

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**



Trabajo final presentado para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

Título del trabajo

**ESTUDIO DE LOS SUELOS HALOMÓRFICOS DEL ÁREA DE
VILLA MARÍA, SU RELACIÓN CON EL MANCHONEO DE
LOS CULTIVOS Y LA POSIBILIDAD DE APLICACIÓN DE
ENMIENDAS QUÍMICAS.**

ALUMNO: Mauricio Daniel Machado

DNI: 29.347.782

DIRECTOR: Ing. Agr. Eugenio Hampp

Co-Directora: Lic. en Qca. Inés Moreno

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del trabajo final: *“Estudio de los suelos halomórficos del área de Villa María, su relación con el manchoneo de los cultivos y la posibilidad de aplicación de enmiendas orgánicas”*.

Autor: Mauricio D. Machado
DNI: 29.347.782

Director: Ing. Agr. Eugenio Hampp

Co-Directora: Lic. en Qca. Inés Moreno

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado
Evaluador:

Fecha de presentación: ____ / ____ / ____

Secretario Académico

DEDICACIÓN

A mis padres...Susana y Daniel.

AGRADECIMIENTOS

Al personal docente de la cátedra de Sistema Suelo de la facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Rio Cuarto por su gran apoyo y enseñanza.

A mis amigos por estar en todas.

A todos aquellos que de alguna u otra manera han permitido que pueda concluir esta etapa de mi vida.

INDICE

Presentación.....	I
Certificado de aprobación	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Índice general.....	V
Índice de cuadros.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Resumen.....	VIII
Summary.....	IX
Antecedentes.....	1
Características de las áreas halomórficas y su relación con el manchoneo.....	2
Objetivos.....	6
Materiales y Métodos.....	7
Alcances de la metodología.....	10
Resultados y Discusión.....	10
Análisis de las unidades taxonómicas que conforman las distintas unidades cartográficas.....	13
Análisis de las unidades cartográficas.....	20
Conclusiones.....	23
Referencias bibliográficas.....	24

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Carta Villa María: Series de Suelos, Clasificación (Subgrupo) y algunas características químicas fundamentales relacionadas a las condiciones de halomorfismo.....	10
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Presencia del manchoneo en la Consociación Oncativo y el Complejo Manfredi. (Fotocarta Arroyo Cabral 3363 – 9 – 1, sector NNE).....	5
Figura 2. Ambientes Geomorfológicos de la Provincia de Córdoba.....	7
Figura 3. Distribución general de las principales unidades cartográficas de suelos.....	12

RESUMEN

Con las ideas surgidas de trabajos de investigación donde se detectaron las causas relacionados al manchoneo de los suelos del área de Villa María y se consideró su tratamiento con enmiendas cálcicas, se emprendió un estudio de la Carta de Suelos homónima, con la finalidad de establecer relaciones entre la información que la misma brinda (química, fisicoquímica, morfológica, fisiográfica y cartográfica) sobre las series que la componen para poder, de esa manera, detectar aquellas características edáficas que están asociadas al manchoneo, establecer aproximadamente su distribución geográfica y proceder a su posterior tratamiento.

La principal causa de la presencia del manchoneo en los cultivos se asocia con el contenido de sales del perfil del suelo, los elevados valores del porcentaje de sodio intercambiable (PSI), al que se asocia por lo general un alto pH, que generan un estado de dispersión coloidal que afecta la permeabilidad del perfil, limitando el descenso natural del frente salino – alcalino, ubicado a los 25 – 30 cm de profundidad, dentro del segundo horizonte, estableciendo un límite químico y físico abrupto que bloquea el desarrollo normal de las raíces.

Del análisis total de las series y la observación de las fotocartas, surge que el manchoneo está presente en la mayoría de ellas, en algunas series se hace más manifiesto que en otras e incluso podemos observar que la intensidad y la homogeneidad responden en forma diferente de acuerdo a las series que se estén analizando. Existen complejos indeterminados en los cuales el manchoneo también se hace presente, ocupando una superficie considerable. En este tipo de complejos es difícil llevar adelante una propuesta de manejo en base a la Carta, ya que se desconocen datos que describan estas unidades.

Se pudo observar por medio del análisis de la Carta que la aplicación de yeso es viable en la mayoría de las unidades descriptas, exceptuando aquellas donde el relieve es cóncavo o subnormal, como ocurre en los sectores de las vías de escurrimiento y sus confluencias. Estas últimas ocupan superficies relativamente pequeñas en relación al conjunto.

Palabras claves: enmienda cálcica, suelos sódicos, estado coloidal, drenaje.

SUMMARY

With the ideas emerged from other research works where the causes related to the “patching” of the soils of Villa Maria were detected and its treatment with liming amendment was considered, a study was carried out about the homonym soil map with the aim of establishing relations between its own information (chemical, physicochemical, morphological, physiographical, cartographic) and the series it's made up of in order to detect those edaphic characteristics which are associated to “patching”, establish its approximate geographical distribution and continue with its treatment.

The main cause of patching in crops is associated to the contents of salts on soil profile, high values of exchangeable sodium percentage (ESP) which is associated to a high Ph, which generate a state of colloidal dispersion that affects the profile permeability limiting the natural descent of the saline-alkaline front, located at 25 – 30 cm depth, inside the second horizon, establishing an abrupt physical and chemical limit which blocks the roots natural development.

From the series total analysis and photochart observations it emerged that “patching” is present in most of them; in some of the series “patching” is more perceptible than in others and we can even observe that the intensity and homogeneity behave differently depending on the series that are being analyzed. There exist undetermined situations in which “patching” is also present taking up a considerable surface. In this type of situations it is difficult to carry on a map-based manageable proposal, since data that describe these unities is unknown.

It could be observed through map analysis that plaster application is feasible in most of the units described excluding those where the relief is concave or subnormal as it happens in places such as drainage ways and its merging points. The last occupy relatively small surfaces in relation to the whole.

Key words: liming amendment, sodic soil, colloidal state, drainage.

ANTECEDENTES

En la Región Centro - y Sudoriental de la Provincia de Córdoba se encuentran varios ambientes geomorfológicos que reciben el nombre genérico de “Pampas”, que se caracterizan por su escasa pendiente, relieve normal a subnormal o subnormal, formados por materiales loessicos franco limosos, en ocasiones retransportados por el agua y donde los suelos zonales corresponden al Orden de los Molisoles. En general, el grado de desarrollo de los mismos se incrementa en el sentido W - E, en función de la variación cuantitativa del clima y la naturaleza química y granulométrica del material de origen. Las variaciones locales se encuentran siempre asociadas al factor relieve, por su dominio sobre las condiciones de drenaje, y ocasionalmente al material de origen, ya que en ciertas situaciones se superponen o mezclan materiales fluviales con los eólicos.

La presencia de ríos de naturaleza divagante en esta llanura ha modificado la dinámica del paisaje, introduciendo formaciones características como la presencia de paleocauces, albardones, planicies de inundación, derrames fluviales en lóbulos, etc. cuya acción se nota también en la selección granulométrica de los materiales de los suelos, que pueden variar desde limosos a arenosos, según el agente de transporte predominante en cada situación. (Carta de los suelos de la República Argentina 1987; Los Suelos, 2006)

En general, la capa freática fluctúa entre 1 y 6 metros de profundidad, produciendo efectos de distinta magnitud, asociados al tipo de relieve: en los sectores cóncavos o deprimidos aparecen suelos genéticamente asociados a la presencia de sales; en la medida que el sistema va pasando paulatinamente a un relieve subnormal, las sales predominantemente sódicas, se encuentran a diferentes profundidades, pero sin llegar a afectar la porción superficial del perfil. Regionalmente, no obstante, los suelos de los relieves subnormales son similares a los de los sectores normales, diferenciándose fases por salinidad y alcalinidad. (Carta de los suelos de la República Argentina 1987; Thorp y Smith, 1949; Riecken, 1965).

Es notable en el área la presencia del denominado “manchoneo” de los cultivos, que se da en una extensa superficie plana o casi plana, con leve pendiente, como consecuencia de una capa freática que oscila en los dos metros de profundidad y que saliniza – alcaliniza a los respectivos perfiles hasta distintas alturas: hasta la base del horizonte A (unos 30 cm de la superficie en el sector del “manchón”) y a nivel del BC o C (80 cm en el sector no afectado o ”normal”). Cabe agregar que este “manchoneo”, en las zonas de relieve subnormal con muy escasa pendiente, tiene una distribución aparentemente errática, con límites abruptos y tamaño en el orden desde algunos metros hasta decenas de metros; en las situaciones donde

el relieve sin dejar de ser subnormal presenta una pendiente más marcada, el “manchoneo” se manifiesta con mayor intensidad en el área más baja, y el perfil suele presentar un horizonte E o álbico de diverso grado de desarrollo.

