este proceso puede producirse naturalmente (por lluvia o anegamiento) o ser provocado por el hombre por aplicación de riego superficial por gravedad, por aspersión o por goteo. La importancia de su conocimiento para la ingeniería del riego es entonces fundamental para el control de la recarga al perfil del suelo del agua perdida por evapotranspiración, así como también para el manejo del lavado de suelos salinos y alcalinos sometidos al proceso de recuperación.

Si en un suelo relativamente seco se agrega agua en superficie, en la capa superior los poros se llenan casi totalmente con el líquido, el que comienza a moverse a partir de la zona de transición en condiciones de flujo insaturado siguiendo el gradiente de potencial, es decir hacia las capas más profundas del suelo. Conviene recordar que las fuerzas mecánicas actuantes son principalmente el potencial mátrico y_m y en menor medida el potencial gravitatorio y_g .

cantidad de agua que un suelo es capaz de retener contra la fuerza de atracción de la gravedad”. Su valor depende de las características texturales y estructurales del suelo y del contenido de materia orgánica fundamentalmente. El exceso de agua aplicada percola y se incorpora a las capas inferiores o a la capa freática, provocando su ascenso.

La velocidad con que el agua se incorpora al suelo por el proceso de infiltración depende fundamentalmente de:

- el gradiente de potencial mátrico y gravitatorio, con preponderancia del primero en las etapas iniciales y medias del proceso, y del último en la etapa final. El gradiente hidráulico tiene efecto solamente en el movimiento del agua en la zona de saturación.
- los valores de conductividad hidráulica en condiciones de flujo saturado e insaturado, en cuya determinación tiene influencia:
 - la geometría del espacio poroso y su estabilidad frente al agua;
 - las características del fluido, principalmente densidad, viscosidad y

Al comienzo del proceso de infiltración la velocidad de ingreso es alta, pues el gradiente de potencial es muy grande, pero a medida de que el suelo se va mojando, la velocidad de infiltración va disminuyendo.

Existen algunas ecuaciones que relacionan la lámina infiltrada acumulada d y la velocidad de infiltración instantánea i en función del tiempo, t . En general, la velocidad de ingreso de agua al suelo ha sido tratada en forma teórica y empírica por numerosos investigadores, especialmente para el caso de suelos con perfil homogéneo y mediciones con superficie anegada. Los resultados coinciden en señalar que la velocidad de infiltración (definida como la máxima velocidad de ingreso al suelo, bajo determinadas condiciones, de un exceso de agua aplicada en la superficie del suelo) disminuye con el tiempo y tiende a alcanzar un ritmo constante.

Se han desarrollado varias expresiones empíricas para describir la variación en el tiempo de la lámina total infiltrada y la velocidad de infiltración. Entre ellas se encuentra la desarrollada por Kostiaokof (1932), que resulta de gran utilidad en el diseño de los sistemas de riego:

m = exponente cuyo valor depende de la estabilidad del espacio poroso frente al agua.

A partir de esta ecuación se puede calcular el tiempo necesario para que se infiltre la lámina de riego, permitiendo de esta manera diseñar correctamente los elementos de riego para alcanzar determinados niveles de eficiencia de aplicación.

Velocidad de infiltración instantánea: $i = \frac{dI}{dt} = k * m * t^{m-1}$

La ecuación de velocidad de infiltración instantánea se obtiene derivando la ecuación de lámina acumulada en función del tiempo.

Dados d en mm y t en minutos, el resultado queda expresado en mm/m; para hacerlo en mm/hora, basta multiplicar por 60 min/hora el resultado y reagrupando constantes se obtiene:

$$i = 60 * k * m * t^{m-1} = K * t^n$$

donde: i = velocidad de infiltración instantánea en mm/hora

riego, se considera que ese valor se alcanza cuando la derivada de i con respecto al tiempo toma un valor igual a -0.1 :

$$di/dt = k * m * (m-1) * 60 * t_b^{m-2} = -0.1$$

Despejando t_b se calcula el valor de la infiltración básica I_b utilizando la ecuación de la velocidad de infiltración instantánea.

Medición de la infiltración

La medición de la infiltración se realiza siempre a campo, sobre suelo natural sin disturbar, usando aparatos denominados infiltrómetros, o bien en parcelas de ensayo. En la práctica, para fines de riego, se utilizan principalmente los infiltrómetros de carga variable de doble anillo, y, en menor medida, el de anillo simple.

El infiltrómetro de doble anillo consta de dos tubos de chapa, uno interno de aproximadamente 20 cm de diámetro y uno externo de 40 a 50 cm de diámetro, ambos con una altura de 25 a 35 cm y presentan un borde inferior cortante y un borde superior reforzado. Se instalan en forma concéntrica por sus bordes cortantes, aplicando golpes en el borde reforzado hasta enterrarlos unos 15 cm.

externo sirve de amortiguador para evitar el flujo horizontal por debajo del anillo interno y por lo tanto su nivel debe ser siempre similar, para lo cual se agrega agua cada vez que sea necesario. El proceso de medición dura aproximadamente unas 3 horas, período en el cual se alcanza un estado de régimen cuasi permanente. En la planilla de campo se anota en columnas el tiempo transcurrido desde el inicio, las lecturas efectuadas, y los enraseos efectuados, consignando además la fecha, lugar, tipo de suelo, estado del suelo, cultivo, y toda observación que se considere de interés.

A los efectos de disminuir el efecto de la variabilidad del terreno, se hicieron dos mediciones en el mismo sitio (Ensayo A y Ensayo B), cuyos resultados se promediaron.

Las mediciones de infiltración se realizaron en sitios cercanos a cada una de las calicatas modales. Los resultados se muestran en planillas y gráficos adjuntos.

Los valores obtenidos resultan aparentemente altos, debido a que los suelos donde se realizaron las mediciones estaban naturalmente secos hasta profun-

gimen térmico. Si paralelamente disminuye el contenido de materia orgánica del horizonte superficial, dicha disminución de la velocidad de infiltración será todavía más notable.

