



**Producciones Científicas. Sección: Ambiente y Recursos Naturales**

**Mapa de suelos detallado de las áreas salinizadas del departamento Fray Mamerto Esquiú**

**Autores:** **Watkins, Pablo Hernán; Roca, Nuria.-**

**Dirección:** Universidad Nacional de Catamarca – Facultad de Ciencias Agrarias - Maestro Quiroga y Avenida Belgrano. S. F. del V. de Catamarca. C. P. 4700. Tel. 435255 int. 110 Fax: 430509. E-mail: [Edafo@fcasuser.UNCa.edu.ar](mailto:Edafo@fcasuser.UNCa.edu.ar). Universidad de Barcelona, España Facultad de Biología Becaria.

## **1.- Introducción**

El estudio de suelos que sigue a continuación forma parte de un trabajo más amplio, el cual aún no se ha finalizado ya que deben completarse los sondeos previstos en otras unidades cercanas. Por ahora, se ha puesto énfasis en una sola unidad fisiográfica debido a los múltiples problemas que posee. Por esta razón el lector observará que la numeración de los perfiles que se describen en este informe no es correlativa. Además de los autores, en este trabajo ha participado el equipo del Laboratorio de Suelos (Dirección de Agricultura, Prov. de Catamarca) y de la Cátedra de Edafología de la Fac. de Cs. Agrarias (UNCa.) en diversas tareas que van desde elaborar los índices necesarios para interpretar las propiedades de los suelos, hasta otras como las de coordinación de los trabajos, y el apoyo permanente del staff de la cátedra, fundamentales para el feliz término de la empresa encarada. Es también de destacar el importante apoyo material brindado por la Secretaría del Ambiente de la Provincia de Catamarca que fue básico para el desenvolvimiento adecuado de los trabajos, sobre todo los de campo y de laboratorio.

### **1.1 Generalidades**

#### **1.1.1 Ubicación del Area:**

Se ubica bajo las coordenadas geográficas de 28° 21' a 28° 25' lat. Sur; y de 65° 42' 65° 44' long. Oeste. Pertenece en su totalidad al Departamento Fray Mamerto Esquiú estando el sitio relevado al Oeste de la cabecera departamental (San José).

#### **1.1.2 El Ambiente Físico:**

El Departamento Fray Mamerto Esquiú, junto con sus homólogos, Capital, Valle Viejo y Capayán se encuentran en lo que geográficamente se conoce como el Valle de Catamarca, depresión tectónica cerrada por las sierras de Ambato (O) y Ancasti (E). Hacia el Norte dichas

Sierras y otras derivaciones (Fariñango y Graciana) se acercan estrechando la depresión la cual en último término es ocupada casi completamente por el Río del Valle, más o menos a la altura de Las Pirquitas, el cual es el principal colector de las aguas de todo este sistema orográfico. En este último punto y hacia el sur, los troncos serranos van dejando paso paulatinamente al relieve más llano, primeramente muy inclinado y luego cada vez más horizontal. Este relieve se hará paulatinamente más importante cuanto más se separen tales serranías dando condiciones más aptas de ubicar asentamientos humanos y actividades primarias de diverso tipo. La zona estudiada presenta estos rasgos si bien aún no ha perdido completamente las características del paisaje montañoso circundante. La zona llana, a partir de las serranías van disminuyendo su pendiente y los depósitos aluviales forman suelos cada vez más profundos y de buen desarrollo. El sitio de estudio es una llanura formada, desde el punto de vista geomorfológico, de dos bajadas o pedemontes, una al este asociada a la Sierra Graciana, muy terrazada; y la otra, más modesta, que colinda con la Sierra de Payahuaico, aparente desprendimiento de la Serranía de Fariñango y separadas a la vez por el Río del Valle, y otros afloramientos rocosos menores. La intercepción de ambas bajadas genera una llanura cóncava, muy disectada por vestigios de líneas de escurrimiento, actualmente sin actividad; y salpicada de una gran cantidad de afloramientos rocosos (que se comunican con las sierras mayores por medio de puentes tipo pedimentos) los cuales, en cierto modo, la cierran hacia el Norte y Sur. Esta llanurita presenta suelos con problemas de anegamientos por elevación de napas freáticas, salinización y aumentos de los contenidos de sodio soluble e intercambiable, en la carta de suelos se la presenta como LIAC. Las causas de tales problemas son diversas pero seguramente están combinadas causas naturales como humanas. En el anexo que versa sobre la posible recuperación de estos suelos, este tema se trata con mayor amplitud.

## **1.2 Objetivos**

-Clasificación taxonómica (normativa del Soil Survey Staff, USDA) de los suelos y su representación en una carta de suelos a escala 1:7500.

-Descripción de los suelos, en sus características externas e internas.

-Recomendación de normas técnicas para la rehabilitación, uso y conservación de los suelos descritos (Anexo 1).

## **2 Materiales y Métodos**

### **2.1 Fotointerpretación**

Mediante pares estereoscópicos y fotogramas (esc. 1:7500) para determinar el área fisiográficamente homogénea (Unidad Cartográfica) y para ubicar los sitios de observación.

### **2.2 Cartografía sistemática**

El relevamiento de suelos se ha realizado completamente mediante descripciones detalladas (calicatas), se describieron en esta área 13 observaciones. La descripción se centra en las características externas de los suelos como sus propiedades internas físicas o morfológicas.

### **2.3 Análisis de Laboratorio**

Se realiza el análisis de las propiedades internas de los suelos de tipo químicas. Para ello se ejecutó un muestreo de horizontes de los perfiles descriptos y se los llevó a laboratorio para su análisis. Se determinó: Carbono y materia orgánica (Walkley y Black), nitrógeno total (Kjeldahl) , textura (Bouyoucos), contenido de humedad actual, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), potasio, sodio, calcio y magnesio intercambiables, carbonatos, pH, Conductividad eléctrica, fósforo asimilable por Bray-Kurtz, valor RAS y Potencial potásico (Delta F).

### **2.4 Interpretación y Discusión de los Resultados**

Clasificación Taxonómica y determinación de las Unidades Cartográficas. Elaboración de la Carta de Suelos y su leyenda respectiva.

## **3 Resultados y Discusión**

### **3.1 Descripción de los suelos**

#### **3.1.1 Elementos taxonómicos utilizados para la clasificación de los suelos.**

Regímenes de Temperatura y Humedad: Para definir los regímenes de temperatura y humedad, se ha utilizado como fuente de información la publicación “Las Taxas Climáticas de los Suelos Argentinos” de Armand Van Wambeke y Carlos Scoppa (1980), que permite ubicar el área en un régimen de temperatura “térmico” y de humedad “ústico”.

Régimen Térmico: La temperatura media anual del suelo es mayor o igual a 15 °C pero menor a 22 °C y la diferencia entre la temperatura media del suelo del verano y del invierno es mayor a 5 °C a 50 cm de profundidad.

Régimen de Humedad Ustico: (Lat. Ustus, quemado, implica sequedad), se asimila a un régimen de humedad semiárido-subhúmedo. Fundamentalmente indica que los suelos poseen una humedad limitada durante la mayor parte del año aunque se encuentra disponible para las plantas en la estación de crecimiento. En el régimen de humedad ústico la sección de control de la humedad (entre los 20 y 60 cm) está seca en alguna o todas sus partes por 90 días acumulativos en la mayoría de los años.