CARACTERÍSTICAS DE LAS ÁREAS HALOMÓRFICAS Y SU RELACIÓN CON EL MANCHONEO

Las áreas con suelos halomórficos presentan, salvo raras excepciones (Asociaciones de suelos intrazonales de Santa.Fé – Carta de Suelos Esperanza, 1978), un patrón complejo en lo que hace a la distribución de las diferentes unidades pedológicas que las componen; frecuentemente son perceptibles a simple vista y tal es así que se pueden observar eflorescencias salinas con diversos grados de expresión y variabilidad en la vegetación halófila que las cubre, alternando con manchones de color oscuro, con humatos de sodio en superficie, generalmente sin vegetación, que suelen llamarse “peladales.” Cartográficamente, áreas de este tipo se agrupan bajo la denominación de “complejos de suelos”, debido al carácter intrincado de su distribución, a lo que responde también el concepto de “manchón”. (Cartas de Suelo de la República Argentina)

Esta denominación local de “manchón” parece coincidir también con los conceptos vertidos por Polynov, (1953) Glazovskaia, (1964) y Perelman, (1967), citados por de León et al. (1978), los que nombran “células del paisaje” a tales situaciones.

Durante mucho tiempo se consideró que la salinidad de los suelos guardaba una relación estrecha con las condiciones climáticas, de acuerdo a lo cual esa característica era privativa de climas áridos y semiáridos. Posteriormente, en trabajos relacionados a la geoquímica de los paisajes (Fersman, 1934; Vernadsky, 1965; Polynov, 1956, citados por Szabolcs (1981), indican que en la acumulación de electrolitos, además de la condición climática, también los procesos geoquímicos y biogeoquímicos tienen efectos trascendentes.

Polynov (1956) interrelacionando la vegetación, suelo, roca subyacente, agua, geomorfología y geología, desglosa las relaciones cuali – y cuantitativas entre los factores de la geoquímica. Considera que el paisaje es un sistema dinámico que evoluciona por procesos de diferentes o aún opuestas direcciones y enfatiza la importancia del efecto de la biosfera en el desarrollo y aspecto del mismo. Todos estos factores, la matriz de sus interrelaciones e influencias determinan la migración de los elementos y sustancias en el paisaje.

La naturaleza intrazonal de estas “células del paisaje”, afectan a los cultivos implantados, especialmente en épocas en que las precipitaciones son escasas, lo que se

asocia a un limitado espacio de exploración del suelo por el sistema radical ocasionado por condiciones físicas y químicas adversas.

El análisis de estas situaciones indica que las sales en estos suelos son predominantemente sódicas lo que lleva, según su estado de evolución, a un alto PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable) a diversos horizontes del perfil.

Con relación a la génesis de estas situaciones, el color del horizonte superficial, notablemente más claro en la situación manchón que en la normal, indica que en la génesis hubo etapas iniciales salinas que luego pasaron a salino – alcalinas y finalmente a alcalinas que llegaron hasta la superficie del suelo y lo condujeron a una decoloración que influyó tanto sobre la fase orgánica como la mineral, a un deterioro de la estructura y posiblemente de la fracción mineral (Solodización). Es notable que la diferencia de color se dé con contenidos de materia orgánica prácticamente iguales en ambas situaciones. En cuanto al sector “normal” sus condiciones se encuentran en lo que se llamaría un suelo zonal. No se ha hecho una investigación exhaustiva para explicar este fenómeno, pero se ha comprobado que los casos estudiados generalmente no guardan relación con el microrelieve, tanto por las mediciones realizadas como por la distribución de las superficies afectadas. Sin embargo, en base a la información adquirida y considerando las condiciones de génesis implicadas, se pueden deducir algunas cuestiones muy importantes: que en la situación “normal” las sales nunca llegaron a la superficie y estuvieron menos concentradas en el perfil y que el proceso de solodización no afectó al horizonte A, visiblemente más oscuro que el del manchón. Esto debió mejorar las condiciones de infiltración y por ende esto, agregado al estado más favorable del perfil, permitió el lixiviado más rápido de las sales, actualmente situadas aproximadamente a 80 cm de profundidad como ya se dijo anteriormente. De esto surge que las sales son efectivamente lixiviadas en las condiciones climáticas actuales en el sector normal, mientras que en el manchón este proceso se encuentra muy retardado dadas las condiciones físicas y fisicoquímicas muy desfavorables, como lo son el elevado PSI, la presencia de horizontes E con estructura masiva y Btn con importantes concentraciones de arcilla.

Los estudios realizados en los sectores donde la pastura no manifiesta afectación o normal (N) y aquellos notoriamente manifiestos, denominados “manchón” (M), han permitido establecer que, debido a los diferentes procesos de formación de suelos, se han producido lixiviados y ascensos capilares que elevaron en distinto grado el nivel freático y distribuyeron en forma diferencial el tenor salino en el perfil de los diferentes suelos (Hampp et al, 2004).

El origen de esta problemática está relacionado a procesos halomórficos vinculados a una capa freática con una conductividad eléctrica del extracto de saturación (C.E). de 2 mS cm^{-1} con predominancia de sales de sulfato de sodio que oscila en los 2 m de profundidad (Hampp et al, 2004). La principal causa del manchoneo es el contenido de sales del perfil del suelo y los elevados valores del porcentaje de sodio intercambiable (PSI), que generan un elevado pH y un estado de dispersión coloidal que altera la dinámica hídrica del perfil, limitando el descenso del frente salino (Rengasamy, 1997).

Trabajos previos (Bonadeo et al., 2001, 2002) permiten establecer que la napa freática en ambos casos se halla por debajo del nivel crítico; sin embargo, su influencia en el perfil de M es muy notable. Considerando que el agua de lluvia es una solución altamente diluida, su ingreso a este perfil produciría una dilución y remoción de las sales en el frente de humedecimiento, lo que lleva inmediatamente a un estado disperso del complejo coloidal de alto PSI. (Varallyay 1981).

Como consecuencia de estos procesos se han producido cambios en el perfil del sector de manchoneo que afectan la dinámica del agua, en primera instancia la relacionada con la infiltración y la conductividad hidráulica. La primera como consecuencia del citado deterioro estructural del horizonte superficial y la segunda en la zona de contacto entre este y el horizonte salino alcalino. Si bien se considera que el suelo puede estar floculado en la parte salina, ocurre que cuando el agua de lluvia, relativamente pura, llega a la zona límite, produce una dilución – lixiviación de las sales; como el sodio de intercambio se encuentra en elevadas proporciones, se produce inmediatamente una dispersión del material coloidal con una intensa disminución de la conductividad hidráulica y consecuentemente el proceso de lixiviación se interrumpe, lo que determina que el horizonte salino mantenga esta propiedad a través de tiempos muy largos, aunque finalmente, como ocurre con otros perfiles de la zona, llegue al estado de solonetz solodizado y posteriormente soloth, siempre y cuando la capa freática se mantenga lo suficientemente profunda. (Rengasamy, 1997).

Analizando lo antedicho, y en base a estudios realizados (Bonadeo et al, 2001,2002), hay importantes superficies con relieves de muy bajo gradiente, casi subnormales pero no cóncavos, donde se presenta el denominado “manchoneo de los cultivos”, asociado a las diferentes distancias a la superficie del suelo en que se encuentran horizontes salinos y/o alcalinos relacionados a una capa freática que oscila en los 2,0 – 2,5 m de profundidad. Fig. 1.

De lo arriba expuesto se desprende que la situación amerita realizar un estudio de la influencia de una enmienda con sales de calcio. Se entiende que la aplicación de esta

enmienda implica mejorar las condiciones físicas del suelo a través de la floculación del coloide y las químicas por la modificación del pH del suelo y la eliminación del sodio.

Como una propuesta de manejo y mejoramiento de esta condición, y en base a la bibliografía y trabajos previos realizados en el área, (Varallyay 1981) se considera que el agregado de yeso ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a estos suelos atenuaría los problemas citados, ya que esta sustancia reaccionará con el material coloidal del suelo, intercambiando principalmente el Na por Ca, favoreciendo la floculación y por ende la permeabilidad del perfil, aumentando así la eficiencia del agua de lluvia para lixiviar las sales solubles propias del suelo más el SO_4Na_2 formado en la reacción yeso – coloide. El desplazamiento del Na intercambiable por el Ca agregado haría también disminuir el pH.