V.1.6. Conclusiones del Estudio Edafológico

- Los estudios edafológicos han permitido identificar la tipología de suelos de la región estudiada, establecer sus capacidades utilitarias y señalar las limitaciones de uso más importantes.
- La relación de los suelos con el paisaje, da información complementaria que permite vincular las características de los suelos con la posición topográfica que ocupan en el relieve. Este conocimiento será de especial importancia cuando se programen los futuros riegos.
- La afectación salina, altas temperaturas y escasas lluvias, que afectan por igual a todas las tierras del sector, condicionan la actividad agrícola de secano en la zona cartografiada.
- Si se desea hacer agricultura, necesariamente habrá que habilitar nuevas áreas de riego en aquellos sitios donde las limitaciones agronómicas son me-

la erosión y el relieve ondulado aparecen como las restricciones más significativas.

- Hasta la profundidad de 2,70 metros, las tierras con mejores aptitudes para riego no poseen horizontes formados por texturas finas que impiden el crecimiento de las raíces de los cultivos y limitan la libre infiltración del agua.
- Los contenidos de materia orgánica en todos los suelos identificados no son altos. Si se realizan riegos en forma no adecuada, esta condición podrá acarrear problemas de labranza y crecimiento en los cultivos. Estos se manifestarán en el secado rápido, compactación y endurecimiento de la capa arable, y en la rápida disminución del nitrógeno asimilable.

V.2.- CALIDAD AGRONÓMICA DEL AGUA DE RIEGO

V.2.1- INTRODUCCIÓN

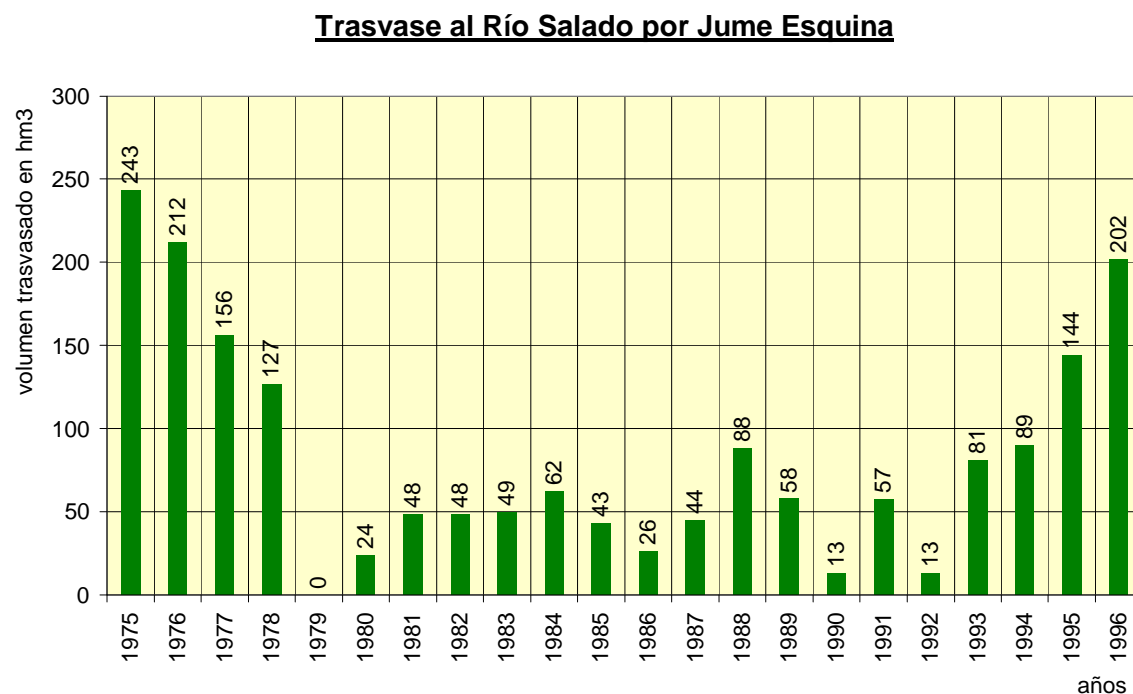
El subsistema de riego Jume Esquina se provee de agua mediante un canal de trasvase (canal JUME ESQUINA), que lleva agua del sistema Río Dulce al sistema Río Salado y posee un desarrollo de aproximadamente 60 Km hasta su desembocadura.

Tiene su origen en la Barrera IV, obra de cierre frontal ubicada en progresiva 21,5 Km. del canal matriz. Esta obra se considera como progresiva Km. 0, para el ducto motivo de este estudio, teniendo como punto terminal, la desembocadura en el río La Guardia en el paraje EL CERITO en progresiva Km 59,587.

En su trazado participa de las unidades geomorfológicas: Paleo Llanura Aluvial del Río Dulce y Planicie Loéssica.

Su rumbo en los primeros kilómetros de recorrido es hacia el Noreste, el cual luego de un corto tramo que va de Noreste a Sudeste, retoma su cauce, claramente orientado hacia el Este. El trazado, al superar el cruce con la Ruta Provin-

En la gráfica siguiente se han representado mediante barras los volúmenes trasvasados anualmente a partir de 1975. Se observa una muy alta irregularidad en el régimen de trasvase, tanto que solamente en el año 1975 se ha cumplido el compromiso establecido.



Los factores que presuntamente originan esta particularidad responden a distintas génesis; como ser entre otros: factores de diseño de la obra, de planificación de las derivaciones, ecológicas, etc.. las cuales se traducen como prove-

áreas de ampliación, Rodeana y las derivaciones aguas abajo de las vías del ex FCGMB.

- Las pérdidas de conducción originadas por falta de mantenimiento del cauce y cuya manifestación es la existencia de significativos embanques y la proliferación de vegetación acuática sumergida y emergente.
- Las oscilaciones en la superficie cultivada en el área servida sobre el Río Salado por distintas razones, como insuficiencia hídrica, desmejoramiento temporal de la calidad del agua de riego y salinización de los suelos.
- Bajos o nulos niveles de rentabilidad de las explotaciones agropecuarias, etc.

En virtud de este abanico de potenciales factores negativos cuyos efectos individuales o en conjunto, que actúan temporal o permanentemente, se ha estudiado del agua transportada por el canal.