Epipedón mólico: (Lat. Mollis: Blando) es un horizonte mineral superficial que reúne los siguientes requisitos (simplificado): Color Oscuro, Value igual o menor a 3 en seco; igual o menor a 5 en húmedo; Chroma igual o menor a 3. Estructura, Ni masiva ni dura en seco. Saturación de bases mayor al 50 %. Determinados contenidos de Fósforo (<250 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble en ácido cítrico al 1 %). Humedad, Húmedo por lo menos 3 meses al año (acumulativo) al menos 7 de cada

10 años. Valor n (Pons y Zonneveld, 1965) menor a 0,7. Además de algunos requerimientos de espesor mínimo.

Horizonte Cálxico: Horizonte de acumulación de carbonato de calcio o de calcio y magnesio, en modo simple, se debe satisfacer los siguientes requerimientos: Espesor mayor o igual a 15 cm, porcentaje de carbonato de calcio equivalente mayor o igual a 15 %. 5 % o más en volumen de carbonatos secundarios identificables como colgantes de guijarros, concreciones o bien, como formas pulverulentas suaves. En caso de que la clase de tamaño de partículas sea franco gruesa o mayor con menos de 18 % de arcilla se elimina el requerimiento del 15 de CO<sub>3</sub>Ca equivalente aunque mantendrá un 5 % más (en volumen) de CO<sub>3</sub>Ca que en un horizonte inferior.

### **3.1.2 Unidades taxonómicas derivadas de los elementos taxonómicos descriptos:**

Orden Molisol: Estos son suelos básicos, ricos en nutrientes, de color oscuro siendo el soporte de pastizales en las zonas templadas, a veces se los encuentra en latitudes altas o elevaciones considerables. Casi todos poseen un epipedón mólico (FitzPatrick, 1980) y muchos tienen un horizonte Argílico (rico en arcilla), nátrico (saturado con sodio) o cálcico. En general se han formado en el pleistoceno tardío u holoceno.

Orden Aridisol: Por lo general, estos suelos se presentan, como su nombre lo sugiere, en ambientes áridos. Por lo tanto son suelos con escasa humedad o bien tienen un contenido elevado de sales de metales alcalinos y alcalinotérreos. La morfología del perfil de los Aridisoles es muy variada y de ordinario tienen un horizonte argílico, o nátrico, o cálcico, o petrocálcico, o gypsico (enriquecido con yeso), o petrogypsico, o duripán (cementación con sílice) o alguna combinación de ellos. Estos horizontes pueden haberse formado en el clima actual pero con frecuencia pueden ser heredados de una fase climática previa.

### **3.1.3 Unidades de Mapeo derivadas de las Unidades taxonómicas descriptas:**

Complejo de Suelos: El Complejo de Suelos es una Asociación cuyos miembros taxonómicos no pueden ser separados individualmente en un levantamiento detallado siendo la Asociación de Suelos un "grupo de unidades taxonómicas nombradas y definidas, asociadas por lo regular geográficamente, según una distribución proporcional definida. Por lo tanto, un Complejo de Suelos es una unidad cartográfica que consta de dos o más unidades taxonómicas reconocidas. Estas pueden o no ser similares, pero se encuentran juntas en forma más o menos regular y están tan íntimamente asociadas geográficamente que no pueden delimitarse por separado.

### **3.1.4 Correlación y Clasificación de los suelos.**

Se han clasificado suelos pertenecientes a los Ordenes Molisol y Aridisol. Así tenemos los Grandes Grupos Calciustol oxiácuico, presentan un epipedón mólico y un horizonte cálcico en profundidad bajo un régimen de humedad Ustico, están saturados con agua en una o más de sus capas dentro del metro de profundidad al menos un mes durante el año (perfiles 2, 4, 10, 11, 13, 14, 15, 24 y 25); y preliminarmente como Calciorthid Acuicos los que presentan un horizonte

cálcico en superficie con saturación con agua dentro del metro de superficial por más de 90 días consecutivos, cromas dominantes de 2 (perfiles 7, 16, 19).

### **3.1.5 Descripción de la Unidad Cartográfica:**

Se ha definido para la unidad determinada fisiográficamente como Subpaisaje, y denominada llanura aluvial cóncava (LIAC), la unidad cartográfica denominada Complejo "El Hueco" el que consta de los tipos taxonómicos descritos en el punto anterior y que se denominan Calciustol oxiácuico (Perfil modal N° 14) y Calciorthid ácuico (Perfil modal N° 19), los cuales se describen a continuación.

#### **3.1.5.1 Perfil modal: Perfil N° 14.**

Gran Grupo Calciustol oxiácuico. Presenta un epipedón mólico de 31 cm de espesor, texturas francoarenosas finas en superficie engrosándose hasta arenosas francas en profundidad. Pseudomicelios en superficie y concreciones comunes de 0,5 a 1cm de diámetro. Carbono orgánico moderado en superficie. El calcáreo tiene valores altos. Los pH son fuertemente alcalinos en superficie aunque en profundidad bajan a valores levemente alcalinos. La conductividad eléctrica es muy alta en superficie pero luego baja a niveles bajos. Los valores de RAS son muy altos. Nitrógeno superficial moderado, fósforo bajo y disponibilidad de potasio muy buena. La CIC es alta. La saturación del perfil comienza a partir del horizonte 3.

#### **3.1.5.2 Perfil modal. Perfil N° 19.**

Gran Grupo Calciorthid ácuico. Perfil que presenta texturas francoarenosas con predominio de arenas finas. Estructura de bloques medios y finos. Calcáreo alto en superficie disminuyendo en profundidad. pH moderadamente alcalinos. Conductividad eléctrica moderada. Nitrógeno muy bajo, fósforo muy bajo. CIC baja a moderada. Los niveles de humedad se encontraban por encima del 30 %. El flujo de agua libre se produce a partir de los 80 cm.

## **3.2 Características Generales de los suelos.**

El área total de suelos con afloramientos de sales puede dividirse en dos sectores, el primero (LIAC<sub>1</sub>), más al norte y de menor extensión superficial se ubica en el distrito de La Tercena. El segundo (LIAC<sub>2</sub>), el más importante, ocupa los distritos de El Hueco y San Antonio (norte). Ambas áreas se desarrollan prácticamente entre las rutas provinciales N° 1 y N° 64.

### **3.2.1 Características externas:**

Relieve : El relieve de la primera zona es una concavidad notable y si bien, esta no es completamente cerrada ya que tiene una salida para el escurrimiento hacia el oeste por una pequeña apertura en los afloramientos cristalinos (AfC en el mapa), actualmente ésta no es práctica ya que se la ha cerrado por la construcción de la ruta prov N°1 la cual hace de dique de contención para un normal drenaje. La segunda zona es un plano levemente inclinado con

sentido E-W, para luego torcer y tomar un sentido NE-SW donde los sedimentos toman en contacto con el Río del Valle entre la Sierra de Payahuaico y otros afloramientos menores. La zona tiene importantes barreras naturales (afloramientos cristalinos o rocosos) o artificiales (Caminos) que impiden un drenaje más o menos normal del agua edáfica.

**Permeabilidad de los suelos:** Las observaciones realizadas en campo, y en esta Unidad revelaron que los suelos poseen una alta permeabilidad hasta las profundidades relevadas ( $\pm 150$  cm), aquí las texturas encontradas fueron moderadamente gruesas, sin capas de suelos arcillosos, cementados o compactados mecánicamente. En general los pozos (calicatas) de observación se llenaban de agua rápidamente evidenciando de este modo una alta conductividad hidráulica.

