

EVALUACION AGRONOMICA DE LA ROCA FOSFORICA NAPO TRATADA MICROBIOLOGICAMENTE EN DOS SOLUCIONES ORGANICAS SOBRE RYE-GRASS (*Lolium perenne*), BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO QUITO – PICHINCHA

Patricio Lara¹, Marcelo Calvache², Marisol Enríquez¹

RESUMEN

En la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador en condiciones de invernadero, se evaluó la eficiencia de dos soluciones orgánicas: e_1 = Efluente de la palma africana y e_2 = Licor ruminal, para la biodegradación de la Roca Fosfórica Napo (RFN). La investigación se realizó, utilizando como planta indicadora el pasto rye-grass (*Lolium perenne*) variedad Kingston. En la investigación se implementó un diseño de Parcela Dividida con cuatro repeticiones; en la parcela grande se ubicaron las soluciones orgánicas y la sub parcela los niveles de Fósforo por hectárea de la RFN. El número de unidades experimentales fue de 40 macetas con una capacidad para 2 kg de suelo cada una. Las variables evaluadas fueron: Materia seca. Absorción del fósforo en planta. Eficiencia agronómica de la Roca Fosfórica. Velocidad de Absorción del fósforo. Para materia seca se observó diferencias altamente significativas para soluciones orgánicas, niveles de fósforo y su interacción. En absorción de fósforo, se observó diferencia estadística para soluciones orgánicas y diferencias altamente significativas para niveles de P_2O_5 e interacciones de soluciones por niveles de P_2O_5 . Para la eficiencia agronómica, se identifican diferencias altamente significativas para niveles de fósforo y diferencia estadística para la interacción de soluciones orgánicas por los niveles de P_2O_5 aplicados. Se pudo concluir que el nivel de 400 kg de P_2O_5 /ha, proveniente de la Roca Fosfórica Napo, tratada con el Efluente de la palma Africana no solo que da la mejor Eficiencia agronómica, sino que también incrementa la acumulación de materia seca, esta respuesta se vio directamente reflejada en el incremento de la Cantidad de fósforo absorbido, conservando la misma tendencia de tipo lineal.

INTRODUCCION

La Universidad Central del Ecuador dentro del convenio BID – FUNDACYT – UCE durante el año 2002 desarrolló el proyecto P-BID 008, “**Prefactibilidad de tratamiento de La Roca Fosfórica Napo para ser aplicada como abono**”. Proyecto en cuya ejecución intervinieron las facultades de; Geología, Minas, Petróleos y Ambiental; Agronomía y Química, con trabajos de investigación como el presente y que sirvieron para la obtención del título profesional de todos los becados en dicho proyecto.

Una alternativa para la aplicación efectiva de la roca fosfórica, es haciéndola más soluble y esto se puede lograr mediante una solubilización con soluciones orgánicas, que son ricas en microorganismos que pueden solubilizar las rocas fosfóricas (5). Como bacteria muy eficiente en la solubilización de los fosfatos cálcicos se demostró la *Escherichia freundii* que produce ácido láctico, ácido acético, ácido propiónico, ácido fumárico y ácido succínico; entre los hongos se demostraron como eficientes al *Aspergillus niger*, *Penicillium* y entre los proactomicetes la *Nocardia* (5). Los factores que afectan la concentración de fósforo en la

¹ Ingeniero Agrónomo de la Universidad Central del Ecuador.

² Profesor de la cátedra de Nutrición Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador.

