

POTASIO EN SUELOS TROPICALES

J. Espinosa

Introducción

El potasio (K) es esencial para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. La deficiencia de este elemento afecta varios procesos fisiológicos y bioquímicos y reduce el rendimiento.

A diferencia del nitrógeno (N), el fósforo (P) y otros nutrientes, el K no forma parte de la estructura química de la planta y una gran parte aparece como constituyente del jugo celular. Sin embargo, el K participa en procesos como la activación de enzimas, regulación del funcionamiento de los estomas, regulación de los procesos de ósmosis, fotosíntesis y transporte de los productos de la fotosíntesis (Mengel, 1985; Suelter, 1985; Huber, 1985).

Además, el K promueve la utilización de N por las plantas (Dibb y Thompson, 1985) y reduce la incidencia de enfermedades al promover hojas con epidermis de paredes celulares fuertes (Huber y Arny, 1985).

Los requerimientos de K varían de acuerdo al tipo de suelo y a las condiciones de manejo de los cultivos. En general, las necesidades de K están influenciadas por los siguientes factores: a) Tipo de suelo, b) Nutrientes aplicados y sus interacciones, c) Variedad o híbrido utilizado, d) Prácticas de labranza y e) Manejo de residuos.

En América del Sur y América Central existen una diversidad de ambientes que han dado lugar a la formación de diversos tipos de suelos. Estos suelos soportan una variada gama de cultivos, con diferentes requerimientos de K, que responden en forma diferente a la aplicación de este elemento así como al manejo.

En la Tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica, a nivel de orden, de los suelos más comunes en América del Sur y América Central. Es necesario reconocer la presencia del nuevo orden de los Andisoles que agrupa a los suelos derivados de ceniza volcánica que anteriormente se encontraban agrupados dentro del suborden de los Andepts en el orden de los Inceptisoles.

Los suelos dominantes en América tropical y subtropical son los Oxisoles, Ultisoles y Andisoles, aún cuando la presencia de otros órdenes es también importante. En este artículo se discuten algunas de las propiedades químicas y las respuestas a las aplicaciones de K en varios de estos suelos.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de los suelos más comunes de América del sur y América Central (Malavolta, 1985)

Trópicos		Subtrópicos	
>1000 m	500-1000m	>1000 m	500-1000m
América del Sur			
Oxisoles	Alfisoles	Oxisoles	Mollisoles
Ultisoles	Inceptisoles	Ultisoles	Aridisoles
Inceptisoles	Andisoles	Inceptisoles	Entisoles
Andisoles	Mollisoles	Andisoles	
Entisoles	Oxisoles	Alfisoles	
Alfisoles	Entisoles	Entisoles	
América Central			
Inceptisoles	Inceptisoles	Spodosoles	Mollisoles
Andisoles	Andisoles	Entisoles	Alfisoles
Ultisoles	Mollisoles	Histosoles	Vertisoles
Alfisoles	Alfisoles	Alfisoles	
Vertisoles	Vertisoles		

Características químicas de los suelos tropicales

Los suelos de las regiones templadas están dominados por minerales arcillosos de carga permanente y aun cuando existe amplia experiencia y adecuado conocimiento del manejo del K en estos suelos, la aplicación de esta experiencia en suelos tropicales no ha sido exitosa (Uribe y Cox, 1990).

Los suelos tropicales, por el contrario, han estado expuestos a largos e intensos procesos de meteorización que han dado lugar a la transformación y pérdida de la mayoría de los minerales primarios. Como resultado, la fracción arcilla de estos suelos está dominada por minerales de carga variable caracterizados por tener superficies anfóteras dependientes del pH (Parffit, 1980; Pareira, Salcedo y Tiessen, 1990).

Los suelos con apreciable cantidad de carga variable son los Andisoles, Spodosoles, Oxisoles y Ultisoles. Estos suelos deben ser manejados en forma diferente a aquellos suelos de carga permanente debido a que sus propiedades físicas y químicas son diferentes (Parfitt, 1980; Uehara y Keng, 1975).

Las propiedades anfóteras de la superficie de los minerales de los suelos de carga variable se encuentran en materiales que contienen grupos FeOH y/o AlOH como la goetita y la gibsita en los Ultisoles y Oxisoles y la imogolita y alofana en los Andisoles. También presentan estas propiedades los bordes de arcillas de tipo 1:1 como la caolinita y los complejos que forman el Fe y el Al con la materia orgánica (MO).

A pH bajo, la superficie de las arcillas de estos suelos está dominada por carga positiva mientras que a pH alto las superficies presentan neta carga negativa. El pH al cual el número de cargas positivas es igual al número de cargas negativas se conoce como el punto cero de carga (p.c.c.). Bajo condiciones de campo la mayoría de los suelos de carga variable tiene carga neta negativa. Es importante destacar que a diferencia de los suelos de carga permanente, en estos suelos se puede incrementar la cantidad de carga negativa en la superficie de las arcillas con el incremento del pH, encalando el suelo por ejemplo (Uehara y Gilman, 1981; Parfitt, 1980).

La magnitud y signo de la carga en suelos de carga variable es importante porque influencia la retención de nutrientes como el K^+ y el NO_3^- . Este factor es de menor importancia en iones como el fosfato (HPO_4^{2-} y $H_2PO_4^-$) que pueden ser adsorbidos aún en superficies dominadas por Fe y Al que tienen cargas negativas (Parfitt y Henmi, 1980).

