

# NIVELES DE DISPONIBILIDAD Y RESERVAS DE POTASIO EN ARGENTINA

Moscatelli, Gustavo<sup>1</sup>; Luters, I.A<sup>1</sup>. y Gómez, L.A.<sup>1</sup>  
INTA CIRN; INSTITUTO DE SUELOS, 1712 Castelar  
mosca@cirn.inttt.gov.ar

## RESUMEN

*El potasio es un constituyente abundante y vastamente distribuido en las rocas superficiales de la tierra; se calcula que representa, en peso, un 2,6% de la corteza terrestre. La mayor parte del potasio en las fracciones arena y limo de los suelos se halla en los minerales clasificados como feldspatos y micas y, entre ellos, los más importantes son los feldspatos ortoclasa y microclino y las micas biotita y muscovita. La illita, es el principal mineral portador de potasio en la fracción arcilla de los suelos.*

*Los suelos pampeanos se han desarrollado sobre materiales 10ésicos. El loess pampeano es un sedimento eólico, de color castaño, no consolidado, compuesto prevalentemente por partículas de tamaño limo, con fracciones subordinadas de arcilla y arena y rico en partículas de vidrio volcánico. Los sedimentos originarios de los suelos pampeanos contienen diversos componentes ricos en potasio (ortoelasa, 14 %; microclino, 14 %; illita 6 %; biotita 16 %; Y muscovita 11 %).*

*El contenido de potasio total en cuatro series representativas de la Subregión de la Pampa Ondulada fue estudiado por Scoppa (1974). Los resultados promedio para cada uno de estos perfiles son los siguientes: Serie Ramallo: 1,86 % de potasio total; Serie Rojas: 1,96 %; Seguí: 1,93 % Y Navarro: 1,74 %. Con los valores de los horizontes superiores de las cuatro series mencionadas se calcularon los pertinentes valores de potasio en kg/ha. Serie Ramallo: 59.000 kg/ha; Rojas: 63.000 kg/ha; Seguí: 65.000 kg/ha; y Navarro: 54.000 kg/ha. (Recordemos que la extracción promedio por cosecha es de 70 kg/ha.).*

*La riqueza en potasio, tanto intercambiable como no intercambiable, es sustancial, pues los cultivos no sólo asimilan potasio intercambiable sino que absorben potasio no intercambiable en importantes proporciones, sobre todo durante los lapsos más avanzados del período vegetativo. A los efectos de proporcionar valores que, en una primera aproximación, establecen «stocks» de potasio disponibles en las distintas regiones del país, fueron procesados los resultados analíticos correspondientes a los horizontes superiores de 4.981 calicatas correspondientes, tanto a la región Pampeana (relevamientos a escala semidetallada), como al Atlas de Suelos (relevamientos a escala de reconocimiento).*

*Para calificar el contenido de potasio se utilizaron las siguientes categorías, medidas en miliequivalentes cada 100 gramos de suelo, según la siguiente tabla:*

<i>Muy alto</i> .....	> 1.2
<i>Alto</i> .....	0.6-1.2
<i>Medio</i> .....	0.3-0.6
<i>Bajo</i> .....	0.1-0.3
<i>Muy bajo</i> .....	<0.1

*Del análisis de los resultados analíticos surge la siguiente agrupación:*

**Muy Alto** = Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Chaco, Formosa, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Santa Fe, Tucumán e Islas Malvinas.

**Alto** = Entre Ríos, Neuquén, San Luis.

**Medio** = Chubut, Jujuy, Misiones, Salta, San Juan y Santa Cruz.

**Muy Bajo:** = Corrientes.

*Existe un importante yacimiento en el sur de la provincia de Mendoza y norte de la provincia de Neuquén («Recursos Minerales...», 1999). Abarca un área de aproximadamente 4.000 .kni. Su extensión la presenta como la más importante de Latinoamérica y una de las más extensas del mundo. Las reservas geológicas del yacimiento alcanzan los 2.000 millones de toneladas.*

## LEVELS OF AVAILABILITY AND RESERVES OF POTASSIUM IN ARGENTINA

*Potassium is an abundant and vast distributed component of the superficial rocks of the Earth. It has been calculated that it represents, in weight, 2.6% of the Earth's crust.*

*The soils of the Pampean Region-the area of the most important agricultural production in the country-have evolved on /oessic materia/s. The main component of these deposits are: crystal fragments, fragments of volcanic glass, lithic fragments, components of organic origin, matrix, and epigenic components ( materials formed after the depositions of the sediment).*

*Among the crystals, p/agioclases are dominant. Next in importance are potassium feldspars (orthoclase in the major part, and microcline), whose proportions fluctuate between 5 and 10 % of the light mineral fraction. The heavy minerals occupy small proportions. Among their components, rich in potassium, mica predominates: muscovite and biotite.*

*The matrix is general y abundant and is constituted mainly of clay. The dominant type of clay in these sediments is illite-which is rich in potassium-, accompanied by smaller amounts of smectites and kaolinite.*

*The original sediments of the pampean soils present, thus, diverse components which are rich in potassium: orthoclase which contains 14%; microcline, 14%; illite, 6%; biotite, 16%, and muscovite, 11 %.*

*The analyses of the total potassium content in four representatives Series of the Undulate Pampa Subregion, provided the following average results: Ramallo Series: 1.86% of total potassium; Rojas Series: 1.96%; Seguí Series: 1.93% and Navarro Series: 1.74%.*

*These are in comparison with values prevalent in different parts of the world, and with the ones predominant, for example, in the United States, definitely high amounts.*

*The abundance of potassium, both exchangeable and not-exchangeable, is substantial because the crops not only assimilate exchangeable potassium but they absorb also not-exchangeable potassium in important percentage, especially during the more advanced stage of the vegetative period.*

*With the objective of providing values which, in a first approximation can inform about the amount of available potassium in the different regions of the country, results were processed of the analyses corresponding to the top soil in 4981 pits carried out all over the country. From the study of these results the following groups could be established: Provinces with a main tenor of Very High values:*

*Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Chaco, Formosa, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Santa Fé, Tucumán, Islas Malvinas; with a predominantly High tenor: Entre Ríos, Neuquén and San Luis; Medium: Chubut, Jujuy, Misiones, Salta, San Juan and Santa Cruz; Low: there is no province with a prevalently low tenor; and Very Low: Corrientes.*

*Studies carried out with respect to the evolution of available potassium in areas of intensive agriculture indicate a decrease related to a growing production with the employment of high yield varieties.*

*It is estimated that far years from now a systematic fertilization with potassium will be necessary.*

*With reference to the existence of exploitable deposits in our country we must mention that there is an important deposit in the south of the province of Mendoza and in the north of the province of Neuquén. Its expansion determines that it is the most important of Latin America and one of the most extended in the world. The geological reserves of the deposits reach 2000 million tons.*

## **Potasio en la corteza terrestre**

El potasio es un constituyente abundante y vastamente distribuido en las rocas superficiales de la tierra; se calcula que representa, en peso, un 2,6% de la corteza terrestre.

La mayor parte del potasio en las fracciones arena y limo de los suelos se halla en los minerales clasificados como feldespatos y micas y, entre ellos, los más importantes son los feldespatos ortoclasa y microclino y las micas biotita y muscovita.

La illita, es el principal mineral portador de potasio en la fracción arcilla de los suelos. Como dato ilustrativo de la íntima afinidad y relación entre la illita y el potasio cabe indicar aquí que la formación de illita - por alteración de otros minerales en los sedimentos del fondo de los océanos - explica el bajo contenido de potasio en las aguas oceánicas en comparación con el de sodio.

## **Potasio en las rocas de la Argentina**

Las rocas que constituyen el material original de los suelos, pueden separarse, en forma general en Consolidadas y No Consolidadas.

Son Consolidadas aquellas que constituyen rocas aflorantes, con escasa o nula cobertura de materiales sueltos. Forman la mayor parte de las regiones montañosas del sudoeste, oeste y noroeste del país. Están representadas también, aunque con menor extensión, en la provincia de Misiones.

Estas rocas, tal como su estudio a microscopio, están formadas por minerales con altos contenido de potasio.

Las rocas No Consolidadas han sido transportadas por acciones eólicas y fluviales y alcanzan una cobertura mucho mayor que la de las Consolidadas, pues en parte cubren a éstas y además rellenan los valles que separan los grandes cuerpos montañosos.

En el caso particular de los sedimentos que han sufrido mucho retrabajo por transporte, tales como arenas eólicas o de costas marinas y fluviales, están formadas en general por granos de cuarzo, siendo bajo el porcentaje de granos ricos en feldespatos.

Una parte importante de las rocas Consolidadas han sido desagregadas por la acción de agentes físicos y químicos luego de su ascenso, en tiempos geológicos pasados. Posteriormente esos fragmentos fueron retrabajados por acciones glaciafluviales y finalmente transportados por vientos del oeste y sudoeste, sepultando luego de su deposición, el relieve antiguo de la gran llanura Chacopampeana. En el extremo noreste de la misma, importantes acciones fluviales modificaron estos sedimentos.

La combinación de materiales friables, con un relieve esencialmente llano y un clima húmedo, templado a cálido, proporcionan a la llanura Chacopampeana características agronómicas favorables que ameritan que se la describa en forma separada.

## **Potasio en la Llanura Chacopampeana**

Los suelos pampeanos se han desarrollado sobre materiales loésicos.

El loess pampeano es un sedimento eólico, de color castaño, no consolidado, compuesto prevalentemente por partículas de tamaño limo, con fracciones subordinadas de arcilla y arena y rico en partículas de vidrio volcánico (Moscatelli, 1991).

Los componentes principales de estos depósitos (según González Bonorino, 1962) corresponden a seis grupos de materiales: 1. cristaloclastos; 2. vitroclastos; 3. fragmentos líticos; 4. componentes de origen orgánico; 5. máxix; y 6. componentes epigénicos (materiales formados después de la deposición del sedimento).

Entre los cristaloclastos predominan las plagioclasas (aluminosilicatos calcosódicos). Les siguen en importancia los feldespatos potásicos (ortoclasa en su mayor parte y microclino), cuyas proporciones oscilan en torno de los 5 a 10 % de la fracción liviana. Los minerales pesados ocupan proporciones reducidas. Entre sus componentes ricos en potasio se destacan las micas: muscovita y biotita.

La mátrix generalmente es abundante y de naturaleza predominantemente arcillosa y, según González Bonorino {op.cit.}, la mayor parte de esa fracción es original de estos sedimentos, sufriendo redistribuciones como consecuencia de procesos edafogénicos y diagenéticos. El tipo de arcilla dominante en estos sedimentos es la illita - rica en potasio - a la que acompañan en cantidades significativamente menores esmectitas y caolinita.

Los sedimentos originarios de los suelos pampeanos contienen entonces diversos componentes ricos en potasio (ortoclasa, 14 %; microclino, 14 %; illita 6 %; biotita 16 %; y muscovita 11 %.

El contenido de potasio total en cuatro series representativas de la Subregión de la Pampa Ondulada fue estudiado por Scoppa (1974). Los resultados promedio para cada uno de estos perfiles son los siguientes: Serie Ramallo: 1,86 % de potasio total; Serie Rojas: 1,96 %; Seguí: 1,93 % y Navarro: 1,74 %.

Se trata, en comparación con los valores predominantes a escala mundial y con los prevalentes, por ejemplo en los EEUU, de valores netamente elevados.

Con los valores de los horizontes superiores de las cuatro series mencionadas se calcularon los pertinentes valores de potasio en kg/ha. Serie Ramallo: 59.000 kg/ha; Rojas: 63.000 kg/ha; Seguí: 65.000 kg/ha; y Navarro: 54.000 kg/ha. (Recordemos que la extracción promedio por cosecha es de 70 kg/ha.).

La riqueza en potasio, tanto intercambiable como no intercambiable, es sustancial, pues los cultivos no sólo asimilan potasio intercambiable sino que absorben potasio no intercambiable en importantes proporciones, sobre todo durante los lapsos más avanzados del período vegetativo.

Si bien tradicionalmente los sedimentos loésicos fueron considerados muy homogéneos en su distribución diversos escritos de fechas más recientes han puesto en discusión la mencionada homogeneidad

Tricart (1968) puso de relieve el aporte de material proveniente de las Sierras Septentrionales y Australes de la Provincia de Buenos Aires en los depósitos del centro y centro-sur de la provincia en cuestión.

En otro caso, Morrás (2000) hace referencia al aporte de componentes originados en las Sierras Pampeanas y - aportados por los ríos Paraná y Uruguay - del escudo brasileño.

## **Valores de contenidos de potasio en las provincias Argentinas**

A los efectos de proporcionar valores que, en una primera aproximación, establecen «stocks» de potasio disponibles en las distintas regiones del país, fueron procesados los resultados analíticos correspondientes a los horizontes superiores de 4.981 calicatas correspondientes, tanto a la región Pampeana (relevamientos a escala semidetallada), como al Atlas de Suelos (relevamientos a escala de reconocimiento).

Para calificar su contenido se utilizaron los criterios propuestos por el Ministerio de Agricultura de Holanda (ILACO 1981), que establece categorías en función del contenido de potasio, medido en miliequivalentes cada 100 gramos de suelo, según la siguiente tabla:

Muy alto .....	> 1.2
Alto .....	0.6-1.2
Medio .....	0.3-0.6
Bajo .....	0.1-0.3
Muy bajo .....	<0.1

Del análisis de los resultados analíticos surge la siguiente agrupación:

Con un tenor Muy Alto = Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Chaco, Formosa, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Santa Fe, Tucumán e Islas Malvinas.

Alto = Entre Ríos, Neuquén, San Luis.

Medio = Chubut, Jujuy, Misiones, Salta, San Juan y Santa Cruz.

Muy Bajo: = Corrientes.

El hecho de que estos valores correspondan a Provincias por separado, sugiere que debe realizarse una segunda etapa de análisis de datos en la que se puedan diferenciar regiones naturales, para disponer de información más ajustada.

### **Reservas de Potasio en yacimientos de la Argentina**

Existe un importante yacimiento en el sur de la provincia de Mendoza y norte de la provincia de Neuquén («Recursos Minerales...», 1999).

Se trata de una acumulación de elementos principalmente evaporíticos y elásticos o carbonáticos en condiciones hipersalinas

Abarca un área de aproximadamente 4.000 Km<sup>2</sup>. Su extensión la presenta como la más importante de Latinoamérica y una de las más extensas del mundo.

Las reservas geológicas del yacimiento alcanzan los 2.000 millones de toneladas.

### **Conclusiones**

1. El material sedimentario que cubrió la mayor parte de las zonas agro pecuarias del país, el loess, es muy rico en potasio, en sus formas no intercambiable e intercambiable.
2. En general, el potasio de estos sedimentos aún puede ser absorbido por los cultivos en cantidades suficientes.
3. Es probable que las primeras entregas de fertilizantes sean absorbidas, superando la capacidad de intercambio de las raíces, por arcillas y micas empobrecidas en potasio luego de decenas de años de aprovechamiento agrícola.
4. Estudios realizados respecto a la evolución del potasio disponible en áreas de agricultura intensiva, (Conti, comunicación personal, 2001), indican una disminución vinculada a una creciente producción con utilización de variedades de alto rendimiento. Se estima que en el término de un lustro será necesaria u a fertilización potásica sistemática.