**Erosión Hídrica:** No se observan evidencias importantes ya que para el primer caso se tiene un relieve muy plano, sin vías de escurrimiento superficial importante (la cuenca de captación es muy pequeña). Tanto los flujos de entrada como de salida de agua se hace a través del sistema de canales que vienen del Embalse de Pirquitas. Los aportes por precipitación están concentrados en la estación estival y, si bien pueden tener alguna potencia erosiva, tienden a ser controlados por la red de canales y acequias muy abundantes en la zona. Es así que el problema de una erosión hídrica controlada se convierte en un problema de drenaje restringido.

**Erosión eólica:** No hay evidencias de este proceso. Los suelos se encuentran “protegidos” por una estructura estable y por la humedad excesiva que poseen, de tal modo que ambas características mantienen una alta ligazón de las partículas.

**Pedregosidad y rocosidad:** No hay evidencias. Salvo quizás cerca de los afloramientos, en esta Unidad los suelos son profundos, exentos de piedras, rodados, etc.

**Distribución de la Humedad:** En la mayoría de las observaciones, el suelo se encontraba húmedo en superficie a mojado en profundidad. La saturación de los horizontes era evidente a partir de los 75 cm en general.

**Uso de la tierra:** Actualmente no se hacen cultivos por los problemas ya enumerados. No se observa otro destino para estos campos actualmente si bien pueden verse algunas parcelas desmontadas.

**Vegetación:** La fisonomías dominante es el arbustal de *Baccharis sp.* y *Eupatorium sp.* (chilcas) más o menos cerrado y de unos 2 m de altura acompañados por individuos aislados de *Atriplex sp.* Quedan algunos restos del primitivo bosque chaqueño árido de *Prosopis spp.* *Ziziphus mistol*, *Celtis tala* y *Apidosperma quebracho-blanco*. También se observan algunos bosquecillos aislados de palma (*washingtonia filifera*). Una gramínea típica es *Dactylis Glomerata* (pelo de chancho).

**Cobertura:** El arbustal efectúa una buena cobertura, superior al 70 % pero pueden encontrarse manchones prácticamente descubiertos, en otros casos el desmonte o la quema intencional anula la cobertura arbustiva sin que exista la posibilidad de un rápido repoblamiento

por gramíneas ya que a estas, y salvo la nombrada en el apartado anterior, son reacias a crecer en estos suelos fuertemente salinos y saturados de agua a escasa profundidad.

### **3.2.2 Características Internas.**

#### **3.2.2.1 Características Físicas.**

**Color:** Los colores en que se encuentran corresponden casi completamente al hue 10 YR siendo levemente más oscuros en superficie que en profundidad. Es así que, en seco, se encuentran colores descriptos como 10 YR 5/3 (brown) a 10 YR 6/2 (light brownish gray). En profundidad predominan los 10 YR 6/2 a 6/3 (pale brown), y 10 YR 5/4 (yellowish brown). En húmedo predominan los 10 YR 3/2 (very dark grayish brown) a 3/4 (dark yellowish brown) en superficie, y 10 3/3 (dark brown) a 10 YR 3/0 con algunos colores más rojizos, 7,5 YR 4/3 (brown) y 3,5/4 (brown) en segundo orden de importancia.

**Textura:** Según el método al tacto, se han verificado texturas francoarenosas con predominio de arenas medias (0,5 a 0,25 mm, USDA) y finas (0.10 a 0,05 mm, USDA). Por el método analítico (Bouyoucos) se determinaron también texturas predominantes francoarenosas con niveles de arena (2 a 0,05 mm, el método no distingue las distintas fracciones de arena) entre el 50 y 75 % aunque la mayor parte ubicada en un rango entre los 55 y 70 %. Los niveles de limo (0,05 as 0,02 mm) van del 25 al 35 % y los de arcilla (partículas menores a 0,002 mm) entre 1 y 15 %.

**Estructura:** Bloques angulares medios y finos, no se observa estructura columnar típica de suelos sódicos.

**Consistencia:** En húmedo, predomina la consistencia friable, encontrándose con cierta frecuencia la consistencia ligeramente firme en la primera capa de los perfiles examinados. En cuanto a adherencia y plasticidad son ligeramente adhesivos y no plásticos a ligeramente plásticos.

**Concreciones:** Se han descrito concreciones del tipo de “muñeca”, esto es material arenoso fino (predominantemente), limoso o arcilloso cementado con carbonato cálcico, de forma muy irregular, comunes a abundantes, con un rango de tamaños entre 2 a 10 mm, predominando las de 0,5 mm.

**Humedad:** Los porcentajes de humedad actual medidos varían en general entre el 20 y el 30 % aunque se alcanzan en algunos casos niveles del 45 %. Los perfiles que mostraron saturación y flujo de agua hacia el pozo son el P 2 (100 cm), P 11 (120 cm) P 14 (120), P 15 (140 cm), P16 (70 cm), P 19 ( 80 cm), P30 (60 cm).

#### **3.2.2.2 Características Químicas.**

Los pH determinados se sitúan mayormente entre 7,5 y 8,5 es decir, suelos levemente a fuertemente alcalinos. Algunos pH se elevan a 9 inclusive (suelos fuertemente alcalinos) La

principal causa de la alcalinidad parecen ser los altos niveles de sodio de la solución del suelo (ver apartado de RAS).

Conductividad eléctrica (C.E): Medida en milimhos por centímetro. En todos los perfiles analizados en esta unidad, salvo el 2, se encuentran horizontes salinizados, en particular los superficiales debido a la deposición de sales hecha por la napa freática. Los suelos se consideran salinos si tienen una conductividad eléctrica en el estrato de saturación superior a 4 milimhos por cm. Un 30 % de los suelos tiene niveles de conductividad eléctrica entre 4 y 8 mmhos/cm (suelos moderadamente salinos), otro 30 % tiene niveles de C. E. entre 8 y 16 mmhos/cm (suelos fuertemente salinos), y otro 30 % con niveles superiores a 16 mmhos/cm indicando suelos muy fuertemente salinos. En profundidad se observa que la C.E. decrece en muchos casos en forma apreciable, inclusive con valores que se consideran propios de suelos no salinos.

Carbonato de calcio libre: Las medidas de calcáreo realizadas en campo indicaron que estos suelos poseen importantes contenidos de calcáreo, lo cual fue confirmado en laboratorio. Estos contenidos, no tienen una variabilidad notable con la profundidad, al contrario de lo que sucede con las sales. Los niveles máximos para cada caso fluctúan entre 6% y 16% y esto define a los suelos como altamente y muy altamente provistos de calcio (5%-10%  $\text{CO}_3\text{Ca}$  alto; más de 10%,  $\text{CO}_3\text{Ca}$  muy alto).

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Ese indicador se mide en miliequivalentes por 100 gramos de suelo (meq/100 gr). Los valores obtenidos en este caso oscilan en general entre 10 y 20 meq/100 gr, lo cual califica a estos suelos como de una capacidad moderada a alta para retener nutrientes en su complejo de intercambio. Si bien existen en la planilla de datos, valores inferiores a los expuestos, en todos los perfiles existe al menos una capa que supera el nivel de 10 meq/100 gr e incluso 15 meq/100 gr. Los niveles de CIC, como era de esperar, están bien correlacionados con los porcentajes de arcilla de una capa en cuestión o bien con un alto contenido de materia orgánica. En cuanto a la disponibilidad de cationes adsorbidos en el complejo de intercambio o nivel de saturación catiónica, se puede decir que la suma de los cationes intercambiados supera ampliamente la CIC para cada caso. La relación de calcio sobre magnesio adsorbidos es aproximadamente de 2 que se considera una relación adecuada.