En general, en los suelos de los trópicos húmedos no es común la presencia de minerales arcillosos de tipo illítico y por esta razón existe muy poca acumulación de K por medio de fijación entre las láminas de estas arcillas. En estos suelos, la pérdida de K por lixiviación puede ser intensa (Ritchey, 1979; Malvolta, 1985; Baligar y Bennett, 1986). Como consecuencia de la alta meteorización estos suelos están dominados por una fracción arcilla

constituida principalmente por caolinitas y óxidos de Fe y Al, aun cuando se han detectado en varias ocasiones contenidos bajos de filosilicatos de tipo 2:1 que pueden jugar un papel muy importante en la dinámica y manejo de K en estos suelos (Uribe y Cox, 1990).

Es conocido que no es posible el paso directo del K de la fase sólida a la raíz y para que ocurra absorción es necesario que los iones K pasen de los sitios de intercambio a la solución del suelo. La absorción de K por las plantas deprime la concentración de este elemento en la solución del suelo y crea una gradiente que permite el transporte del K de la fase de intercambio a la solución buscando establecer la concentración de equilibrio. El crecimiento del cultivo será normal si la concentración de K en la solución del suelo se mantiene sobre cierto nivel crítico (Uribe y Cox, 1990).

La concentración de equilibrio en la solución es una propiedad particular de cada suelo y está determinada por tres factores 1) Cantidad de K intercambiable, 2) Contenido de arcillas y 3) Mineralogía de las arcillas.

Evaluación de la disponibilidad de K

Varios procedimientos físico-químicos han tratado de evaluar la disponibilidad de K en el suelo para los cultivos. Se ha sugerido que la relación entre la actividad de K, Ca y Mg o AR_e^K [$a_K/(a_{Ca}+a_{Mg})^{1/2}$], en una solución en equilibrio con el suelo, provee una medición satisfactoria de la disponibilidad de K. Este parámetro se denomina intensidad. Sin embargo, aun cuando varios suelos tengan el mismo valor de AR_e^K , éstos pueden no tener la misma capacidad de mantener la relación a medida que las plantas absorben K. Por esta razón es necesario evaluar un parámetro que determine la cantidad potencial de K presente en el suelo. Estas determinaciones se denominan "Relaciones Cantidad/Intensidad" (Q/I) (Beckett, 1964).

En realidad la determinación Q/I en el suelo mide la cantidad de K adsorbido (retenido en la fase de intercambio) a una determinada intensidad (actividad en la solución del suelo). Además, determina la "Capacidad Tampón Potencial de K" (PBC^K) que no es más que la

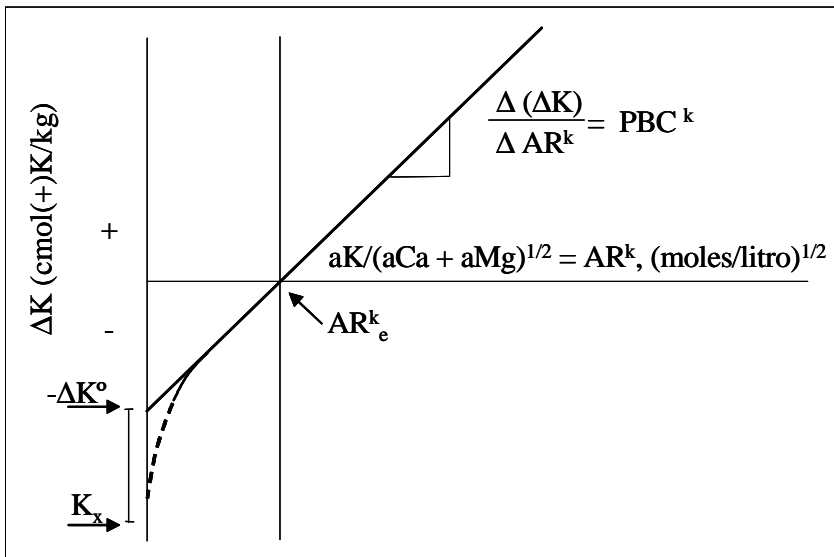


Figura 1. Curva típica Q/I para K en un suelo agrícola

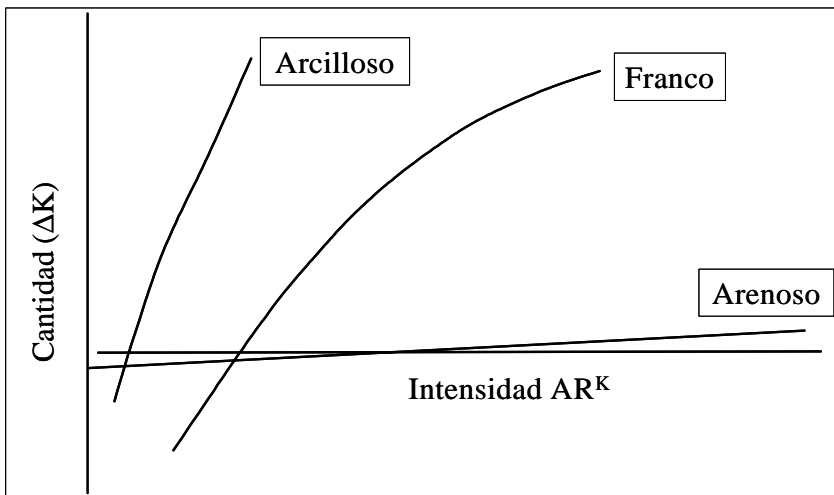


Figura 2. Curvas Q/I para diferentes tipos de suelos

resistencia del suelo al cambio en contenido de K o en otras palabras la capacidad del suelo para suplir K continuamente (Sumner, West y Leal, 1992).

Para medir las curvas Q/I simplemente se pone en equilibrio una serie de tubos conteniendo la misma cantidad de suelo a los cuales se añaden cantidades crecientes de K. Después que el suelo ha entrado en equilibrio con la solución añadida se mide la actividad de K, Ca y Mg en la solución.