## BIBLIOGRAFIA

- Amberger, A. 1988. «Pflanzenernährung». UTB. ULMER. Stuttgart, Alemania.
- Black, C.A. 1975. «Relaciones Suelo-Planta» Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- Conti, Marta E. 2001. Catedra de Edafología de la Facultad de Agronomía de la UBA. Comunicación personal.
- Cruzate, G. 2001. «Caracterización y Cartografía de los Materiales Parentales de los Suelos del Centro de la Región Pampeana mediante el Procesamiento Geoestadístico de Parámetros Químicos y Físicos» Tesis de Mag. SC. En Ciencias del Suelo. FAUBA. Buenos Aires.
- González Bonorino, F. 1962. «Arcillas de los suelos de la pampa». 2da. Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Mendoza.
- Hundal, L. Y Pasricha, N. 1993. «Non-exchangeable potassium release kinetics in illitic soil profiles». Soil Sci. 156:34-41.
- ILACO. 1981. «Agricultural Compendium for Rural Development» (International Land Development Consultants.) Ministerio de Agricultura y Pesca. Elsevier, La Haya, Holanda.
- Luters, JA 1982. «Edafogénesis de la climosecuencia existente entre el sureste de la provincia de La Pampa y el litoral Atlántico». Tesis de Mag. Sc. en Ciencias del Suelo. UN Sur. Bahía Blanca.
- Meyer, D. y Jungle, A. 1993. «A new approach to quantify the utilization of non - exchangeable Soil, 149:235-243.
- Morrás, H. 1999. «Geochemical differentiation of Quaternary sediments from the Pampean region based on soil phosphorus contents as detected in the early 20th century». Quaternary International 62:57-67. Elsevier Science and INQUA.
- Moscatelli, G. 1991. «Los suelos de la Región Pampeana». En: Barsky, O. (Edit.): El Desarrollo Agropecuario Pampeano. INDEC - INTA - IICA. Buenos Aires.
- «Recursos Minerales de la República Argentina». 1999. Volumen 11, Anales Nro 35; Instituto de Geología y Recursos Minerales. Buenos Aires.
- «Resultados de los análisis físico-químicos de las calicatas realizadas para el Atlas de Suelos de la República Argentina. Varias fechas. Escalas 1 :500.000 y 1 :1.000.000". Material no publicado. Guardado en los archivos del Instituto de Suelos del INTA -Castelar.
- Scoppa, c.a. 1974. «The pedogenesis of a sequence of Mollisols in the Undulating Pampa (Argentina)». Tesis doctoral. Universidad de Gante. Bélgica.
- Tricart, J.L.F. 1968. «La Geomorfología de la Pampa Deprimida como Base para los estudios edafológicos y agronómicos» Plan Mapa de Suelos de la Región-Pampeana. Publ. Interna, INTA. Buenos Aires,
- Zubillaga, María de las Mercedes. 1996. «Dinámica de la Liberación de Potasio, importancia de fracciones texturales y mineralógicas de diferentes Ordenes de Suelos». Tesis de Mag. Sc. Ciencia del Suelo. Fac. de Agronomía, Buenos Aires.



# DISPONIBILIDAD DE POTASIO. ASPECTOS RELACIONADOS A LA DINÁMICA DE LIBERACIÓN Y RENOVACIÓN DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO

Marta Elvira Conti

Ctedra de Edafología - Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires  
conti@mail-agri.uba.aro

## RESUMEN

*En condiciones naturales, los procesos pedogenéticos de clima y vegetación, actúan sobre los minerales presentes produciendo en mayor o menor medida la disponibilidad de potasio en el suelo. De esta manera, su contenido está estrechamente relacionado con el tipo de material parental ya su pedogénesis. Las investigaciones demostraron que el sistema agrícola no tiene otra vía de ingreso natural para el balance de potasio que la reposición proveniente de la liberación de los minerales primarios y secundarios, siendo preponderante la participación de la fracción arcilla. Los minerales arcillosos son la fuente principal de potasio en el suelo.*

*La disponibilidad de potasio está relacionada a la facilidad que las plantas pueden obtenerlo y eso significa que debe estar disuelto como ión potasio ( $K^+$ ) en la solución del suelo. Esa es la única forma con la que es absorbido por la planta.*

*El potasio de la solución de suelo está inmediatamente disponible por las plantas, pero las cantidades presentes allí son muy pequeñas. Apenas una mínima porción del potasio total del suelo se encuentra en esta forma. Las plantas en crecimiento, rápidamente extraen el potasio de la solución del suelo, pero a medida que es absorbido y extraído, su concentración es renovada y restituida inmediatamente por la cesión de formas menos accesibles ubicadas en las zonas de adsorción de los coloides minerales y orgánicos del suelo, potasio intercambiable. El proceso de adsorción-desorción es el que repone y equilibra la concentración de potasio de la solución del suelo. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), específicamente el K-intercambiable es el que regula y mantiene la concentración de K en solución.*

*Esta forma es la llave principal de la dinámica del potasio en el suelo. A medida que la concentración del potasio de la solución descende, el potasio adsorbido es liberado a la solución del suelo. A la inversa, si la concentración de potasio de la solución del suelo aumenta por la aplicación de fertilizantes potásicos, parte de éste dejará la solución y se unirá electrostáticamente al material coloidal de la fase sólida. Existe un equili-*



brío entre los dos tipos de este elemento que puede ser representado por la siguiente ecuación.

*El potasio de la solución más el intercambiable, es comúnmente denominado potasio «disponible» y medido en los análisis convencionales para evaluar la fertilidad del suelo.*

*Existen otras formas de potasio que están fuertemente unidas a la fase sólida mineral, las cuales se denominan «potasio fijado» y «potasio estructural». Ambas constituyen el potasio de reserva o de reposición de los suelos. El potasio fijado es el que se ubica en el espacio de las láminas de silicio y el potasio estructural que es el que está químicamente combinado con los elementos en la estructura de los minerales del suelo. Ambas formas son denominadas K no-intercambiable.*

*La cantidad de potasio en la solución del suelo es siempre baja y el potasio intercambiable, mucho más abundante, restablece rápidamente la concentración en la solución. El potasio no intercambiable, fundamentalmente el fijado, es la fracción que regula el abastecimiento al potasio disponible del sistema en períodos de alta demanda. El suministro a la planta durante un período determinado dependerá de la cantidad de potasio de cada fuente y de la velocidad con que se establece la reposición y el equilibrio entre las formas.*

*La velocidad a la cual el potasio se vuelve disponible para las raíces es afectada por la cantidad de intercambiable, no intercambiable y por la velocidad de movimiento del potasio a través del suelo. A medida que la raíz absorbe potasio, el intercambiable próximo a las raíces disminuirá ó se agotará. Al disminuir la concentración de potasio intercambiable, éste se moverá desde zonas más enriquecidas y distantes de la raíz hasta restablecer nuevamente el equilibrio. La velocidad con que se moviliza o difunde el potasio, dependerá de los materiales constituyentes del suelo y las condiciones ambientales, siendo más alta en suelos húmedos.*

*La reserva de potasio intercambiable y no-intercambiable depende fundamentalmente de la cantidad y calidad de arcillas presentes en el suelo. La fuerza de retención varía con el tipo de arcilla y la posición del ión en la misma.*

*Cuando el K intercambiable ha disminuido hasta un mínimo (potasio intercambiable mínimo), el abastecimiento de la solución del suelo se produce por el K de las interláminas de las arcillas (potasio fijado). La principal fuente natural de reposición ante las intensivas extracciones realizadas por los cultivos, es el potasio fijado, contribuyendo significativamente a la nutrición potásica cuando la forma intercambiable es insuficiente, pero con mucha menor velocidad de pasaje a la solución del suelo.*

*Una agricultura intensiva requiere una gran velocidad de reposición de potasio a la solución del suelo y ello está ligado solo a grandes cantidades de potasio intercambiable. Los aportes de potasio por fertilizante son necesarios para reponer potasio en estas posiciones, en especial en aquellos suelos en agricultura continua, con baja saturación y baja regulación potásica.*

*El agregado de fertilizante se ve afectado por la cantidad, naturaleza y saturación potásica de las arcillas, que provocan una redistribución del potasio agregado en las formas intercambiables y fijadas. De esta manera, trae cambios en la dinámica del potasio favoreciendo el proceso de liberación de potasio a la solución del suelo por aumento del K intercambiable y K fijado.*

## POTASSIUM AVAILABILITY. DYNAMICS OF RELEASE AND REPLACEMENT OF THE SOIL SOLUTION

*The potassium availability is related to the facility which the plants can obtain it and that means that it should be dissolved as ion potassium ( $K^+$ ) in the soil solution. The soil potassium solution is immediately available for the plants, but the present quantities are very small. A minimum portion of the total potassium of the soil is hardly in this state, in spite of it that form is the main key of the dynamics of the soil potassium.*

*As the concentration of the ion descends in the solution, the adsorbed potassium restores it. Inversely, if the concentration of potassium of the soil solution increases, for the fertilizer application, it stops to be soluble and unites electrostatically to the colloidal material of the solid phase. The potassium of the solution plus the interchangeable one, is commonly denominated available potassium and measured in the conventional analyses to evaluate the soil fertility.*

*Other forms of potassium exist strongly together to the phase solid mineral, which are denominated fixed potassium and structural potassium. Both constitute the reservation potassium or reposition of the soils. The fixed potassium is the one that is located in the space of the silicon sheets (clay inter sheets) and the structural potassium is the one that is chemical/y combined with the elements in the «unit of cell» of the soil minerals. Both forms are denominated non-exchangeable K.*

*The equilibrium takes place between the exchangeable K and the non-exchangeable K. The process to reach the balance state is much slower than, potassium soil solution-potassium soil exchangeable.*

*The reservation of interchangeable and non-exchangeable potassium depends fundamentally on the quantity and quality of present clays in the soil. The force retention varies with the clay type and the position of the ion in the same one.*

*When the exchangeable K has diminished until a minimum, the supply of the soil solution takes place for the K of the inter sheets of the clays (fixed potassium). This is also the main natural source of reinstatement before the intensive extractions carried out by the cultivation, contributing significantly to the potassium nutrition when the exchangeable form is insufficient, but with a lower passage speed to the soil solution.*

### Introducción

Sólo el conocimiento y estudio del funcionamiento del suelo nos permite entender las interacciones dinámicas que se producen por las demandas potásicas de los cultivos, fundamentalmente los aspectos relacionados a la liberación y capacidad de renovación del potasio del suelo y su relación con su disponibilidad para las plantas.

Las plantas obtienen el potasio del suelo que proviene de la meteorización de los minerales, de la mineralización de los residuos orgánicos o el que proviene de los abonos y fertilizantes.

En condiciones naturales, los procesos pedogenéticos, condiciones de clima y vegetación, actúan sobre los materiales presentes en el suelo y producen en mayor o menor medida la disponibilidad del nutriente. De esta manera, el contenido de potasio está estrechamen-

te relacionado con su tipo de material parental y la pedogénesis, Mengel y Rahmatullah (1994).

Todas las investigaciones demostraron que el sistema agrícola no tiene otra vía de ingreso natural para el balance de potasio que la reposición primaria proveniente de la liberación de los minerales primarios y secundarios, siendo preponderante la participación de la fracción arcilla. Los minerales arcillosos son la fuente principal de potasio en el suelo.

Los análisis químicos confirman que el contenido de potasio total del suelo no es un índice de fertilidad para los cultivos y que los suelos contienen potasio en diferentes formas. Una parte extraíble por reactivos muy suaves, tales como el agua o soluciones salinas diluidas y otra parte puede extraerse solamente con reactivos fuertes tales como ácido nítrico hirviendo, mostrando grandes diferencias entre ambas. Numerosas investigaciones demostraron que estas formas extremas presentan variación en la facilidad con las que las plantas pueden absorberlas, siendo mucho más asociadas a la extracción vegetal las disueltas en reactivos suaves.

La disponibilidad de K, está relacionada con la facilidad que las plantas puedan obtenerlo y eso significa que debe estar disuelto como ion potasio ( $K^+$ ) en la solución del suelo. Esa es la única forma con la que es absorbido por la planta.

## **Potasio en la solución de suelo**

El potasio de la solución de suelo está inmediatamente disponible y puede ser absorbido por las plantas en forma inmediata, pero las cantidades presentes son muy pequeñas. Apenas una mínima porción del potasio total del suelo se encuentra en esta forma.

Las plantas en crecimiento, rápidamente extraen el potasio de la solución del suelo, pero a medida que el potasio es absorbido y extraído, su concentración es renovada y restituida inmediatamente por las formas menos accesibles ubicadas en las zonas de adsorción de los coloides minerales y orgánicos del suelo. El proceso de adsorción-desorción es el que repone y equilibra la concentración de potasio de la solución del suelo. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), específicamente el K intercambiable es el que regula y mantiene la concentración de K en solución, esta forma de potasio es la clave de la liberación y renovación de la solución del suelo.

## **El Potasio intercambiable**

Es la forma iónica del potasio ( $K^+$ ) unido electrostáticamente a los materiales que componen la fase sólida coloidal mineral y orgánica. A medida que la concentración del potasio de la solución disminuye, el potasio absorbido disminuye porque es liberado a la solución del suelo. A la inversa, si la concentración de potasio de la solución del suelo aumenta por la aplicación de fertilizantes potásicos, parte de éste dejará la solución y se unirá electrostáticamente al material coloidal de la fase sólida. Existe un equilibrio instantáneo entre los dos tipos de este elemento que puede ser representado por:

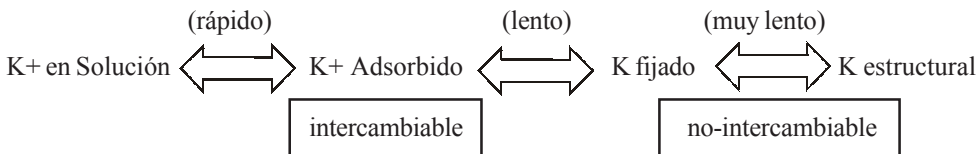
K<sup>+</sup> en la solución del suelo (inmediatamente disponible)  $\longleftrightarrow$  K<sup>+</sup> adsorbido o intercambiable (repositor inmediato del K de solución)

El potasio de la solución más el intercambiable, es comúnmente denominado potasio «disponible» y medido en los análisis convencionales para evaluar la fertilidad potásica del suelo.

## El Potasio de reserva

Existen formas de potasio que están fuertemente unidas a la fase sólida mineral, las cuales se denominan «potasio fijado» y «potasio estructural». Ambas constituyen el potasio de reserva o de reposición de los suelos. El potasio fijado es el que se ubica en el espacio hexagonal de las láminas de silicio y el potasio estructural que es el que está químicamente combinado con los elementos en la estructura de los minerales del suelo. Ambas formas son denominadas potasio no-intercambiables.

Se produce un equilibrio entre el potasio intercambiable y estas formas no-intercambiables. El proceso para alcanzar el estado de equilibrio es mucho más lento que el de potasio de la solución del suelo-potasio intercambiable. El mecanismo de reposición y equilibrio entre las formas es:



La fuente inmediata de potasio para las plantas es el que está disuelto en la solución del suelo; la reposición que mantiene su nivel estable es en primer lugar, la forma K intercambiable y luego el K fijado. El suministro a la planta durante un período determinado dependerá de la cantidad de potasio de cada fuente y de la velocidad con que se establece la reposición y el equilibrio entre las fuentes. La cantidad de potasio en la solución del suelo es siempre baja, el potasio intercambiable, mucho más abundante, restablece rápidamente la concentración en la solución. El potasio no intercambiable, fundamentalmente el fijado, es la fracción que regula el abastecimiento al potasio disponible del sistema en periodos de alta demanda.