solución del suelo regulan el crecimiento de las plantas y en este sentido, el conocimiento y uso de los procesos de movilización del fósforo a partir de la actividad microbiológica en el ecosistema suelo-planta, son de gran importancia en el campo agrícola. La importancia de la actividad de los microorganismos en el ciclo del fósforo se manifiesta por el alto contenido de este elemento en el tejido microbiano (el micelio de los hongos contiene entre 0.5 y 1.0% y las bacterias entre 1.5 y 2.5% de fósforo por peso seco) en contraste con el contenido relativamente pequeño en cultivares (entre 0.1 y 0.5% de fósforo por peso seco) (6). De allí que los objetivos fueron: Determinar el nivel más adecuado de aplicación de la Roca Fosfórica Napo (RFN) en la producción de Materia Seca (MS) del pasto Rye grass (*Lolium perenne*) variedad Kingston. Establecer la curva de utilización de P proveniente de la RFN por el pasto Rye grass (*Lolium perenne*) variedad Kingston. Evaluar la interacción entre los niveles de P aplicado y las soluciones en estudio en el pasto Rye grass (*Lolium perenne*) variedad Kingston.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador ubicado en la parroquia Santa Prisca en el Cantón Quito, Provincia de Pichincha a una altitud de 2870 msnm, con una luminosidad y temperatura dentro del invernadero promedio diaria de 9.5 horas y 24 °C³. El sustrato para la ejecución del ensayo se lo tomó de la Parroquia Cutuglahua, Cantón Quito, Provincia de Pichincha ubicado a 3058 m.s.n.m.

Los factores en estudio fueron: Tipos de Soluciones Orgánicas, e₁ = Efluente de la palma africana, que es un subproducto derivado de la extracción de aceite de dicha palma. e₂ = Licor ruminal, que es el contenido del rumen del ganado bovino, y Fuentes de Fósforo, cuyos niveles de Roca Fosfórica Napo RFN tratada bioquímicamente fueron f₀ = 0kg P₂O₅/ha RFN (testigo), f₁ = 100kg P₂O₅/ha RFN, f₂ = 200kg P₂O₅/ha RFN, f₃ = 300kg P₂O₅/ha RFN y f₄ = 400kg P₂O₅/ha RFN

Las 10 interacciones se constituyeron por la combinación de los niveles de los factores en estudio. En la investigación se implementó un diseño de Parcela Dividida en el que la parcela grande fue para las soluciones orgánicas y la sub parcela fueron los niveles de Fósforo por hectárea de la RFN. El número de unidades experimentales fue de 40 macetas con una capacidad para 2 kg de suelo cada una, un número de cuatro repeticiones. El tamaño de la Unidad Experimental fue de 18cm diam. x 15cm alto, la superficie del ensayo de 1.62m x 1m (1.62 m²), la superficie de la Parcela Grande con 0.72m x 1m (0.72 m²) y la superficie de la Sub Parcela fue de 0.18m x 1m (0.18 m²).

Las variables evaluadas estadísticamente fueron: Materia seca, Absorción del fósforo en planta (9), Eficiencia agronómica de la Roca Fosfórica (1), y Velocidad de absorción de fósforo (9).

Previa la implementación del ensayo en el invernadero se procedió a un tratamiento de la Roca fosfórica Napo que consiste en la construcción de una cámara térmica para efectuar dentro de ella el proceso bioquímico de la RFN que consistió en colocar seis baldes plásticos

³ Lecturas tomadas dentro del invernadero.

con 100 gramos de RFN molida en malla 100, de los cuales 3 tienen la solución e_1 y en los 3 restantes la solución e_2 ; en ambos casos con una relación RFN y solución orgánica de 1:2, 1:4 y 1:6 como recomienda el asesor Oswaldo Casanova, manteniéndolas dentro de la cámara térmica durante un tiempo de 28 días. Transcurrido 28 días, se tomó al mejor tratamiento de cada solución, previo un análisis de P_2O_5 . El mejor tratamiento para el efluente fue e_1 mas RFN en la relación 1:6 y para el licor ruminal la relación e_2 mas RFN en la relación 1:4.

La preparación del suelo consistió en tomar una muestra del lote Pugro II del área de ganadería de la Estación Experimental Sta. Catalina (INIAP) en la Provincia de Pichincha, se sometió a secado, tamizado y pesado, para ser colocado en las respectivas macetas. El secado, consistió en extender el substrato sobre las mesas del invernadero y realizar continuas remociones para disgregar terrones y eliminar el exceso de agua. El tamizado del substrato, se realizó mediante una malla de 2mm, para eliminar material que impida el desarrollo normal de las raíces, para por último pesar 2 kg de suelo preparado el que fue colocado en las macetas, como recomienda para este tipo de trabajo (8). Luego de la preparación se realizó el correspondiente Análisis de Suelo, tomándose una muestra de suelo del sector de 500 g el cual se envió al laboratorio de Suelos y Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador y otra mezcla igual a la estación Experimental Sta. Catalina (INIAP), para establecer comparaciones.