Si bien el enyesado tradicionalmente tiene como objetivo la de desalcalinización, se considera aquí que la acción floculante del calcio sobre el material coloidal tendrá un no menos importante efecto sobre propiedades físicas del suelo como son la estructura y permeabilidad.

Como la lixiviación dependerá de las lluvias, ya que no es zona de riego artificial, no son de esperar resultados espectaculares; sin embargo se considera que un incremento en la proporción de Calcio en el complejo de intercambio de los horizontes sódicos conllevaría

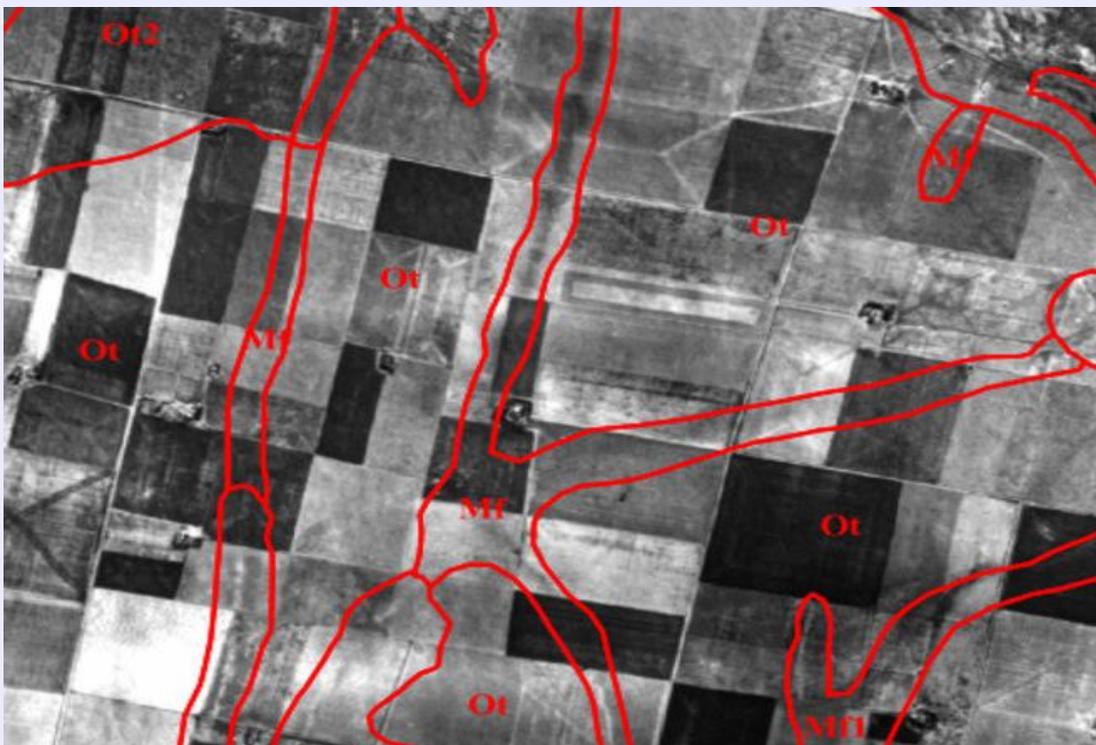


Fig. 1. Presencia del manchoneo en la Consociación Oncativo y el Complejo Manfredi.
(Fotocarta Arroyo Cabral 3363 – 9 – 1, sector NNE)

a una mayor conductividad hidráulica como consecuencia de la floculación, así sea parcial, del material coloidal del suelo.

De acuerdo a determinaciones realizadas sobre cultivos (Irastorza, 2008) el agregado de yeso al suelo produce mejoras en el rendimiento de los cultivos. Las razones de esta consecuencia no han sido estudiadas específicamente, pero es muy probable que esté relacionada al conjunto de efectos mejorados del yeso sobre las condiciones fisicoquímicas y químicas de los suelos.

Una amplia superficie de suelos ubicados al sudoeste y al este de Villa María sobre la Pampa loessica plana (Pcia. de Córdoba) presenta sectores que no permiten el desarrollo normal y homogéneo de la pastura de alfalfa, denotándose “manchones” con menor altura y número de plantas, lo que facilita el avance de malezas gramíneas y reduce la producción de la pastura. Los “manchones” de esta pastura se presentan en porciones definidas del terreno, de forma irregular, con límites abruptos y tamaño variable (Bonadeo et al, 2001). Investigaciones realizadas han permitido identificar los factores responsables de la afectación (Bonadeo et al., 2001) y relacionarlos con el comportamiento de las raíces y parte aérea de la alfalfa (Bonadeo et al., 2002).

OBJETIVOS

General

- Determinar la factibilidad del mejoramiento de los suelos que componen la Carta Villa María por el agregado de enmiendas a partir de la información que brinda la carta homónima.

Específicos:

- Estudiar las características químicas y morfológicas de estos suelos y su relación con el ambiente que le dio origen para analizar su génesis y evaluar la posibilidad de aplicar enmiendas químicas tendientes a revertir o al menos disminuir el efecto de las causas que originan el “manchoneo” de los cultivos.
- Establecer, al nivel de la escala de la Carta (1:50.000) las posibilidades y conveniencia de aplicación de yeso o calcita en las distintas unidades cartográficas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo, la situación a analizar corresponde a las fracciones centrales de la “Pampa Loessica Plana”, de la Llanura Cordobesa. Esta tiene un relieve plano, del tipo subnormal, con gradientes regionales de sentido NO - SE no superiores al 0,5 % y que ocupan un potente depósito loessico de textura franco limosa. Dentro del citado relieve existen intercalaciones de sectores suavemente deprimidos, vías de escurrimiento de control tectónico que corren paralelas u oblicuas entre sí y que en sus cruzamientos generan “pozos” de infiltración. Hay varios cauces importantes como el del Río Tercero y el Arroyo Cabral que por su naturaleza divagante han dejado marcadas, a través del tiempo, una vasta zona de influencia.

Para este trabajo se empleará la información que brinda el Atlas de Suelos de la provincia de Córdoba (Agencia Córdoba Ambiente 2006) y la Carta de Suelos de la República Argentina (Hoja 3363 – 9 Villa María) (INTA 1987) que comprende el área ubicada entre los 63°00' y 63°30' W y 32°20' y 32°40' S, aproximadamente a 140 Km al SE de la Ciudad de Córdoba.

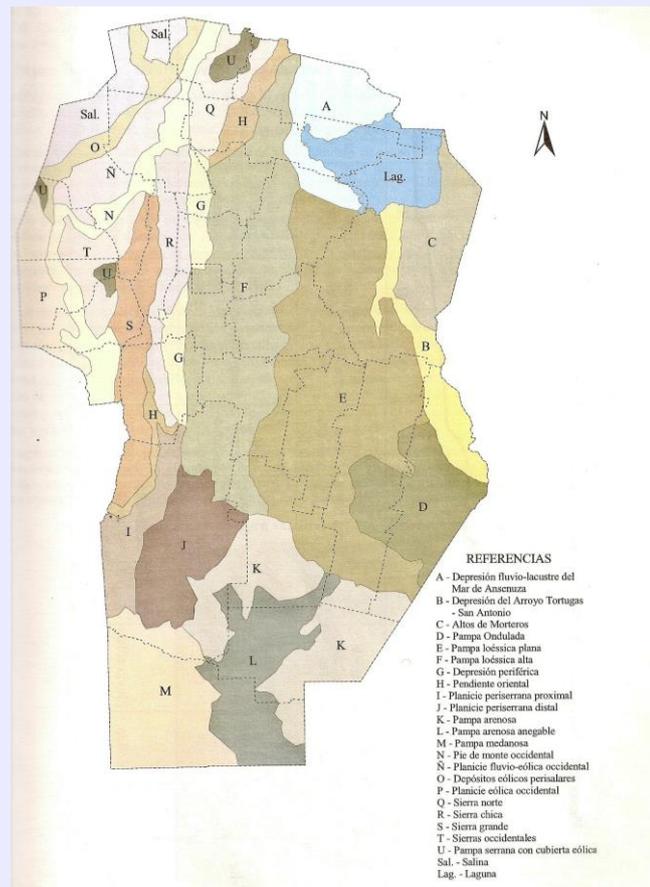


Fig.2. Ambientes Geomorfológicos de la Provincia de Córdoba.