Las soluciones de concentraciones bajas de K liberan este elemento del suelo a la solución, pero las de concentraciones altas permiten que el suelo tome K de la solución. De esta forma es posible graficar las relaciones Q/I colocando la cantidad de K liberada o adsorbida por el suelo

($\pm \Delta K$) en el eje de las Y (factor cantidad) y en el eje de las X se coloca la cantidad de K remanente en la solución (AR^K) de acuerdo a la relación $a_K/(a_{Ca}+a_{Mg})^{1/2}$ (factor intensidad).

La capacidad tampón de K de ese suelo se determina por la pendiente de la porción lineal de la curva ($\Delta Q/\Delta I = PBC^K$) y en realidad mide la capacidad del suelo para suplir K. La extrapolación de la porción lineal del eje Y ($-\Delta K^0$) es la cantidad de K en forma lábil (disponible para la planta durante el ciclo), reflejando la porción de K de mayor disponibilidad. El punto de intersección de la curva PBC^K con el eje X se conoce como AR_e^K representa la disponibilidad de K en forma lábil y describe la composición de la solución del suelo.

Una curva típica Q/I para K se presenta en la Figura 1 y en la Figura 2 se presenta la comparación de curvas Q/I de suelos arenosos, francos y arcillosos.

Una analogía que frecuentemente ayuda en la comprensión de una curva Q/I compara a PBC^K con el tamaño de la bodega para almacenar K, AR_e^K como el tamaño de la puerta de la bodega y $-\Delta K^0$ como la cantidad de K que se puede retirar de la bodega en un período corto de tiempo. Por esta razón, si la planta necesita K rápidamente, AR_e^K debe ser grande y las reservas del suelo $-\Delta K^0$ suficientes para suplir esta necesidad (Sumner, West y Leal, 1992)

Otros procedimientos derivados de esta metodología, como la ecuación de Gapón, determinan el coeficiente de selectividad de K. La ecuación de Gapón hace uso de parámetros como la CIC, K intercambiable, y actividad de K, Ca, Mg en la solución del suelo para determinar un coeficiente de selectividad para K

(Kg) que permita predecir la dinámica de K en el suelo en relación con el contenido de Ca y Mg.

Los parámetros evaluados con las curvas cantidad / intensidad (Q/I) y con procedimientos parecidos, no han sido satisfactorios desde el punto de vista práctico aun en suelos de carga permanente. Además, las determinaciones en el laboratorio son muy laboriosas. Estos parámetros varían aún dentro de suelos que tienen idéntico tipo de minerales arcillosos, pero que difieren en manejo. Esto quiere decir que los parámetros determinados son específicos para cada sitio (Novozamsky y Houba, 1987). Por otro lado, el uso de estas técnicas en suelos de carga variable está limitado por el hecho de que CIC cambia con el pH, la concentración de electrolitos y la valencia de los iones en la solución del suelo (Parfitt, 1980).

Sin embargo, reconociendo que la asimilación de un ión por las plantas está relacionado con la actividad o concentración de ese ión en la solución del suelo (Mengel, 1982), parecería lógico determinar la concentración de K en la solución del suelo como un parámetro válido para evaluar el estado de este elemento en el suelo. Desgraciadamente esta determinación es también difícil de hacerla en análisis rutinario de suelos. Por esta razón, se utiliza al K intercambiable como medida de la disponibilidad de este elemento en el suelo (Novozamsky y Houba, 1987). Esta evaluación indirecta se logra utilizando soluciones extractoras que reemplazan el K en la fase de intercambio con otros iones. Estos métodos han funcionado aceptablemente por muchos años y continuarán siendo la base para determinar el nivel crítico.

Sin embargo, han surgido nuevas inquietudes que podrían mejorar la eficiencia de los métodos de análisis de K (y otros nutrientes). Estudios encaminados a mejorar el análisis de K en el suelo revelaron que ningún extractante podía generar valores que correlacionen siempre bien con la respuesta del cultivo en el campo en diferentes suelos y en diferentes condiciones de manejo. En otras palabras éstos no son extractantes universales. Esta falta de correlación se podría explicar en los procesos

que permiten que los nutrientes lleguen a la superficie de la raíz para absorción.

Existen dos procesos que son los responsables de poner el K en la solución del suelo a disponibilidad de la planta, es decir que permiten que los iones lleguen a la superficie de las raíces de las plantas. Estos procesos se denominan flujo de masa y difusión.

La planta toma agua del suelo y esta acción de bombeo permite que los iones K disueltos en el agua sean transportados hacia la raíz. Este proceso se denomina flujo de masa. En general, entre el 40 al 50% de K llega a la planta por este proceso. El resto del requerimiento de K debe llegar a la raíz por el proceso de difusión que mueve el K en la solución del suelo de las áreas de mayor concentración a las áreas de menor concentración. Cuando las plantas remueven K de la solución del suelo de la vecindad inmediata de las raíces, el K se difunde o mueve a esta parte de la solución del suelo que tiene ahora menos concentración de K.

El crecimiento de las raíces hacia nuevos volúmenes de suelo es también importante, fundamentalmente porque permite que los dos procesos primarios sean efectivos. El análisis del suelo hecho con extractantes químicos determina principalmente el K intercambiable que puede llegar a la solución del suelo y volverse disponible pero no es sensitivo a los procesos que regulan esta disponibilidad.