## La velocidad de reposición del potasio

La velocidad a la cual el potasio se vuelve disponible para las raíces es afectada por la cantidad de intercambiable, no intercambiable y por la velocidad de movimiento del potasio a través del suelo. A medida que la raíz absorbe potasio, el intercambiable próximo a las raíces disminuirá ó se agotará. Al disminuir la concentración de potasio intercambiable, éste se moverá desde zonas más entiquecidas y distantes de la raíz hasta restablecer nuevamente el equilibrio. La velocidad con que se moviliza o difunde el potasio, dependerá de los materiales constituyentes del suelo y las condiciones ambientales, siendo más alta en suelos húmedos.

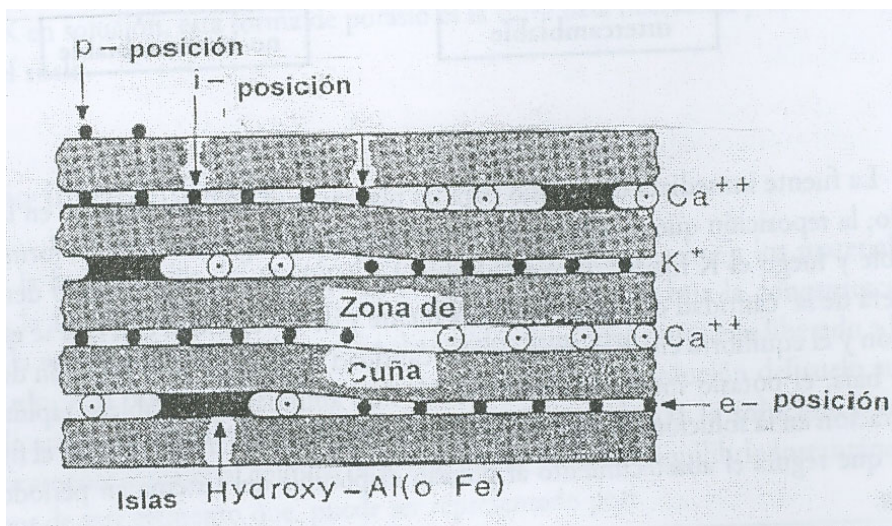
## Las arcillas

La reserva de potasio intercambiable y no-intercambiable depende fundamentalmente de la cantidad y calidad de arcillas presentes en el suelo.

El término arcilla se refiere a las partículas minerales más pequeñas del suelo (menor de 2 micrones de diámetro). Se forman en el proceso de pedo génesis a partir de las alteraciones químicas de los minerales de las rocas que originan los suelos. Las arcillas son cristalinas y están formadas por capas, en arreglos laminares de varios elementos químicos, fundamentalmente el oxígeno, el silicio y el aluminio en forma de capas de tetraedros de silicio y de octaedros de aluminio.

Los iones potasio ( $K^+$ ) se presentan en distintas posiciones en las arcillas. Pueden ser mantenidos electrostáticamente por las cargas eléctricas negativas situadas en la superficie o en los bordes de las láminas. La fuerza con que los iones potasio son mantenidos, varía con el tipo de arcilla y la posición del ion en la misma. Las posiciones planares de intercambio, no son lugares de enlace específico para  $K^+$ , las posiciones de borde son más selectivas y las interlaminares presentan la mayor selectividad para este catión, constituyendo el K fijado.

Figura 1. Modelo de arcilla expansible con las posiciones p y e ( $K$  intercambiable), i ( $K$  fijado) de iones potasio. (Rich 1968).



Cuanto más débilmente estén retenidos, más fácilmente serán «intercambiables») y podrán ser liberados a la solución de suelo. La dinámica de las condiciones en el suelo puede provocar que los iones potasio que están mantenidos fuertemente entre las capas de arcilla (fijado), se liberen al separarse las mismas por ensanchamiento y expansión. De esta manera estos potasios pueden ser liberados y equilibrar a los intercambiables y a los de la solución del suelo. También puede pasar que al penetrar los iones  $K^+$  en el espacio interlamina, este cierre nuevamente las laminillas, dejando así los iones en una condición difícilmente accesible, llamada potasio fijado.

Existen muchos tipos diferentes de arcillas, pero en general pueden definirse cuatro grupos que muestran diferencias importantes con respecto al potasio. Los tres primeros grupos son cristalinas-laminares y el último es no cristalino o paracristalino.

El primer grupo, mineral caolinítico (bilaminar 1: 1, no expandente), puede adsorber potasio solamente en su superficie y en sus bordes rotos o quebrados, ellos no adsorben potasio con mucha fuerza. Los minerales caoliníticos no tienen posiciones de cambio interlaminares para sorber potasio y además tienen una reducida capacidad de cambio, por lo tanto contienen muy poco potasio intercambiable, comportándose casi como la arena o la materia orgánica en lo referente a la dinámica de este nutriente. Si bien no fijan potasio, como tampoco lo retienen, son muy sensibles a las pérdidas por lixiviación. En este sentido, los suelos caoliníticos se comportan aproximadamente igual a los arenosos, suelos pobres y sin poder de reposición del potasio.

El segundo grupo, los minerales illíticos (trilaminar 2: 1, no expandente) son las arcillas con mayor contenido de potasio. Contienen potasio en su superficie, en sus bordes, y entre las capas de los cristales. Estas arcillas mantienen el potasio mucho más fuertemente que las arcillas caoliníticas, conteniendo gran proporción en forma intercambiable.

El tercer grupo de minerales de arcilla es el de las esmectitas (trilaminar 2: 1 expandente). Este grupo mantiene el potasio en forma intercambiable en superficie y también profundamente entre las capas expansibles cuando el suelo está húmedo. Cuando estas capas se cierran, al volverse las condiciones ambientales más secas, el espacio intercapas se contrae, atrapando y «fijando» el potasio que es dificultosamente liberado nuevamente a la solución del suelo.

La mayoría de los suelos de pradera contienen principalmente estos minerales de arcilla; y sus proporciones indican el comportamiento del suelo con respecto al potasio.

Los minerales arcillosos no cristalinos o paracristalinos, como el alofan, se presentan en suelos derivados de cenizas volcánicas. Están constituidos por partículas esféricas muy pequeñas (100-500 Å), que generalmente se aglomeran para formar agregados de mayor tamaño. Los alofanos contienen cantidades muy variables de potasio pero generalmente presentan muy bajo contenido. Si bien ha sido determinada la adsorción de potasio, no ha sido registrado como importante el fenómeno de fijación.

Dependiendo del grado de saturación o de agotamiento de potasio los minerales arcillosos lo liberarán hacia la solución del suelo o lo adsorberán de ésta.



## Disponibilidad de potasio para las plantas

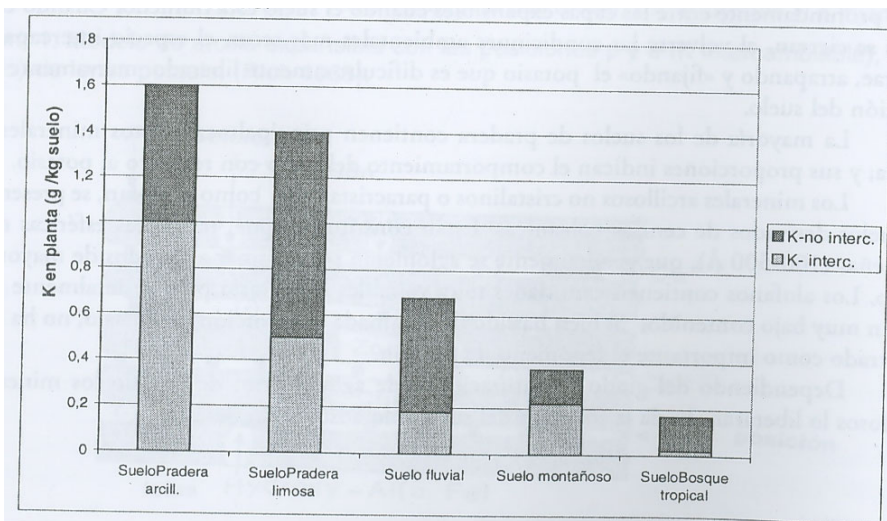
La influencia del contenido y la calidad de la arcilla en la disponibilidad de potasio para el vegetal es uno de los aspectos más estudiados de este elemento. Numerosos investigadores han determinado que la absorción de potasio por las plantas esta relacionada directamene al contenido y calidad de arcilla.

A modo de ejemplo se presentan datos de un trabajo de investigación realizado en la Facultad de Agronomía-UBA, en el que se estudió la disponibilidad de potasio para las plantas en suelos con distinta cantidad y clase de minerales arcillosos, Figura 2. La experiencia realizada en invernáculo, con ryegrass; tomó como variables de causa la cantidad de potasio intercambiable inicial y la cantidad y clase de arcilla de los mismos. El análisis de los datos fue realizado en dos momentos definidos del ensayo: saturación en máxima y en mínima dispo-nibilidad potásica del suelo. Las características del suelo se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición general de los suelos

Suelos	Arcilla en el suelo (%)	Esmect. Illita Caolinita Alotan (%)				K int inicial --- CIC (cmol+ kg'1)	
		(%)	(%)	(%)	(%)		
1. Argiudol Vértico	37	49	45			1,25	32,5
2. Argiudol Típico	27	15	85			0,69	18,5
3. Torrifuvent Típico	12		98			0,28	12,5
4. Udivitrant Típico	7		<5		95	0,20	18,5
5. Kandiudult Típico	43			90		0,06	11,0

Figura 2. Cantidad de K intercambiable y no intercambiable acumulado en ryegrass en las 6 cosechas realizadas.

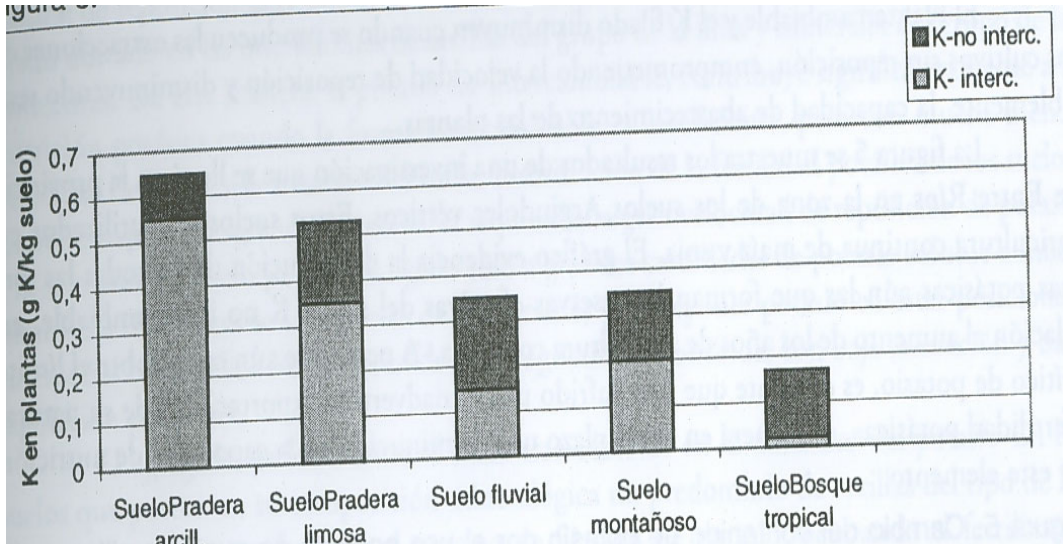




La cantidad de potasio tomada por el ryegrass en todo el ensayo, muestra los diferentes aportes de cada suelo de acuerdo a la cantidad y calidad de arcillas presente. Con excepción del suelo con caolinita, suelo de bosque tropical, los demás muestran alta correlación entre el potasio absorbido por el vegetal y la cantidad de arcilla, aunque varían en la participación de potasio intercambiable y no intercambiable de acuerdo a su naturaleza arcillosa.

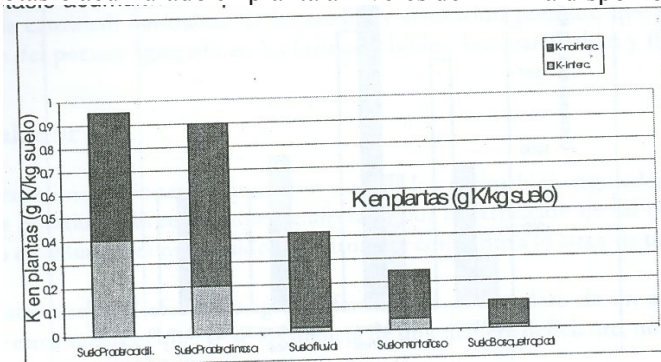
Para permitir una mejor interpretación de la absorción de potasio por la planta, se dividió el análisis en dos fases definidas por el estado de máxima disponibilidad, primer cosecha y el estado de mínima saturación potásica del suelo, absorción de las plantas desde la segunda a la última cosecha. Los mismos se muestran en las Figuras 3 y 4 respectivamente.

Figura 3.- Potasio acumulado en planta a niveles de máxima disponibilidad en suelos



Los resultados de la Figura 3 muestran que, en el período de máxima disponibilidad de potasio la absorción vegetal está relacionada en su mayor proporción al potasio intercambiable. Las variables, potasio intercambiable inicial y contenido de illita explicaron en un porcentaje alto el potasio absorbido por el ryegrass.

Figura 4.- Potasio acumulado en planta a niveles de mínima disponibilidad en suelos



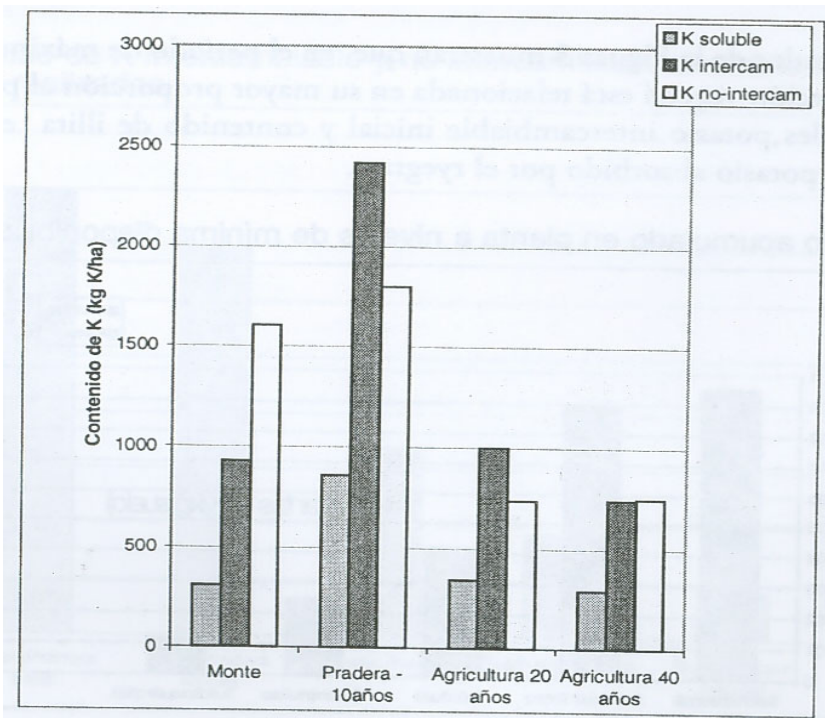
La Figura 4 muestra que en los períodos de mínima saturación potásica del suelo por gran demanda, la nutrición vegetal está determinada fundamentalmente por las formas de potasio no intercambiable. En este período, los minerales arcillosos de mayor aporte son aquellos con gran cantidad de potasio fijado. Las variables K no intercambiable y alto contenido de arcilla illítica explicaron la absorción vegetal de este período.