El clima del área es templado sub-húmedo, con una media anual de precipitaciones de 799 mm y distribución monzónica con un balance hidrológico que se presenta con déficit marcado para la etapa estival (enero-febrero) y equilibrado para el resto de las etapas (INTA, 1987).

La vegetación natural, de trascendente importancia para este tipo de estudios, se encuentra profundamente modificada; sin embargo, existe información interesante al respecto. Así, Parodi (1964), ubica a esta región dentro de la estepa pampeana, distrito subchaqueño y aclara que posee la vegetación herbácea del Chaco y salvo la falta de árboles, es notablemente semejante a la zona oriental de aquél territorio fitogeográfico. Cabrera (1971) hace la importante observación que la “provincia del espinal” rodea en forma de arco a la “provincia pampeana” en el sector de los 31° de latitud sur; por esta razón es que se observan ejemplares de especies arbóreas de tipo xerófito, del “distrito del algarrobo” introducidos dentro del área más húmeda de la “provincia pampeana”. Ragonese (1967) sostiene la misma delimitación geográfica.

Originariamente, en las porciones del paisaje con relieve positivo y por lo tanto bien drenadas, dominaban el “pasto miel” (*Paspalum* s.p., *Panicum* s.p., *Setaria* s.p., etc); las “flechillas” (*Stipa* s.p. y *Piptochaetium* s.p.) eran mucho menos frecuentes y aumentaban su difusión hacia el Este y Sudeste de la zona, de suelos más pesados y húmedos. En áreas de paisaje ligeramente deprimido de charcas o lagunas de distinto grado de salinidad y/o alcalinidad, aparecen especies del género *Distichlis*, llamadas comúnmente “cola de mula” o “pelo de chanco”; se encuentran también *Poligonum* s.p., *Atriplex* s.p. y la leguminosa *Melilotus indicus*.

Dada la vecindad del “distrito del algarrobo”, aparecen ocasionalmente relictos de “algarrobos” blancos y negros (*Prosopis* s.p), “tala” (*Celtis spinosa*), “chañar” (*Geoffrea decorticans*), “espinillo” (*Acacia caven*), etc.

Obviamente, en la actualidad estas comunidades vegetales se encuentran profundamente alteradas por la intervención del hombre, habiendo sido reemplazadas por especies culturales de mayor valor comercial.

Cabe destacar, según lo visto en párrafos anteriores, que la vegetación, en forma generalizada, estaría conformada por una comunidad de plantas herbáceas entre las que se intercalaban otras de especies arbóreas y arbustivas. Puesto que la biomasa descrita debió variar indudablemente en lo que respecta a todo un conjunto de aspectos (cobertura, sombra, sistema radical, composición química, nivel de bases, relación C/N, ritmos biogeoquímicos) los suelos desarrollados bajo esta situación estuvieron bajo la influencia activa de un factor de génesis, el biótico, que variaba continuamente en el espacio, y esto posiblemente en

tramos cortos, dando lugar a la formación de un patrón de distribución de suelos muy heterogéneo el que actualmente, como un relicto, se exterioriza en la forma de un manchoneo de los cultivos. (Bonadeo, et al. 2002)

Este trabajo o análisis será realizado en base a la información que brindan las Cartas de Suelos del INTA y a trabajos realizados sobre el tema por un grupo de investigadores del Área de Suelos de la FAV de la UNRC y publicados en revistas con referato o presentados en Congresos Nacionales e Internacionales. (Hampp, et al. 2004).

Si bien las diferentes unidades cartográficas determinadas están calificadas por capacidad de uso, los factores considerados para el caso son aquellos de carácter relativamente estables, como relieve, drenaje, la morfología del perfil, (horizontes, textura y estructura) y propiedades como la capacidad de intercambio catiónico, tipo de bases y grado de saturación, PSI, pH y presencia de sales solubles. Con relación a las bases intercambiables, además del sodio, sólo va a ser considerada la saturación con magnesio, puesto que en muchos casos ($\cong 50\%$) hay menos de lo que cabe esperar, ya que se toman como normales valores entre el 15 y 25 % de la Capacidad de Intercambio Catiónico (Gaucher, G. 1971) en muchos casos del área bajo estudio, este valor es menor al 10 % y en varios no llega al 5 %. Además, es superado ampliamente por el potasio, generando un desequilibrio que afecta su disponibilidad y por otro lado, como elemento bivalente, participa en la floculación del material coloidal del suelo. Dada la extensión del área y bajo la idea de aprovechar plenamente la información de las cartas, no se prevé hacer más determinaciones complementarias en esta escala de trabajo.

En este caso particular, en que el área tomada está afectada por el “manchoneo” de los cultivos y que en determinadas situaciones es factible lograr mejoras mediante enmiendas químicas, el estudio emprendido está orientado a detectar, a través de las series que componen a las distintas unidades cartográficas o sectores de las mismas, el lugar donde esa enmienda tenga posibilidades de ser exitosa.

El “manchoneo”, fenómeno que se encuentra vinculado a procesos halomórficos de suelos, aparece también en las unidades cartográficas de suelos zonales, como lo son las Consociaciones, donde estaría integrando fases por salinidad y/o alcalinidad. Aunque esto resulte llamativo, posiblemente por problemas de escala, situaciones de este tipo se presentan con mucha frecuencia. En el caso de los Complejos de suelo, el problema está ampliamente difundido.

ALCANCES DE LA METODOLOGIA

Se advierte que las consideraciones planteadas en este trabajo son orientativas sobre las posibilidades de mejora que ofrece cada unidad cartográfica. Es importante saber que las unidades cartográficas compuestas (Asociaciones y Complejos) están formadas por más de una serie de suelos, pero los límites de las unidades taxonómicas no están marcados sobre el mapa. Es decir que este trabajo es directamente dependiente de la escala cartográfica con que fueron realizadas las Cartas de Suelos del INTA. Se pretende que el técnico que necesite hacer un relevamiento de un lugar cualquiera (en un escala mayor), cuente con una información básica que le permitirá tomar decisiones importantes antes de iniciar un estudio de mayor detalle.

Es importante también destacar que la observación de las fotocartas en su versión digital y ampliada en pantalla, permite apreciar muchos detalles en las mismas, al punto que se pueden hacer separaciones dentro de las unidades cartográficas, las que desde luego facilitarían mucho las determinaciones a campo que hubiera que realizar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Carta de Suelos Villa María

Las Unidades Cartográficas están integradas por 24 Series de Suelos y hay 2 Complejos Indiferenciados: Pampayasta (3 fases) y San Marco (3 fases).

Cuadro 1: Carta Villa María: Series de Suelos, Clasificación (Subgrupo) y algunas características químicas fundamentales relacionadas a las condiciones de halomorfismo.

Serie	Clasificación	Mg	K	Ca	PSI 4	pH Ap	pH 5
		me.% S/T%	me.% S/T%	me.% S/T%			
Arroyo Cabral	Argiustol típico	1.5 –	1.6 –	5.2 –	-----	5.7	
Hernando	Argiustol típico	0.7 –	2.4 –	10.2 –	-----	6.0	
Manfredi	Haplustol típico	2.3 –	2.7 –	12.4 –	-----	6.1	
La Reyna	Haplustol típico	1.0 –	1.6 –	15.6 –	-----	6.0	
Ballesteros	Haplustol údico	5.0 -	2.0 –	11.0 –	-----	6.3	
Las Playas	Haplustol	2.9 –	2.6 –	10.1 –	-----	6.6	
La Lagunita	Haplustol	3.3 –	2.6 –	12.6 –	-----	6.1	

Oncativo	Haplustol	1.1 –	2.8 –	9.2 –	-----	6.4	
Villa María	Argialbol típico	1.5 –	2.8 –	7.9 –	-----	5.8	
La Salada	Albacualf	1.4 –	2.4 –	6.1 –	0 – 74 a + cm > 25	6.8	10 (9)
El Sauce	Albacualf	0.5 –	2.9 –	13.9 –	-----	6.7	
S. Fco.de Asis	Natracualf	1.4 –	2.9 –	8.8 –	17 – 86 + cm > 48	6.0	9,3 (17)
La Playosa	Natrustol típico	1.5 –	2.8 –	8.5 –	-----	5.6	Sal (32)
La Primavera	Natralbol típico	1.4 –	1.9 –	5.4 –	27 – 93 cm + >	5.7	9.0 (55)
El Candil	Natralbol típico	3.3 –	2.5 –	10.6 –	10 – 97 + cm + > 9	6.1	8.2 (52)
La Remonta	Natralbol típico	4.8 –	2.7 –	9.4 –	22 – 100 cm + >	6.6	8.7
Ausonia	Natralbol típico	0.5 –	3.1 –	8.6 –	26 – 72 cm + > 30	5.8	9.5 (48)
Cayuqueo	Natracuol	1.5 –	1.8 –	10.7 –	0 – 74 cm + > 25	7.9	8,9 (42)
Gral. Paz	Natracualf	3.1 –	2.5 –	10.3 –	51 – 80 cm + > 20	7.6	9.2 (80)
La Mascota	Natracualf	2.1 –	3.00 –	15.2 –	16 – 76 cm + > 14		
Ticino	Natracualf	1.0 –	2.9 –	8.5 –	10 – 75 cm + > 52	6.4	9,5 (35)
James Craik	Natracualf	Sin	y valor	Satura	54 – 85 cm + > 27	7.8	9.0 (54)
La Resistencia	Calciacuol	Sin	3.7 –	Satura	19 – 55 cm + > 15	7.9	8.7 (31)
Morrison	Duracuol	1.6 –	2.0 –	7.5 –	-----	6.3	
Colonia Videla	Duracuol típico	3.1 –	2.6 –	14.3 –	-----	5.3	

Columna 1, 2 y 3: El 1^{er} valor indica el % intercambiable; el 2^{do} el % de saturación.