Investigación conducida en Montana demostró que era posible conseguir mejores correlaciones entre los valores del análisis de suelo y las respuestas del cultivo con el uso de una resina de intercambio iónico (Yang, et al., 1991; Skogley, 1994). Esto permitió desarrollar un método que utiliza una resina en cápsula que simplifica el trabajo. El uso de la resina permite que se reflejen en los resultados de los análisis las características del suelo que regulan la difusión. Estos resultados también reflejan la concentración de K en la solución del suelo lo que se relaciona directamente con el flujo de masa de K hacia las raíces. Por estas razones, esta metodología proporciona una forma más acertada de separar diferentes suelos de acuerdo

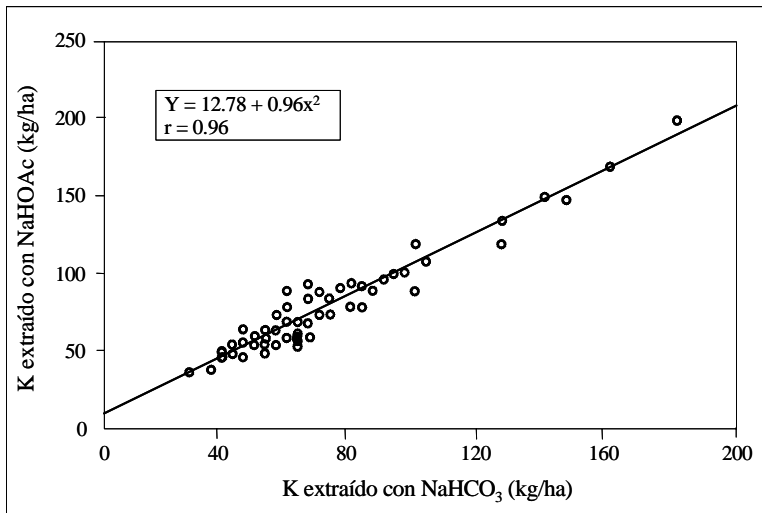


Figura 3. Relación entre el extraído con NaHCO_3 y NH_4OAc en dos Ultisoles de Yurimaguas, Perú (Uribe y Cox, 1990).

a su habilidad para entregar K a las raíces en crecimiento de la planta (Skogley, 1995).

Los resultados de la extracción con resina de muestras de suelos de diferentes partes del mundo sugieren que este método trabaja bien en un amplio rango de suelos que van de arenosos a arcillosos y de calcáreos a muy ácidos. La capacidad de estos suelos para suplementar K varían mucho aun cuando varios de ellos tienen similar cantidad de K extraída con extractantes químicos convencionales (Skogley, 1994).

Mientras se estudiaba el comportamiento de K se hizo obvio rápidamente que el método de la resina en cápsula podría ser utilizado para resolver la mayoría de problemas encontrados en el análisis de otros nutrientes al utilizar extractantes químicos. Este método es sensitivo a los procesos que controlan la disponibilidad de nutrientes a nivel de la superficie de las raíces de modo que puede obtener datos más precisos. Al utilizar una mezcla de resinas aniónicas y catiónicas se logra un extractante universal. El método funciona en toda clase de suelos y puede utilizarse para estandarizar el análisis en el mundo. Esta simple metodología elimina varios pasos del análisis tradicional de suelos que son fuente potencial de error (Skogley, 1994).

Métodos de análisis de suelos que utilizan resinas de intercambio han sido utilizados con éxito por varios años en Brasil en una variedad grande de suelos. En estas condiciones estos métodos también han probado tener la más alta

correlación con la respuesta de los cultivos en comparación con los métodos convencionales (Raij, 1991).

Respuesta al K en Oxisoles y Ultisoles

Investigación de campo en suelos tropicales ha calibrado los niveles críticos de K intercambiable extraído con diferentes soluciones. Es generalmente aceptado que en estos suelos aparecen deficiencias cuando el K intercambiable es menor que 0.10 meq/100 g de suelo (Baligar y Bennett, 1986) aun cuando es difícil hacer este

tipo de generalizaciones debido a la diversidad de suelos encontrados en los trópicos.

En muchos casos el K intercambiable no es el único parámetro que permite determinar la disponibilidad de K. En suelos tropicales existen otros factores como la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la naturaleza de los minerales arcillosos del suelo que deben ser tomados en cuenta.

La naturaleza de la fracción arcilla puede influir en la determinación de la magnitud del nivel crítico. Uribe y Cox (1990) evaluaron la extracción de K intercambiable con acetato de amonio y bicarbonato de sodio en dos ultisoles de diferente textura en Yurimaguas, Perú. Se encontró una buena correlación entre el K intercambiable extraído por las dos soluciones indicando que ambos extractantes evalúan adecuadamente el contenido de K en estos suelos (Figura 3).

Por otro lado, es interesante observar que el intercepto de la línea de predicción no cruza el origen indicando de esta forma que existe una fracción de K que no es desplazada por el ion Na, pero que es posible extraerla con NH_4 . Los autores atribuyen este comportamiento al hecho de que una fracción de K se encuentra adsorbida en sitios específicos de los bordes meteorizados o entreabiertos de las arcillas de tipo 2:1 que en pequeñas proporciones fueron detectadas en esos suelos. Esto tiene relevancia en el manejo de K de estos ultisoles en particular ya que esta

fracción de K constituye una reserva de disponibilidad intermedia que antes no se creía posible en ultisoles.

En general, y con los datos de investigación obtenidos hasta el momento, se puede concluir que el fenómeno dominante en la dinámica del K en Ultisoles y Oxisoles es la lixiviación por la baja capacidad de estos para retener K, aun cuando, como ya se discutió anteriormente, cantidades residuales de filosilicatos de tipo 2:1 pueden contribuir a fijación de K en ciertos Ultisoles. Sin embargo, en suelos de carga variable la CIC juega un papel importante en la retención de K.