V.2.2.- TRABAJOS DE CAMPAÑA

con la suspensión del uso del agua en riego, coincidente con la menor presencia de aguas superficiales provenientes de escorrentías o desagües de agua de lluvias. Se efectuó en el mes de Junio de 2001.

Las dos campañas restantes de recolección, se efectuaron en el mes de diciembre de 2001, que supone la presencia de aguas superficiales y subsuperficiales, producto de las lluvias de la estación, las que aumentan su concentración salina por disolución de sales en su recorrido, hacia las áreas bajas.

Conjuntamente con la recolección de las muestras se realizaron observaciones en las áreas vecinas al curso del canal, con la finalidad de compatibilizar las oscilaciones globales de la concentración salina, con factores externos detectables, topográficos, hidráulicos, hidrogeomorfológicos, antrópicos, etc. Asimismo se obtuvieron los valores de conductividad en campaña para cada muestra de agua.

V.2.3.- TRABAJOS DE LABORATORIO

En cada una de las muestras recolectadas se realizaron las determinaciones de:

- Ca^{++} [me/l] por complejometría, utilizando como indicador murexida con inhibidor de metales pesados.
- Sodio Na^+ [me/l] por fotometría de llama
- Potasio K^+ [me/l] por fotometría de llama
- Carbonatos $\text{CO}_3^{=}$ [me/l] por titulometría
- Bicarbonatos HCO_3^- [me/l] por titulometría
- Cloruros Cl^- [me/l] por titulometría
- Sulfatos $\text{SO}_4^{=}$ [me/l] por turbidimetría

Mediante cálculo se obtuvo la relación de adsorción de Sodio (RAS)

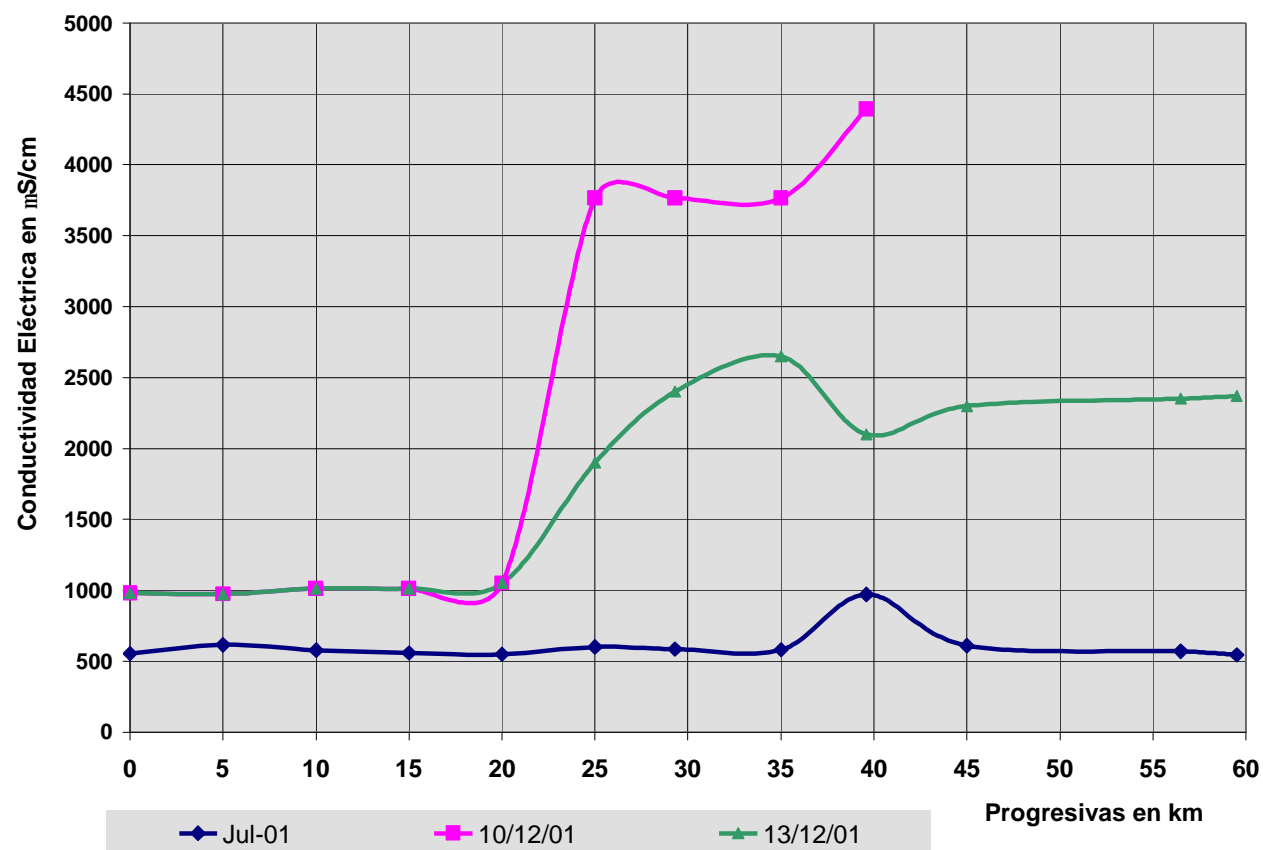
En planillas aparte se muestran los valores determinados para cada uno de estos parámetros.

V.2.4.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las concentraciones determinadas revelan la existencia de mezclas de dis-

El tramo comprendido entre progresiva km 25 a progresiva km 40, es el de mayor evolución iónica con la consiguiente involución de su calidad.

La gráfica de las conductividades eléctricas (CE 25° C dS/m) en función de las progresivas, muestran estas oscilaciones.



últimas, están comprendidas entre 20 kg/m³ (cruce con la Ruta Provincial N° 5) y mayores (aproximadamente 50 kg/m³) en los saladillos de Huyamampa.