En general, cuanto mayor es el contenido de arcilla en el suelo más grande será su capacidad para adsorber el potasio y mayor será su habilidad para reponerlo a la solución de suelo cuando éste disminuye en su concentración. Se dice que tales suelos están bien regulados, pudiendo mantener la concentración de potasio de la solución de suelo en un nivel estable. Pero esta regulación no es permanente si no hay una reposición del potasio extraído por las cosechas.

El K intercambiable y el K fijado disminuyen cuando se producen las extracciones de los cultivos sin reposición, comprometiendo la velocidad de reposición y disminuyendo sensiblemente la capacidad de abastecimiento de las plantas.

La figura 5 se muestra los resultados de una investigación que se llevó en la provincia de Entre Ríos en la zona de los suelos Argiudoles vérticos. Estos suelos son utilizados en agricultura continua de maíz y soja. El gráfico evidencia la disminución de las todas las formas potásicas aún las que forman las reservas efectivas del suelo, K no intercambiable, en relación al aumento de los años de agricultura continua. «A pesar que aún están sobre el límite crítico de potasio, es evidente que han sufrido una» inadvertida exportación»de su natural «fertilidad potásica», que traerá en corto plazo una disminución en la capacidad de nutrición de este elemento.

Figura 5. Cambio del contenido de potasio por el uso agrícola en suelos arcillosos de pradera (Entre Ríos).



## Disponibilidad de potasio y efecto residual de la fertilización potásica

Como hemos visto, durante su período de crecimiento los cultivos absorben gran cantidad de potasio que está disponible bajo las formas de soluble, intercambiable y no intercambiable. Las raíces de las plantas en crecimiento, producen una rápida disminución en la concentración de potasio de la solución del suelo cercana a ellas, generando un proceso de difusión, con liberación del potasio intercambiable adsorbido por las cargas de las arcillas y de la materia orgánica. Cuando la concentración potásica de la solución ha disminuido hasta un mínimo (potasio intercambiable mínimo), el mismo es liberado de las interláminas de las arcillas (potasio fijado) para reponer el potasio de la solución del suelo. La principal fuente natural de reposición ante las intensivas extracciones realizadas por los cultivos, es el potasio fijado ubicado en las interláminas de arcillas del grupo de la illita y minerales del grupo de las esmectitas. De esta manera, el potasio no intercambiable, contribuye significativamente a la nutrición potásica cuando la forma intercambiable es insuficiente, pero con mucha menor velocidad de pasaje a la solución del suelo, disminución de la fertilidad potásica de los suelos. Es por eso que una agricultura intensiva requiere una gran velocidad de reposición de potasio a la solución del suelo y ello está ligado sólo a grandes cantidades de potasio soluble e intercambiable. Es necesario los aportes de fertilizantes para reponer potasio en estas posiciones, en especial en aquellos suelos utilizados para agricultura continua, con **baja** saturación y baja regulación potásica.

El agregado de fertilizante al suelo trae cambios en la dinámica del potasio. En los suelos que poseen en su composición mineralógica un predominio de arcillas del tipo de las illitas y esmectitas, se favorece el proceso de fijación de potasio, ocupando el fertilizante primero estos lugares. Si los sitios de fijación se encuentran poco saturados, el ingreso de fertilizante potásico al sistema implica un aumento de la disponibilidad actual del nutriente para el cultivo y también una fuente de reserva futura, poder residual de potasio. La fijación de potasio para algunos suelos, puede estar relacionada no sólo con la mineralogía de la fracción arcilla, sino también a factores térmicos, que producen la apertura de las estructuras de los minerales micáceos, favoreciendo la liberación de este elemento y la saturación potásica del suelo. De esta manera, la disponibilidad de potasio producida por la fertilización se ve afectada por la cantidad, naturaleza de las arcillas y saturación potásica, que provocan una redistribución del potasio agregado en las formas solubles, intercambiables y fijadas.

## Poder regulador

Las experimentaciones demostraron que en los suelos bien regulados, el poder de suministro de potasio no es sensiblemente afectado por la extracción de los cultivos, por lo que el potasio en solución es mantenido regularmente constante a lo largo de todo el ciclo del cultivo.

En estos suelos el efecto de agregar fertilizante es duradero de un año al otro. La desventaja de estos suelos es que, si se los maneja de una manera deficiente, no reponiendo el

potasio que es extraído por los cultivos, volverlos a la condición original requiere aplicaciones mas elevadas de potasio que los suelos livianos o arenosos, debido a que el fertilizante aplicado debe satisfacer las uniones del K fijado antes de ocupar los lugares más disponibles para el cultivo, K intercambiable y K de solución. En estos suelos pesados, por otro lado, es posible efectuar mejoras de largo plazo. Si el K del suelo es bajo, el manejo sugerido apunta a aumentar el contenido de K del suelo a través de la aplicación de generosas cantidades iniciales, para asegurarse que todos los cultivos reciben suficiente fertilizante potásico para mantener los niveles en el rango adecuado.

En los suelos arenosos o con bajo porcentaje de arcillas es muy difícil mejorar de manera permanente los niveles de potasio ya que carece de posiciones intercambiables y fijadas en cantidad suficiente para renovar los K de la solución del suelo. En estos casos, el manejo recomendado debería enfatizar la aplicación de potasio sistemática anual para satisfacer los requerimientos y mantener el suministro de K en cada ciclo de cultivo.

## Conclusiones

- ˘ El K de la solución del suelo es la fuente inmediata de abastecimiento de los cultivos.
- ˘ El K intercambiable es la reposición inmediata que mantiene el nivel estable la solución del suelo. El K intercambiable y el K soluble constituyen el K disponible para los cultivos.
- ˘ El K fijado regula el abastecimiento de K disponible en períodos de alta demanda y bajo contenido de K intercambiable.
- ˘ La fertilización determina cambios en la velocidad de reposición del K disponible y de reserva, aumentando el K soluble, K intercambiable y K fijo de los suelos.
- ˘ En la dinámica de la liberación y renovación de potasio tanto nativo como el agregado por fertilización, la influencia de la mineralogía es grande y definitiva. Ella interviene regulando la liberación y la fijación de potasio de manera selectiva, determinando la adsorción y velocidad de reposición a la solución del suelo.
- ˘ El conocimiento y estudio del funcionamiento del suelo es fundamental para el entendimiento de las interacciones dinámicas entre la fertilización y las demandas de los cultivos. Las recomendaciones de fertilizantes deberían ser atendidas sólo a la luz de estos estudios para aumentar la precisión y eficiencia de su uso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Badraouri, M.; P.R Bloom.; A. Delmaki. 1992. Mobilization of non-exchangeable K by ryegrass in five Moroccan soil with and without mica. *Plant and Soil*. 140: 55-63.
- Beckett, P.T. and Nafady, M.H. 1967. Potassium- Calcium exchange equilibria in soils. The location on non-especific and especific exchange sites. *Soil Sci.* 18: 263-281.
- Buhman, C. 1993. K-fixing phyllosilicates in soils, the role of in herieted componentes. *J. Soil Sci.* 44: 347-360.
- Conti, M. E. 1992. Que sabemos del Potasio. *Revista Proceder*. 2 (3) :48- 56.
- Conti, M.E.; A M. de la Horra.; A Marchi. 1993. Efecto del Laboreo en la dinámica de Potasio en suelos de la región Panpeana Argentina *Proceeding del XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Salamanca España*. Tomo 11, 607-614.
- Conti, M.E.; A.M. de la Horra. D. Effrom.; M.P.Jimenez.. 1993. Alteración producida en la relación cantidad-intensidad de potasio (Q/I) de algunos suelos argentinos afectados por el laboreo continuo. *Agrochimica*. 37. 4-5.
- Conti, M.E.; M.M.Zubillaga. 1994. Relationship between soil Potassium and the mineralogical characteristics of each textural fractions. Presentado en el XV International Soil Science Congress. Mexico 38-39.
- Conti, M.E, AM. de la Horra, N. M. Arrigo, A Marchi. 1997. Fertilización e interacción Potasio - Fósforo sobre el rendimiento de alfalfa en un Haplustol típico (Zona semiarida Argentina). *Ciencia del Suelo*. 15: 51-52.
- De la Horra, A. M.; M.E.Conti.; V. Sanguesa.; M. Moretti. 1993. Potasio: Comparación del comportamiento de diferentes métodos en suelos cultivados y sin cultivar. *Turrialba* 1 : 2.27 - 32.
- Gething, PA 1994. Actualidad del potasio. *Instituto Internacional de la Potasa*. 3: 23 30.
- González, M.G., G.B. Moreno t HA Svartz. 1996 Cambios en los niveles de P y K en suelos fertilizados después de 12 años de pastoreo continuo efecto sobre la pastura. *Rev. de la. Facultad de Agronomía*. 16 (1-2): 1-6
- Goulding, K.W.T. 1987. Potassium fixation and release. *Proceeding of the 20th Colloquium of International Potash Institute held in Baden Bei Wien/Australia*. 137-154.
- Karpinets, T.w. 1993. Estimation of K fixation and release in soils by two consecutive extractions. *In Potash Review*. 1. 29-33.
- Marchi, AA; M.E. Conti, M.G. Gonzalez.; AM.Villa. 1995. Desorption velocity of potassium in Mollisols of Argentine Pampean region. *.Agrochimica*. 39 (2-3):169-176
- Marchi, AA; M.E. Conti; M.G. Gonzalez.; AM. de la Horra. 1995. Potasio intercambiable mínimo en Molisoles de la Región Pampeana Argentina. *Ciencia del Suelo* 13(2):76-99.
- Mengel, K.; EA Kirkby. 1987. Potassium. In «Principies of Plan Nutrition». Chapter 10, :427-453 Publisher .I.P.I. Bern, Switzerland
- Mengel, K.; C. Rahmatullah. 1994. Explotation of K by various crops species from primary minerals in soils rich in micas. *Biol.Fertili. Soils* 17: 75-79.
- Meyer, D.; A Jungh. 1993. A new approach to quantify the utilization of non-exchangeable soil potassium by plants. *Plant Soil* 149: 235-243.
- Poss, R.J; Y. C. Fardeau, H. Saragoni.; P. Quantin. 1991. Potassium release and fixation in ferrasols (oxisols) from Southern Togo. *J. Soil. Sci.* 42: 649-660.

- Rich, C.J. Mineralogy in soil potassium. 1968. In *The role of Potassium in Agriculture*. p.79-96. Amer. SOCo Agron. Madison/USA.
- Rubio, B.; A.F.Gil-Sotres. 1995. Potassium Fixation in suspensions of soil of Galicia (N.W.Spain). *Commun.Soil.Sci.Plant Anal.* 26 (3&4), 577- 591.
- Sardi, K.; Debreczeni, K. 1992. Comparison of methods evaluating the plant available potassium content in soils of different types and potassium levels. *Comm. SoH Sci. Plant Anal.* 23; 26: 13-2632.
- Sharpley, A.N. 1990. Reaction of fertilizer potassium in soils of differing mineralogy. *Soil. Sci.* Vol. 149 (1): 44-51.
- Zubillaga, M.M. y M.E.Conti. 1994. Importance of the textural fraction and its mineralogic characteristics in the potassium contents of different Argentine soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 25: (5-6). 479 - 487.
- Zubillaga, M.M. y M.E.Conti. 1996. Availability of exchangeable and non exchangeable K in Argentine soils with different mineralogies. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.* Z. Pflanzenernähr. Bodenk., (159): 149-153.



# ORIGEN Y DISTRIBUCION DEL POTASIO EN SUELOS DE LA REGION CHACO-PAMPEANA

Hector J .M. Morrás y Gustavo Cruzate  
INTA-CIRN, Instituto de Suelos, 1712 Castelar  
hmmorras@cirn.inta.gov.ar, gcruzate@cirn.inta.gov.ar

## RESUMEN

*Es habitual considerar que el material madre que formo los suelos de la región Chaco-Pampeana, tienen un origen común y son mineralógicamente homogéneos. Sin embargo otros trabajos indican que estos sedimentos loessicos tienen una heterogeneidad espacial, en referencia a contribuciones de origen diverso. Además, se admite que los suelos y sedimentos Pampeanos presentan un alto contenido de potasio. Sin embargo, algunos autores marcan ciertas diferencias en el contenido de K de suelos de distintas regiones. Por consiguiente, en este trabajo se destacan nuevos estudios sobre distintas fracciones de potasio de los suelos y sedimentos en una gran parte de la región.*

*En primer lugar los datos fueron procesados de la fracción casi-total de K, correspondiente a los horizontes superficiales y subsuperficiales de los suelos en más de 1200 sitios de la región central del país, que fueron representados cartográficamente. Asimismo, fueron estudiados el contenido y la distribución de K intercambiable en 1300 perfiles de suelo, de un sector que abarca la Pampa Ondulada y parte de la Pampa Arenosa. También se analizó el contenido de potasio total e intercambiable de perfiles de suelo y de sedimentos situados en diversas unidades geomorfológicas del Chaco Meridional y de un sector de la Pampa Ondulada.*

*Los estudios realizados permitieron detectar las variaciones espaciales horizontales y verticales del contenido de potasio total, casi-total e intercambiable en suelos de la región Chaco-Pampeana, que se relacionan claramente con las diferencias mineralógicas, el tamaño de partícula y la procedencia del material madre de los suelos. Así, en los suelos de la Pampa Meridional, desarrollados a partir de materiales sedimentarios provenientes de los Andes y del Norte Patagónico, el contenido de las diversas fracciones de potasio es inferior a aquellos en los suelos de la pampa norteña, los que presentan además de los materiales ya mencionados, una proporción considerable de componentes provenientes de las sierras Pampeanas. Se observa un contenido más bajo de potasio en suelos con contribuciones sedimentarias de los ríos Paraná y Uruguay.*



*Estos trabajos indican que el contenido de potasio se determina fundamentalmente por las proporciones relativas de arcilla y arena, así como por su composición minera lógica. Por otra parte, el desarrollo de los suelos, particularmente el grado de illuviacion y proporción de materia orgánica, también influyen en la distribución vertical de las fracciones de potasio. De esta manera, diversas situaciones en lo referente a contenido de potasio se puede observar en los materiales superficiales de la región, como resultado de diversas combinaciones de factores sedimentarios y pedo lógicos.*

## **ORIGIN AND DISTRIBUTION OF POTASSIUM IN SOILS OF THE CHACO. PAMPEAN REGION**

*Habitually it is considered that the parent material on which the soils of the Chaco-Pampean region have developed has a common origin and is mineralogically homoge-neous. However other works indica te a spatial heterogeneity of these loessic sediments in relation to contributions of diverse origino Furthermore, it is admitted that the Pampean sediments and soils present a high content of potassium. However, some authors point out certain differences in content among soils of diverse areas. As a consequence, in this work new studies on diverse potassium fractions of soils and sediments from a great part of the region were carried out..*

*In the first place data were processed of the «quasi-total» fraction of K, corresponding to the surface and subsurface horizons of soils of more than 1200 sites of the central region of the country, which were represented cartographically. Likewise, the content and distribution of exchangeable K in 1300 soil profiles were studied, from a sector that comprises the Undulated Pampa and part of the Sandy Pampa. The contents of total and exchangeable potassium of soil and sediment profiles located in different geomorphological units of the Southern Chaco and from a sector of the Undulated Pampa, were also analyzed.*

*The studies carried out made it possible to detect horizontal and vertical spatiaj variations of the contents of total, quasi-total and exchangeable potassium in the soils of the Chaco-Pampean region, which are clearly related to the mineralogical and grain size differences and to the provenance of the soils' parent material. Thus, in the soils of the Southern Pampa, developed on sedimentary materials provenant from the Andes and northern Patagonia, the contents of the diverse potassium fractions are inferior to the ones in the soils of the Northern Pampa which present, beside the aforementioned materials, a considerable proportion of components provenant from the Pampean Mountains. In its turn, lower potassium contents are observed in the soils with sedimentary contributions from the rivers Paraná and Uruguay.*

*These works indica te that potassium contents are fundamentaJ/y determined by the relative proportions of clay and silt, as well as by their mineralogical composition. On the other hand, the development of the soils, and particularly the degree of illuviacion and the proportion of organic matter, also inf/uenca the vertical distribution of the potassium fractions. In this way, diverse situations in relation to potassium content can be observed in the superficial materials of the region, as a result of different combinations of sedimentary and pedological factors.*

## Introducción

La composición gequímica de los suelos es función del material parental y de los procesos pedogenéticos. Habitualmente se considera que el material parental en el cual se han desarrollado los suelos de la región Chaco-pampeana tiene un origen común y es mineralógicamente homogéneo (Scoppa, 1976; Moscatelli, 1991). Sin embargo, otros datos indican una heterogeneidad espacial de estos sedimentos loésicos en relación con aportes de distinto origen (Morrás, 1997; 1999-a).