Comparando dos suelos de igual mineralogía pero de diferente CIC, un nivel dado de K intercambiable puede ser considerado adecuado para el suelo de baja CIC, mientras que en el otro con mayor CIC el nivel de K no puede ser adecuado. Esto se debe a que la concentración de K en la solución del suelo varía de acuerdo a la capacidad de retención de K de la fase de intercambio. Suelos con mayor CIC tienden a retener mayor cantidad de K en la fase de intercambio dejando solamente en la solución una mínima fracción que puede ser asimilada rápidamente. Esta es la razón por la cual los niveles críticos de K para diferentes cultivos tienden a ser mayores en suelos con mayor CIC (Da Silva y Meurer, 1988; Uribe y Cox, 1990).

La facilidad con la que se puede modificar la CIC de los suelos de carga variable, ya sea por encalado y/o manejo de residuos, debe considerarse para poder determinar correctamente los correspondientes niveles críticos de K. Por esta razón, no se pueden generalizar niveles críticos de K, y otros nutrientes, en situaciones como las prevalentes en muchas áreas de Ultisoles y Oxisoles donde se ha iniciado manejo intensivo en búsqueda de agricultura sostenida.

Incorporación de Residuos

Los Ultisoles y Oxisoles, muchos de ellos ricos en K cuando se inicia su uso agrícola, agotan este suplemento del K en muy pocos ciclos de cultivo. Es por esta razón que experimentos de corto plazo, que no evalúan cambios en la

condición del suelo, principalmente la naturaleza y magnitud de la CIC inducidas por manejo a largo plazo, no permiten determinar adecuadamente los niveles críticos de K. En la Tabla 2 se presentan datos de la respuesta de la soya a la aplicación de K en Ultisoles de los Llanos Orientales de Venezuela, recientemente incorporados a cultivo.

En este caso la respuesta inicial a aplicaciones de K es baja y la determinación de nivel crítico de K y otros nutrientes que permita rendimientos sostenidos en este suelo será posible solamente después del equilibrio obtenido por varios ciclos de manejo de suelo y cultivos.

Tabla 2. Rendimientos del primer cultivo de soya, después de iniciarse el uso agrícola, en suelos de la Mesa de Guánipa, Venezuela (Casanova comunicación personal, 1990).

Niveles de nutrientes (kg/ha)		Rendimiento promedio (kg/ha)
P ₂ O ₅	K ₂ O	
150	0	2543
150	60	2857
150	120	2840

En Ultisoles y Oxisoles, el agotamiento rápido de la materia orgánica después de la incorporación del suelo al cultivo amenaza la sostenibilidad de la producción. Como ya se ha indicado, en la mayoría de estos suelos el efecto residual de aplicaciones de K es relativamente corto.

Se ha demostrado también que el reciclaje de la biomasa es importante en el mantenimiento de rendimientos sostenidos y en la prolongación del efecto residual de aplicaciones de fertilizantes potásicos (Silva y Ritchey, 1981; Uribe y Cox, 1990).

Experimentos conducidos por Uribe y Cox (1990), demostraron el efecto benéfico del reciclaje de residuos en el uso eficiente de K aplicado como fertilizante en Ultisoles de la amazonía de Perú (Figura 4).

Los autores concluyen indicando que el hecho de no incorporar residuos permite que exista más

presión sobre la fase de intercambio. Cuando se incorporan los residuos, el K de los fertilizantes aplicados y el K proveniente del reciclaje de la biomasa, satura la solución del suelo forzando a que mayores cantidades de K sean acumuladas en la fase de intercambio y en la fase no intercambiable representada por las cantidades residuales de arcillas tipo 2:1 encontradas en estos suelos en particular.

Es evidente que la incorporación de residuos es una forma efectiva de prolongar el efecto residual de las aplicaciones de K, pero no eliminan la necesidad de utilizar fertilizante. Es necesario considerar que la inevitable exportación de K en el grano a la cosecha disminuye gradualmente la cantidad de K que se

suelos permitió a los autores presentar las siguientes conclusiones: a) La exportación de K cuando los residuos son retirados completamente del campo es lo suficientemente grande para no permitir efecto residual de dosis de K tan altas como 126 kg K/ha, b) La incorporación de residuos es un mecanismo efectivo para prolongar el efecto residual y mejorar el uso de K, c) Para compensar la pérdida de K por exportación en el grano a la cosecha y mantener el nivel crítico, es necesario hacer aplicaciones totales o fraccionadas de 40 kg K/ha por año y d) En estos suelos y en las condiciones de equilibrio alcanzadas, el nivel crítico para maíz es de 0.10 meq de K extraído con la solución de Mehlich-1. El contenido inicial de K fue de 0.16 meq/100g suelo.

Tabla 3. Respuesta a la aplicación de K y al manejo de residuos en un Ultisol de Panamá (Name, Smyth y Márquez, 1990).

K aplicado en 1987 kg K/ha ⁺	Manejo de residuos	----- Rendimiento de grano -----		
		1987	1988	1989
		----- kg/ha -----		
0	Sin residuo	1591	752	287
42	„	1376	903	472
126	„	1981	928	889
0	Incorporado	1405	1201	1840
42	„	1789	1587	2143
84	„	1485	1441	2017
126	„	2163	1377	2674
42*	„	1789	1358	3059

* 42 kg K/ha aplicados cada ciclo.
 + Aplicaciones adicionales: 3.7 t/ha de CaCO₃ en 1987 y 2.0 t/ha de Ca(OH)₂ en 1989; 66, 33, 66 kg P/ha en los tres ciclos, respectivamente; 150 kg N/ha en cada ciclo.