Además en el caso de aguas subsuperficiales se debería:

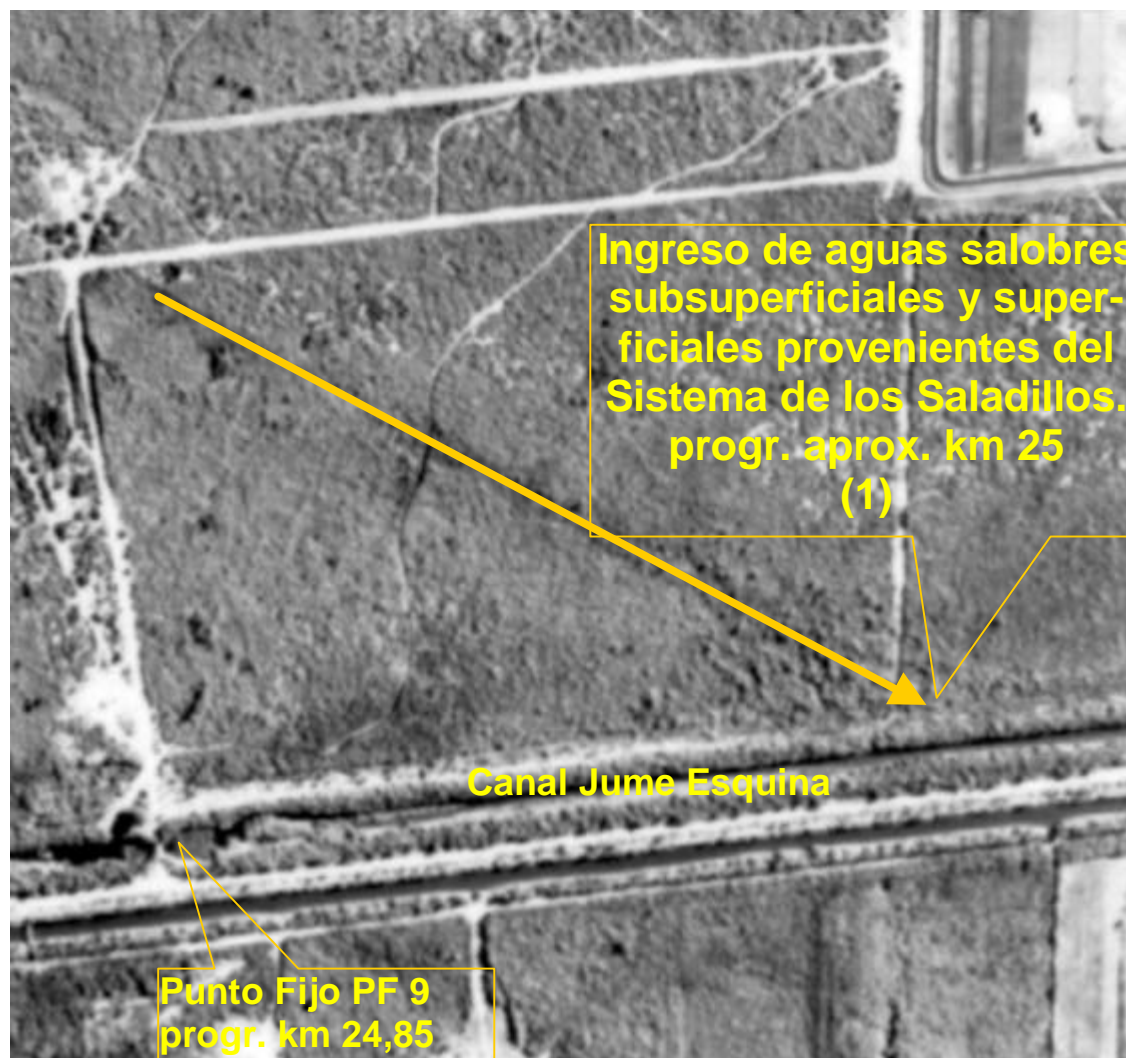
- a la intercepción por el canal de estratos salinos subsuperficiales,
- al retorno de aguas de riego drenantes del área,
- a las descargas de aguas de canales colectores de drenaje de una importante superficie perteneciente al sistema Los Quiroga, y
- en la parte más baja de los terrenos aledaños al canal, probablemente se deba a la superficialidad de la capa freática.

Como las aguas freáticas poseen en el área un escurrimiento afluente al curso del canal, estos factores actuarían cuando el pelo de agua en el conducto se encuentra por debajo del nivel freático.