Relación de Absorción de Sodio (RAS): El nivel de sodio soluble en relación a los iones divalentes supera en todos los casos el valor límite de 13 por lo cual se consideran a estos suelos como sódicos.

Materia Orgánica (%): En este caso, se encuentran perfiles con niveles buenos (2,5-3,8) de M. O. como los perfiles 2, 4, 7, 13, 14 y 30. En el resto de los casos, los contenidos son bajos (1,3-1,6) o muy bajos (menores a 1,3). En algunos casos se encuentran valores anormalmente altos de M. O. en profundidad (perfiles 2 y 16) lo que está indicando para estos perfiles características de fluvial.

Nitrógeno total (%): El comportamiento del Nitrógeno es variable pero en general asociado al nivel de materia orgánica. Encontramos valores calificados como buenos (0,2-0,3 %) en los perfiles 10, 19, 24, 25, 30; moderados (0,15-0,20 %) en los perfiles 4 y 13; valores algo bajos



(0,125-0,150 %) en el perfil 14, niveles bajos (0,075-0,125) en los perfiles 2 y 11; y muy bajos en las observaciones 15, 16 y 7.

Fósforo (ppm): Todos los valores obtenidos indican una baja disponibilidad de este nutriente. Lamentablemente se carece de mayores datos ya que la determinación de fósforo en este tipo de suelos, fuertemente alcalinos, debe hacerse por el método Olsen, método que no se ha podido realizar debido a fallas de calibración del mismo.

Potasio Disponible (Indice delta F): Los niveles obtenidos para este indicador se han calificado como excelentes y muy buenos.

#### **4 Conclusiones**

Para la Unidad Fisiográfica denominada Llanura Aluvial Cóncava (LIAC) se han determinado los contenidos taxonómicos a nivel de Subgrupo: Calciustol oxiácuico y Calciorthid ácuico, los primeros presentan un epipedón mólico y un horizonte cálcico en profundidad; en los segundos desaparece el mólico y solo se encuentra un horizonte cálcico en superficie. La relación geográfica entre estos dos tipos no descansa en variaciones morfológicas del terreno por lo que se los ha determinado cartográficamente como un Complejo (Complejo el Hueco).

La zona relevada, por sus características de terreno bajo presenta problemas de napa freática a poca profundidad lo que provoca el ascenso de sales solubles y de cationes alcalinos (sodio) en intensidades variables en los distintos sitios relevados aunque por lo común, aumentando en superficie. Estos procesos están determinados por las características geológicas y topográficas propias del área, más propias del subsuelo que de los suelos; y a su vez magnificadas por acciones humanas no planificadas en su momento.

No se han observado procesos relacionados con la reducción del hierro (gleyización) indicando que los suelos tienen una relativamente buena oxigenación, también se ha observado que no hay impedimentos del suelo para un drenaje más o menos rápido.

Por los datos de salino-sodicidad y pH determinados, no tiene relevancia, por el momento analizar otros aspectos como la fertilidad edáfica. De hecho, es probable que a los pH que aquí se tienen, mantiene insolubles una gran cantidad de nutrientes (fósforo) y micronutrientes (metales pesados).

En un primer momento se esperaban valores de sales solubles y de sodio mayores a los encontrados, y es así que estos suelos pueden corregirse en un tiempo razonable si es que se toman las medidas adecuadas (Anexo 1). Por ahora está muy restringido el abanico de posibilidades de uso para los suelos de esta zona.

#### **5 Bibliografía**

-Ayers, R. S.; Westcot, D. W.: Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage - Paper n° 29 - Food and Agriculture of the United Nations - Rome - 1976.

-Bohn, H.; McNeal, B.; O'Connor, G.: Química del Suelo - Ed. Limusa. Grupo Noriega Editores - México, D.F. - 1993.

-Botero, P. J.: Fisiografía y Estudio de Suelos, Notas de Cátedra (1<sup>ra</sup>, 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> Parte) - Centro Interamericano de Fotointerpretación - Bogotá, Colombia - Año 1978.

-Chambouleyrón, J.; Mirábile, C., Marmol, P.: Drenaje en Areas Salinizadas del Departamento Fray Mamerto Esquiú, Informe I: Diagnóstico de la situación actual - Consejo Federal de Inversiones -Año 1997

-Dapless, E. C.: Geología Básica en Ciencia e Ingeniería - Omega - Barcelona, España. - Año 1963

-Da Silva, H.; Ogas, R.; Gomez Bello, C; Pernasetti de Blas, O.: Cartografía de Suelos de la Provincia de Catamarca, I. Valle de Catamarca - Universidad Nacional de Catamarca; Gobierno de la Provincia de Catamarca, Subsecretaría de Desarrollo Rural. - Año 1983.

-FitzPatrick, E. A.: Suelos. Su Formación, clasificación y distribución. - Ed. CECOSA - México - 1987

-Gonzalez Bonorino, F.: Descripción Geológica de la Hoja 14f (San F. del V. de Catamarca), Catamarca y Tucumán - Ministerio de Economía, Secretaría de Estado de Minería, Servicio Geológico Nacional - Buenos Aires, Argentina - Año 1978.

-Hoffman, G. S.; Ayers, R. S.; Doering, F. J.; McNeal, B. I.: Salinity in Irrigated Agriculture. In: Design And Operation of Farm Irrigation System. - M. E. Jensen Editor. ASSAE Monograph n° - St. Joseph, Michigan - 1980.

-Holmes, A.: Geología Física - 7<sup>ma</sup> Edición - Omega - Barcelona, España - Año 1971.

-James D. W., R. J. Hanks; Jurinak, J. H.: Modern Irrigated Soils - John Wiley and sons - New York - 1982.

-Laboratorio de Salinidad, USDA (Autores varios): Suelos Salinos y Sódicos - Editorial Limusa - México - 1974.

-Mengel, K.; Kirby, E. A.: Principles of plant Nutrition - International Potash Institute - Bern, Switzerland - 1987.

-Morlans, M. C.: Regiones naturales de Catamarca, Provincias Geológicas y Provincias Fitogeográficas - Revista de Ciencia y Técnica - Secretaría de Ciencia y Tecnología, UNCa., Vol II, Nro. 2 - 1995.

-Soil Survey Staff (USDA): Keys to Soil Taxonomy (Fifth Edition) - Pocahontas Press, Inc. - Blacksburg, Virginia, U.S. - 1992.

-Soil Survey Staff (SMSS - USDA): Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy, Trad. De Walter Luzio Leighton) - Universidad de Chile - 1982.

-Strahler, Arthur N.: Geografía Física (Quinta Edición) - Ediciones Omega S. A. - Barcelona - 1981.