Columna 4: Extensión y valor mínimo del PSI.

Columna 5: Se indica el pH y la profundidad del primer horizonte de reacción alcalina.

En concordancia con lo explicado respecto al relieve de éstas áreas, sólo 8 de las 24 Series se pueden considerar bien drenadas, estando afectadas las restantes, el 66 %, en general por procesos genéticos hidrohalmórficos. Debe agregarse que este proceso es también importante en los complejos indiferenciados.

Ante todo, debe aclararse que por una cuestión de escala y observaciones tanto de campo como sobre las fotocartas de la Hoja Villa María, el “manchoneo” es un problema ampliamente difundido en el área, de tal modo que prácticamente está presente en todas las unidades cartográficas. Esto se corresponde con el carácter plano de la región, con dominio de relieves subnormales que determinan la presencia de una capa freática ligeramente salina y alcalina a aproximadamente 2,5 m de profundidad.

Tal como lo expresado en antecedentes, una particularidad del área es la presencia de las denominadas “líneas de escurrimiento”, superficies longitudinales de aproximadamente 100 a 250 m de ancho, levemente deprimidas y de escasa pendiente que convergen entre sí y que en los cruces, algo cóncavos, forman los “pozos de escurrimiento”, que son puntos de

concentración y absorción de agua. Estas áreas son de origen tectónico y por lo general están ocupadas por complejos de suelos que en diferente medida sufren procesos hidro – y halomórficos.

Por otra parte el área es también atravesada por el cauce del Río Tercero y el Arroyo Cabral, los que han producido importantes modificaciones geomorfológicas cuyo efecto se ve lógicamente reflejado en la génesis de los suelos. El complejo de suelos denominado San Marcos, por ej. ocupa paleocauces o meandros abandonados del río mencionado. Más al Norte, el complejo Pampayasta se encuentra relacionado a paleocauces muy antiguos, probablemente del mismo río.

Series que integran el mapa esquemático de los principales suelos del área.

SERIES: Oncativo, Ballesteros, Manfredi, Hernando, La Salada, El Candil, San F. de Asís, Ausonia, Villa María, Morrison, Ticino, Cayuqueo, El Sauce, General Paz, la Lagunita, La Playosa y Las Playas.

Unidades pedológicas no taxonómicas.

Suelos de afectación fluvial o fluvio-eólica con procesos de génesis hidrohalomórficas de diversa intensidad.

Estas unidades cartográficas integran Complejos Indeterminados como Pampayasta y Monte Leña.

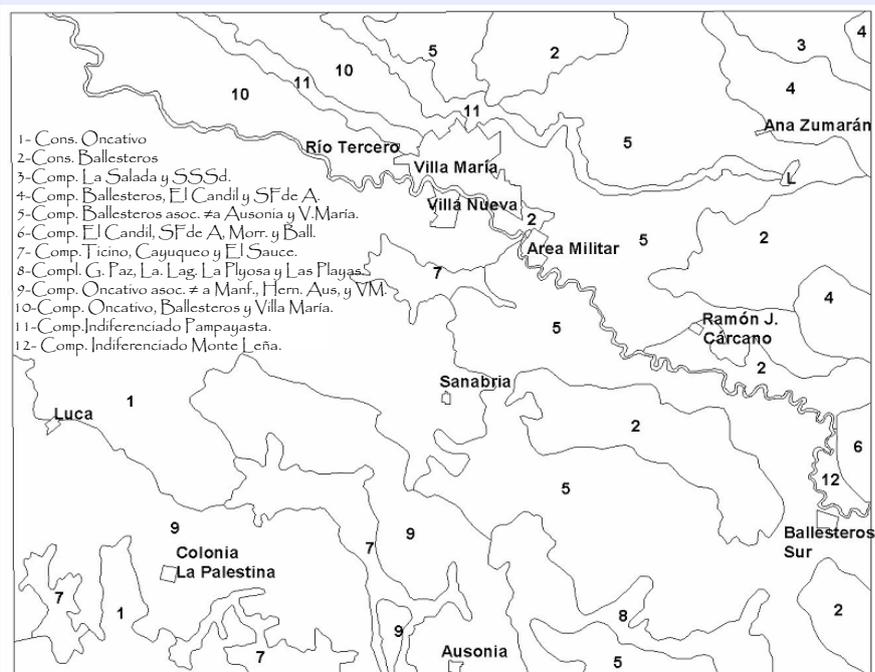


Fig.3. Distribución general de las principales unidades cartográficas de suelos.

ANÁLISIS DE LAS UNIDADES TAXONÓMICAS (Y PEDOLÓGICAS) QUE CONFORMAN LAS DISTINTAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS.

Serie Oncativo (Haplustol éntico)

Es un suelo profundo, de textura franco limosa y sin problemas de drenaje ya que no presenta horizontes con condiciones limitantes. Sin embargo, por sondeos realizados en el área, (Bonadeo et al. 2002) se sabe que existe una capa freática que puede afectar parte del perfil generando fases por salinidad y alcalinidad en profundidad.

Serie Ballesteros (Haplustol údico)

Situado en lomadas o planos altos, es bien drenado. Igual y por las mismas razones que en la Serie Oncativo, existen en esta las fases por salinidad y alcalinidad en profundidad.

A pesar de tratarse de la Serie pura, igual que la Oncativo, presenta problemas de halomorfismo que se evidencian como un manchoneo de los cultivos, y son los casos más favorables para la aplicación de yeso.

Serie La Salada (Natracualf típico)

Es un suelo imperfectamente drenado, desarrollado sobre materiales franco limosos vinculados a áreas de derrame o lacustres fuertemente alcalino sódico desde el segundo horizonte (pH 10) y con moderados tenores de sales solubles desde la superficie.

Presenta evidencias de procesos halomórficos como lo es el horizonte E de estructura laminar. El PSI es elevado desde los horizontes superficiales aumentando en profundidad lo que afecta la permeabilidad y por ende el drenaje natural de la serie. Posee carbonatos a partir de los 9 cm y las sales aun no se han retirado totalmente del perfil, ya que el E (superficial) presenta una CE de 5,5 mS; aunque no se indica el valor de la CE, correspondiente al resto de los horizontes, la saturación total de bases y la presencia de CO_3Ca en estos, permite suponer la presencia de sales solubles en los mismos.

Estas condiciones indican una lixiviación incipiente, debido a un drenaje restringido donde esporádicamente la capa freática aún invade el perfil. Por lo tanto, puede considerarse esta situación como poco favorable para la aplicación de yeso.

Serie El Candil (Natrallbol típico)

Este suelo es imperfectamente drenado desarrollado sobre áreas planas o deprimidas que muestra las evidencias morfológicas de procesos halomórficos como lo son el horizonte E y el Bt columnar. Químicamente, presenta alto PSI desde el E y sales a partir del BC. Los carbonatos se encuentran prácticamente al metro de profundidad. Estas características

corresponden a un perfil en donde las sales se están retirando, quedando aún bastante sodio intercambiable aunque no un pH muy elevado; esto sólo ocurre a partir del Ck, cuya presencia pone de manifiesto que este suelo presenta una lixiviación cuya intensidad se encuentra moderada por efecto de la influencia que el alto PSI ejerce sobre la permeabilidad. Es probable que las sales que aún permanecen en el perfil provengan de oscilaciones de la napa, no necesariamente recientes.

