

INFORMACIONES Agronomicas



INVESTIGACION
INPOFOS
EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA

TRANSFORMACIONES DE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO

T. S. Murrell*

Para entender las potenciales diferencias entre los nutrientes orgánicos e inorgánicos es mejor empezar examinando las transformaciones que sufren ambos tipos de nutrientes en el suelo. Estas transformaciones son el resultado de las reacciones químicas que determinan en donde se encuentran los nutrientes dentro del sistema. El conjunto completo de reacciones, para un determinado nutriente, se llama ciclo. Se usa este término porque los nutrientes no se destruyen en las reacciones, simplemente son relocalizados de una parte del ambiente a otra.

Los ciclos incluyen varios sistemas a diferentes escalas. En este artículo se discute el ciclo de los nutrientes en el suelo. Existen ciclos en otros sistemas, por ejemplo, gases atmosféricos, agua subterránea, agua superficial y agua en los océanos. Cada ciclo está compuesto de: 1) entradas, 2) salidas y 3) transformaciones o componentes del ciclo. Las entradas son los lugares en el ciclo por donde ingresan los nutrientes, las salidas son los sitios por donde los nutrientes abandonan el ciclo y las transformaciones son las reacciones que cambian la forma química del nutriente. En este artículo se examinan los ciclos en el suelo, de los nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), provenientes tanto de fuentes orgánicas como inorgánicas.

Ciclo de Nitrógeno

Entradas

El ciclo del N se presenta en la **Figura 1**. Las entradas de N orgánico provienen de los residuos de corral, biosólidos, residuos de plantas y la fijación por organismos del suelo. Las entradas de N inorgánico provienen de la aplicación de los fertilizantes comerciales y de las deposiciones hechas por la lluvias. La producción de los fertilizantes nitrogenados es también un proceso de fijación que convierte el N atmosférico a formas concentradas más solubles.

Transformaciones

El N que entra en el suelo está sujeto a muchas transformaciones. La cantidad y tipo de reacciones son las mismas, sin importar si la fuente es orgánica o inorgánica. Sin embargo, la fuente determina que transformaciones son las que dominan. El N de las fuentes orgánicas pasa a formar parte de la materia orgánica del suelo. Una parte de este N se convierte en N inorgánico a través del proceso llamado **mineralización**. El

ABRIL 2003

No. 49

Contenido

	Pág.
Transformación de los nutrientes en el suelo	1
Fertilización aérea en la palma aceitera	5
Requerimientos de P en cultivos de ajo bajo fertigación	8
Como distinguir los síntomas de deficiencia de nutrientes de otros síntomas	11
Nueva Publicación	12
Reporte de investigación reciente	13
Cursos y Simposios	14
Página Web-INPOFOS	15
Publicaciones de INPOFOS	16
Editor: Dr. José Espinosa	

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

* El Dr. Murrell es el Director de la oficina de PPI para el Centro Norte de los Estados Unidos. E-mail: smurrell@ppi-far.org