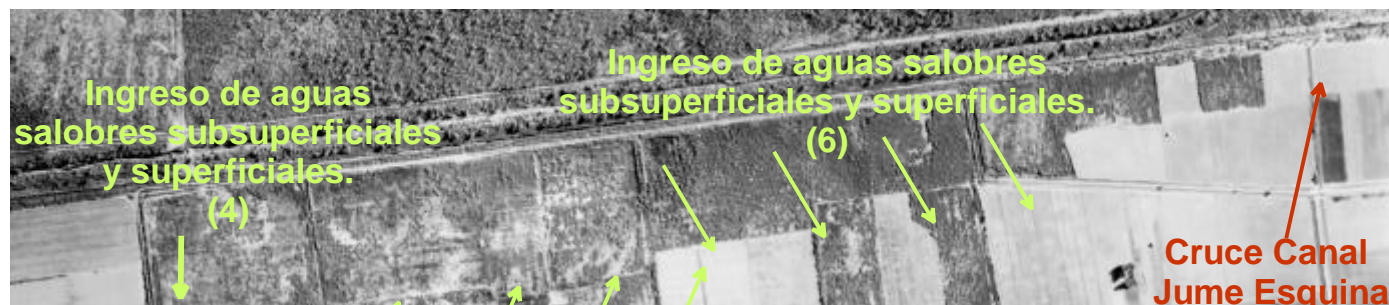
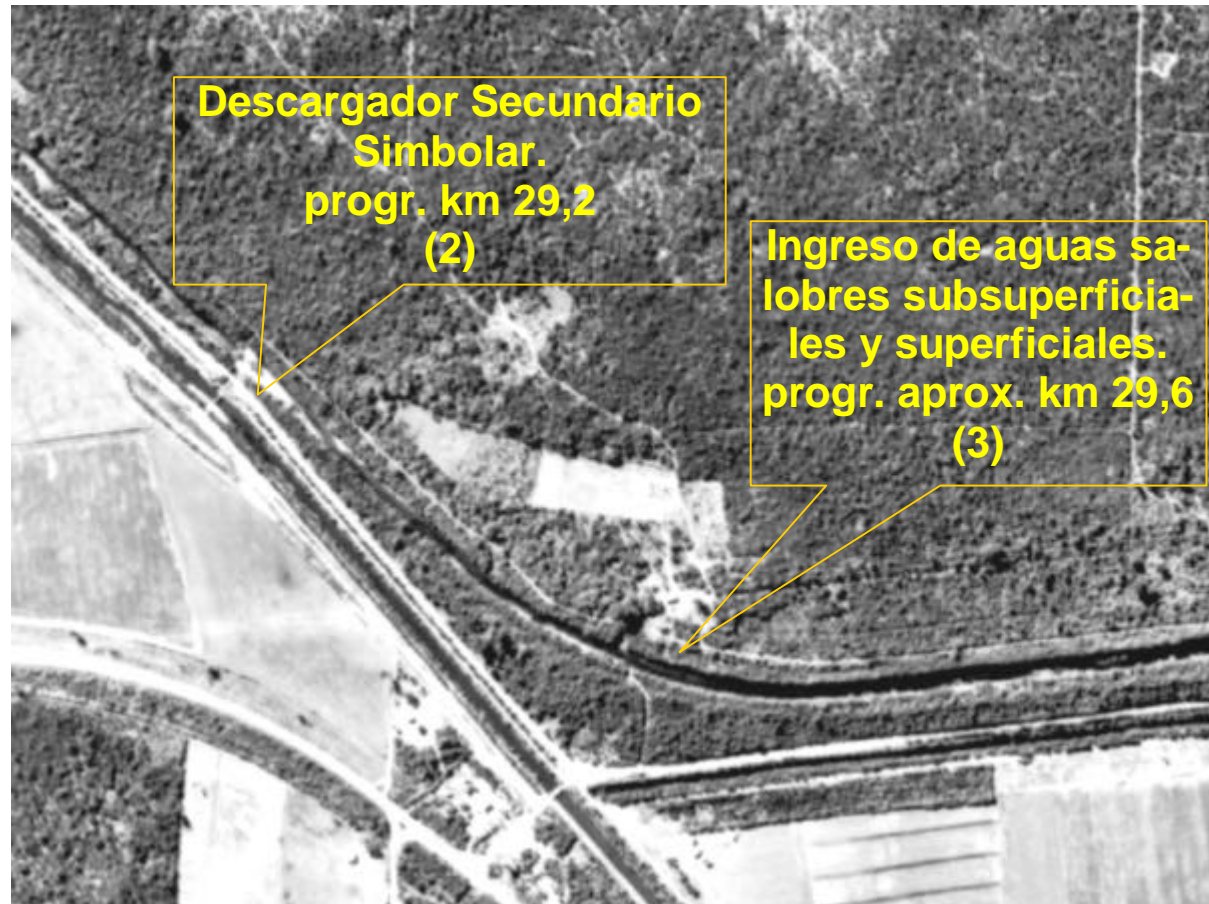
En todos los casos, el efecto sobre la calidad final en el agua originalmente ingresada en el hidroduto, dependerá de la relación de dilución que se produce.

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

nal como aportes mixtos, ya que provienen de los salares naturales unos, y del desagote de aguas de lluvias, de tierras aledañas que se han salinizado por lavado superficial, los otros. Fotografía (3) sector entre progresivas km. 25 y 40.



Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600



Se ha encontrado que la conductividad eléctrica del extracto de saturación de un suelo en ausencia de capas freáticas superficiales, generalmente es de 2 a 10 veces mayor que la correspondiente al agua con que se ha regado. Este aumento en la concentración de sales es el resultado de la extracción continua de la humedad por las raíces del cultivo y por la evaporación a nivel superficial del suelo.

El exceso de salinidad en el agua de riego ocasiona problemas cuando la cantidad de sales, suficientemente elevada, se acumula en el suelo a nivel del sistema de raíces, afectando los rendimientos de los cultivos, como también a veces produce un crecimiento reducido o lento de los mismos.

Estos efectos se incrementan cuando la capa freática no controlada (falta de sistemas de drenaje), es de mala calidad y se encuentra a profundidad menores a los 2,50 metros.

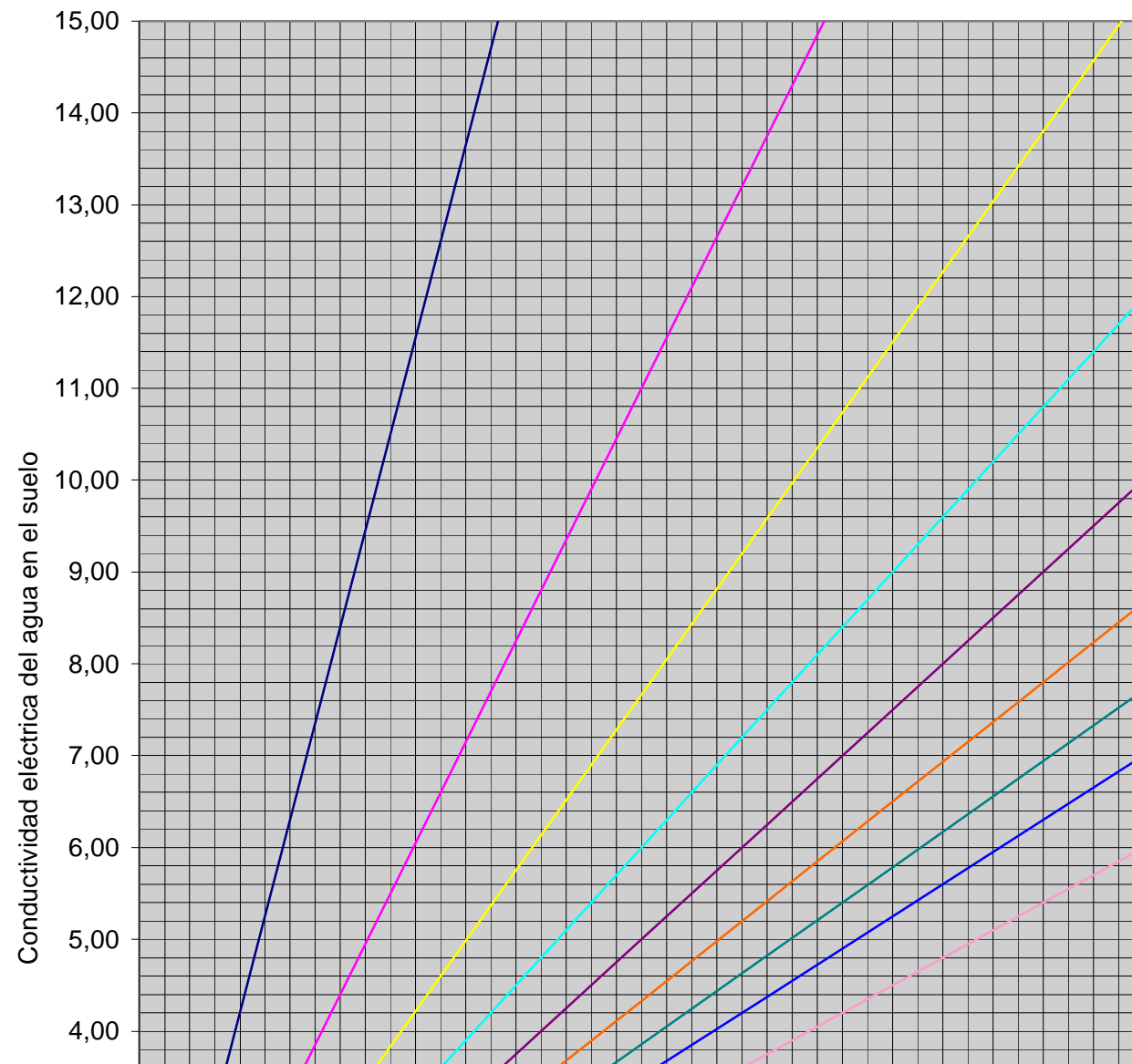
Para que un agua se pueda utilizar en el riego debe tener una conductividad eléctrica baja, puesto que a medida que ésta aumenta, será menor el rendimiento de los cultivos.