El efecto de la aplicación del yeso en este caso causaría ante todo un aumento de la permeabilidad por su efecto floculante al reemplazar el sodio por Ca intercambiable (diminución del PSI) y disminución del pH en el Bt. Es decir que la aplicación de la enmienda química es factible y su efecto en profundidad dependería de la cantidad aplicada. Conocer la profundidad de la napa y sus oscilaciones es un dato fundamental en este caso.

Serie San Francisco de Asís (Natracualf mólico)

Es un suelo imperfectamente drenado, vinculado a planos levemente deprimidos y también a vías de escurrimiento dentro de dichos planos. La aptitud de estos suelos se ve limitada por la fuerte alcalinidad sódica a partir de los 17cm y presenta salinidad en todos los horizontes ($CE \cong 5 - 6$ mS), salvo el superficial, lo que es un indicio de que existe cierta lixiviación. El carácter mólico del Ap y la ausencia de moteados en el mismo indican también bastante antigüedad del proceso. De igual manera, la estructura semicolumnar que en muchas ocasiones presenta, es también un indicio de que la evolución hacia una desalcalinización está activa. Por efecto del elevado PSI, a partir del segundo horizonte, la permeabilidad se encuentra muy restringida. Sin embargo, la aplicación de un enmienda no debería hacerse sin antes estudiar con más profundidad la situación, observando por ej. las oscilaciones de la capa freática dado el carácter ácuico de la serie.

Serie Ausonia (Natrabol típico)

Esta Serie se encuentra en la etapa de desalinización y desalcalinización; es moderadamente bien drenada y ocupa áreas planas ligeramente deprimidas..

Según los datos analíticos, el horizonte Bt, aún se encuentra alcalino con un elevado valor del PSI, mientras que las sales solubles se encuentran a nivel del horizonte BC, desde los 48 cm. El pH, de 8,8 en el Bt pasa a 9,5 en el horizonte siguiente.

Conocer la profundidad de la capa freática sería muy importante en este caso, ya que ello permitiría deducir si la desalinización es un hecho continuo en el tiempo. De todos modos la ausencia de moteados y estructura semicolumnar del Bt, según la descripción del perfil, es un indicador de que la capa ya no invade el perfil o lo hace por períodos cortos de tiempo, indicando su retirada. Por otro lado, la acidez del horizonte superficial (pH 5,8)

también indica su paso por una etapa salino – alcalina primitiva, que ahora sigue sus etapas clásicas por el resto del perfil.

Es muy probable, aunque no concluyente, que la permeabilidad de los horizontes con elevado PSI no está en este caso tan restringida, dado el bajo porcentaje de arcilla de los mismos.

Considerando entonces por lo antedicho que la capa freática de esta serie se encuentra por debajo del nivel crítico, el enyesado en este suelo tendría un efecto positivo ya que por un lado aumentaría la permeabilidad, sobretodo en el Bt, por la reducción del PSI y floculación y por su efecto sobre el pH de este mismo horizonte que limita el desarrollo de las raíces.

Serie La Mascota (Natracualf típico)

Esta Serie también ocupa áreas levemente deprimidas de bajos alargados y vías de desagüe y su drenaje está restringido.

El horizonte E superficial, que contiene 2,30 % de materia orgánica, está lixiviado ya que no contiene sales ni álcalis; el Bt y el BC, ambos franco arcillo limosos, tienen un PSI de $\cong 15$, lo que indica una fuerte restricción en la permeabilidad. Sólo hay sales presentes en el Ckm, a 76 cm de profundidad, lo que junto a la estructura semicolumnar del Bt pone en evidencia un proceso de solodización avanzado.

La aplicación de yeso en este caso sería favorable puesto que causaría un incremento de la permeabilidad especialmente en Bt y BC. Igual que otros suelos del área este manifiesta un valor bajo de magnesio intercambiable; tomado desde el punto de vista de nutriente, este problema se puede superar con una cantidad relativamente baja de este elemento como fertilizante, aunque esto no sea suficiente para restablecer el equilibrio entre los cationes de intercambio (Ca, Mg y K). Por esta razón, sería recomendable la aplicación de kieserita (SO_4Mg) como enmienda.

Serie Villa Maria (Argialbol típico)

La serie Villa Maria presenta un suelo profundo, moderadamente bien drenado, ubicado en un paisaje con predominio de relieve plano, ligeramente deprimido. No obstante la clasificación asignada, se trata de un Solonetz solodizado, ya que ciertas características morfológicas del perfil, tales como la presencia de un horizonte E en combinación con un límite abrupto y ondulado y estructura semicolumnar del Bt denuncian su origen halomórfico. Consecuencia de ello es que existen unidades cartográficas (Complejos) donde la misma se encuentra como serie pura, mientras que en otras se la encuentra también de esta manera pero a su vez como fase salina y alcalina en profundidad, lo que en realidad es una

etapa primitiva de su génesis. En estos últimos casos, la aplicación de enmiendas es posible ya que la lixiviación es evidente. El horizonte E, de estructura masiva, podría ser un factor a tener en cuenta ya que puede limitar la permeabilidad del perfil.

Serie Morrison (Duracuol árgico)

Es un suelo imperfectamente drenado, desarrollado sobre materiales francos limosos y vinculados a las vías de escurrimientos bien manifiestos o bajos alargados de los planos levemente deprimidos.

La Serie Morrison es un suelo que ha pasado por una etapa salina y luego alcalina de la que queda como testigo el horizonte E. El horizonte superficial es moderadamente ácido y quedan valores de PSI de 5 (E) a 10 (Bt, BC y Ckm).

De acuerdo a su denominación taxonómica, este suelo se encuentra saturado con agua durante períodos importantes; sin embargo los moteados están caracterizados como escasos, finos y débiles; por lo visto, a juzgar por el nivel de los CO_3^- , en este suelo la influencia de la capa freática no llega ya a los horizontes por encima de los 68 cm.

Tanto la saturación en calcio como en magnesio es baja (48,7 y 10,4 respectivamente.) y sería razonable pensar en la aplicación de yeso y kieserita.

Serie Ticino (Natracualf típico)

La serie Ticino es un suelo imperfectamente drenado, desarrollado a partir de sedimentos de textura franco limoso, vinculados a líneas de escurrimiento bien manifiestos y sectores deprimidos anegables.

Presenta fuerte alcalinidad sódica a los 10 cm de la superficie: en el Bt el PSI supera el 50% donde el pH se incrementa y alcanzando valores de 9,5 a los 35 cm de profundidad. Este mismo horizonte está relativamente enriquecido en arcilla, aunque sólo llega a ser franco limoso; su estructura es columnar gruesa con abundantes barnices en la cara de los agregados. No presenta moteados en el E ni en el Ck. La distribución de los CO_3^- guarda relación con los moteados, ya que se encuentran como concreciones en el Bt y BC y como pulverulentos en el Ck. La salinidad aparece en el tercer horizonte, a los 35 cm, pero es de carácter débil.

No obstante su carácter ácuico, la napa freática no invade ya los dos primeros horizontes, que aparecen como libres de sales. Los otros rasgos morfológicos de este perfil, son difíciles de explicar con los datos disponibles.

Para interpretar mejor este perfil, a los fines de aplicar una enmienda sería necesario hacer un control temporal de la napa freática. En este caso debe contemplarse que hay CO_3Ca desde el segundo horizonte, por lo que en lugar de yeso habría que aplicar azufre

elemental en forma subsuperficial. Dada la baja saturación en magnesio, la aplicación de kieserita debe ser también considerada.

Serie Cayuqueo (Natracuol típico)

La serie Cayuqueo ocupa las posiciones cóncavas del relieve que son susceptibles a encharcarse o anegarse. Esta serie parece estar en una etapa de desalinización muy reciente, ya que el horizonte A aparece libre de sales y de moteados; éste posee un PSI de 25 que pasa a 15 en el Bt franco arcillo limoso y luego aumenta intensamente en profundidad. En los siguientes hay sales, aunque no en proporciones muy elevadas. Hay rasgos de hidromorfismo como concreciones de carbonato de calcio y moteados de Fe – Mn. En el BC se encuentran incluso cristales de yeso. La permeabilidad del perfil, con un Bt sódico con 40 % de arcilla debe estar muy restringida.

Este suelo, no obstante su carácter ácuico inducido por el relieve, se encuentra en una etapa muy temprana de desalinización. Un carácter notable es la presencia de yeso en el BC; por lo general, por ser una sal medianamente soluble (2 g l^{-1}) este es eliminado antes que el CO_3Ca que es prácticamente insoluble. Posiblemente exista en este perfil una especie de competencia oscilante entre los aportes de agua superficiales - por su posición en el paisaje - y la capa freática.