El efecto benéfico de la incorporación de residuos también se expresa en suelos de mayor fertilidad. Estudios conducidos en Kansas, por 12 años consecutivos, en una rotación soya, trigo, sorgo, evaluaron el efecto de la incorporación de residuos en el rendimiento y la disponibilidad de K.

Los tratamientos de residuo fueron: 1) Residuo removido cada año después de la cosecha, 2) Incorporación del residuo normal dejado después de la cosecha y, 3) Incorporación del doble del residuo normal dejado por la cosecha. Cada uno de estos tratamientos recibió dosis crecientes de nutrientes.

recicla en el sistema y es necesario hacer aplicaciones periódicas de fertilizantes

Evaluaciones del efecto residual de aplicación de fertilizantes potásicos e incorporación de residuos en la producción de maíz, en Ultisoles de Panamá, demostraron la misma tendencia (Name, Smyth y Márquez, 1990). En la Tabla 3 se presentan los datos obtenidos después de tres ciclos de cultivo.

La evaluación de los resultados de rendimiento y la información obtenida con los análisis de

La aplicación continua de residuos por 11 años tuvo un efecto significativo en el contenido de K intercambiable en el suelo como se ilustra en la Figura 5 (Janssen y Whitney, 1995).

Respuesta al K en Andisoles

Los Andisoles cubren apreciables áreas de América Central y América del Sur. Aun cuando se presentan menos deficiencias de K en estos suelos, el manejo intensivo puede forzar a que éstas aparezcan bruscamente. No se ha

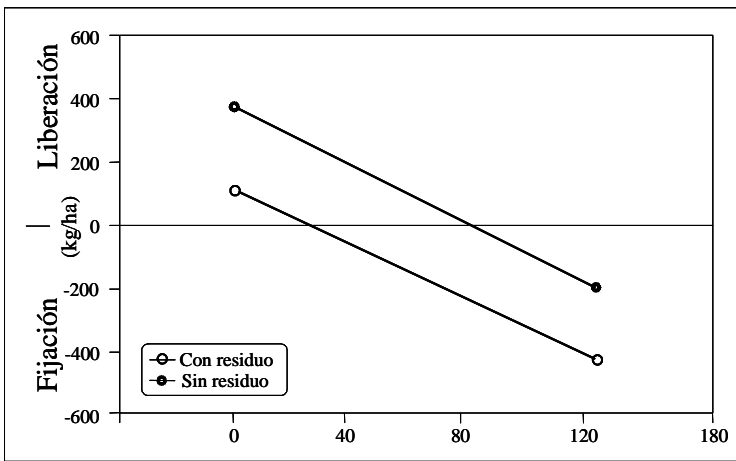


Figura 4. Efecto de la aplicación de fertilizante potásico y el manejo de residuos en la liberación y fijación de K en Ultisoles de Yurimaguas, Perú (Uribe y Cox; 1990)

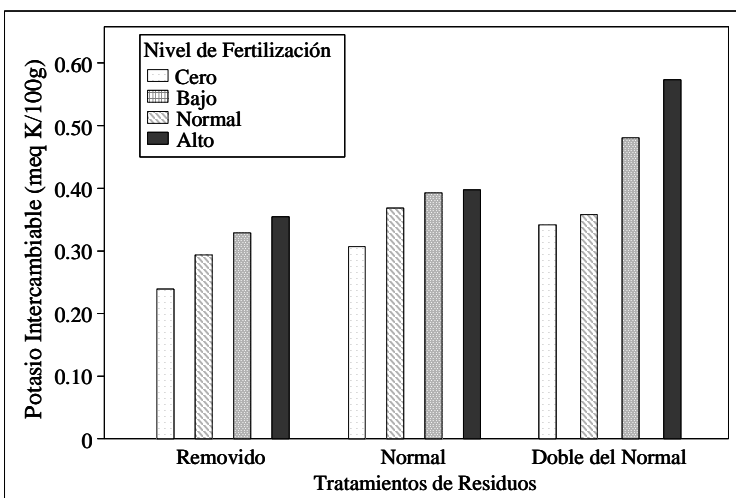


Figura 5. Potasio intercambiable después de 11 años de manejo de residuos y fertilizantes (Janssen y Whitney, 1995).

estudiado profundamente la dinámica del K en estos suelos, pero existe evidencia que sugiere que la naturaleza de la fase de intercambio de las arcillas dominantes en estos suelos tendría un efecto directo en la nutrición con K.

Los minerales de la fracción arcilla de los Andisoles son minerales amorfos, es decir no tienen estructura cristalina definida. Entre ellos se pueden citar la alofana, imogolita y halloisita pobremente ordenada o embrio halloisita (Uehara, 1985; Wada y Kakuto, 1985). El pH natural de estos suelos se encuentra en un rango de 5.5 a 6.5, pero en las zonas altas de los andes y en áreas de intensa agricultura el pH del suelo puede ser menor que 5.5 causando problemas de toxicidad de aluminio. El encalado demuestra claramente la naturaleza variable de la carga de estos suelos.

En suelos de carga variable las condiciones creadas por manejo en la fase de intercambio tienen importancia en la determinación de los niveles críticos de K (y otros cationes) y en la respuesta a la aplicación de fertilizantes potásicos. Este es el caso de los Andisoles, pero la dinámica del K en estos suelos no es muy clara todavía y se debe continuar investigando.

Como ya se mencionó anteriormente, en general no se ha encontrado una respuesta a K en Andisoles sin problemas de pH. Sin embargo, esta generalización no es muy cierta. Cultivos exigentes en K han encontrado respuesta a aplicaciones de este elemento. La variaciones de mineralogía debidas a los diferentes patrones de meteorización de la ceniza volcánica de donde provienen estos suelos explicarían la respuesta.