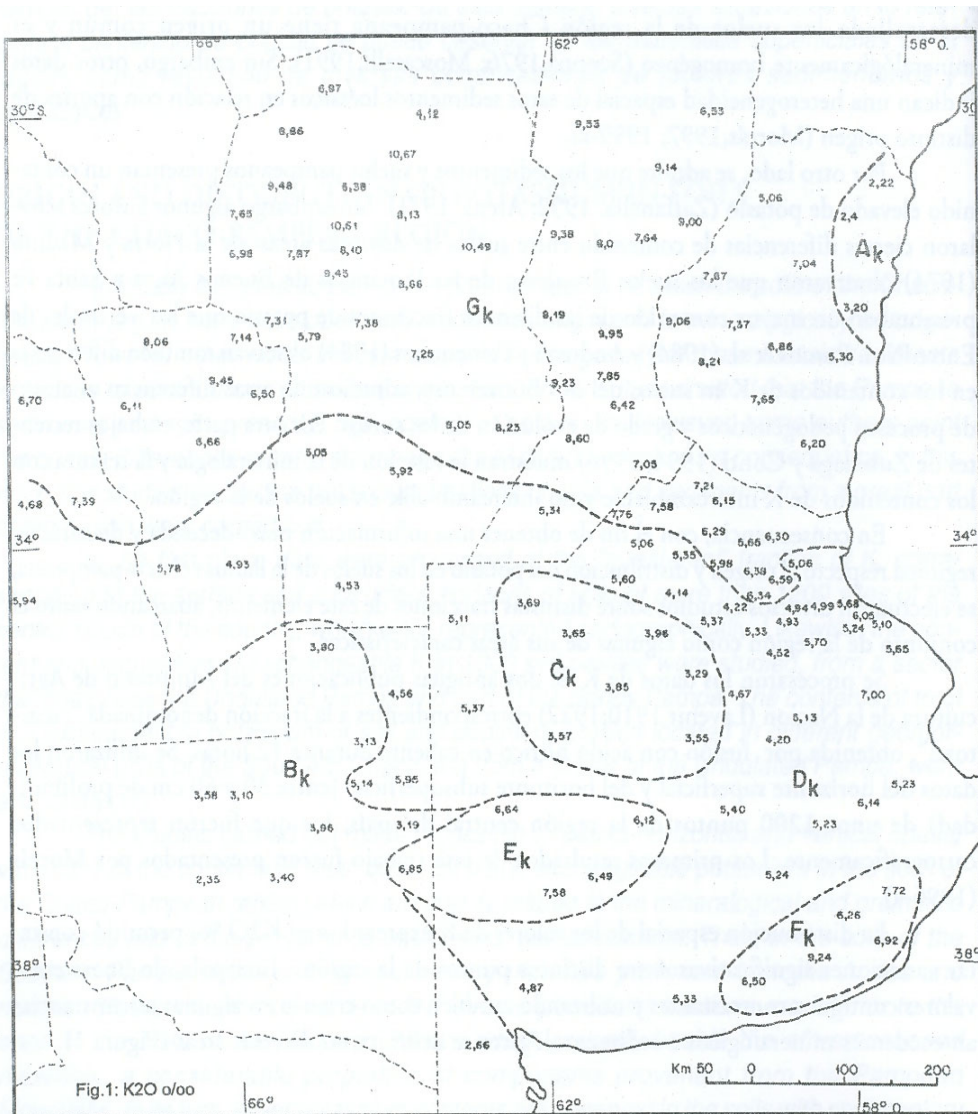
Por otro lado, se admite que los sedimentos y suelos pampeanos presentan un contenido elevado de potasio (Zaffanella, 1952; Arens, 1971). Sin embargo algunos autores señalaron ciertas diferencias de contenido entre suelos de distintas áreas: de la Horra y Mizuno (1974) observaron que los suelos Brunizem de las Provincias de Buenos Aires y Santa Fe presentaban un mayor contenido de las distintas fracciones de potasio que los Vertisoles de Entre Ríos. Ramos et al. (1984) y Andreoli y Peinemann (1984) observan también diferencias en los contenidos de K en suelos del SO Bonaerense, adjudicando estas diferencias al efecto de procesos pedogenéticos y grado de evolución de los suelos. Por otra parte, trabajos recientes de Zubillaga y Conti (1994; 1996) muestran la relación de la mineralogía y la textura con los contenidos de K intercambiable y no intercambiable en suelos de la región.

En consecuencia, con el fin de obtener una información más adecuada y de carácter regional respecto al origen y distribución del potasio en los suelos de la llanura chaco-pampeana, se efectuaron diversos estudios sobre distintas fracciones de este elemento, abarcando tanto el conjunto de la región como algunas de sus áreas características.

Se procesaron los datos de K de dos antiguas publicaciones del Ministerio de Agricultura de la Nación (Lavenir 191 Ó; 1922) correspondientes a la fracción denominada «cuasi-total», obtenida por fusión con ácido nítrico en caliente durante 12 horas. Se utilizaron los datos del horizonte superficial y del horizonte subsuperficial (entre 30 y 60 cm de profundidad) de unos 1200 puntos de la región central del país, los que fueron representados cartográficamente. Los primeros resultados de este trabajo fueron presentados por Morrás (1996-a).

La distribución espacial de los valores de K expresados en K<sub>20</sub> %0 permitió constatar variaciones significativas entre distintos puntos de la región. Interpolando líneas entre valores contiguos contrastantes y utilizando también como criterio en algunas circunstancias antecedentes mineralógicos o sedimentológicos se delimitaron diversas áreas (Figura 1).

Figura 1. Areas diferenciadas de acuerdo al contenido de potasio «cuasi-total» en los horizontes subsuperficiales. Los números representan los valores promedio de potasio por Partido o Departamento provincial.



Tanto para los horizontes superficiales como subsuperficiales, los contenidos menores de potasio se presentan en el este de la Provincia de Entre Ríos y los máximos al norte del paralelo 34°S en la región de la Pampa Norte. Valores intermedios se presentan en la Pampa Sur en la que pueden distinguirse cinco áreas con contenidos diferentes de potasio «cuasi-total» .

En el Cuadro 1 se presentan algunos datos correspondientes a las siete áreas diferenciadas de acuerdo a los contenidos de potasio en los horizontes subsuperficiales. Por otra parte pudo constatarse que los contenidos de potasio «cuasi-total» en los horizontes superficiales pueden ser similares o menores que en los correspondientes horizontes subsuperficiales, teniendo esto carácter areal. En consecuencia, para los horizontes superficiales se diferenciaron además varias sub-áreas en función de los contenidos absolutos de esta fracción de potasio y de la relación del contenido de K<sub>20</sub> superficial con el subsuperficial.

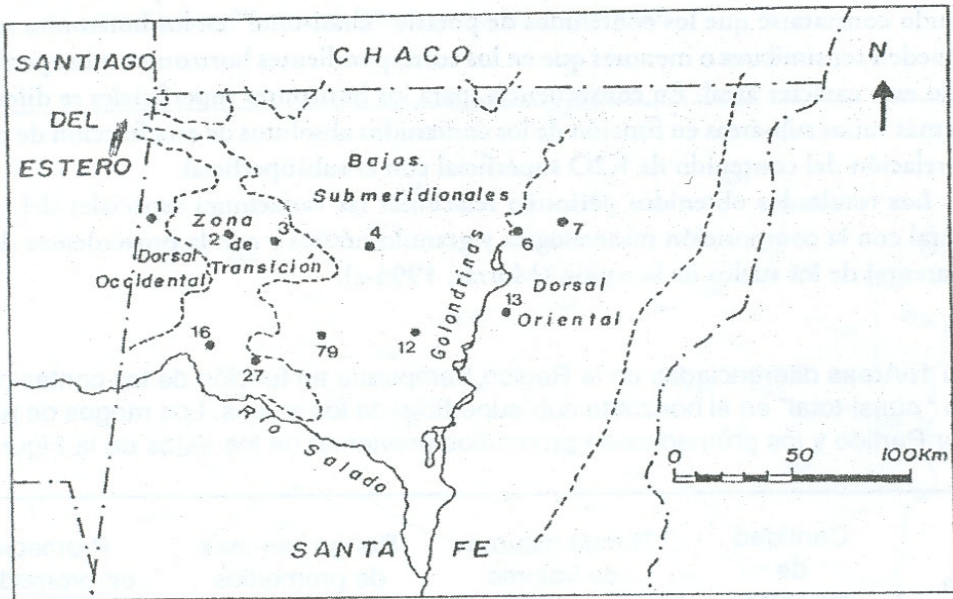
Los resultados obtenidos permiten relacionar las variaciones espaciales del potasio cuasi-total con la composición mineralógica y granulométrica y con la proveniencia del material parental de los suelos de la región (Morrás, 1996-a).

Cuadro 1. Áreas diferenciadas en la Región Pampeana en función de los contenidos de potasio «cuasi-total» en el horizonte sub-superficial de los suelos. Los rangos de promedios por Partido y los promedios de promedios provienen de los datos de la Figura 1.

Área	Cantidad de muestras (n)	Rango min-max de valores individuales (%0 K <sub>20</sub> )	Rango min-max de promedios por Partido (%0 K <sub>20</sub> )	Promedio de promedios (%0 K <sub>20</sub> )
Ak	26	0.35 - 4.63	2.2 - 3.2	2.7
Bk	15	1.80 - 6.80	2.3 - 3.9	3.1
Ck	74	2.06 - 5.76	3.2 - 3.9	3.6
Dk	418	1.42 - 12.03	4.1 - 7.0	5.6
Ek	38	3.56 - 12.13	6.1 - 7.6	6.9
Fk	39	2.90 - 10.89	6.3 - 9.2	7.8
Gk	544	2.03 - 15.05	4.1 - 10.6	7.4

Se determinó el contenido de potasio total y de potasio cambiante en cincuenta muestras correspondientes a diez perfiles de suelo localizados a lo largo de dos transectas de sentido oeste-este en el norte de la Provincia de Santa Fe (Morrás, 1999-b). Los perfiles estudiados corresponden a distintos ambientes geomorfológicos (Dorsal Occidental, Zona de Transición, Chaco Deprimido o Bajos Submeridionales y Dorsal Oriental) y se hallan desarrollados sobre diferentes materiales sedimentarios. En la Figura 2 se representa la localización de los perfiles y en los Cuadros 2 y 3 se presentan los datos correspondientes a dos de los horizontes de cada uno de los perfiles estudiados.

Figura 2. Localización, de los perfiles estudiados y zonas geomorfológicas en el sector santafesino del Chaco Meridional.



Cuadro 2. Potasio total e intercambiable en dos profundidades de cada uno de los perfiles estudiados en la Transecta 1.

Zona	N° perfil	Prof. Hor. (cm)	K total (%K20)	K intercamb. (cmol.kg-1)	(K interc.l CJC).100
Dorsal Occidental	1	0-13	2.95	2.1	6.9
	1	95-120	3.43	3.1	8.2
Zona de Transición	2	0-14	2.98	1.7	5.8
	2	100-120	3.44	3.2	11.6
	3	0-12	2.75	1.9	7.6
	3	70-90	2.94	2.8	10.7
Bajos Submeridional	4	0-9	2.02	0.7	3.2
	4	39-60	2.71	1.1	3.6
Dorsal Oriental	6	0-10	1.71	3.0	1.3
	6	120-140	2.25	0.8	4.5
	7	5-20	1.50	0.9	3.1
	7	110-130	2.12	1.9	5.9

Cuadro 3. Potasio total e intercambiable en dos profundidades de cada uno de los perfiles estudiados en la Transecta 11.

Zona	N° perfil	Prof. Hor. (qm)	K total (%K20)	K intercamb. <small>(cmol.kg<sup>-1</sup>)</small>	(K interc.l Cle).100
Zona de Transición	16	0-17	2.79	3.1	19.7
	16	110-132	3.35	4.2	14.3
	27	0-3	2.81	2.0	14.2
	27	92-125	3.18	4.4	14.8
Bajos Submeridional	79	0-13	2.39	1.3	6.7
	79	80-130	3.04	3.7	12.4
	12	0-10	2.22	1.1	5.4
	12	120-150	3.01	2.6	9.5
Dorsal Oriental	13	0-7	1.88	1.5	5.0
	13	63-106	2.55	3.1	11.4

Los resultados obtenidos permitieron constatar una disminución progresiva del potasio total y cambiabile en dirección al este: en los suelos de la Dorsal Occidental y en la Zona de Transición el contenido de potasio total supera el 3 % K20, en los suelos de la zona baja los contenidos oscilan entre 2 y 3 %, en tanto en la Dorsal Oriental los valores son inferiores al 2 % K20. El potasio cambiabile oscila entre 2 y 4 cmol.kg<sup>-1</sup> en los suelos de la Dorsal Occidental y presenta valores menores a 2 cmol.kg<sup>-1</sup> en la Dorsal Oriental, en tanto en la zona baja su contenido está influenciado por el grado de halomorfía de los suelos. La proporción de K cambiabile respecto a la capacidad de intercambio catiónico del suelo (porcentaje de potasio de intercambio) es también mayor en el sector occidental que en el oriental. Individualmente en cada perfil, tanto el K total como cambiabile son mayores en los horizontes By BC que en el A.