Dado el carácter bastante complejo de este perfil, para la aplicación de una enmienda con yeso deberían hacerse estudios más profundos del caso. Puede ser importante también considerar si la superficie que esta serie ocupa en una situación determinada justifica hacerlo.

Serie El Sauce: Albacualf típico

Se encuentra vinculada a sectores deprimidos y vías de escurrimiento bien manifiestas. Este suelo presenta los rasgos típicos de un perfil que pasó por las etapas normales de la génesis hidro - halomórfica. Presenta moteados desde el horizonte E, concreciones calcáreas en el Bt el que a su vez presenta una estructura columnar. Si bien hay carbonatos de calcio presentes desde ese mismo horizonte (dato analítico: 0,8 %), el sodio intercambiable ya ha sido lixiviado hasta valores muy bajos y bajos en todo el perfil. Quedan algunos problemas relacionados a los horizontes Ep y E: la estructura de tendencia masiva, la muy baja proporción de magnesio intercambiable y el nivel de empobrecimiento mineralógico y orgánico de los mismos. El agregado de yeso o carbonato de calcio carece de sentido en este suelo, dada la elevada proporción de calcio intercambiable de todos los horizontes.

Serie General Paz: Natracualf típico

Desarrollado sobre materiales de origen fluvial, ocupa situaciones deprimidas de áreas de derrame y su drenaje es de moderado a imperfecto. Este suelo también ha pasado por las etapas de salinidad y alcalinidad. Presenta un E superficial no demasiado deteriorado, con 3,6% de materia orgánica. Permanece algo elevado el pH (7,6) en superficie, ya que el sodio intercambiable está un poco por encima de los valores normales. Por lo demás, no hay sales presentes hasta los 80 cm y por los datos analíticos se deduce que la capa freática no invade al perfil por encima de ese límite. La profundidad de los carbonatos (80 cm) indica que la lixiviación es un fenómeno positivo y que la aplicación de yeso en este caso sería benéfico por cuanto ayudaría a desalojar el sodio intercambiable, bajando el pH y con beneficios para la permeabilidad; esta puede estar limitada por el Bt que es franco arcillo limoso y con un PSI importante (8 %) que pasa a 20 en el horizonte siguiente.

Serie La Lagunita: Haplustol ácuico

Es un suelo desarrollado sobre materiales loessicos redepositados en un paisaje aluvial, donde ocupa sectores levemente deprimidos, siendo moderadamente bien drenado.

Esta serie no presenta problemas relacionados a salinidad y/o alcalinidad y si bien se lo encuentra asociado a otras series con estas características, no existen fases de la misma.

Sin embargo presenta excesos de humedad, posiblemente por aporte de agua desde ambientes más elevados, lo que se evidencia por la presencia de moteados en los dos primeros horizontes; hay concreciones calcáreas en el último, probablemente como relictos de una capa freática.

En principio, este suelo no debería presentar problemas para los cultivos, pero si hubiera manchoneos, la condición debería ser favorable en relación a la aplicación de yeso. Este caso guarda semejanzas con la serie Ballesteros, que es un Haplustol údico.

Serie La Playosa (Natrustol típico)

La Serie La Playosa es moderadamente bien drenada y ocupa lomas planas o muy suavemente onduladas. Se encuentra en un estado particular de génesis, ya que presenta valores importantes de salinidad a partir del Bt, donde no existe aún alcalinidad; sin embargo, los horizontes Ap y AB están moderadamente acidificados. Es como si los horizontes inferiores estuvieran en la etapa joven de solonización, mientras que en la superficie ya ha concluido una de solodización. No se observa estructura columnar en el Bt, lo que en cierto grado permite suponer que esta parte del perfil no ha completado aún su etapa de desalinización y alcalinización. Este horizonte es franco arcillo limoso y tiene un PSI de 13, por lo que puede ser limitante en lo que respecta a permeabilidad.

En este caso sería muy útil hacer un estudio de la fluctuación de la capa freática, para ver en que medida invade o no al perfil, ya que el horizonte BCz (caracterizado como salino) y el Ck presentan una conductividad eléctrica importante. Dada la acidez de los dos primeros horizontes, ya mencionados, en este caso, en lugar de yeso debería aplicarse CO_3Ca como enmienda, pero de cualquier manera esta situación merece un estudio más profundo, antes de tomar una decisión.

Serie Las Playas (Haplustol udorthéntico)

La Serie Las Playas es un suelo algo excesivamente drenado, que no debería presentar el fenómeno de manchoneo. No obstante, en las zonas que limitan con los otros componentes de la unidad, es probable que aparezca algún problema. Presenta baja saturación con Ca en el horizonte Ap.

NOTA:

Si se observa el cuadro de datos analíticos N° 1, surge, como ya se mencionó en la descripción de las series, que muchas de éstas son pobres en magnesio, al menos en el primer horizonte, donde suele tener valores de concentración menores al potasio. Esto da lugar a considerar si el agregado de magnesio en forma masiva como kieserita (SO_4Mg) (en el orden de toneladas/ha) para mejorar la relación calcio – magnesio – potasio del suelo desde el punto de vista biológico, también tendría un efecto benéfico sobre la estabilidad estructural del suelo y sobre otras condiciones físicas, dada la acción floculante del magnesio.

ANÁLISIS DE LAS UNIDADES CARTOGRAFICAS

Analizadas cada una de las series que componen el mapa generalizado de la Hoja Villa María, se registrarán a continuación las unidades cartográficas que las contienen.

1.-Consociación Oncativo (Ot)

Es la unidad cartográfica de mayor superficie en la Carta. Si bien la Serie ha sido cartografiada como Consociación, se sabe que en muchos sectores de la misma se presenta el fenómeno de manchoneo de los cultivos, debido a la presencia de alcalinidad cercana a la superficie. Aunque se la califique de bien drenada, esta Serie, debido a la escasa pendiente del área – 0,5 % - presenta una napa que oscila en los 2 m y que en forma discontinua, como ya se explicó anteriormente, afecta al perfil. Las condiciones para la aplicación de yeso son en general favorables en este caso.

2.-Consociación Ballesteros (Ba):

Formado por la Serie homónima, está descrita como profunda y bien drenada y ocupa una superficie importante de la carta. Si bien es una serie que se encuentra en condiciones zonales de acuerdo a la descripción de la Carta, como el área está formada por lomas planas extendidas, con una pendiente que no supera por lo general el 0,5 % y unido a la observación interpretativa de las fotocartas, se deduce que el manchoneo, igual que en la serie Oncativo, está presente en esta unidad, pudiendo estar excluidos sólo los sectores más elevados del paisaje.

Esta unidad cartográfica resulta favorable para la aplicación de yeso en los sectores con manchoneo. Hacia los límites con unidades menos favorables, deben hacerse observaciones a los fines de hacer ajustes de límites y de dosis.

3.-Complejo de Series La Salada y suelos salinos sódicos degradados. (LSd)

En este caso, donde existen dos unidades pedológicas fuertemente alcalinas; la información que brinda la Carta es insuficiente para tomar determinaciones en lo que respecta a la aplicación de enmiendas. Sin embargo, la observación de las fotocartas en versión electrónica, permite hacer una buena preselección de los lugares a tratar, esto es, separar las situaciones de mayor afectación salino – alcalina de aquellas que lo son menos y donde la posibilidad de tratamiento es más favorable. Datos sobre la profundidad de la capa freática y precisiones sobre el contenido de sales y material calcáreo diseminado en la masa serían también necesarios.

4.-Complejo de Series Ballesteros en fase moderadamente bien drenada, El Candil y San Francisco de Asis (Ba3).

Área bastante extensa. Como se puede ver, la mayor superficie la ocupa la serie Ballesteros de condiciones relativamente favorables para la aplicación de yeso. De las dos restantes, El Candil ofrece condiciones intermedias, ya que el perfil muestra un suelo en la etapa de desalinización – dealcalinización, cuyas evidencias son la presencia del un horizonte E al que sigue un Bt de estructura columnar fuerte. Las sales se encuentran en retirada a 52 cm de profundidad y los carbonatos están a los 97 cm, donde el pH llega a 9,9. Permanece importante el PSI desde el horizonte E.

La otra Serie, S. Francisco de Asís, es un suelo que se encuentra en el inicio de la etapa de desalinización. Sólo el horizonte Ap es mediana a débilmente ácido, siendo los restantes muy fuertemente alcalinos y medianamente salinos desde el segundo horizonte.. Para la aplicación de yeso, su problema más agudo puede ser su drenaje imperfecto, ya que se trata de un Subgrupo ácuico.