La Determinación de la cantidad de roca fosfórica Napo tratada bioquímicamente a ser usada en cada tratamiento, se estableció, basándose en los análisis de: suelo, soluciones orgánicas y los requerimientos del pasto rye-grass de P_2O_5 , para incorporarlos en cada uno de los tratamientos a ser evaluados. Finalmente se procedió a la Siembra con semillas de rye-grass (*Lolium perenne*) variedad Kingston en macetas de 2 kg de capacidad, en un número de 15 semillas por tratamiento, para luego ralea y dejar en un número de 10 plantas por maceta, para lograr una buena población de raíces que cubran toda el área de la maceta. El suministro de agua se efectuó por medio de regadera de acuerdo a las necesidades del cultivo, basándose en los cálculos de Capacidad de Campo (CC). Para luego iniciar con los cortes, donde el primer corte se realizó a los 45 días después de la siembra, el segundo corte a los 60 y el tercer corte a los 75 días, utilizando una tijera y dejando un residuo de 5 cm de pasto y finalizando con el análisis foliar que se realizó luego de cada corte según la metodología del Metavanadato de amonio y la lectura de una foto colorímetro.

RESULTADOS Y DISCUSION

- Producción de Materia Seca

En el ADEVA para esta variable, cuadro 1, se observa diferencias altamente significativas para soluciones orgánicas, niveles de fósforo y su interacción; así como para los polinomios ortogonales. El promedio general fue de 4.65 g MS/maceta y los Coeficientes de Variación a y b de: 4.74% y 4.75% respectivamente, son excelentes para este tipo de investigación.

DMS al 5% para **soluciones orgánicas**, cuadro 2, identifica dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango el efluente de la palma africana con una producción promedio de 4.98 g MS/maceta de 2kg y en el segundo rango de significación el licor ruminal, con una producción promedio de 4.32 g MS/maceta de 2 kg.

Esta respuesta de los dos tipos de efluentes orgánicos, depende del grado de acidez con la que reacciona la roca fosfórica, es decir, que de no existir un medio ácido en el que se degrade las cápsulas paracrystalinas cálcicas que envuelven a las partículas de P este no se liberará al medio lábil del suelo para que las plantas lo puedan tomar y producir MS. Por otro lado el factor limitante para el buen crecimiento del sistema radicular de las plantas en estudio es la presencia de aluminio (Al) que al reaccionar con el P de la solución del suelo lo inmoviliza e impide el ingreso al sistema radicular (12).

Tukey al 5% para los niveles de P aplicado, cuadro 2, establece cuatro rangos de significación, ocupando el primer rango el nivel de 400 kg P₂O₅/ha con una producción de MS de 5.16 g/maceta; mientras que en el último rango de significación, se encuentra el nivel 0 kg P₂O₅/ha, con un promedio de 3.81 gMS/maceta. Es decir, que se presenta una clara tendencia de respuesta de tipo lineal positiva, que implica que a mayor cantidad de P en la solución del suelo existe mayor disponibilidad de éste elemento, lo cual se refleja en el aumento de la materia seca por incremento celular (11).

Cuadro 1. ADEVA para dos variables en el estudio de soluciones orgánicas y niveles de fósforo. Quito, Pichincha. 2002.

Fuentes de Variación	G L	Cuadrados Medios	
		Materia seca	Q P Adsorbido
Total	39		
Repeticiones	3	0.08 ^{ns}	1.08 ^{ns}
Soluciones orgánicas (E)	1	4.29 **	32.30 *
Error (a)	3	0.05	1.97
Niveles de P ₂ O ₅ (F)	4	2.16 **	7.64 **
Lineal	1	7.50 **	18.97 **
Cuadrático	1	0.60 **	8.13 **
Cúbico	1	0.36 *	1.80 *
Cuártico	1	0.17 ^{ns}	1.66 *
Interacción (ExF)	4	0.27 **	1.37 **
Error (b)	24	0.05	0.27
Promedio (g MS/ maceta)		4.65	9.10
C.V. a (%)		4.74	15.44
C.V. b (%)		4.75	5.61

Al realizar Tukey al 5% para la **interacción Suelos x Niveles de P**, cuadro 2, detecta cuatro rangos de significación, observándose que la interacción e1f4 (efluente de la palma africana con 400 kg de P₂O₅/ha) encabeza el primer rango de significación estadística, con un promedio de producción de 5.65 gMS/maceta; mientras que, la interacción e2f0 ó testigo absoluto, ocupa el último rango de significación con un promedio de producción de 3.41 gMS/maceta.