Por otro lado se determinó el contenido de potasio total en las fracciones arcilla y limo de algunos horizontes de suelos de las tres áreas (Morrás, 1994; 1996-b) (Cuadro 4). Pudo así constatarse en todos los casos un contenido mayor de K total en la arcilla que en el limo, observándose también una disminución progresiva de sentido oeste-este del potasio en las dos fracciones: en la Dorsal Occidental los contenidos medios de K20 son 3.8 % Y 2.6 % para la arcilla y el limo respectivamente, en la zona baja 2.9 % Y 1.9 %, y en la Dorsal Oriental 2.4% y 1.3 % respectivamente.

Cuadro 4. Contenido de potasio total en distintas fracciones granulométricas de suelos y sedimentos de la Transecta I

Zona	Muestra	K20 % suelo total	1<20 % arcilla	K20 % limo
Dorsal Occidental B	1-A1	2.95	3.76	2.62
	1- t2	3.31	3.91	2.68
Zona de Transición	3-A 1	2.75	-	2.30
Bas Su merid.	4-Bt2	2.44	2.87	1.92
	7-Bt3	1.86	2.36	1.17
Dorsal Oriental	8-C1	1.97	-	1.36
	8-C2	2.16	.	1.41

Estos resultados se correlacionan con las diferencias mineralógicas entre los distintos sectores: en la Dorsal Occidental los suelos presentan una asociación illita-feldespatos, en la Dorsal Oriental una asociación esmectita-cuarzo, en tanto en la zoná baja se presenta una composición intermedia. Estas diferencias mineralógicas y en los contenidos de potasio tie-nen su origen en la diversa proveniencia y composición de los materiales parentales de los suelos (Morrás et al., 1982; Morrás, 1994).

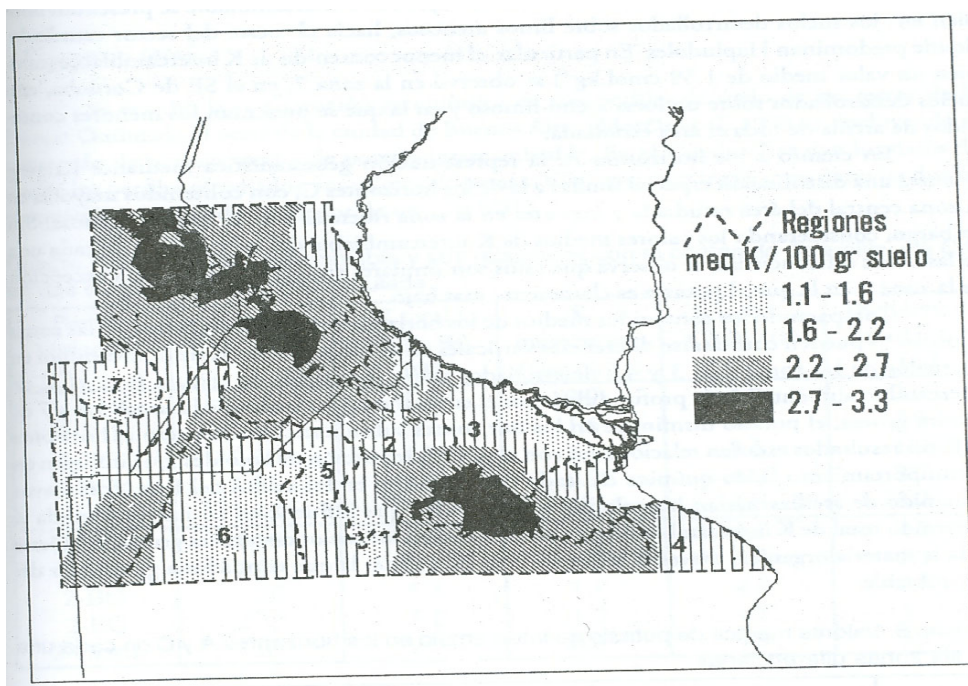
*a. Distribución regional del potasio de intercambio*

Se estudió el contenido y distribución del K de intercambio en los suelos de un sector del centro de la región pampeana que abarca el NO de Buenos Aires, S de Santa Fe y SE de Córdoba (Morrás y Cruzate, 2000; Cruzate, 2001). Desde el punto de vista geomorfológico el área estudiada abarca las regiones de la Pampa Ondulada y parte de la Pampa Arenosa. Se procesaron mediante procedimientos estadísticos, geoestadísticos y sistema de información geográfica diversos parámetros analíticos de 1384 muestras de horizontes C y 1003 muestras de horizontes A. De acuerdo a los parámetros analizados de los horizontes C se delimitaron siete zonas homogéneas con las que fueron relacionados los valores de potasio intercambiable.



De acuerdo a los resultados obtenidos el contenido medio de K intercambiable para el conjunto de la región estudiada es de 2.22  $\text{cmol.kg}^{-1}$  en los horizontes C y de 2.06  $\text{cmol.kg}^{-1}$  en los horizontes A

Figura 3. Distribución espacial del potasio de intercambio en el horizonte C de los suelos del sector central de la Región Pampeana.



Considerando los horizontes C, los mayores contenidos de K de intercambio se presentan en los suelos de las zonas homogéneas 1, 2 y 3 (Cuadro 5), los que se hallan desarrollados sobre un loess típico, con un contenido medio de limo superior al 60 %. En particular el contenido de K es mayor (2.57  $\text{cmol.kg}^{-1}$ ) en la zona 2, que corresponde a una franja que se extiende paralela al Río Paraná, aproximadamente a una distancia entre 50 y 100 km de él mismo. En estas zonas características son Argiúdoles típicos en los que el contenido de limo en el horizonte C promedia un 70 %.

Los menores contenidos de K de intercambio se observaron en áreas contrastantes por el tipo de suelo, tanto en aquellos de textura arcillosa como en los de textura arenosa. Por

un lado valores más reducidos se presentan en los suelos de la franja ribereña de los ríos Parana y de La Plata, los que se caracterizan por sus mayores contenidos de arcilla, parcialmente de naturaleza esmectítica. En particular los menores contenidos de K cambiante se presentan en parte de la zona 3, al norte de la ciudad de Buenos Aires, donde se presenta una proporción importante de Argiudoles vérticos, y en la zona 4 al sur de la ciudad de Buenos Aires, con suelos más arcillosos y donde aparecen Vertisoles (valor medio 1.59 cmol.kg<sup>-1</sup>)

Por otro lado, contenidos relativamente bajos de K intercambiable se presentan también en los suelos desarrollados sobre limos arenosos, hacia el oeste del sector estudiado, donde predominan Hapludoles. En particular el menor contenido de K intercambiable (también un valor medio de 1.59 cmol.kg.l) se observó en la zona 7, en el SE de Córdoba, con suelos desarrollados sobre un loess areno-limoso y en la que se presentan los menores contenidos de arcilla de toda el área estudiada.

En cuanto a los horizontes A, la representación geoestadística mediante Kriging muestra una distribución espacial similar a la de los horizontes C, con contenidos mayores en la zona central del área estudiada y menores en la zona ribereña y en la Pampa Arenosa. Sin embargo, considerando los valores medios de K intercambiable del horizonte Ade cada una de las zonas diferenciadas, se observa que estos son similares en toda la región, con excepción de la zona 4 en la que el potasio es claramente más bajo.

Comparando los contenidos medios de los horizontes A y C de cada una de las zonas (Cuadro 5) pueden constatarse diferencias verticales en el contenido de K de intercambio: en los suelos de las zonas 1, 2, 3 y 4, desarrollados sobre materiales de textura fina, el K de intercambio aumenta con la profundidad; por el contrario en los suelos de las zonas 5, 6 y 7 de textura gruesa, el potasio disminuye en los horizontes subsuperficiales respecto al horizonte A. Estos resultados estarían relacionados con el tipo y proporción de coloides que influyen en el comportamiento físico-químico de cada tipo de suelo: en los suelos del Este, con mayor contenido de arcillas, serían los coloides minerales los que influyen en mayor medida el contenido total de K intercambiable; por el contrario en los suelos de textura gruesa del Oeste sería la materia orgánica, presente sobre todo en superficie, la que condiciona gran parte del K cambiante.

Cuadro 5. Valores medios de potasio de intercambio en los horizontes A y C de cada una de las zonas diferenciadas.

Zona	K intercambiable (cmol.kg <sup>-1</sup> )						
	1	2	3	4	5	6	7
Hor. A	2.03	2.06	2.01	1.45	2.13	2.04	2.16
Hor. e	2.57	2.38	2.15	1.59	1.95	1.87	1.59

Si por el contrario, en lugar de considerar el valor absoluto se considera la proporción del K dentro de las bases cambiantes (Cuadro 6), se constata que los resultados son similares para horizontes A y C, esto es porcentajes de K intercambiable ‘menores en los suelos de textura fina del Este y porcentajes mayores en los suelos de textura arenosa del Oeste: estos resultados reflejarían así la influencia del factor mineralogía en el contenido de K intercambiable.

Cuadro 6. Porcentaje medio de potasio de intercambio en los horizontes A y C de cada una de las zonas diferenciadas.

Zona	K intercambiable (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
Hor..A	10.3	10.2	9.0	6.6	12.9	14.8	10.7
Hor.. e	10.7	12.5	7.8	6.2	13.5	13.9	11.5

*b.El potasio total*

Se estudió la composición geoquímica de tres perfiles de suelo de un sector de la Pampa Ondulada al oeste de la ciudad de Buenos Aires (Morrás et al., 1998-a), incluyendo el contenido de potasio total y de potasio intercambiable. En el Cuadro 7 se dan los datos de dos de los perfiles estudiados: los valores de potasio total aparecen semejantes entre las distintas muestras, oscilando alrededor de un 2 % K<sub>2</sub>O.

Cuadro 7. Potasio total y cambiante y sus relaciones con el contenido de arcilla y la CIC en dos suelos de la Pampa Ondulada.

Perfil-horizonte	K total (% K <sub>2</sub> O)	(K total / arcilla %) .100	K intercambio (cmol.kg-1)	(K interc. / CIE). 100	(K interc. / arcilla %) .100
1-A+B	2.01	6.8	0.9	4.9	3.0
1-Bt1	2.10	3.9	1.6	4.9	2.9
1-Bt2	2.30	4.1	1.1	3.5	1.9
1-BCk	1.86	5.8	0.9	4.0	2.7
1-C	2.12	5.4	1.3	4.6	3.2
2-A1	1.90	6.6	1.4	7.1	4.8
2-Bt1	2.17	5.9	1.3	5.9	3.5
2-Bt2	2.10	5.0	1.1	4.3	2.6
2-BC	2.32	7.2	1.0	4.5	3.1
2-Ckml	1.85	9.0	0.8	4.9	3.9

Considerando los valores absolutos, en los horizontes B aumenta ligeramente el contenido de K total respecto a los horizontes A y C; sin embargo la proporción de K total respecto a la cantidad de arcilla disminuye en los horizontes B; esto sugiere que una proporción importante del K total se encuentra en otras fracciones, particularmente en el limo. Del mismo modo, el K de intercambio disminuye proporcionalmente en los horizontes B de ambos perfiles, tanto respecto a la arcilla total como a la CIC del suelo. Comparando ambos perfiles entre sí se observa que tanto la relación del K total como intercambiable con la arcilla son mayores en el perfil 2 que en el 1, lo que refleja las diferencias mineralógicas entre ambos perfiles: en el perfil 2 predominan las arcillas illíticas en tanto en el perfil 1 son abundantes las esmectitas (Nabel et al., 1999).

## Conclusiones

Los estudios realizados permitieron constatar variaciones espaciales horizontales y verticales de los contenidos de potasio total, potasio cuasi-total y potasio cambiante en los suelos de la región Chaco-pampeana, las que se hallan claramente relacionadas con las diferencias mineralógicas y granulométricas de los sedimentos que constituyen su material parental.

Así, en los suelos de la Pampa Sur desarrollados sobre materiales sedimentarios provenientes de los Andes y de la Patagonia extra-andina, los contenidos de las distintas fracciones de potasio son inferiores a las de los suelos de la Pampa Norte, en los que además de los materiales anteriores se presenta una proporción considerable de aportes provenientes de la Sierras Pampeanas. Por otra parte, los menores contenidos de potasio se observan en los suelos con predominancia de aportes sedimentarios de los ríos Paraná y Uruguay.

En términos generales los contenidos de potasio son elevados en el conjunto de la región Chaco-pampeana. Sin embargo, los trabajos efectuados indican que los contenidos de las distintas fracciones de potasio están condicionados por la proporción relativa de las fracciones granulométricas y por la composición mineralógica de las mismas. Asimismo, el grado de desarrollo de los suelos, y en particular el grado de iluviación, influyen en la distribución vertical de las fracciones de potasio. La proporción de materia orgánica es además un factor que influye en el contenido de potasio de intercambio del horizonte superficial, en particular en los suelos de textura gruesa. Diversas situaciones pueden así observarse en la región, resultantes de combinaciones diferentes de esos factores determinantes.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los mayores contenidos de potasio total, cuasi total y cambiante se presentan en suelos constituidos por una proporción moderada de arcillas de naturaleza illítica y por un porcentaje elevado de limo en el cual feldespatos y micas son abundantes, como ocurre en Argiudoles típicos localizados en la Pampa Norte y el sector occidental del Chaco Meridional.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andreoli, C. y Peinemann, N., 1984. Fracciones de potasio y condiciones de equilibrio en suelos de la llanura pampeana. *Ciencia del Suelo*, 2 (2): 159-166
- Arens, P., 1971. Aspectos químicos y físico-químicos de la fertilidad del suelo. En: Seminario de fertilidad y fertilizantes. *Sociedad Científica Argentina y Facultad de Agronomía y Veterinaria, USA*, pp.44-52.
- Cruzate, G., 2001. Caracterización y cartografía de los materiales parentales de los suelos del centro de la Región Pampeana mediante el procesamiento geoestadístico de parámetros químicos y físicos. Tesis Ms. Se., Facultad de Agronomía USA, 99 p.
- De la Horra, A., y Mizuno, I., 1974. Potasio en algunos suelos argentinos. *Anal. Sociedad Científica Argentina*, CXCVIII: 87-93
- Lavenir, P., 1910. Contribución al estudio de los suelos de la República Argentina. *Anal. del Min. de Agricultura*, Tomo 11, n° 11, 577 p.
- Lavenir, P., 1922. Contribución al estudio de los suelos yaguas de la Gob. de La Pampa, *Min. Agricultura de la Nación.*, 54 p.