5.-Complejos de la Serie Ballesteros fase moderadamente bien drenada, Villa María y Ausonia. (Ba 11)

El área que ocupa esta unidad es importante. En este caso, para la serie Ballesteros vale lo dicho para la unidad anterior (4); la Serie Villa María no presenta mayores inconvenientes, salvo la restricción de la permeabilidad que puede ocasionar el horizonte E masivo. En cuanto a Ausonia, la situación es más compleja y sería importante hacer un control de las oscilaciones de la capa freática.

6.-Consociación de Series El Candil, San Francisco de Asis, Morrison y Ballesteros. (ECd5)

Las Series Ballesteros, El Candil y San Francisco de Asís ya han sido consideradas anteriormente. En cuanto a la serie Morrison, un suelo de régimen ácuico sin salinidad ni alcalinidad, no es una situación para la aplicación de yeso. Sólo podría considerarse, en base a la baja saturación en calcio del horizonte A, la aplicación de un encalado (CO_3Ca), a los fines de lograr una mejora del estado estructural del mismo, descrito como de bloques subangulares débiles y masivo.

7.-Complejo de series Ticino, Cayuqueo, El Sauce y suelos moderadamente bien drenados con alcalinidad subsuperficial.(Tc2)

Todos los suelos clasificados de esta unidad cartográfica son de régimen ácuico, dada la posición que ocupan en el paisaje; sin embargo, por la observación de los perfiles presentan

procesos de lixiviación positivos aunque poco intensos, por lo que no se puede excluir en forma absoluta la aplicación de yeso con excepción de El Sauce que presenta carbonatos a partir de los 29cm. Igual que para el resto de los suelos que integran la unidad, el uso de enmiendas debe estar precedido de observaciones más precisas.

8.-Complejo de Series Gral. Paz, La Lagunita, La Playosa y Las Playas. (GPz2)

Los suelos correspondientes a Gral. Paz y La Playosa están formados por perfiles un tanto complejos ya que el primero tiene régimen ácuico y el segundo tiene sales desde los 32 cm de profundidad y su tratamiento merece un estudio preliminar.

En lo que respecta a las series La Lagunita y Las Playas, según las respectivas descripciones, no deberían presentar manchoneo de cultivos, aunque como ya se sabe, este puede aparecer aún en series definidas como suelos zonales. No obstante, en las zonas que limitan con los otros componentes de la unidad, es probable que aparezca algún problema.

9.-Complejo de series Oncativo, Ballesteros y Villa María.

Como ya fue discutido en unidades cartográficas anteriores, estas series no presentarían mayores dificultades para la aplicación de yeso en las situaciones con manchoneo, el cual, como ya se dijo, aparece también en las Consociaciones de estas mismas series.

10 y 12.- Complejo Indiferenciado Pampayasta de suelos fluviales y fluvio-eólicos asociados a suelos salinos y sódicos y Complejo Indiferenciado San Marcos.

Son suelos que presentan rápidas variantes en el espacio, razón por la cual no se describen los perfiles que los componen y consecuentemente tampoco son clasificados. Se los agrupa como una unidad pedológica no taxonómica y se los caracteriza por algunos pocos rasgos sobresalientes.

CONCLUSIONES

Las Cartas de Suelos de la República Argentina, elaboradas por el INTA desde la década del 70, contienen información de naturaleza más bien estática, como lo es la morfología, características químicas y fisicoquímicas, clasificación, distribución y tipos de unidades cartográficas más las condiciones de drenaje, asociadas a las unidades geomorfológicas y a las condiciones internas de cada perfil de suelos. A pesar de que las citadas publicaciones no contienen datos relacionados a la génesis de los suelos que las componen, al ser estos sistemas naturales cuyo desarrollo se encontró y encuentra bajo la influencia de cinco factores básicos de formación – material parental, clima, biota, relieve y tiempo –, cuyas características nos son conocidas, es factible realizar una interpretación de la evolución de cada suelo a considerar y su más posible reacción ante una intervención antrópica, en este caso la aplicación de una enmienda química, a los fines de mejorar sus condiciones con relación a su uso agrícola – ganadero.

Trabajos de investigación realizados en el área de Villa María, situada en la parte central de la Pampa Plana Cordobesa, donde el manchoneo de los cultivos, ocasionado por condiciones de fuerte alcalinidad subsuperficial de los suelos, está ampliamente difundido, han demostrado que efectivamente, la posibilidad de aplicación de enmiendas químicas, yeso en este caso particular, puede ser diagnosticada en un alto grado sin recurrir a otra información distinta a las otorgadas por las Cartas de Suelo, no obstante a que en ciertas ocasiones se tenga que recurrir al apoyo de trabajos de campo y laboratorio.

Esto significa también que las Cartas de Suelo – a menudo subutilizadas – al ser debidamente interpretadas, significan un gran avance cuando se necesitan tomar decisiones sobre una situación o área determinada, puesto que eliminan una importante cantidad de trabajos previos al otorgar a técnico actuante un cúmulo de conocimientos cuya obtención tiene un alto costo en tiempo y dinero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONADEO, E.; MORENO, I.; HAMPP, E. y A. SORONDO. 2001. Factores del suelo que regulan la productividad de la alfalfa en áreas con manchoneo. XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Cuba.
- BONADEO, E.; MORENO, I.; ODORIZZI, A., HAMPP, E., SORONDO, A. y M. BONGIOVANI. 2002. Relación entre propiedades físico-químicas del suelo y raíces de alfalfa. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn. Chubut.
- BONADEO, E.; I. MORENO; D. URBANI; M. IRASTORZA y E. HAMPP. 2008. Efecto del agregado de yeso sobre la velocidad de infiltración de un suelo manchoneado. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes. San Luis. Argentina.
- BONADEO, E.; I. MORENO; M. IRASTORZA y E. HAMPP. 2008. Efecto del agregado de yeso sobre el pH y la conductividad eléctrica de un suelo manchoneado. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes. San Luis. Argentina.
- CABRERA ÁL (1971) Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14: 1-42.
- DE LEÓN, L.; A. CANTERO y E. HAMPP. 1978. Paisajes geoquímicos en el Sur del Departamento Río Cuarto. Octava Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Bs. As. Argentina.
- GAUCHER, G. 1971. El suelo y sus características agronómicas. Ed. Omega. Barcelona.
- HAMPP, E.; BONADEO, E.; M. BONGIOVANNI; y MORENO, I. 2004. Aspectos genéticos de suelos con manchoneo de cultivos. XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Cartagena. Colombia.
- INTA. 1987. Carta de los suelos de la República Argentina. Hoja 3363-9 Villa María. Plan Mapa de Suelos. Córdoba – Argentina.
- IRASTORZA, M. 2008. Dinámica de sales ante el agregado de yeso en suelos con horizontes salinos subsuperficiales. Tesis Final de Grado. Ingeniería Agronómica. UNVM. Villa María. Argentina.
- Los Suelos.2006. Agencia Córdoba Ambiente. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. INTA EEA Manfredi. Córdoba.

- MORENO, I; E.BONADEO; E. HAMPP y J.P. NAZARIO. 2008. Cambios químicos producidos por el agregado de yeso en un suelo salino sódico.. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes. San Luis. Argentina.
- PARODI, L.R. (1964). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Vol. 2. Parte I. Editorial Acme. Buenos Aires.
- RAGONESE, A. Vegetación y ganadería en la Rca. Argentina. Buenos Aires: INTA, 1967.
- RENGASAMY, P. 1997. Sodic Soils. *In* Methods for assessment of soil degradation. Editet by R. Lal et. al. CRC Press LLC. Pp. 265 – 277.
- RIECKEN, F.F. 1965. Present Soil - Forming Factors and Processes in Temperate Regions. Soil Science. 99(1): 58 – 64, January 1965.
- SZABOLCS, I. 1981. Landscape Geochemisty of Soil Salinization and Alkalinization. Poceed. of the Hungaro – Indian Seminar of Salt Affected Soils. I. Szabolcs – Editor IN CHIEF.
- THORP, J. & G.D. SMITH. 1949. Higher categories of soil classification: Order, Suborder and Great Soil Groups. Soil Sci. 67:117-126.
- VARALLYAY, G. 1981. Extreme moisture regime as the main limiting factor of the fertility of salt affected soils. Agrokemia es Talajtan. Tomo 30. Supplementum, 74 – 96.