- Fósforo Absorbido

En el ADEVA para esta variable, cuadro 1, se observa diferencia estadística para soluciones orgánicas y diferencias altamente significativas para, niveles de P₂O₅ e interacciones de soluciones por niveles de P₂O₅ proveniente de la Roca Fosfórica Napo.

El promedio general para esta variable fue de 9.10 mg de Fósforo absorbido /maceta y los Coeficientes de Variación a) de 15.44% y b) de 5.61%, que son muy buenos para este tipo de investigación.

DMS al 5% para **soluciones orgánicas**, cuadro 2, identifica dos rangos de significación, ubicándose en el primer rango e₁ (roca biodegradada con el efluente de la palma africana) con un promedio de absorción de P por el pasto rye grass de 10.00 mgP/maceta y en el segundo rango se halla e₂ (roca fosfórica biodegradada con licor ruminal) con un promedio de 8.20 mgP/maceta, demostrado en el gráfico 5. Estas respuestas se deben al poder y velocidad con las que el grado de acidez contribuye a la degradación de la envoltura o cápsula cálcica de las partículas de Roca Fosfórica (7).

Tukey al 5% para los **niveles de P₂O₅ aplicado** proveniente de la Roca Fosfórica, cuadro 2, establece dos rangos de significación, donde el nivel de 300 kg P₂O₅/ha ocupa el primer rango con un promedio de absorción de P por parte del rye grass de 9.77 mgP/maceta y en el último rango se encuentra el nivel de 0 kg P₂O₅/ha con un promedio de 7.38 mgP/maceta absorbido. Estos resultados demuestran claramente que a mayor cantidad de P en la solución del suelo existirá mayor absorción del nutriente por las plantas, dependiendo principalmente del grado de fijación de P, la humedad del suelo y la movilidad y distancia entre el elemento y el sistema radicular (4).

Cuadro 2. Producción promedio y pruebas de significación para Materia Seca acumulada en 75 días después de la siembra. Quito, Pichincha. 2002.

Significado		Promedios a 75 dds gMS/maceta	Promedios a 75 dds mgP/maceta
Soluc.Org. *	e ₁ Efluente palma africana	4.98 a	10.00 a
	e ₂ Licor ruminal	4.32 b	8.20 b
Niveles **	f ₄ 400kgP ₂ O ₅ /ha RFN	5.16 a	9.77 a
	f ₃ 300kgP ₂ O ₅ /ha RFN	4.97 a b	9.63 a
	f ₂ 200kgP ₂ O ₅ /ha RFN	4.69 b c	9.40 a
	f ₁ 100kgP ₂ O ₅ /ha RFN	4.62 c	9.31 a
	f ₀ 0 kgP ₂ O ₅ /ha RFN	3.81 d	7.38 b
Interacción ExF **	e ₁ f ₄	5.65 a	10.80 a
	e ₁ f ₂	5.12 a b	10.51 a b
	e ₁ f ₃	4.99 b	10.49 a b
	e ₂ f ₃	4.95 b	9.98 a b
	e ₁ f ₁	4.92 b	9.57 b c
	e ₂ f ₄	4.67 b c	8.46 c d
	e ₂ f ₁	4.32 c	8.28 d
	e ₂ f ₂	4.26 c	8.20 d
	e ₁ f ₀	4.20 c	8.13 d
	e ₂ f ₀	3.41 d	6.56 e

* = DMS al 5%

** = Tukey al 5%

Al realizar Tukey al 5% para la **interacción suelo por niveles de P₂O₅**, cuadro 2, establece cinco rangos de significación; encabezando el primero se encuentra la interacción e1f4 (efluente de la palma africana aplicado sobre 400 kg de P₂O₅/ha), con 10.80 mg de P absorbido por maceta y con 6.56 mgP/maceta en el último rango la interacción e2f0 (testigo de la gran parcela de licor ruminal). Indicando que a mayor producción de Materia Seca (MS) existirá mayor cantidad de fósforo absorbido (Q de P) por parte de las plantas, ya que este elemento es parte constituyente de las células del vegetal y es extraído de la solución del suelo (10).