### **ANEXO1: Recomendaciones Generales para la Recuperación de los suelos Salino-Sódicos y Anegados del Dpto. Fray Mamerto Esquiú**

Los suelos que se presentan en el área de estudio se encuentran incluidos dentro de la unidad fisiográfica denominada Llanura aluvial cóncava, Esta no presenta un cauce definido que elimine el exceso de agua superficial; posiblemente este existió pero es probable también que haya sido borrado para incorporar toda la zona a las actividades agrícola-ganaderas. La construcción de los canales que bajan del Embalse Pirquitas, en la actualidad son altamente ineficientes (Arellano y col.,1997) en la conducción del agua por experimentar importantes pérdidas en su recorrido, el bajo mantenimiento a los que se los somete; y por otro lado, la densa red de canales secundarios, terciarios, etc. que irrigan la propia área o áreas cercanas, también con bajos niveles de eficiencia de conducción, distribución y aplicación han generado los problemas de drenaje que sufren estas tierras. Este es el principal problema a solucionar, el cual, únicamente se ataca resolviendo la causa que lo produce, es decir, las pérdidas en la red de conducción, distribución y aplicación del agua superficial. Debe tenerse en cuenta que el agua que se conduce desde el embalse hacia esta y otras áreas de cultivo es externa al área problema y esta última, su suelo y subsuelo, no tiene capacidad para absorber las pérdidas que originan estas conducciones artificiales, sumamente desgastadas y escasamente mantenidas.

Por otra parte, la elevación de los tenores de sales y de sodio son al mismo tiempo consecuencia de la elevación de la napa freática. No se han observado características de reducción del hierro (moteados, colores grises, etc.) por lo que se presume que la actividad del oxígeno es buena; la capa de agua existente a su vez genera una diferencia de potencial matricial que disminuye desde arriba hacia abajo por lo que los horizontes superiores se humedecen por ascenso capilar del agua y los solutos que ella posee, los que al evaporarse van depositando sales y iones de sodio en o cerca de la superficie.

La salinidad y sodicidad observada son un problema secundario asociado al primero. Sin resolver el problema del drenaje, difícilmente se solucionarán estos otros. No existen en la actualidad cultivos que respondan satisfactoriamente a las condiciones químicas ofrecidas por estos suelos, como excepción se pueden nombrar algunos pastos gramíneos tolerantes a sales y sodio (ver tablas 5 y 6), y algunos forestales que, además de explorar con su sistema radicular por debajo de las capas superficiales, cumplen la función de bomba extractora del agua edáfica pudiendo bajar la napa freática en forma considerable. Para que esta medida sea efectiva los forestales deberían actuar como una masa forestal compacta, es decir con una alta densidad de individuos. Algunas especies indígenas como los algarrobos (*Prosopis sp.*) o exóticas como el eucalipto (*Eucalyptus sp*) muestran un buen desarrollo en el lugar y podrían usarse para este fin.

Otros forestales que si bien no tienen buena adaptación a las condiciones salino-sódicas de los suelos, son buenos para colonizar los lugares donde la salinidad y sodicidad es menor, pero con una alta humedad edáfica. Se han observado especies como *Enterolobium contortisiliquum* (timbó, oreja de negro, pacará) o *Populus sp.* (álamos) muy afectas a crecer en

zonas húmedas, en particular al lado de canales y acequias. Por último, las acciones de tala y de quema de los campos no productivos, lejos de mejorarlos, empeoran aún más las condiciones de elevación de la napa freática y de salinidad de los suelos. En el primer caso, la tala del bosque y arbustal nativo, aunque improductivos, mantienen en alguna medida la capa freática a mayor profundidad por el efecto de bomba aspirante que producen las raíces de las plantas sobre ella, bajando así el nivel freático. En segundo término, la quema del bosque-arbustal aumenta la salinidad superficial de los suelos ya que las cenizas son fundamentalmente sales agravando más el problema de salinización de los suelos.

Una observación para el dren construido en la zona que va a desembocar al Río del Valle en la zona conocida como El Hueco; este se encuentra en un grado de abandono tal que ya no cumple eficientemente la función para el que fue construido ya que se encuentra completamente enmalezado, sus paredes muy horadadas o derrumbadas, de tal modo que el agua que tiende a eliminar este dren es muy escasa con respecto al flujo de agua entrante.

La salinidad observada en la mayoría de los perfiles analizados, varía ampliamente en sus grados o tenores, pero independientemente de ello se confina por lo general a las capas superficiales sin mostrar contenidos altos en profundidad de manera tal que el posible lavado y/o redistribución de las sales solubles a lo largo de todo el perfil permitiría la recuperación o la mejora con respecto a esta característica.

Con respecto al sodio soluble e intercambiable, que también se encuentra confinado a las capas más superficiales, se podría eliminar con técnicas de lavado (sodio soluble) aunque persistiría el problema ya que debe eliminarse el sodio que se encuentra en el complejo de intercambio del suelo. El problema se resuelve aplicando algún corrector que reemplace al sodio en el complejo de intercambio, usualmente es el calcio, el que por otra parte se encuentra en alto porcentaje en los suelos vistos, sin embargo al estar en forma insoluble debido a los pH de la solución (ver tabla 1), no es activo en la solución acuosa y de este modo no puede actuar en el complejo de cambio. Así es que antes debe bajarse el pH con algún mejorador o enmienda, a niveles considerados más aptos (7-8) para solubilizar más calcio (presente en el suelo) y que este actúe en el complejo de intercambio, reemplazando al sodio. El reemplazo se hace, teóricamente, equivalente por equivalente y esto puede llevar un tiempo importante

Tabla 1: Solubilidad del  $\text{CO}_3\text{Ca}$  a diferentes pH. (De Sigmond, 1938)

pH de la solución saturada de $\text{CO}_3\text{Ca}$	Solubilidad del $\text{CO}_3\text{Ca}$ en meq. / l
6,21	19,3
6,50	14,4
7,12	7,1
7,85	2,7
8,60	1,1
9,20	0,82
10,10	0,36

Un corrector eficaz para bajar el pH es el azufre, fundamentalmente el azufre elemental, comercialmente conocido como flor de azufre. Este se oxida vigorosamente por la actividad microbiana (*Thiobacillus*) pasando a sulfato ( $\text{SO}_4$ ) y liberando protones al medio acuoso, y esto tiende a bajar el pH con lo cual se dispone un mayor nivel de calcio a la solución del suelo.

Los niveles de pH altos como lo es en estos suelos mantienen insolubles una gran cantidad de sustancias (micronutrientes) útiles para las plantas que si bien se encuentran en el suelo, están en forma insoluble y las plantas no pueden tomarlos.

## Conclusión

La recuperación paulatina de estos suelos implicará la ejecución de las siguientes medidas puestos en orden de importancia y actuando en forma más o menos combinada, así se tiene:

- La eliminación del flujo entrante del agua hacia los suelos de esta zona por medio de la mejora de las obras de conducción principales que vienen del Embalse Piriquitas. Posteriormente, mejora de la red de riego secundaria que abastece la propia zona.

- Mejora y modernización de las técnicas de irrigación actuales buscando el modo de aplicar el agua en forma más eficiente y económica. Analizar la calidad del agua de riego que se dispone (Tabla 2 y 3)

- Mejoramiento de la actual red de drenaje
- Aumento de la población forestal con especies adaptadas a la salinidad y a la humedad de estos suelos. Control de las actividades de quema y tala de los campos de la zona.

- Lavado de los suelos para disminuir la alta salinidad y sodicidad de las capas superiores.

- Aplicación de correctores o enmiendas (azufre) para reducir el pH y solubilizar el calcio para reemplazar al sodio del complejo de intercambio (Tabla 4).

- Técnicas de labranza profunda para mezclar los horizontes salino-sódicos superficiales con los subsuperficiales

- Utilización de cultivos adaptados a rangos de salinidad elevados y tolerantes a niveles altos de sodio (ver Tabla 5 y 6).