- Morrás, H., 1994. Caracterización de la organización y composición química de arcillas mediante técnicas submicroscópicas. Aplicación al estudio de arcillas de suelos del Chaco Meridional. V Reunión Argentina de Sedimentología~ Tucumán, Actas, pp. 271-276
- Morrás, H., 1996-a. Diferenciación de los sedimentos superficiales de la región pampeana en base a los contenidos de fósforo y potasio. VI Reunión Argentina de Sedimentología, Bahía Blanca, Actas, pp.37-42.
- Morrás, H., 1996-b Composición y evolución de la fracción limo grueso de suelos del Chaco Meridional argentino. XIII Congreso Geológico Argentino, Actas IV: 263
- Morrás, H., 1997. Origen y mineralogía del material parental de los suelos de la región pampeana. ¿Homogeneidad o heterogeneidad? Primer Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente, Asociación Argentina de Sedimentología, Buenos Aires, Resúmenes, pp.19-20.
- Morrás, H., 1999-a. Geochemical differentiation of Quaternary sediments from the Pampean region based on soil phosphorous contents as detected in the early 20th century; Quaternary International, '62: 57-67
- Morrás, H., 1999-b. Composición geoquímica de suelos y sedimentos cuaternarios de un sector del Chaco Meridional. I Congreso. de Cuaternario y Geomorfología, Santa Rosa, Actas, pp. 13.
- Morrás, H., Robert, M. y Bocquier, G., 1982. Caracterisation minéralogique de quelques solonetz et planosols du Chaco Déprimido. Cahiers de l' ORSTOM, série Pédologie, 19 (2): 151-169
- Morrás, H., Zech, W. y Nabel, P., 1998. Composición geoquímica de suelos y sedimentos loessicos de un sector de la Pampa Ondulada. V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonarenses, Mar del Plata, Actas, Vol. I: 225-232
- Morrás, H. y Cruzate, G» 2000. Distribución de los sedimentos superficiales en la Región Pampeana Norte (Argentina) a través del análisis de la variación espacial de parámetros físicos y químicos. 11 Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Mar del Plata, Resúmenes, pp 126-127
- Moscatelli, G., 1991. Los suelos de la Región Pampeana. En: El desarrollo agropecuario pampeano. O. Barsky (Ed.), INDEC, INTA, IICA, pp.11-76
- Nabel, P., Morrás, H., Petersen, N. y Zech, W., 1999. Correlation of magnetic and lithologic features of soils and quaternary sediments from the Undulating Pampa. J. of South Am. Earth Sci., 12: 311-323.
- Ramos, N., Andreoli, C. y Peinemann, N., 1984. Fracciones de potasio en suelos del SO de la provincia de Buenos Aires y E de La Pampa. R.I.A., XIX (1): 115-125
- Scoppa, C., 1976. La mineralogía de los suelos de la llanura pampeana en la interpretación de su génesis y distribución. IDIA, Suplemento n° 33, pp.659-673
- Zaffanella, M., 1952. Los elementos químicos y la fertilidad del suelo. En: La fertilidad del suelo pampeano. Revista Argentina de Agronomía, T.19, N°2, pp. 90-100
- Zubillaga, M. y Conti, M., 1994. Importance of the textural fraction and its mineralogic characteristics in the potassium contents of different Argentine soils. Commun. Soil Sci Plant Anal., 25 (5&6), 479-487
- Zubillaga, M. y Conti, M., 1996. Availability of exchangeable and non-exchangeable K in Argentine soils with different mineralogy. Z.Pflanzenernahr. Bodenk., 159: 149-153.

# DISTRIBUCIÓN DE CATIONES EN SUELOS CON MONOCULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR Y CON APLICACIÓN DE SUS SUBPRODUCTOS EN LA PROVINCIA DE JUJUY

**Olga S. Heredia, Lidia Giuffré, Luis Berasategui, Silvia Ratto y Marta Conti**  
*Ctedra de Edafología, Facultad de Agronomía, UBA. conti@mai.agri.uba.ar*

## RESUMEN

*Se analizaron muestras superficiales de suelos (Ustifluvents) con monocultivo de caña (30 Y 100 años) con el objetivo de evaluar el efecto que la aplicación de subproductos de la industria azucarera tiene sobre las bases de cambio del suelo. Los análisis fueron: pH, CE (conductividad eléctrica) (en la pasta), Ca (calcio), Mg (magnesio), Na (sodio), K (potasio) intercambiables y CIC (capacidad intercambio catiónico).*

*El pH varió entre 7,1 a 7,5 sin diferencias entre tratamientos. La aplicación de CV (cachaza-vinaza, subproductos de industria azucarera) mejoró sustancialmente los valores de K en suelos con respecto al monocultivo de caña, pero no hubo efecto en Ca, Na y Mg intercambiables. Aumentó la relación K/Mg y la CE sin afectar potencialmente al cultivo.*

## CATION DISTRIBUTION IN SOILS MONOCROPPED TO SUGAR CANE UNDER APPLICATION OF MILLING SUBPRODUCTS IN JUJUY

*Surface soil samples of Ustifluvents with sugarcane cultivation as monoculture (30 and 100 years) were analyzed in order to evaluate the effect of sugarcane industry subproducts application on soil exchangeable bases.*

*The analysis were pH, EC( paste), exchangeable Ca, Mg, Na and K and cation exchange capacity. The ph varied between 7.1 and 7.5 without differences between treatments. The application of CV increased soil K values respect to sugarcane monoculture, but there were no effects on exchangeable Ca, Na and Mg. K/Mg relationship was increased, and also EC, but it did not affect the cultivation.*

## Introducción

La provincia de Jujuy participa con el 23 % de la producción de azúcar del país, ocupando el cultivo de caña el 17,4% de la superficie cañera total (SAGPyA-SIIA, 1999). La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo que tiene una alta demanda de nutrientes en particular de nitrógeno, potasio, calcio y fósforo, y en menor medida de, magnesio y azufre. Esto determina que a la cosecha se exporten en el siguiente orden:  $K > N > Ca > P > Mg > S$ .

Si bien se fertiliza con N y K, en menor medida con P, la mayor parte de los nutrientes consumidos lo hace a expensas de las formas disponibles de los mismos en el suelo.

Los principales problemas en la región son: el monocultivo que produce degradación de la tierra, el uso de los subproductos de la industria azucarera que generan alta contaminación ambiental y el uso eficiente del agua sin la cual no es posible la expansión del cultivo (SAGyP, 1995).

En la región existen problemas de suministro de nutrientes, como N y K que aplicados como Urea y Nitrato de K mejoran notablemente los rendimientos en Tucumán (Pérez Zamora et al., 2000).

El uso de los subproductos de la industria azucarera, como la cachaza y vinaza como enmiendas orgánicas aplicadas al suelo es una forma de reducir el nivel de contaminantes que año a año son vertidos a los ríos y de mejorar la fertilidad de los suelos, aunque estos deben ser monitoreados para evitar su deterioro.

Con el objetivo de evaluar el efecto que la aplicación de subproductos de la industria azucarera tiene sobre las bases de cambio del suelo es que se planteó el siguiente trabajo.

## Materiales y Métodos

Se muestrearon suelos (Ustifluventes) provenientes de varias fincas de caña de azúcar ubicadas en la provincia de Jujuy.

Las muestras se tomaron de 0-20 cm, de lotes con distinta cantidad de años en monocultivo de caña: 30 (30) y 100 años (100) y otros a los que se les aplicó una dosis de 150 m<sup>3</sup>/ha de una mezcla de cachaza-vinaza Cv, aplicadas en el surco de riego.

En el laboratorio se determinó la CE en la pasta (potenciometría), cationes intercambiables (Ca, Mg, Na, K) por el método del Acetato de Amonio IN pH 7 (Page, 1982). Los resultados fueron analizados con el paquete estadístico SX 4,0.

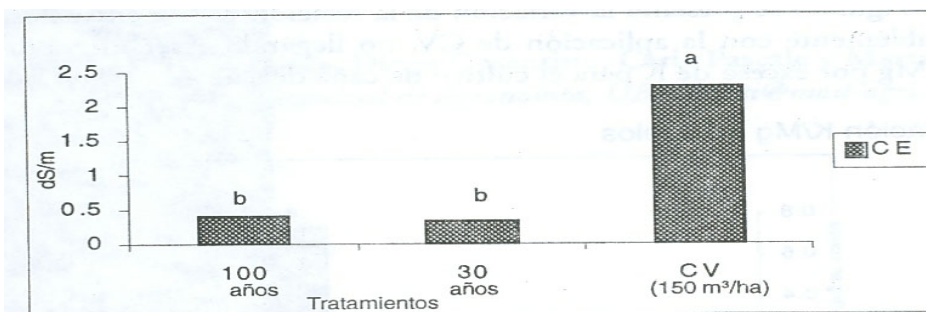
## Resultados y Discusión

El valor de pH vario entre 7,1 a 7,5 según se tratara de suelos bajo monocultivo de caña o con aplicación de CV no habiendo diferencias significativas entre tratamientos. Para la



CE (Figura 1) hubo diferencias altamente significativas según el tratamiento dado a los suelos.

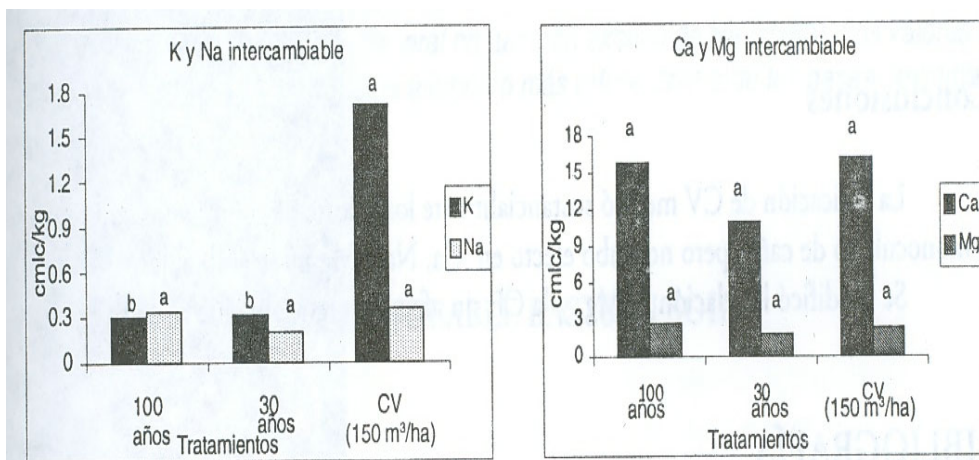
Figura 1: CE en suelos



Leyenda: Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ )

En la figura 2 puede observarse el contenido de los cationes intercambiables.

Figura 2: K, Na, Ca y Mg intercambiable en suelos



Leyenda: Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0, 05$ )

No hubo diferencias estadísticamente significativas en el nivel de Na, Ca y Mg intercambiables en las profundidades estudiadas. Para K hubo diferencias entre profundidades para CV pero no en 100 Y 30 años de monocultivo.

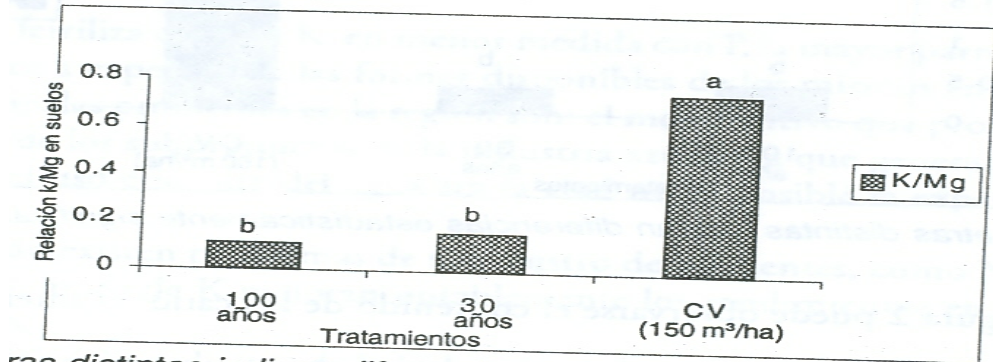
Araín et al. (2000) evaluando el efecto de las propiedades físico-químicas de los suelos, encontraron que en suelos con bajo contenido en MO, P, pH alcalino y bajo K los rendimientos en caña eran muy bajos, en aquellos casos en los que se proveía al cultivo de niveles de K de 12.8 ppm y de Mg a 89.7 ppm los rendimientos mejoraban notablemente en suelos de Pakistán.

En los suelos evaluados en este trabajo en Jujuy se desprende un bajo contenido en K en suelos con muchos años de monocultivo y un aumento sustancial en el nivel del nutriente con la aplicación de CV, considerándose deficiente su contenido aún en esta situación, ya que los valores de suficiencia K en caña se encuentran en valores de 2,87 cmolc/kg (Gething, 1994),

valor que no es alcanzado en ningún tratamiento. Esto puede llevar a modificaciones en las relaciones iónicas de los cationes del suelo que afecten la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo.

En la Figura 3 se presenta la variación de la relación K/Mg en suelos. Esta relación aumenta notablemente con la aplicación de CV, no llegando a ser un valor que afecte la absorción de Mg por exceso de K para el cultivo de caña de azúcar.

Figura 3: Relación K/Mg en suelos



Legenda: Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ )

## Conclusiones

La aplicación de CV mejoró sustancialmente los valores de K en suelos con respecto al monocultivo de caña, pero no hubo efecto en Ca, Na y Mg intercambiables.

Se modificó la relación K/Mg y la CE sin afectar potencialmente al cultivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Araín M. A. K. A. Murabi, M. A. Khan. 2000. Some physico-chemical characteristics of soil in sugarcane cultivated areas of Nawabshah, Sindu, Pakistan. *Pakistan J. of Botany* 32: 93-100.
- Gething PA 1994. Actualidad del Potasio. IIP, 140pp.
- Page A. L. (ed). 1982. Methods of soil analysis (part 2). Chemical and microbiological properties. 2Q ed., NQ 9 (part 2) in the series Agronomy. American Society of Agronomy, S.S.S.A. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin. USA: 1159 p.
- Pérez, F., R.M. Scandaliaris; E. Romero. 2000. Considerations on potassium in some sugarcane soils and posible benefits of phertilizer use. *Avance Agroindustrial* 21: 18-22. .
- SAGPyA-SIIA. 1999. Estadísticas agropecuarias.  
Pago Web. <http://www.sagyp.mecom.gov.ar/scripts/ingles/icultind.idc>.
- SAGyP. 1995. Alerta amarillo: el deterioro de las tierras en la República Argentina. SAGyP-CFA. DUO/Comunicación Visual, BS.As. Argentina. 287pp.

# POTASIO Y OTRAS BASES DE CAMBIO EN SUELOS DEL VALLE DEL RIO NEGRO

**Lidia Giuffré, Olga Heredia, Diego Cosentino, Carla Pascale y Marta Conti**  
*Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, UBA.conti@mail-agri.uba.ar*

## RESUMEN

*El objetivo de este trabajo fue caracterizar la dotación de bases de cambio en suelos del valle del Río Negro. Se consideraron situaciones productivas de montes de manzano y situaciones testigo en Chimpay (Río Negro) y en Vista Alegre (Neuquén). Los valores de CIC (capacidad intercambio catiónico) y bases de cambio se obtuvieron mediante la extracción con acetato de amonio y determinación con EAA (espectrometría de absorción atómica) y fotometría de llama. Los suelos estuvieron bien dotados en Ca (calcio) y Mg (magnesio), y en general no tuvieron exceso de Na (sodio). Los valores de potasio resultaron bajos, siendo el elemento más crítico dentro de las bases de cambio.*

## POTASSIUM AND EXCHANGEABLE BASES IN SOILS OF RIO NEGRO VALLEY

*The objective of this work was to characterize exchangeable bases content in soils from Río Negro valley. Productive situations of apple mounts were considered, with control situations, in the locations of Chimpay (Río Negro) and Vista Alegre (Neuquén). Cation exchange capacity and exchangeable bases were determined with an ammonium acetate extraction and atomic absorption spectrophotometry.*

*The provision of Ca and Mg was good, and in general, there was no sodium excess. K values resulted low, being the most critical element among exchangeable bases.*

## Introducción

En general, la tendencia en la zona ha sido monitorear el estado de los montes frutales mediante el análisis foliar de los mismos. El análisis de suelos es, sin embargo, una herramienta fundamental para diagnosticar el estado de fertilidad y las posibles carencias o desequilibrios nutricionales.