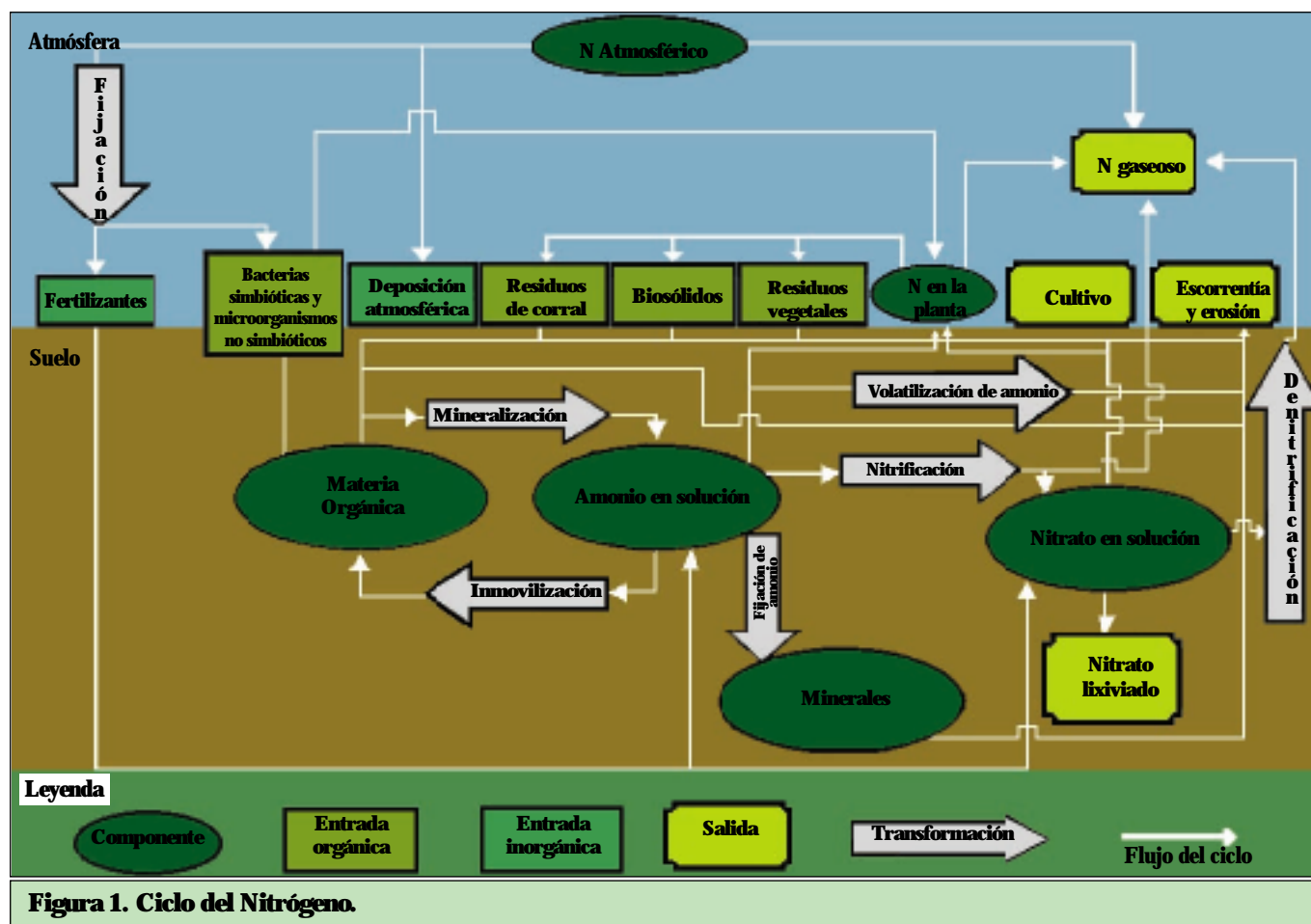


Figura 1. Ciclo del Nitrógeno.

N inorgánico puede convertirse en N orgánico a través del proceso de **inmovilización**. Por esta razón, una porción del N aplicado, ya sea que provenga de fuentes orgánicas o inorgánicas, pasa a formar parte de la materia orgánica del suelo, mientras que otra porción está presente como N inorgánico. La proporción relativa de cada uno depende de la fuente, de la composición del suelo y de las condiciones ambientales.

Existen dos formas principales de N inorgánico en el suelo: amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-). El NH_4^+ tiene carga positiva y es retenido por las cargas negativas de las partículas coloidales del suelo (arcillas y humus) a través de reacciones de intercambio. Por estas mismas reacciones de intercambio, el NH_4^+ puede también regresar a la solución del suelo. Una porción del NH_4^+ se convierte en NO_3^- con la mediación de bacterias del suelo en un proceso llamado **nitrificación**. El NH_4^+ puede también ser retenido entre las capas de ciertas arcillas del suelo (fijación de NH_4^+) de donde puede regresar a la solución dependiendo de las condiciones químicas del suelo. Debido a que está cargado negativamente, el NO_3^- se mueve libremente con el agua del suelo y no es retenido por las cargas negativas del suelo. El NH_4^+ y el NO_3^- son las únicas formas de N que pueden ser absorbidas por las raíces de las plantas. Una vez dentro de las plantas, estas formas de N se convierten a formas orgánicas de N como las proteínas.

Salidas

El N puede perderse en el suelo de varias maneras. Los cultivos remueven del campo el N acumulado en las partes cosechadas de las plantas. El N en la materia orgánica y el N fijado como NH_4^+ en las arcillas pueden perderse con la pérdida de suelo por erosión. El NH_4^+ y el NO_3^- en solución pueden perderse en el agua de escorrentía. El NO_3^- , debido a que no es retenido por los coloides del suelo, puede perderse hacia la tabla de aguas por lixiviación dependiendo de la profundidad de la tabla de aguas y la cantidad de evaporación y transpiración del suelo. En condiciones de suelo húmedo, el NO_3^- puede convertirse a formas gaseosas de N a través del proceso llamado denitrificación. Estos gases regresan a la atmósfera. Una de estas formas gaseosas de N, el óxido nitroso (N_2O), es un gas invernadero. Finalmente, el NH_4^+ puede convertirse en gas amoníaco (NH_3) y regresar a la atmósfera mediante el proceso denominado volatilización.

