

RESPUESTA DE LAS PASTURAS DE LA SIERRA CENTRO NORTE ECUATORIANA A LA FERTILIZACIÓN FOSFORADA¹

Mónica Salazar¹, Freddy Izquierdo², Osvaldo Paladines³

¹ Investigación realizada en colaboración de la Asociación de Ganaderos de la Sierra y la Amazonía, Facultad de Ciencias Agrícolas/UCE, con apoyo financiero de PROMSA (IQ-C. 002) y asesoramiento técnico de la Universidad de Massey. NZ.

¹ Ing. Agr. Proyecto AGSO/PROMSA

² Ing. Zoot. Proyecto AGSO/PROMSA

Resumen

La investigación se llevó a cabo en 6 diferentes sitios correspondientes a la Sierra Centro Norte del Ecuador, entre enero del 2000 y julio del 2002. Se establecieron 6 experimentos en 6 sitios representativos de texturas del suelo frecuentes en el área de estudio. El objetivo fue determinar la relación entre el contenido de P del suelo y la producción de Materia Seca de pasturas de frecuente uso en el área, compuestas por ryegrass y tréboles. Se efectuaron entre 12 a 14 cortes experimentales por año, correspondiendo de 7 a 9 cortes al período seco, con riego insuficiente, y 5 cortes al período de lluvia. Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la producción anual y del período de lluvias en suelo franco arenoso, franco y franco-arcillo-limoso, y no estadísticamente significativas para el período seco, por efecto del fósforo aplicado. Se realizaron análisis del suelo en las áreas experimentales antes del inicio de los experimentos y a los 240 días de los ensayos. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Santa Catalina (Quito) del INIAP. Los resultados obtenidos en la relación P del suelo: rendimiento de MS, se aplican solamente a análisis realizados con el método de extracción de P usado por ese laboratorio. Se detectaron discrepancias muy importantes en los resultados del análisis de P entre laboratorios de la misma ciudad.

Cuando la producción de forraje de la época de lluvia de los 6 experimentos se expresó como porcentaje de su máxima producción (producción relativa) fue posible desarrollar una sola función asintótica que relaciona el P del suelo con la producción relativa de las pasturas. La ecuación de mejor ajuste fue de la forma $Y = 102 - (64 * 0.94^P)$ ($R^2 = 0.60$), en que P (Olsen-INIAP Sta. Catalina) se expresa en ppm.

El efecto de la fertilización fosforada sobre la composición botánica de las pasturas se midió en tres oportunidades durante el período experimental. El efecto general en todos los trabajos fue una paulatina invasión de kikuyo en todos los tratamientos, con mayor agresividad en los de menor contenido de P. Especialmente para la localidad del CADER (Franco Arenoso) la invasión fue muy drástica que al finalizar el año experimental tuvo un contenido sobre el 50% para todos los tratamientos, eliminando casi por completo a los tréboles. En la localidad GV (Franco), en el tratamiento de menor fertilización la incidencia de esta especie fue de un 6% a los 120 días y al finalizar el período experimental se observó un incremento de 300%, en cambio en los tratamientos de mayor fertilización de P, el kikuyo a los 120 días presentó 2% de incidencia y al finalizar el año experimental el incremento solamente fue de 100%. En el valle de Tumbaco (suelo franco arenoso, cangagua, 2460 msnm) predominaron sobre un 50% las gramíneas invasoras subtropicales de los géneros Axonopus, Cynodon y Digitaria en lugar de kikuyo.

Introducción

En la Sierra ecuatoriana la mayoría de los suelos son de origen volcánico, formando una gran variedad de suelos deficientes en P para el crecimiento de los cultivos y los pastizales (**SUELOS VOLCÁNICOS DE LA ORSTOM**). No hay información sistemática suficiente del efecto de la aplicación de fósforo sobre el rendimiento de los pastizales en los tipos de suelos predominantes de la Sierra del Ecuador. Esta deficiencia ha resultado en políticas de fertilización basadas en referencias extrajeras y/o aproximaciones.

El presente estudio pretende desarrollar relaciones empíricas válidas entre el fósforo del suelo y la producción del pasto con referencia a tipos de suelos frecuentes en la Sierra.

Una metodología general de fertilización debe basarse en respuesta de grandes grupos de suelos en una región de forma que la investigación sea posible de realizar física y económicamente y tenga capacidad de extrapolación. Para este propósito los suelos de la Sierra Centro Norte se dividieron en 7 grupos que combinan la presencia de cangagua, la profundidad del suelo y su textura (Cuadro 1) (Velásquez, 2000).

Cuadro 1. Zonas agro ecológicas aptas para pastizales destinados a la producción de leche a bajo costo.

CLASE	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO		
	PRESENCIA DE CANGAHUA	PROFUNDIDAD DEL SUELO	TEXTURA DEL SUELO
1	No	Todas	Franco Combinaciones de suelos de textura franca
2	NO	Todas	Arenosos Texturas gruesas solas o en combinaciones
3	No	Todas	Arcillosos Texturas finas o combinaciones de arcillas y limo (presencia de alofanos)
4	Si	70 – 40 cm	Diferente granulometría y consistencia
5	Si	40 – 20 cm	Arena muy fina. Limoso, presencia de montmorillonita
6	Si	Menos de 20 cm	Arenoso fino, paleosuelo muy compacto, duro, poca presencia de carbonatos
7	-	No definida	Miscelánea

Velásquez, H. 2000. Zonas agroecológicas aptas para pastizales destinados a la producción de leche a bajo costo. Estudio realizado para el Proyecto de Investigación AGSO/FCA-UC/PROMSA, No. IQ-CV 002.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó de enero del 2000 a julio del 2002 en 6 sitios representativos de la Sierra Centro Norte del país, de acuerdo a los grupos de Velásquez (2000) con excepción de un sitio que se escogió por su alto contenido de P (San Isidro, Carchi) para explorar los efectos de niveles crecientes sobre suelos de buen nivel de P. En el cuadro 2 se presenta las características de los sitios escogidos:

Cuadro 2. Ubicación política y características del suelo de sitios en estudio.