los 1,0 a 1,5 dS/m, puesto que aguas excesivamente salinas pueden dar lugar a quemaduras en las hojas de los cultivos.

El riego por surcos es poco recomendable cuando el agua tiene una conductividad eléctrica superior a los 2,0 a 2,5 dS/m, puesto que este procedimiento al aumentar la superficie de evaporación, provoca una fuerte acumulación de sales en la zona radicular de los cultivos.

Aunque existe un fenómeno de adaptación ecológica de las plantas a un medio determinado de forma que se pueden encontrar variedades cultivadas con resistencia a la salinidad, así como técnicas de manejo de la relación suelo: agua: planta, su efectiva realización determina un aumento de costos para la explotación. Es decir existe la peligrosidad salina, cuyo concepto y los valores están íntimamente unidos a la necesidad del empleo de un exceso de agua de riego con la finalidad de provocar un drenaje por debajo de la zona explorada por las raíces del cultivo, y de ese modo, ir evitando la acumulación peligrosa de sales.

Salinidad del Suelo
en función de la CE del agua de riego y de la Fracción de Lixiviación



De la gráfica se deduce que la fracción de agua necesaria para lixiviar las sales acumuladas en el suelo toma valores significativos en consonancia con el momento de aplicación del riego, dadas las variaciones del contenido salino que el agua del canal presenta.

Como norma general se deben emplear grandes dosis de riego cuando el agua presenta un elevado valor de conductividad eléctrica.

Para ejemplificar este concepto, un sencillo calculo nos permite determinar cuantas temporadas se podrá regar un suelo que inicialmente este libre de sales, hasta transformarlo en un suelo salino de, supongamos, 0,3 % de sales.

Idealizando una técnica muy avanzada en el manejo del agua, cuya eficiencia de aplicación sea del 100%, para regar un cultivo que explora 40 cm. de profundidad del suelo. La necesidad de riego es de 5000 m³ por hectárea y por temporada de cultivo. Si el agua utilizada, en el mejor de los casos tiene 0,5 dS/m de conductividad eléctrica y un residuo de 0,3 g/litro (según análisis de junio de 2001) “no presenta problemas”, según calificación de FAO (directrices para interpretar la calidad del agua para riego), la respuesta es:

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

- Aumento de salinidad por temporada:

$$\frac{1,5 \text{ ton. sales}}{5.200 \text{ ton. suelo}} \bullet 100 = 0,029 \% \text{ de sales/temporada}$$

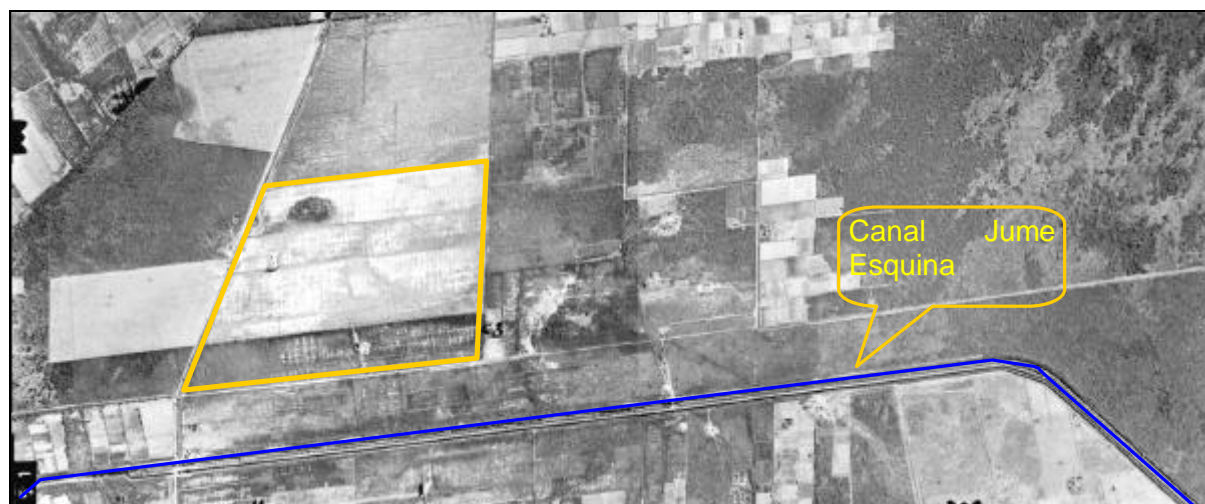
- Temporadas de riego para salinizar hasta 0,3 % :

$$\frac{0,3 \% \text{ sales}}{0,029 \% \text{ sales/temporada}} = 10 \text{ temporadas}$$