Ciclo del Fósforo

Entradas

El ciclo del P en el suelo se presenta en la **Figura 2**. Como en el caso del N, el P puede añadirse al suelo con fuentes orgánicas o inorgánicas. Las fuentes orgánicas son las mismas que para el N, es decir residuos de

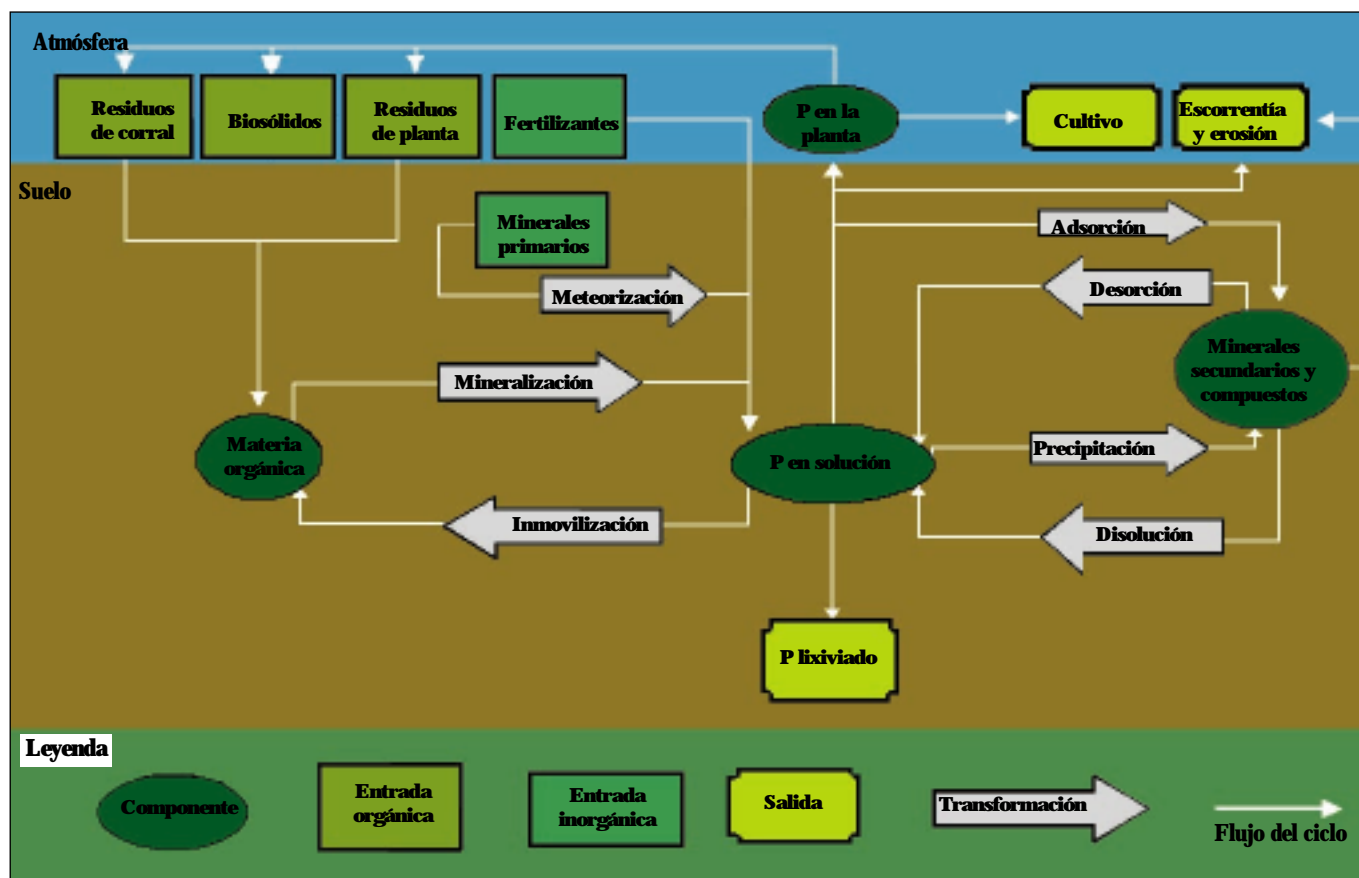


Figura 2. Ciclo del Fósforo.

corral, biosólidos y residuos de plantas. Las fuentes inorgánicas son los fertilizantes comerciales y los minerales primarios del suelo. Los minerales del suelo liberan P a través del proceso de meteorización. Al contrario del N, no existe fijación biológica de P y la contribución por deposición atmosférica es muy baja.