Tabla 2: Rangos para establecer clases de calidad de agua de riego.

Clases de agua	Conductividad $\mu\text{mohs.cm}^{-1}$	Total sólidos disueltos ppm	Sodio %	Conc. ( $\text{meq.l}^{-1}$ )	
				$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^-$
Clase I (excelente)	< 250	< 175	< 20	< 4	< 4
Clase II (Buena)	250-750	175-525	20-40	4-7	4-7
Clase III (aceptable)	750-2000	525-1400	40-60	7-12	7-12
Clase IV (dudosa)	2000-3000	1400-2100	60-80	12-20	12-20

Clase V > 3000 > 2100 > 80 > 20 > 20  
(desaconsejable)

---

Tabla 3: Peligro de sodificación por uso de aguas con sodio, Basado en la medida del RAS

Valor RAS	Peligro de sodio en el agua	Comentarios-
1-10	Bajo	-Solo cultivos muy sensitivos pueden tener problemas.
10-18	medio	-Complementar con enmiendas y lavados.
18-26	alto	-Uso en casos excepcionales.
Más de 26	muy alto	-Peligrosa para todo tipo de uso

Tabla 4: Propiedades Químicas de algunas enmiendas utilizadas para recuperar suelos sódicos

Enmienda	Composición	Descripción	Cantidades	
Recomendabilidad de Uso		Química	física	equivalentes
			de yeso (%)	
Yeso blanco	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O (contiene Ca)	mineral	100	Poco recomendable
Azufre	S amarillo	sólido	20 (muy efectivo)	Muy recomendable
Acido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Líquido corrosivo	60	No recomendable (corrosivo)

Carbonato Cálcico	CaCO <sub>3</sub>	mineral blanco	60	No recomendable (no hay efectos)
Cloruro	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	Sal blanca cálcico incorpora Cl <sup>-</sup> )	90	Poco recomendable
Sulfato	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O ferroso	Sal azul verdosa(poco eficiente)	160	Poco recomendable
Pirita	FeS <sub>2</sub>	mineral pardo	50	Recomendable (buena eficiencia)
Sulfato férico	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	sal pardo amarillenta	60	Recomendable (buena eficiencia)
Sulfato de Aluminio	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Gránulos corrosivos	130	No recomendable (poco eficiente, Corrosivo, el Al es tóxico p/plantas)

Fuente: Hoffman y col., 1990.

La recomendación a la derecha de la tabla se hace teniendo en cuenta exclusivamente a los suelos analizados en este trabajo.

Tabla 5: Tolerancia a la salinidad (en milimohs.cm<sup>-1</sup>) para distintos cultivos.

Cultivo	Rendimiento potencial relativo con distintos niveles de Conductividad eléctrica				
	100 %	90 %	75 %	50 %	de rinde Máximo tolerable
<b>Cultivos de Campo</b>					
Cebada	8,0	10,0	13,0	18,0	28,00
Porotos	1,0	1,5	2,3	3,6	7,00
Habas	1,6	2,6	4,2	6,8	12,00
maíz	1,7	2,5	3,8	5,9	10,00
algodón	7,7	9,6	13,0	17,0	27,00
Lentejas	1,3	2,0	3,1	4,9	9,00
lino	1,7	2,5	3,8	5,9	10,00
maní	3,2	3,5	4,1	4,9	7,00
arroz	3,0	3,8	5,1	7,2	12,00

sorgo	4,0	5,1	7,2	11,0	18,00
soja	5,0	5,5	6,2	7,5	10,00
Remolacha					
azucarera	7,0	8,7	11,0	15,0	24,00
trigo	6,0	7,4	9,5	13,0	20,00

#### Cultivos hortícolas

Chauchas	1,0	1,5	2,3	3,6	7,00
remolacha	4,0	5,1	6,8	9,6	15,00
brócoli	2,8	3,9	5,5	8,2	14,00
repollo	1,8	2,8	4,4	7,0	12,00
melón	2,2	3,6	5,7	9,1	16,00
zanahoria	1,0	1,7	2,8	4,6	8,00
pepino	2,5	3,3	4,4	6,3	10,00
lechuga	1,3	2,1	3,2	5,2	9,00
cebolla	1,2	1,8	2,8	4,3	8,00
pimiento	1,5	2,2	3,3	5,1	9,00
papa	1,7	2,5	3,8	5,9	10,00
espinaca	2,0	3,3	5,3	8,6	15,00
maíz dulce	1,7	2,5	3,8	5,9	10,00
batata	1,5	2,4	3,8	6,0	11,00
tomate	2,5	3,5	5,0	7,6	13,00

#### Forrajeros

alfalfa	2,0	3,4	5,4	8,8	16,00
cebada					
forrajera	6,0	7,4	9,5	13,0	20,00
pasto bermuda	6,9	8,5	10,8	14,7	23,00
tréboles	1,5	3,2	5,9	10,3	19,00

Tabla 5 (continuación)

maíz forrajero	1,8	3,2	5,2	8,6	16,00
rye grass					
perenne	5,6	6,9	8,9	12,2	19,00
sudan grass	2,8	5,1	8,6	14,4	26,00
festuca alta	3,9	5,8	8,6	13,3	23,00
trigo forrajero					
alto	7,5	9,9	13,3	19,4	32,00



trigo forrajero	5,0	6,0	7,5	15,0	22,00
-----------------	-----	-----	-----	------	-------

Frutales

Almendro	1,5	2,0	2,8	4,1	7,00
manzano y					
peral	1,7	2,3	3,3	4,8	8,00
damasco	1,6	2,0	2,6	3,7	6,00
palta	1,3	1,8	2,5	3,7	6,00
datilero	4,0	6,8	10,9	17,9	32,00
olivo e higuera	2,7	3,8	5,5	8,4	14,00
vid (vinif)	1,5	2,5	4,1	6,7	12,00
vid (frutal)	1,8	2,4	3,4	4,9	8,00
limonero	1,7	2,3	3,3	4,8	8,00
naranja	1,7	2,3	3,2	4,8	8,00
duraznero	1,7	2,2	2,9	4,1	7,00
ciruelo	1,5	2,1	2,9	4,3	7,00
frutilla	1,0	1,3	1,8	2,5	4,00
nogal	1,7	2,3	3,3	4,8	8,00

Los valores consignados son algo variables según sea la fuente consultada, esta se debe a Ayers y Westcot, 1976).

Además, para un cultivo dado, existen hoy variedades adaptadas a diferentes propósitos, entre ellos, la tolerancia a la salinidad.

Algunos cultivos pueden ser tolerantes a ciertas condiciones desfavorables del suelo, pero para otras no. Es el caso de la alfalfa que tiene buena tolerancia a las sales, sodio y calcáreo pero no vegeta bien en suelos anegados.