- Eficiencia Agronómica de la Roca Fosfórica Napo

El ADEVA para esta variable, cuadro 3, identifica diferencias altamente significativas para niveles de fósforo y diferencia estadística para la interacción de soluciones orgánicas por los niveles de P₂O₅ aplicados. El promedio general en esta variable fue de 2.49% de Eficiencia Agronómica y los Coeficientes de Variación a) de 4.07% y b) de 7.59%.

DMS al 5% para tipos de **soluciones orgánicas**, Cuadro 4, al no detectar diferencias estadísticas se presenta los promedios de eficiencia y su proyección anual, para el efluente de la palma africana presenta una eficiencia agronómica de 2.69% a los 75 días (13.09% anual) y para el licor ruminal de 2.29% durante los 75 días (11.14% anual).

Cuadro 3. ADEVA para Eficiencia Agronómica de la Roca Fosfórica Napo a los 75 días en Rye-grass en el estudio de soluciones orgánicas y niveles de fósforo. Quito, Pichincha, 2001.

Fuentes de Variación	GL	CM
Total	31	
Repeticiones	3	2.02 ^{ns}
Soluciones orgánicas (E)	1	1.31 ^{ns}
Error (a)	3	0.36
Niveles de P ₂ O ₅ (F)	3	17.39 **
Lineal	1	43.23 **
Cuadrático	1	7.02 **
Cúbico	1	1.91 ^{ns}
Interacción (ExF)	3	1.91 *
Error (b)	18	0.47

Promedio	2.49 %
C.V. a	4.07 %
C.V. b	7.59 %

Tukey al 5% para **niveles de P₂O₅ aplicados**, cuadro 4, establece tres rangos de significación, ocupando el primer rango se encuentra el nivel de 100 kg de P₂O₅/ha presentando una eficiencia de 4.63% con una proyección anual de 22.53% y en el último rango se ubican los niveles de 300 y 400 kg de P₂O₅/ha con eficiencias de 1.83 y 1.29 % respectivamente (con sus proyecciones anuales de 8.91 y 6.28 %).

Tukey al 5% para las **interacciones entre soluciones por niveles de P₂O₅ aplicados**, cuadro 4, establece tres rangos de significación ocupando el primer rango se encuentra la interacción e1f1 (efluente de la palma africana con 100 kg de P₂O₅/ha), con una eficiencia de 5.30% (una

proyección anual de 25.79%) y en el tercer rango se encuentra la interacción del efluente de la palma aplicado 200 kg de P₂O₅/ha, con una eficiencia de 2.62% (una proyección anual de 12.75%).

- VELOCIDAD DE ABSORCION DE FOSFORO

Del gráfico 1, se puede determinar que a los primeros 45 días de edad de la planta, la cantidad de absorción de P es constante, debido a que la planta no toma el fósforo del medio sino utiliza el P de reserva contenida en la semilla, entre los 45 y 60 días, se observa una acelerada absorción de P, dicho incremento en la velocidad de absorción se debe a que las raíces se encuentran más desarrolladas y empiezan a tomar el P del medio labil, incremento reflejado en las curvas del gráfico anterior, que demuestran un a tendencia de tipo lineal positiva. (3)

Para el período comprendido entre los 60 y los 75 días de edad de la planta, se observa un decremento en la velocidad de absorción de P, notado en la inflexión de la curva, debido a que existe una mayor fijación de fósforo en el suelo haciéndolo no disponible para la planta, dicha fijación es producida por las arcillas del tipo 2.1, que hacen reacción con el P libre en el medio, reaccionando de dos maneras, por fijación a la capa octaédrica intermedia de la arcilla; como por sustitución isomórfica por fractura de las capas externas de la arcilla. (3)

Cuadro 4. Rangos de significación para la Eficiencia Agronómica de la Roca Fosfórica Napo (EARFN) a los 75 días y su proyección al año en Rye-grass. Quito, Pichincha. 2001.