Transformaciones

La materia orgánica del suelo es tan importante para el P como lo es el N. Como con el N, la mineralización libera P inorgánico de las fuentes orgánicas del suelo. La inmovilización es el proceso inverso que convierte el P inorgánico a formas orgánicas. Sin importar si el P proviene de fuentes orgánicas o inorgánicas, una porción de este P existe en forma orgánica y otra en forma inorgánica en el suelo.

El P inorgánico en la solución del suelo está presente en dos formas diferentes: ortofosfato primario (H_2PO_4^-) y el ortofosfato secundario (HPO_4^{2-}). Estas formas de P en la solución del suelo reaccionan fuertemente con la superficie de las arcillas (minerales secundarios) y otros compuestos. Ocurren dos reacciones primarias: adsorción y precipitación. En las reacciones de adsorción, el P es fuertemente retenido en la superficie de los minerales. En las reacciones de precipitación, el P puede reaccionar con otras especies químicas en solución o con la superficie de los minerales, formando

compuestos insolubles. Los dos tipos de reacciones dejan poco P en la solución del suelo. Una parte del P adsorbido y una parte del P precipitado, pueden resolubilizarse y regresar a la solución del suelo a través de reacciones de de-adsorción. Las plantas pueden utilizar solamente el P en la solución del suelo. Una vez asimilados por las plantas, el HPO_4^{2-} y el H_2PO_4^- son convertidos a formas orgánicas, como la adenosina difosfato (ADP) y la adenosina trifosfato (ATP).

Salidas

Existen varios sitios por donde el P puede perderse del suelo. El P se pierde del suelo cada vez que se saca del campo la cosecha de un cultivo. Debido a que el P está retenido fuertemente en la fase sólida del suelo, también puede perderse a través de la erosión. Además, el P en solución puede perderse por escorrentía. Existe cierta evidencia de que el P de los fertilizantes más solubles es más susceptible a estas pérdidas que otras fuentes menos solubles. La última salida de P del suelo es por de lixiviación en suelos que tienen superficies menos reactivas, por ejemplo, suelos muy arenosos en áreas de alta precipitación donde se han hecho aplicaciones muy altas de P. También existe evidencia que sugiere que las aplicaciones de residuos de corral producen un mayor moviendo de P a través del perfil del suelo que las formas inorgánicas de P.