En la Tabla 4 se presentan datos de experimentos con el cultivo de papas conducidos en dos Andisoles, un Vitrand con abundante vidrio volcánico y un Melanudand con mayor presencia de alofana e imogolita (INIAP, 1990).

La respuesta a la aplicación de K en el Vitrand es consistente durante los tres ciclos de cultivo mientras que la respuesta en el Melanudand es muy pequeña después de dos ciclos. El contenido de K intercambiable en la parcela testigo del Vitrand es 0.19 meq/100 g, mientras que en el Melanudand es de 0.56. Las aplicaciones de 60 y 120 kg K₂O/ha elevaron el contenido de K intercambiable en el Vitrand a 0.25 y 0.26 meq/100g y en el Melanudand a 0.59 y 0.60, respectivamente (Tabla 4).

El nivel crítico de K generalizado para esta zona de Andisoles es de 0.40 meq, pero aun cuando no se ha hecho la determinación precisa de los niveles críticos, los datos sugieren que para el cultivo de papas los niveles críticos serían de 0.26 meq para el suelo Vitrand y de 0.60 para el suelo Melanudand.

Tabla 4. Respuesta de la papa a dosis de K en Andisoles de Ecuador (INIAP, 1990).

Dosis K ₂ O kg /ha	Rendimiento ----- t/ha -----			K int.* meq/100 g ⁺ 1990
	1988	1989	1990	
	Vitrand			
0	18.6	34.2	43.8	0.19
60	27.9	49.3	47.9	0.25
120	39.3	49.7	51.0	0.26
	Melanudand			
0		20.6	49.3	0.36
60		21.7	43.1	0.59
120		25.0	51.3	0.60

* K intercambiable extraído con bicarbonato de sodio

Por otro lado, es interesante notar la mayor respuesta a la aplicación de K en ciclos donde existió estrés de humedad en el suelo (Tabla 4). En las dos localidades las precipitaciones fueron menores a la normal en el año 1988 y 1989. Esto se refleja en el menor rendimiento general en las parcelas testigo y en las parcelas fertilizadas con K. Los rendimientos en el año 1990 fueron en general mucho más grandes debido a la presencia de humedad normal en el suelo. Es evidente observar la mayor respuesta relativa en términos de rendimientos a las aplicaciones de K en el año 1988 y 1989. Este comportamiento es común en diferentes suelos y cultivos y se debe fundamentalmente a la mejor utilización del agua en situaciones de estrés, en cultivos fertilizados con K (Huber, 1985).

Tabla 5. Efecto de las dosis de K en la calidad del tubérculo de papa en Andisoles de Ecuador (INIAP, 1990).

Dosis de K kg K ₂ O/ha	Rendimiento -----		
	Tamaño tubérculos		Total
	> 120 g	< 120 g	
	----- t/ha -----		
	Vitrand		
0	22.0	21.8	43.8
60	32.5	15.4	47.9
120	33.0	18.0	51.0
	Melanudand		
0	34.0	15.3	49.3
60	38.8	4.3	43.1
120	40.0	11.3	51.3

La fertilización con K también tiene efectos significativos en la calidad del cultivo (Usherwood, 1985; Herliky, 1989). En la Tabla 5 se presentan los resultados del efecto de la fertilización con K en el tamaño del tubérculo de papa cultivada en los Andisoles descritos anteriormente.

Las aplicaciones de tasas crecientes de K incrementaron consistentemente la cantidad de tubérculo de peso mayor a 120 g mientras que la cantidad con tamaño menor a 120 g decrecía proporcionalmente. Esto representa para el agricultor el obtener mejores precios en el mercado.

Prioridades de Investigación con K en suelos de carga variable

Determinación de niveles críticos y experimentos a largo plazo.

La investigación efectuada hasta el momento en suelos de América Latina ha generalizado niveles críticos para grupos grandes de suelos sin tomar en cuenta los diferentes efectos del manejo y los requerimientos variables del K de los diferentes cultivos. Por otro lado, la mayoría de estos experimentos han sido conducidos a corto plazo y por esto no han evaluado acertadamente los efectos residuales y los cambios en la dinámica de los nutrientes con la producción continua de cultivos.

Experimentos a largo plazo han demostrado que los niveles críticos considerados adecuados para amplias zonas cambian con el manejo y tienen diferente valor para los diferentes cultivos dentro de una rotación en un mismo suelo (Smyth y Cravo, 1990).

En la actualidad la utilización intensiva de suelos en búsqueda de rendimientos sostenibles, exige investigación a largo plazo que permita obtener parámetros más ajustados para lograr un uso más eficiente de los fertilizantes.