	Significado	Promedios a 75 dds (%)	Proyección al año (%)
Sol. Oro	e ₁ Efluente palma africana	2.69	13.09
	e ₂ Licor ruminal	2.29	11.14
Niveles **	f ₁ 100kgP2O5/ha RFN	4.63 a	22.53
	f ₂ 200kgP2O5/ha RFN	2.21 b	10.76
	f ₃ 300kgP2O5/ha RFN	1.83 c	8.91
	f ₄ 400kgP2O5/ha RFN	1.29 c	6.28
Interacción ExF *	e ₁ f ₁	5.30 a	25.79
	e ₂ f ₁	3.95 a	19.22
	e ₁ f ₂	2.62 a	12.75
	e ₂ f ₃	2.30 a	11.19
	e ₂ f ₂	1.81 a b	8.81
	e ₁ f ₄	1.49 b c	7.25
	e ₁ f ₃	1.36 c	6.62
	e ₂ f ₄	1.09 c	5.30

* = DMS al 5%

** = Tukey al 5%

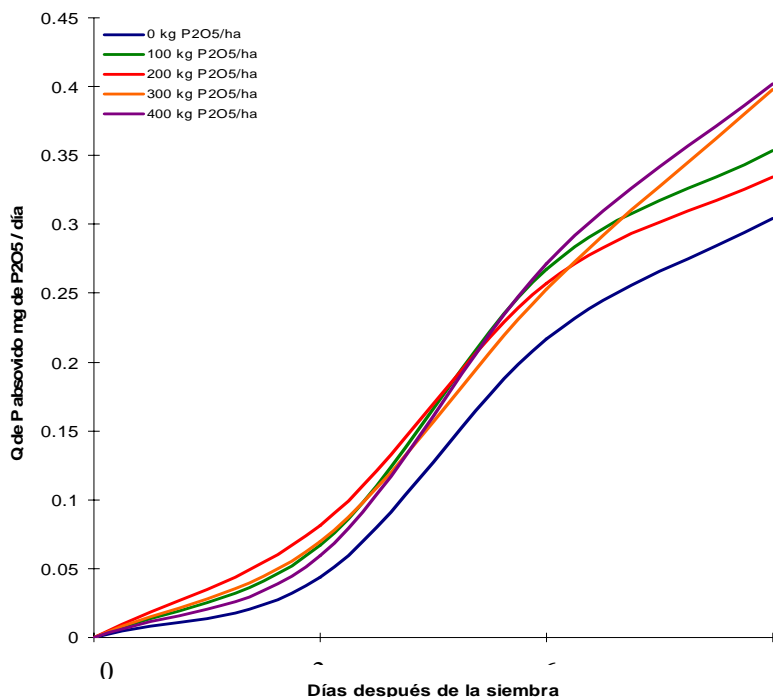


Gráfico 1. Velocidad de Absorción de fósforo por el pasto rye grass durante el período de evaluación en maceta de la RFN. Quito, Pichincha. 2002.

CONCLUSIONES

- Para Eficiencia Agronómica de la Roca Fosfórica Napo (EARFN), al no encontrar diferencias significativas para niveles de P proveniente de la Roca Fosfórica y observando los promedios, se concluye que los mejores niveles de aplicación de Roca Fosfórica son los 300 y 400 kgP/ha, donde el problema de fijación de P en el suelo es menor.
- El nivel de 400 kg de P2O5/ha, proveniente de la Roca Fosfórica Napo, acidulado con el Efluente de la extracción de aceite de la palma Africana no solo que ha obtenido la mejor Eficiencia agronómica (EARFN), sino que también al incrementar la acumulación de materia seca (MS) esta respuesta se ve directamente reflejada en el incremento de la Cantidad de fósforo absorbido (QP), conservando la misma tendencia de tipo lineal, indicando que a mayor cantidad de roca aplicada seguirá existiendo absorción de P.
- Al terminar los ensayos de acidulación ó ataque con soluciones orgánicas de desecho se establece que: Existe una mayor cantidad de P en la solución del suelo una vez degradada la roca con el efluente de la extracción de aceite de la palma africana, llegando a obtener resultados de Eficiencia similares o tal vez superiores a los obtenidos en ensayos de invernadero con Roca parcialmente acidulada.
- La curva de velocidad de absorción o utilización de P por parte del pasto rye-grass, indica tres fases de aprovechamiento de P; la primera, una utilización mínima del P del medio porque las plántulas utilizan el P de reserva de las semillas, la segunda, un acelerado consumo de P por la colonización de las raíces en el suelo y una tercera fase decreciente en velocidad y utilización por la fijación de P en el suelo.