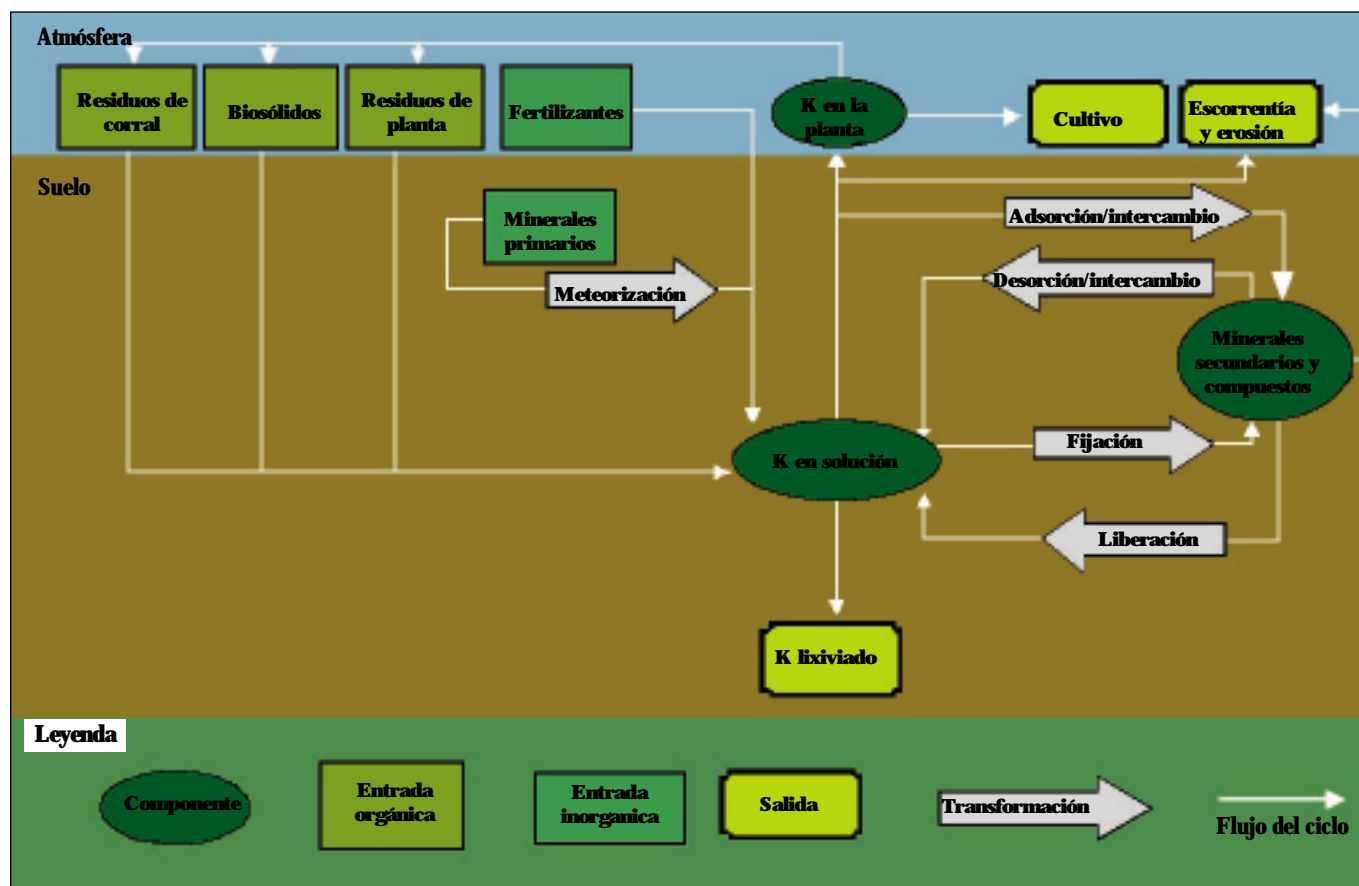


Figura 3. Ciclo del Potasio.

Ciclo del Potasio

Entradas

El ciclo del K en el suelo se presenta en la **Figura 3**. Las entradas de K son idénticas a las del P: residuos de corral, biosólidos, residuos de plantas, fertilizantes comerciales y a través de la meteorización de los minerales en el suelo. Sin embargo, a diferencia del P, el K en las fuentes orgánicas está presente como K inorgánico y no como un componente estructural de los compuestos orgánicos.

Transformaciones

Debido a que no es parte de la estructura de los componentes orgánicos, el K no está sujeto a los procesos de mineralización o inmovilización. El K inorgánico es soluble y es la única forma como lo toman las plantas. Después que la planta absorbe el ión K (K^+), éste permanece en forma inorgánica dentro de la planta.

Las reacciones dominantes del K^+ inorgánico en la solución son reacciones de intercambio, que permiten que el K^+ sea retenido en las cargas negativas de la superficie de los minerales del suelo. Este K^+ puede liberarse para regresar a la solución del suelo. Al igual que el NH_4^+ , el K^+ puede fijarse entre las capas de

ciertas arcillas. Una parte de este K fijado puede regresar a la solución del suelo si existe un gradiente de potencial químico lo suficientemente alta.

Salidas

Como en el caso del N y el P, el K se pierde del suelo por medio de la extracción del campo de la cosecha de los cultivos. El K adsorbido y fijado en el suelo puede perderse por erosión. En suelos con bajo potencial de adsorción y fijación, en áreas de alta precipitación, el K se puede perder hacia la tabla de aguas por lixiviación.

Resumen

El estudio de los ciclos de los nutrientes N, P y K revela que las fuentes orgánicas e inorgánicas están sujetas al mismo tipo de reacciones y se pierden de la misma forma. Sin importar cual es la fuente aplicada, una parte del N y del P se transforman a formas orgánicas o inorgánicas en el suelo. El K, sin embargo, no es parte estructural de los compuestos orgánicos. El conjunto de transformaciones que sufren los nutrientes son las mismas sin importar la fuente (orgánica o inorgánica). Sin embargo, las transformaciones que dominan dependen de la fuente.-