Bibliografía

- Baligar V. E., and O. L. Bennett. 1986. NPK fertilizer efficiency- a situation analysis for the tropics. *Fertilizer Research* 10: 147-164.
- Beckett, P.H. 1964. Studies on soil potassium II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil. *Journal Soil Science* 15(1): 10-23.
- Boul, S. W. 1987. Fertility capability classification system and its utilization. In: M. Latham (ed). *Proceedings of the First Regional Seminar on Soil Management Under Humid Conditions in Asia: Asialand*: Oct. 13-20. 1986. IBSRAM, Bangkok, Thailand.
- Da Silva, J. R. T. e K. D. Ritchey. 1982. Adubacao potassica em solos de cerrado. In: T. Yamada (ed). *Em potassio na agricultura Brasileira*. Instituto da Potasa e Fosfato, Piracicaba, Brasil.
- Da Silva, J. R. T., and E. J. Meurer. 1988. Disponibilidad de potassio para as plantas em solos do Rio Grande do Sul en funcao da capacidade de troca de cations. *Rev. Bras. Cienc. Solo*. 12:137-142.
- Dibb, D. W., and W. R. Thompson, Jr. 1985. Interaction of potassium with other nutrients. In: R. Munson (ed). *Potassium in agriculture*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
- Espinosa, J. 1987. Efecto del encalado en las propiedades químicas del suelos ecuatorianos. *Memorias del Primer Congreso Nacional de Ciencias de la Comunidad Científica Ecuatoriana*. Quito, Ecuador.
- Fox, R. L. 1980. Soil with variable charge: Agronomic and fertility aspects. In theng, G. (ed). *Soils with variable charge*. Palmerston North, New Zeland Society of Soil Science.
- Guillman, G. P. 1979. A proposed method for the measurement of exchange properties on highly weathered soils. *Aust. J. Soil Res.* 17:129-139.
- Guillman, G. P., and R. L. Fox. 1980. Increases in the cation exchange capacity of variable charge soils following superphosphate applications. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:934-938
- Guillman, G. P., and G. Uehara. 1980. Charge characteristics of soils with variable and permanent charge minerals: 2. Experimental. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:252-255.
- Herlihy, M. 1989. Effect of potassium on sugar accumulation in storage tissue. In: *Methods of K-Research in plants*. International Potash Intitute. Bern, Switzerland.
- Huber, S.C. 1985 Role of potassium in photosynthesis and respiration. In: R. Munson (ed). *Potassium in agriculture*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
- Huber, S.C., and D. C: Arny. 1985. Interaccions of potassium with plant disease. In: R. Munson (ed). *Potassium in Agriculture*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
- INIAP, 1990. Departamento de Suelos y Fertilizantes. Informe Técnico 1990. Quito, Ecuador.
- Janssen, K., and D. Whitney. 1995. Crop residue removal and fertilizer effects on crop yield and soil sustainabilty. *Better Crops* 79:(2):4-6.
- Malavolta, E. 1985. Potassium status of tropical and subtropical region soils. In: R. Munson (ed). *Potassium in Agriculture*. American Society of Agronomy. Madison Wisconsin, USA.
- Mengel, K., and E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th edition. International Potash Institute. Bern. Switzerland.
- Name, B., T. J. Smyth, and E. Márquez. 1990. Dinámica del potasio en un ultisol del Panamá. *Memorias del taller de*

- investigación en suelos tropicales, RISTROP. San José, Costa Rica (En Prensa).
- Novozansky, I., and V. J. Houba. 1989. Critical evaluation of soil testing method for K. In: *Methodology in soil -K research*. International Potash Institute. Bern, Switzerland
- Parfitt, R. L. 1980. Chemical properties of variable charge soils. In: C. Theng. (ed). *Soils with variable charge*. Palmerston North, New Zeland Society of Soil Science.
- Parfitt, R. L., and T. Henmi. 1980. Structure of some allophanes from New Zeland. *Clays Clay Min.* 28:285-294.
- Pereira, Z. M., I. H. Salcedo and H. Tiessen. 1989. Effects of calcium carbonate and ammonium phosphate additions on electrochemical properties and potassium retention of two brazilian soils. *Soil Science* 147:64-70.
- Raij, B. von. 1991. *Fertilidade do solo e adubacao*. Editora Agronómica Ceres Ltda. Sao Paulo, Brasil.
- Ritchey, K. D. 1979. Potassium fertility in oxisols and ultisols of the humid tropics. *Cornell International Agriculture. Bulletin* 37. Cornell University, Ithaca, N. Y.
- Skogley, E. 1994. Nuevo método de análisis de potasio en el suelo. *Informaciones Agronómicas, INPOFOS*. 16:1-3.
- Smyth, T.J., and M. S. Cravo. 1990. Phosphorus management for continuous corn,-cowpea production in a Brazilian Amazon oxisol. *Agron. J.* 82:305-309
- Suelter, C. H. 1985. Role of potassium in enzyme catalysis. In: R. Munson (ed). *Potassium in Agriculture*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
- Sumner, M.E., L.T. West, y J.E. Leal. 1992. *Suelos de la agroindustria cafetalera en Guatemala: Región sur*. The University of Georgia, Athens.
- Uehara, G. 1985. Physico-chemical characteristics of Andisols. In: F. H. Beinroth, W. Luxio, F. Maldonado and H. Eswaran (eds). *Proceedings of the sixth international soil classification workshop, Chile and Ecuador. Part 1: Papers*. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Santiago, Chile.
- Uehara, G., and G. P. Gillman. 1981. *The mineralogy, chemistry, and physics of tropical soils with variable charge clays*. Westview Press, Boulder, Colo.
- Uehara, G., and J. Keng. 1975. Management implications of soil mineralogy in Latin America. In: E. Bornemisza and A. Alvarado (eds). *Soil management in Tropical America*. N.C. State. Univ., Raleigh.
- Uribe, E., y F. R. Cox. 1990. *Dinámica y manejo de potasio en sistemas de altos y bajos insumos en ultisoles amazónicos*. *Memorias del taller de investigación en suelos tropicales*.
- RISTROP. San José, Costa Rica. (En prensa).
- Usherwood, N. R. 1985. The role of potassium in crop quality. In: R. Munsel (ed). *Potassium in Agriculture*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. USA.
- Yang, J. E., E. O. Skogley, S. J. Georgitis, B. E. Schaff, and A. H. Ferguson. 1991. Phytoavailability soil test: development and verification of theory. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1358-1365.