Tabla 6: Agrupación de Cultivos según su tolerancia a sodio

Tolerancia	Cultivo
muy sensibles	Frutales caducifolios Nogales Cítricos Palta
Moderadamente tolerantes	Trébol Avena Arroz
Tolerantes	Trigo

Algodón  
Alfalfa  
Cebada  
Tomates  
Remolachas

Muy tolerantes

Agropiros  
Triguillo alto  
Gamma Rhodes

---

Fuente: G. A. Pearson, U. S. Dep. Agriculture

### Datos Analíticos de laboratorio

Perfil modal: Perfil N° 14. Descripción Morfológica

Horizontes	Profundidad	límites tipo-for	Color Seco	Color hum.	textura	Estruct. Tipo	Estruct. clase	Estruct. Grado	Consist. hum.	Consist. ad./pl.	CO libre	Concr.	Raíces	Humedad	Moteados
1 (A <sub>11</sub> )	00-17	cl-pl	10 YR 5/3	10 YR 2/2	Fr Ar S f/mf	bl. sa.	med/fin	débil	friable	no ad. no pl	+++	pseudomic.	no hay	fresco/húmedo	no hay
2 (A <sub>12</sub> )	17-31	cl-pl	10 YR 5/3	10 YR 2/2	Fr Ar S m/f	bl. ang.	gr/med	fuerte	friable	lig ad. no pl	+++	Pseudomic.	no hay	húmedo	no hay
3 (A/C)	31-105	grad-pl	10 YR 5/4	10 YR 3,5/3	Fr Ar S m	bl sa.	med/fin /muyfin	mod.	friable	lig ad. no pl.	+++	sí comunes	no hay	húm/ mojado	no hay
4 (C)	105-132		10 YR 6/4	10 YR 3/3,5	Fr Ar - Ar Fr S m y gr	bl. sa.	med/fin /muyfin	mod.	Muy friable	no ad. no pl.	+++	si comunes	no hay	mojado	no hay

Observaciones:

- Pseudomicelios en Hor. 1 y 2, comunes.
- Concreciones tipo muñeca, de 0,5 a 1 cm.

Clasificación taxonómica tentativa:

- Calciustol oxiácuico.

Perfil modal: Perfil N° 19. Descripción morfológica

Horizontes	Profundidad	límites tipo-for	Color Seco	Color hum.	textura	Estruct. Tipo	Estruct. Clase	Estruct. Grado	Consist. hum.	Consist. ad./pl.	CO libre	Concr.	Raíces	Humedad	Moteados
1	00-28	abrupto plano	10 YR 6/2	2,5 Y 5/2	Fr Ar S F	b ang.	med	mod/fuerte	friable/lig fir.	no ad. lig. pl.	+++	-	m/f/mfab.	hum.	no hay
2	28-74	abrupto plano	10 YR 6/2	2,5 Y 3/2	Fr Ar S F	b sa.	med/fi n	mod.	mojado	no ad. no pl.	+++	si, com.	Fin/pocas	hum/mojado	no hay
3	74-112		10 YR 5/3	10 YR 3,5/3	Fr Ar S F	b sa.	med/fi n	mod.	mojado	no ad. no pl.	++	si, com.	no hay	mojado	no hay

Observaciones:

-Concreciones:

Hor. 2, 0,2-0,3 cm

Hor. 3, 0,2-0,3 cm

-El agua comienza a fluir a los 80 cm.

Clasificación Taxonómica tentativa:

-Calciorthid ácuico

Datos Analíticos: Llanura aluvial Cóncava. FME. (Perfiles 2, 4, 7, 10, 11, 13, 14).

Perfil	Muestra	Prof.	Arena	Limo	Arcilla	% Hum.	C org.	Mat org.	Nitrog.	Rel C/N	pH	CO <sub>3</sub> Ca	C. E.
2	1	00-16	63	30	7	hum.	1,6	2,7	0,1	15,6	7,2	3,6	0,59
	2	16-35	61	32	7	hum.	0,9	1,5	0,05	17,3	7,2	6,4	0,62
	3	35-64	59	32	9	hum.	0,6	1,0	0,03	20,2	7,8	8,4	0,69
	4	64-105	62	32	7	h/moj.	4,1	6,9	-	-	7,6	8,6	0,94
4	1	00-32	59,4	39	1,6	hum.	2,2	3,8	0,17	13,8	7,4	3,56	12,12
	2	32-54	59	40,6	0,4	hum.	0,9	1,6	0,16	12	9	2,64	7,78
	3	54-79	59	40,6	0,4	hum.	0,6	1	0,08	7,5	9,1	3,12	4,63
	4	79-113	-	-	-	h/moj.	0,8	1,3	-	-	8,2	2,24	3,52
	5	113-143	61	37	1,6	h/moj.	0,7	1,3	-	-	7,5		
7	1	00-30	64,6	30,6	4,8	hum.	1,6	2,7	0,07	22,8	7,8	> 16	6,78
	2	30-66	70,6	30,6	5,8	hum.	0,6	1,1	0,06	10,6	7,8	> 16	2,81
	3	66-95	60,6	27,6	7,8	moj.	0,4	0,6	-	-	7,7	6,9	3,07
10	1	00-34	63,4	33,2	3,4	25,4	0,8	1,4	0,26	3,1	8,8	8,56	0,44
	2	34-69	69,4	27,2	3,4	29,7	0,6	1	0,06	11,6	7,6	9,2	7,8
	3	69-121	71,4	27,2	1,4	25,5	0,4	0,7	-		7,6	10,32	6,12
	4	121-150	96,4	3,2	0,4	15,0	0,2	0,3	-		7,5	1,2	2,13
11	1	00-31	51	34	15	32,3	0,8	1,4	0,04	9,3	9,6	0,6	4,89
	2	31-54	53	34	13	31,3	0,6	1	0,06	10	9,6	10,7	18,6

	3	54-104	59	36	5	27,2	0,3	0,5	-	-	9,4	6,4	7,98
	4	104-130	55	36	9	24,1	0,3	0,5	-	-	8,9	5,8	9,99
13	1	00-20	51,8	42,8	5,4	13,9	2,1	3,6	0,17	12,5	7,4	1,6	5,38
	2	20-54	51,8	42,8	5,4	17,9	1,1	1,9	0,09	12,1	7,6	1,92	2,34
	3	54-68	51,8	36,8	11,4	26,7	0,8	1,3	-	-	8,2	2,28	4,19
	4	68-114	55,8	40,8	3,4	24,6	0,5	0,8	-	-	8,5	9,2	0,99
	5	114-140	65,8	33,2	1	23,8	0,2	0,4	-	-	8	2,88	0,52
14	1	00-17	55	34	11	36,7	1,8	3,2	0,15	12,3	8,9	8,9	26
	2	17-31	59	30	11	32,1	0,8	1,3	0,06	12,7	8,2	10,4	1,8
	3	31-105	65	30	5	27,5	0,2	0,4	-	-	7,6	6,6	2,31
	4	105-132	69	26	5	23,9	0,2	0,4	-	-	7,5	7	2,46

Datos analíticos (Cont.): Llanura aluvial cóncava. FME.