Con adecuadas condiciones de abastecimiento, algunos nutrientes del suelo pueden ser adecuadamente absorbidos por la planta de acuerdo a su dinámica nutricional. En el cultivo de manzano resulta muy importante la absorción de potasio, que alcanza a 39 kg/ha para una producción de 10 Mg ha<sup>-1</sup>. En magnitud es más relevante aún que la absorción de N para idéntico rinde (Melgar, 1997).

Se han detectado deficiencias de potasio con contenidos foliares de 0.8% y en suelo de 50-60 ppm. La fertilización potásica ha aumentado el color rojo de los frutos, su tamaño, y la acidez titulable, cuando la concentración en hoja era menor del 1 %.

En el momento de establecer el cultivo de manzano se recomienda una fertirrigación con N-P-K en montes de alta densidad plantados en suelos de textura gruesa (Raese, 1998).

La fertilización foliar suplementaria estimulativa ha incrementado el rendimiento de manzano entre el 8 y 29 %, además de la calidad del fruto (Soare et al., 1996), disminuyendo por otra parte las consecuencias de excesos climáticos sobre las plantas.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la dotación de las bases de cambio en suelos del Valle del Río Negro como primer paso al diagnóstico del equilibrio nutricional en manzanos.

## Materiales y Métodos

Se efectuó un muestreo de suelos en chacras de la empresa Moño Azul, en montes de manzano de alto rendimiento. Se extrajeron muestras superficiales de suelo con barreno (0-20 cm), antes de la cosecha, durante el mes de febrero de 2001 en las localidades de Chimpay (Río Negro) y Vista Alegre (Neuquén). Se estudiaron además muestras testigo en cada situación. Las muestras consideradas fueron: Chacra 1 (Chimpay): M\vt: monte viejo; MN, monte nuevo; A, alfalfar; S, terreno sistematizado. Chacra 2 (Vista Alegre): TI, testigo; RD, manzana-no, RDO, manzano producción orgánica, T2, testigo albardón, AG, monte albardón.

Los valores de CIC y bases de cambio se obtuvieron mediante la extracción con acetato de amonio y determinación con EAA y fotometría de llama (Page, 1982).

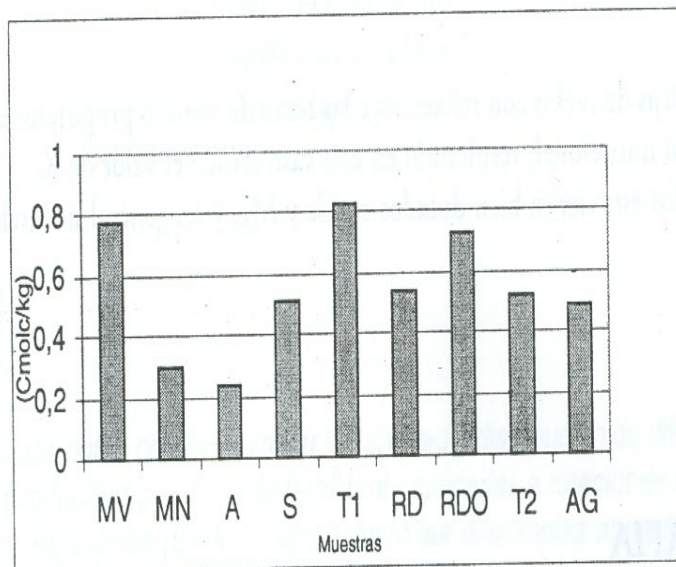
## Resultados y Discusión

Los suelos presentan valores de CE bajos (<0,5 dS m<sup>-1</sup>), excepto para el terreno sistematizado de la Chacra 1 (2,43 dS m<sup>-1</sup>), que aparece como un material distinto, con un

mayor contenido salino. Con respecto al Na de cambio, el terreno sistematizado y el testigo del albardón son suelos sódicos. Las mediciones de pH oscilaron entre 7,7 y 8,6, pudiendo atribuirse estos valores a la presencia de carbonato de calcio.

Con referencia al potasio, los valores son normales para la zona, oscilando las texturas entre francas y franco-arenosas. Entre el monte nuevo y el monte viejo de Chimpay, se observa un aumento que podría estar originado por los repetidos años de fertilización. El alfalfar presentó los valores mínimos de K, pudiendo éste ser considerado un mejor testigo que el suelo sistematizado, que presentó valores anómalos de CE y Na. También existe una tendencia a mayores valores de K intercambiable en la chacra de Neuquén, lo mismo sucede con el Mg de cambio. (Figura 1).

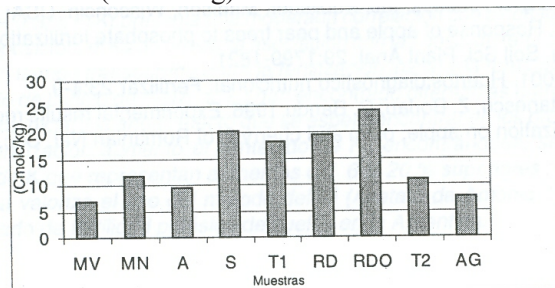
Figura 1. Potasio de cambio (Cmolc/kg)



Los valores de Ca intercambiable de las muestras S, T1, RD y RDO son demasiado altos, esto puede explicarse por una alta presencia de carbonatos de calcio en las mismas, que han sido disueltos por el extractante, sobreestimándose en consecuencia el valor del calcio.

Los demás suelos pueden ser considerados bien provistos en este elemento. (Figura 2).

Figura 2. Calcio de cambio (Cmolc/kg)



En los suelos estudiados los valores de K resultan ser bajos, siendo el más crítico dentro de las bases de cambio. Es importante también conocer la relación existente entre el

potasio y el magnesio ya que en manzano es conocido el efecto positivo de acompañar las fertilizaciones potásicas con Mg a fin de evitar problemas nutricionales (Gething, 1994).

La relación K/Mg es baja en todos los suelos, excepto el T2, lo que implica que no es probable la deficiencia de Mg por el exceso de K.

Se desea resaltar la importancia del análisis de suelos para calcular adecuadamente las dosis de fertilizante a agregar, de modo de evitar indeseables consecuencias ambientales. En grandes explotaciones y montes con alta variabilidad, resulta de gran utilidad complementarlos con fotografías aéreas, que permiten visualizar adecuadamente problemas de desuniformidad de la biomasa (Sánchez, 2001), de modo de establecer las prácticas de manejo más adecuadas.

## Conclusiones

Los análisis de suelos con referencia a las bases de cambio proporcionan información valiosa del estado nutricional, resultando en este caso crítico el valor de K.

Los suelos estuvieron bien dotados en Ca y Mg, Y en general no tuvieron exceso de Na<sup>+</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

Gething P.A. 1994. Actualidad del Potasio, IIP. 140pp.

Melgar R., M. Díaz Zorita. 1997. La fertilización de cultivos y pasturas. Ed. hemisferio. sur. 250pp.

Page A.L. (ed). 1982. Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties

2 NQ 9 (Part 2) in the series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin. USA: 1159 p.

Raese J.T. 1998. Response of apple and pear trees to phosphate fertilization: a compendium. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 29: 1799-1821.

Sánchez EA 2001. Huertos: diagnóstico nutricional. Fertilizar 23:4-9.

Soare M., V. Catanescu, Z. Borlau, G. Bandu. 1996. Experimental results regarding effect of foliar fertilization on apple, plum and cherry. J. of Romanian Nat. Soco Soil Sci. 30: 71-80.



# MONITOREO DE LOS CAMBIOS EN LA FERTILIDAD POTÁSICA DE HAPLUDOLES TÍPICOS DE LA REGIÓN PAMPEANA FERTILIZADOS PARA AGRICULTURA DE ALTO RENDIMIENTO (\*)

Marta E Conti, Ana M de la Horra, Mirta G González, Nilda M. Arrigo,  
Fernando Garda<sup>1</sup>.

*Cátedra de Edafología - Facultad de Agronomía. UBA.*

<sup>1</sup> *INPOFOS Cono Sur.*

*cont@miul.agri.uba.ar*

*fgarcia@ppi-ppic-org*

## RESUMEN

*Se propuso como objetivo evaluar la cantidad y distribución de diferentes formas de potasio (K), producidas por dosis de fertilizante aplicadas a rotaciones de maíz, trigo y soja, en suelos Hapludoles (Bs.As), identificando las diferencias entre las aplicaciones anuales vs aplicaciones únicas iniciales de K.*

*Las muestras de suelo fueron extraídas posteriormente a la cosecha de maíz, primer cultivo de la rotación, procediéndose a analizar el contenido de potasio soluble (Ks), potasio intercambiable (Ki) y potasio de reserva (Kr) del suelo.*

*Los resultados obtenidos evidencian muy claramente que la determinación química que más se ajusta al agregado de fertilizante es la del Ki. La relación que presenta es altamente significativa en superficie ( $r = 0.85$ ) no manteniéndose la misma magnitud en profundidad ( $r = 0.32$ ). El Kr presenta una moderada correlación con el fertilizante agregado ( $r = 0.31$ ). En oposición, el Ks no presenta asociación con las dosis de fertilización potásica. Debido al corto tiempo transcurrido entre la fertilización inicial y la toma de las muestras, sólo un período de cultivo de maíz, no se han encontrado diferencias entre las formas de aplicación única inicial y la anual, efecto que se espera encontrar en los próximos cultivos.*

*La fertilización aumentó el contenido de Ki, encontrándose, según las dosis, equivalentes de K que representan aumentos del 6 al 20 % superiores al suelo control. La experiencia valoriza el uso del método del Ki (Acetato de Amonio 1 N pH 7), para evaluar el estado de fertilidad potásica de suelos en la Argentina.*

---

(\*) Este trabajo fue realizado con subsidio de INPOFOS Cono Sur.

# MONITORING CHANGES IN POTASSIUM FERTILITY OF A TYPIC HAPLUDOLL OF THE PAMPEAN REGION FERTILIZED FOR A HIGH YIELDING AGRICULTURE

*The objective of this work was to evaluate the quantity and distribution in different ways of potassium, produced by fertilizer dose applied to rotations of corn, wheat and soya, in Hapludoll (Bs.As), identifying the differences among the applications annual vs only umbral applications of K..*

*The soil samples were extracted after the crop of corn, first cultivation of the -K! rotation, being proceeded to analyzed the content of soluble potassium (Ks), P2' interchangeable potassium (Ki) and reservation potassium (Kr) of the soil.*

*The obtained results evidence ve/}' clearly that the chemical determination is; more adjusted to the fertilizer addition is that of the Ki. The relationship is highly significant in surface ( $r = 0.85$ ) but not with the same magnitude in depth ( $r = 0.32$ ). The Kr presents; pt a moderate correlation with the added fertilizer ( $r = 0.31$ ). In opposition, the Ks doesn't ll e present association with the doses of potassium fertilization. Due to the short time lapse~ d between the initial fertilization and the taking of the samples, only a period of cultivation o~ p corn, they have not been differences between the forms of initial unique application andl the annual one, effect that is hoped to be found in the next cultivation.*

*The fertilization increased the content of Ki and according to the doses, equivalentll of K were found that represent increases from the 6 to 20% superiors to the control som, The experience valorizes the use of the method of the Ki (Acetate of Ammonium 1 N pH 7), to evaluate the state of potassium ferti/ity of soils in the Argentina.*

## Introducción

Los suelos Hapludoles típicos del partido de 9 de julio (Bs As-Argentina), a pesar de tener adecuados niveles de potasio intercambiable, han manifestado baja velocidad de reposición de este elemento a la solución y baja movilidad en el suelo (de la Horra, 2.000). El impacto del uso de fertilizantes potásicos se refleja no sólo en los rendimientos de los granos y las extracciones de potasio de la cosecha, sino en la cantidad y distribución de las diferentes fracciones que quedan en el suelo (Con ti, 2.000). Así se pueden observar las disminuciones o aumentos en la fertilidad potásica del suelo en un determinado período, de acuerdo a las dosis y la forma de aplicación usada. Esta investigación sirve como apoyo básico para deter-minar las dosis y formas óptimas de adicionar fertilizante potásico a los principales cultivos de la región e identificar interacciones con fertilizaciones de otros nutrientes.

En este trabajo se propuso evaluar la cantidad y distribución de potasio, en las dife-rentes formas, que producen dosis crecientes del fertilizante aplicado; en forma única inicial (efecto residual) o en forma anual a cultivos de trigo, soja y maíz, en suelos Hapludoles del partido de 9 de julio. También se buscó identificar la interacción de las dosis de potasio con dosis crecientes de fósforo aplicadas simultáneamente.

Se presentan los resultados del primer año de iniciada la experimentación.

## Materiales y Métodos

Se realizó ensayos en lotes de producción utilizándose maquinaria convencional y óptimo manejo general de cultivo. Se comenzó con maíz en el año 1999-2000. Los distintos tratamientos de potasio se acompañaron con fósforo y se realizaron por triplicado y en parcelas de 10 x 30 m, con la perspectiva de continuar la investigación durante cinco años más. Los tratamientos usados fueron (dosis en kg ha<sup>-1</sup>): **P O -K O ; P O -K25 R; P 10 -K25R; P IOR -K 25R; P 20 -K 25R; P 20R -K 25R; P 40 -K 25R; P 80 -K 25R; P 20R -K O; P 20R -K 25, P2 OR -K 50; P 20R -K 50R; P 20R -K 100; P20R -K 200.** (R= fertilizado anualmente).

El K fue aplicado como cloruro de potasio . Las muestras de suelo fueron extraídas en agosto del año 2000 después de la cosecha de maíz y antes de la siembra de trigo; a dos profundidades: O - 20 cm y 20 - 40 cm, procediéndose a analizar sus contenidos de K<sub>s</sub> por extracción con cloruro de calcio; K<sub>i</sub>\*\*\* por extracción con acetato de amonio; y por extracción con ácido nítrico. También se calculó el potasio no disponible, por diferencia entre el potasio extraído con nítrico y el extraído con acetato de amonio.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos y las correlaciones de cada variable con las dosis de fertilizante evidencian muy claramente que la forma que más se asocia al agregado de fertilizante es el potasio intercambiable, esta relación es muy alta en superficie ( $r = 0.85$ ), no manteniéndose en la misma magnitud en profundidad ( $r = 0.32$ ) relacionado probablemente a la falta de movilidad intrínseca de este nutriente. El potasio extraído con ácido nítrico presenta una moderada correlación con el fertilizante en todas las muestras ( $r = 0.31$ ). En oposición a las variables anteriores, el potasio de la solución del suelo no obtuvo correlación alguna con las dosis de fertilización potásica agregada, presentando en todos los casos valores bajos y relativamente constantes, tanto en superficie como en profundidad.

Debido al corto tiempo transcurrido entre la fertilización inicial y la toma de las muestras, sólo un período de cultivo de maíz, no se han producido diferencias entre la fertilización inicial y las anuales, efecto que se espera encontrar en próximas cosechas.

En la Figura 1 se presenta la relación existente entre el fertilizante agregado y el valor de K intercambiable. Es notorio que el fertilizante se reubica en este suelo fundamentalmente en las primeras dosis en las posiciones intercambiables. La menor incidencia de su reubicación en las posiciones fijas pueden estar relacionadas al bajo contenido de arcillas y a la saturación potásica inicial del suelo (Conti, 2.001; Gonzalez, 2.001)