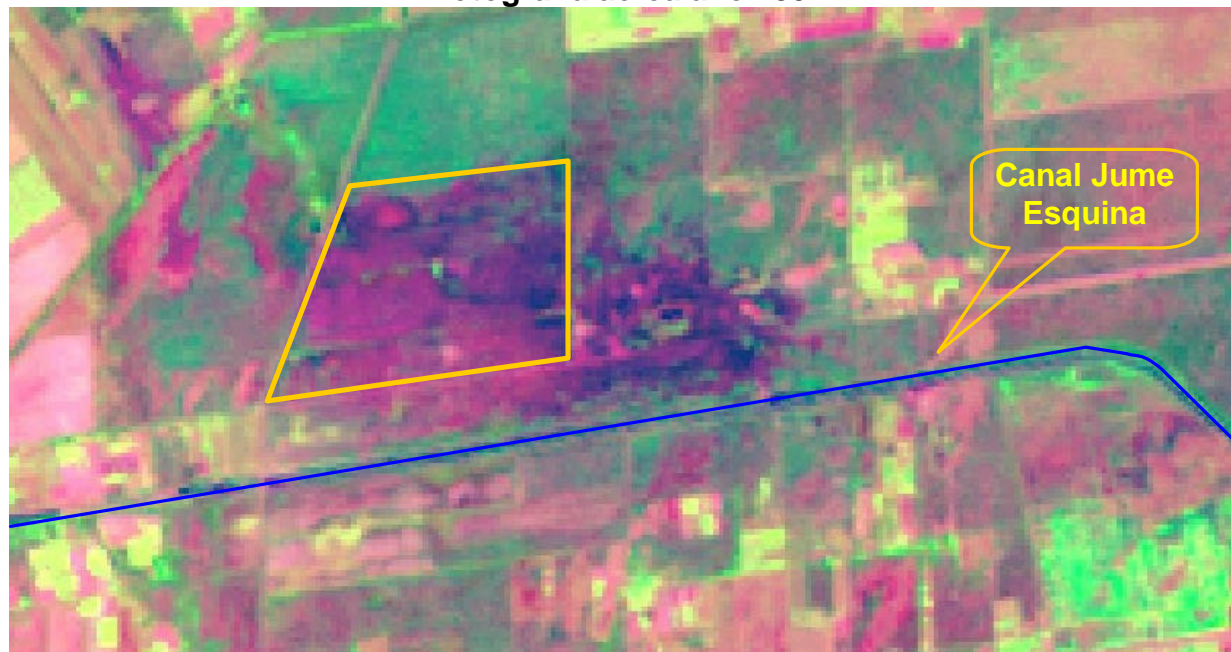
Es decir que, manejando con una eficiencia del 100%, o sea, suministrando el riego de acuerdo con el exacto requerimiento de los cultivos, sin pérdidas superficiales ni por precolación, se necesitan 10 años para su deterioro por salinidad.

El análisis anterior tiene enorme validez en la zona de estudio. Un ejemplo de la realidad imperante en inmediaciones de las progresivas km. 21 a 25 del Canal Jume Esquina, se puede observar en el esquema siguiente, donde se comparan escenas con diez años de diferencia. La fotografía aérea, en la parte superior (situación del año 1991), muestra una parcela que está bajo cultivo (recuadrada). En la imagen Landsat en la parte inferior se observa la misma parcela diez años

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600



Fotografía aérea año 1991



Esta intrusión, según la estación y los volúmenes que ingresan, transforman

minución proporcional en el rendimiento. Esto lo expresaron con la siguiente ecuación:

$$Y = 100 - b (CEes - A)$$

Donde:

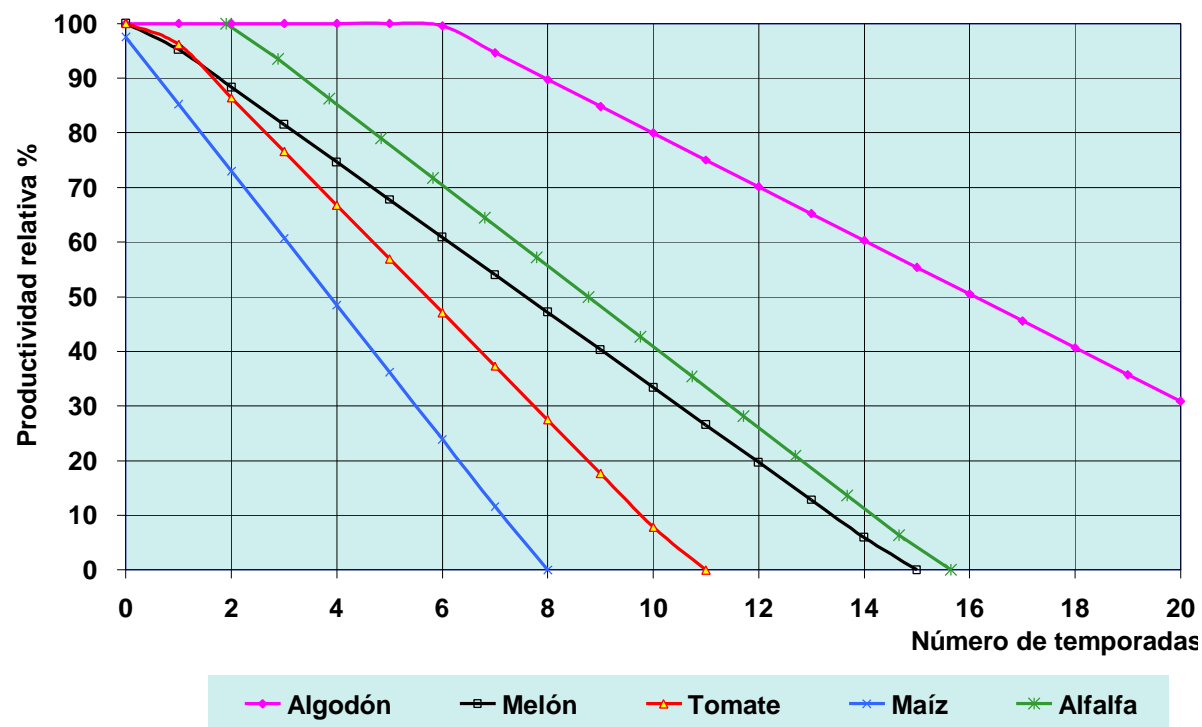
Y = rendimiento relativo del cultivo en %