Perfil	Muestra	Fósforo	Na int.	K int.	Ca int.	Mg int.	CIC	Na sol.	K sol.	Ca+Mg s.	RAS	Delta F
2	1	1,85	4,96	5,72	32,8	19,9	11	11,78	2,33	7,2	6,2	-2000
	2	0,74	7,69	5,81	39,9	23,2	17,1	21,08	2,07	5,6	12,6	-1900
	3	0,84	10,17	7,04	39,9	23,2	12,2	27,28	1,85	4,8	17,6	-2250
	4	0,93	9,92	9,68	39,7	17	9,8	30,38	2,2	6,4	4,5	-2050
4	1	3,62	6,2	9,68	35,7	20,74	19	146,32	3,96	6,08	83,9	-1600
	2	-	17,36	14,08	25,7	15,3	14	190,96	6,38	1387	72,5	MB
	3	-	11,16	3,08	32,55	18,91	14,3	106,6	2,97	5,92	62	-1700
	4	-	15,62	6,34	22,26	9,54	11,6	58,3	-	17,6	19,6	-
	5	-	12,65	5,72	24,15	10,35	19	4,9	1,5	13,6	1,9	-2400
7	1	1,01	26,04	6,51	220,5	94,5	12	-	13,86	-	-	-
	2	0,85	11,16	3,08	208,3	130,7	12,5	-	1,8	-	-	-
	3	0,86	7,94	2,46	208,1	130,6	8,6	-	2,73	-	-	-
10	1	-	44,64	13,2	39,78	24,96	17	6,45	1,23	11,84	2,65	-2500
	2	1,01	39,68	2,37	49,98	31,36	17,5	471,2	24,2	62,4	84,3	MB
	3	0,87	27,28	4,58	44,06	27,65	8,6	297,6	9,9	59,68	54,3	MB
	4	1,37	4,71	0,88	5,25	3,05	4	37,2	2,55	26,56	10,21	-2300
11	1	-	62	18,04	38,8	24,3	20,5	119,04	18,92	8	59,5	MB
	2	-	50,84	14,08	36,9	23,2	17	163,68	21,56	7,2	86,3	MB
	3	-	43,4	11	32,6	20,5	11,1	210,08	20,24	16,5	73,4	MB
	4	-	18,35	7,74	36,6	19,5	12	-	-	36	-	-
13	1	1,63	43,4	9,68	24,7	15,5	21	43,4	9,9	65,76	7,56	MB
	2	1,10	80,6	6,6	29,6	12,7	11,5	80,6	1,41	11,36	33,75	-2550

	3	-	117,8	-	25,4	10,9	26,4	117,8	3,3	43,52	25,25	-2300
	4	-	21,7	5,46	42	18	13,8	21,7	1,28	5,6	13	-2200
	5		8,06	3,78	33,2	14,2	9,2	8,06	1,32	5,12	5,03	-2200
14	1	-	60,76	4,4	60,5	25,9	19,2	238,08	63,36	62,4	42,6	MB
	2	-	55,8	16,72	47	23,5	13,5	55,8	7,7	17,12	19,07	MB
	3	0,88	11,9	3,26	37,9	23,8	8,7	62	2,2	21,44	18,95	-2400
	4	0,79	11,66	2,5	38,8	24,3	8,5	80,6	1,89	40	18,02	-2600



Datos analíticos: Llanura aluvial cóncava. FME (Perfiles 15, 16, 19, 24, 25, 30)

Perfil	Muestra	Prof.	Arena	Limo	Arcilla	% Hum.	C org.	Mat. org.	Nitróg-	Rel C/N	pH	CO <sub>3</sub> Ca	C. E.
15	1	00-24	71	24	5	20,8	0,6	1,1	0,06	10,6	8,9	6,6	22,3
	2	24-43	77	22	1	30,6	0,3	0,5	0,07	4,1	8,1	6,2	10,8
	3	43-68	75	24	1	32,1	0,2	0,3	-	-	7,8	4,9	5,2
	4	69-104	65	34	1	30,5	0,2	0,4	-	-	8,3	1,9	2,13
	5	104-150	63	32	5	25	0,1	0,2	-	-	7,8	4,2	14,2
16	1	00-26	65	32	3	36,6	0,6	1,1	0,05	12,7	8,2	10,9	10,16
	2	26-48	69	30	1	41,9	0,3	0,5	0,01	27,2	7,9	6,6	4,26
	3	48-71	71	28	1	38,1	0,2	0,3	-	-	7,6	5,4	3,85
	4	71-117	-	-	-	31,4	1,2	2,1	-	-	7,6	4,1	3,34
19	1	00-28	63	24	13	47,1	1,1	1,9	0,25	4,4	8,2	> 16	6,93
	2	28-74	63	32	5	45,1	0,7	1,1	0,2	3,5	8,3	> 16	6,35
	3	74-112	63	34	3	34,3	0,2	0,3	-	-	8,1	3	5,38
24	1	00-45	55,8	38,8	5,4	23,2	1	1,7	0,28	3,57	7,3	1,68	10,3
	2	45-93	55,8	38,8	5,4	24,3	0,4	0,8	-	-	8,3	8,92	11,26
	3	93-143	55,8	34,8	1,4	22,3	0,6	1,1	-	-	7,2	5,36	2,8
25	1	00-28				16	0,9	1,5	0,27	3,3	8,9	8,8	13,19
	2	28-72				17	0,1	0,2	0,18	0,55	7,3	10,9	8,08
	3	72-112				24,9	0,4	0,6	-	-	8,6	> 16	3,37
	4	112-150				30,6	1,3	2,2	-	-	7,9	11,9	3,05
30	1	00-30	57	34	9	47,8	1,9	3,3	0,26	7,3	7,8	14	18

	2	30-75	53	34	13	38,8	1	1,7	-	-	7,7	4,6	11,8
	3	75100	63	30	7	36,5	0,5	0,9	-	-	6,6	3,9	3,44

Datos Analíticos: Llanura Aluvial cóncava. FME (cont.).

Perfil	Muestra	Fósforo	Na int	K int.	Ca int.	Mg int	CIC	Na sol.	K sol	Ca+ Mg s.	RAS	Delta F
15	1	-	33,48	15,84	68,9	29,5	9,5	601,4	55,44	54,08	115,6	MB
	2	1,16	32,24	6,6	162,2	101,8	7,5	471,2	27,28	44,8	99,55	MB
	3	0,81	21,58	11,88	80,4	34,5	18,8	204,6	10,56	41,6	44,8	MB
	4	-	19,1	11	22,5	9,6	10,2	58,9	3,96	7,52	30,4	-1600
	5	0,99	10,91	7,48	37,1	23,3	9,1	37,2	20,46	61,28	6,72	MB
16	1	-	35,96	12,32	170,3	106,9	12,2	235,6	16,5	-	-	-
	2	0,94	13,89	6,16	178,5	112	7,8	93	6,16	-	-	-
	3	1,13	14,14	6,42	208,9	89,5	6,8	71,92	7,7	-	-	-
	4	1,04	12,65	5,81	179,1	76,8	8	64,48	4,84	-	-	-
19	1	-	22,82	4,14	46,9	22,1	9	156,24	2,64	-	-	-
	2	-	58,9	5,98	41,2	20,60	10,2	158,72	1,76	-	-	-
	3	1,91	8,56	4,66	32,5	13,9	9,8	171,12	18,04	-	-	-
24	1	1,47	279	7,92	44,9	21,1	19,8	279	4,4	61,28	50,4	MB
	2	-	328,6	6,6	55,1	25,9	19,2	238	4,4	54,72	62,8	-2100
	3	0,95	93	7,48	41,4	20,7	11,5	93	3,74	28,96	24,4	-2100
25	1	-	108,5	10,56	37,74	17,76	14,2	440,2	44	35,68	104,1	MB
	2	0,92	86,8	3,1	36,31	17,08	9,6	384,4	6,6	16	135,9	-1600
	3	-	11,28	3,43	41,4	19,5	10	198,4	1,84	12,3	80	-2250

	4	0,72	10,16	3	41	20,5	12,2	310	0,88	16	98,5	-2700
30	1	0,874	86,8	15,4	121,6	57,2	18	539,4	12,98	57,12	100,95	MB
	2	1,17	192,2	14,9	60,2	28,3	21,2	365,8	9,46	15,9	76,35	MB
	3	2,13	9,67	9,7	-	-	18	40,3	4,05	39,4	9,08	-2100