RECOMENDACIONES

- Utilizar la Fosfonapo biodegradada con el efluente de la extracción de aceite de la palma africana, como fuente de fósforo, para ser aplicada en suelos ácidos de características ándicas, como el estudiado en esta investigación.
- Realizar posteriores investigaciones, con niveles superiores de P₂O₅ de la roca Fosfórica Napo biodegradada, de los utilizados en la presente investigación y determinar el punto de inflexión de la curva de utilización de fósforo, ya que la respuesta encontrada hasta los 400 kg de P₂O₅ es de tipo lineal positiva.
- Probar la Fosfonapo biodegradada en otros tipos de suelos, que no necesariamente sean ácidos y establecer parámetros de utilización y llevar a estimaciones de tipo económico que ayuden al agricultor a manejar de mejor manera el uso de los fertilizantes agrícolas.
- Efectuar ensayos a nivel de campo con la fosfonapo biodegradada, para determinar la producción de Materia Seca y Cantidad de P absorbido en cultivos comerciales, en condiciones locales a campo abierto a partir de los 300 kgP₂O₅/ha cuya demanda de fósforo es elevada.

BIBLIOGRAFIA

1. Calvache, 1992. Eficiencia de utilización de los iones zinc (⁶⁵ZnCl₂) y fósforo (NaH₂PO₄) provenientes del fertilizante por la planta de maíz (*Zea mays* L). (EC.) : Nucleociencias. 5 (3) : 3 – 13.
2. Castro, H. 1998. Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas. Instituto Universitario Juan de Castellanos. Bogotá (COL) : Ed. Guadalupe. p 219.
3. Cordova, J. 1977. Comportamiento de 6 fuentes de fósforo en suelos ácidos del Ecuador. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas y Medicina Veterinaria. p 94.
4. Goncalves, J. L. 1988. Cinética de transformacao de fosforo labil em nao labil em amostras de solos de Cerrado. Universidade Federal do Vicosa. Brasil p 62.
5. Grupo Latinoamericano de Investigadores de Roca Fosfórica (GRIF), 1984 Cochabamba – Bolivia. p 36-52.
6. Kaila, A. 1949. Biological absorption of phosphorus. Soil Sci. 68:279-289.
7. Kumar, N., SING, K. 1990. Chemical and microbiological changes during solid substrate fermentation of wheat straw with *Coprinus fimetatus* wastes. p. 231 – 242. (citado por: International Atomic Energy Agency. 2002. Assessment of soil phosphorus status and management of phosphatic fertilisers to optimise crop production. Vienna - Austria. p.473).
8. sadzawka, M. A. 1990. Métodos de análisis de suelos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile. Est. Exp. La Platina. Serie la Platina 11(90) 130.
9. Skoog, D., Leary, J. 1994. Análisis Instrumental. Trad. de la 4ª. ed. por Cristina Ariño, Santiago Hernández, Lluís Puignou. Madrid (ES.) : McGraw – Hill. p. 261.
10. Tan, K.H. 1993. Principles of soil chemistry. 2ª. ed. Georgia. (EE.UU.) : Marcel Dekker. p.155 – 251.
11. Vassilev, M.; Azcón, J.; Bares, M. 2000. The use of P32 dilution techniques to evaluate the effect on micorrhizal inoculation on plant uptake of P from products of fermentation mixtures including agrowaters *Aspergillus niger* and rock phosphate. Granada - España CSIC. p 83 – 113.