CEes = conductividad del extracto de pasta saturada del suelo (dS/m)

A = valor umbral de salinidad para el cultivo, representando la CE máxima (dS/m) a la cual puede obtenerse un rendimiento del 100%

B = disminución del rendimiento % por unidad de salinidad, o porcentaje de pérdida de rendimiento por unidad de salinidad (CEes) a partir del valor umbral (A).

La potencial disminución de los rendimientos de algunos cultivos por la utilización de esta agua está representada en la grafica siguiente:



Los resultados de los análisis seriados realizados en cada una de las muestras, califican a esta agua, para su uso en riego agrícola, como de calidad oscilante (entre “sin problema” y “problema grave”), ya que su carga salina, depende de los ingresos contaminantes temporales que se producen en ruta, como resultado de la intrusión lateral salina.

En efecto, de las muestras estudiadas, solamente las extraídas en el mes de

DIRECTRICES PARA INTERPRETAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL RIEGO				
TIPO DE PROBLEMA	GUIA DE CALIDAD DEL AGUA			
	Unidades	No hay Problema	Problema creciente	Problema grave
SALINIDAD (afecta a la disponibilidad de agua para la planta)				
ECw	mmhos/cm	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
PERMEABILIDAD (afecta a la tasa de infiltración del suelo)				
ECw adj SAR ¹	mmhos/cm	> 0,5	0,5 - 0,2	< 0,2
Montmorillonita – Smectita		< 6	6 - 9 ²	> 9
Illita – Vermiculita		< 8	8 - 16 ²	> 16
Kaolinita – Sesquióxidos		< 16	16 - 24 ²	> 24
TOXICIDAD IONICA ESPECIFICA (afecta a cultivos sensibles) ³				
Sodio (Na)				
Riego Superficial	adj SAR	< 3	3 - 9	> 9
Riego por Aspersión	meq/l	< 3	> 3	
Cloruro (Cl)				
Riego Superficial	meq/l	< 4	4 - 10	> 10
Riego por Aspersión	meq/l	< 3	> 3	
Boro (B)	mg/l	< 0,7	0,7 - 2,0	> 2,0
EFFECTOS DIVERSOS (afecta a cultivos susceptibles)				
Nitrógeno (NO ₃ -N o NH ₄ -N) ⁴	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonato (CO ₃ H) con aspersores	meq/l	< 1,5	1,5 - 8,5	> 8,5
pH			[Gama normal 6,5 - 8,4]	

¹ Para los procedimientos de cálculo ver Tabla 3. Los valores presentados se refieren al tipo dominante de mineral arcilloso en el suelo (Rallings, 1966 y Rhoades, 1975).

² Utilícese la gama inferior si $ECw < 0,4$ mmhos/cm; la gama intermedia si $0,4 < ECw < 1,6$ mmhos/cm; el límite superior si $ECw > 1,6$ mmhos/cm.

³ La mayoría de las plantaciones arbóreas y plantas leñosas ornamentales son sensibles al sodio y al cloruro (usar valores indicados). La mayoría de los cultivos anuales no son sensibles (usar las Tablas de tolerancia de salinidad [Tabla 5]).

⁴ NO₃-N significa nitrógeno en forma de NO₃ mientras que NH₄-N significa nitrógeno en la forma NH₄. Ambos figuran como N en mg/l.

Símbolos y Abreviaturas

Conversiones

Esta significativa variación acarrea riesgos potenciales de “producir problemas de salinidad”, de acuerdo a la Tabla de Directrices debido a la acumulación de las sales del agua, en el sistema de raíces, conduciendo su uso continuo, a una disminución de los rendimientos. Dependerá ello de la tolerancia de las especies cultivadas, y del manejo del riego y del drenaje.

Estos efectos se verán potenciados en las áreas donde exista una capa freática a poca profundidad desde la superficie de los suelos, o con drenaje impedido.

Además los efectos tóxicos derivados de la acción de los cloruros, que se traducen en clorosis foliares, acentuadas en las partes más iluminadas que pueden degenerar en necrosis de las hojas, como podría suceder por la utilización de las aguas derivadas entre progresivas Km 49,4 a progresiva Km 60.

Cada una de estas cualidades, independientemente actuando o no en forma conjunta, ameritan recomendar un estudio detallado de su calidad durante un periodo hidrológico, que permita asegurar un conocimiento exhaustivo de las relaciones suelo:agua:planta y un correcto diseño del sistema productivo del área.

- La calidad del agua depende de la época del año y es de carácter antrópico y ambiental.
- Desde progresiva Km 0 (Barrera IV del Canal Matriz) hasta progresiva aproximada Km 25 su uso en riego agrícola “no presentaría problemas”.
- La génesis de la salinización del agua del Canal Jume Esquina se atribuye a fenómenos de intrusión de aguas salobres, tanto superficiales como subsuperficiales.
- La salinización de los suelos que se rieguen con esta agua y la disminución de las cosechas y beneficios sería el resultado a corto plazo, si se usan aguas con contenidos salinos como los que se observan desde progresiva Km 25 en adelante.
- La reducción del impacto de los fenómenos de salinización requiere de prácticas de manejo que inciden significativamente en los costos de producción.

V.2.6.- RECOMENDACIONES:

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

- Condiciones topográficas,
- Condiciones hidrogeomórficas,
- Condiciones del equilibrio suelo:agua:planta,
- Pautas para el manejo del agua de riego, tanto a nivel de parcela como en la red de conducción y distribución.