Provincia	Sitio	Textura*	Retención de fósforo** (%)	pH*	Fósforo inicial ppm*
Carchi	San Isidro	Franco	42	6.0	35
Pichincha - Cayambe	Páramo	Fr. Arc. Limoso.	53	5.8	12
Pichincha - Cayambe	Chimba	Franco arenoso	22	6.0	10
Pichincha - Cayambe	GV	Franco	23	6.0	6
Pichincha - Quito	Tola	Fr. Arc. Arenoso	18	6.8	11
Cotopaxi	CADER	Fr. Arenoso	20	7.0	13

* Análisis realizado en el Laboratorio de suelos INIAP. Est. Santa Catalina. Quito

** Análisis realizado en Laboratorio de Suelos de la Universidad de Massey, NZ

La mezcla forrajera utilizada fue la siguiente: Ryegrass perenne (*Lolium perenne*) Var. Respect; Ryegrass híbrido (*Lolium hybridum*) Var. Tetrelite; Trébol blanco (*Trifolium repens*) Var. Ladino y Trébol rojo (*Trifolium pratense*) Var. Renegade.

Se evaluaron 7 niveles de fósforo: 0, 20, 50, 80, 120, 200, y 300 kg de P/ha aplicados en un sola vez antes de la siembra. Se aplicó una fertilización base de 50 kg N, 80 kg K, 80 kg S, 300 kg Ca, 20 kg Mg y una mezcla de micro elementos.

El diseño experimental fue DBCA con 4 repeticiones. Las unidades experimentales fueron de 3 * 4 m. Previo al establecimiento de la pastura se tomó una muestra de suelo y se envió a laboratorios del INIAP y Nueva Zelanda. Previo a la siembra se aplicó herbicida a base de glifosato, repasando a los 15 días para controlar áreas no afectadas en la primera instancia. La fertilización y siembra se realizaron al voleo el mismo día, incorporando el fertilizante y la semilla manualmente.

La evaluación de rendimiento se realizó cuando la pastura alcanzó un promedio de 20 a 25 cm de altura, cortándose un cuadrante de 1 m² y dejando un residuo de 3 a 5 cm. El material verde se pesó, se sacó una alícuota de aproximadamente 200 g y se determinó el contenido de MS, secándolo a 105 grados C por 24 horas, excepto en cortes en los cuales se determinó el contenido de minerales, en este caso se secó a 60 grados C por 48 horas.

La composición botánica se determinó 3 veces en el período experimental, cada 4 cortes, utilizando el Punto Cuadrático. Los minerales se analizaron en las mismas fechas de la composición botánica.

A los 240 días de establecidos los ensayos se tomó una muestra de suelo de cada parcela para determinar el contenido de P. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Estación Santa Catalina del INIAP

La tasa de crecimiento (TC) de las pasturas (kg MS/ha/día) y la composición botánica (%) fueron analizadas estadísticamente según la prueba de "F" y se realizó la comparación de medias por la prueba Tukey 5%.

Resultados y Discusión

En el gráfico 1 se presenta la relación entre el nivel de aplicación de P (kg de P/ha) al suelo y la TC de las pasturas. Se presentan dos curvas, correspondiendo la primera al periodo seco sometido a riego pero con insuficiencia de agua y el segundo al período de lluvia. En todos los casos se observa que la producción, a todos los niveles de P, es menor en el período seco, sin presentar diferencias significativas entre los niveles aplicados. Este resultado es importante en la práctica de fertilización de pasturas. La época seca de la Sierra fue grave en todos los casos estudiados que son representativos de la zona. En todos los casos el agua disponible nunca fue suficiente para compensar por la falta de lluvia, no debiéndose esperar respuestas a la fertilización en éstas épocas del año. La TC del período de lluvia presenta incrementos de 73 a 113% con respecto al periodo seco en todas las localidades a excepción de San Isidro-Carchi cuyo incremento es de 34%. Como se indicó anteriormente este sitio se escogió por su elevado contenido inicial de P en el suelo, para estudiar los efectos de la fertilización en suelos ricos en P. Como se observa en el gráfico 1, tanto en la época seca como de lluvia se observan incrementos en el rendimiento pero estos son inferiores a otros sitios y no significativos estadísticamente ($P > 0,05$), en tanto que las diferencias fueron estadísticamente significativas en la época de lluvia en las otras localidades.

En el gráfico 2 se presenta la relación entre el P aplicado al inicio de los ensayos y el contenido de P en el suelo a los 240 días. En todos los caso se encuentra una relación lineal altamente significativa con coeficientes de determinación sobre 0,9%. Estas gráficas permiten determinar la cantidad de P que debe aplicarse para obtener incremento de 1 ppm de P en el suelo. En los 6 sitios se encuentran dos grupos. Uno de San Isidro-Carchi, en el cual se requieren 12 kg de P para una ppm de incremento y el resto que varía entre 3 y 9 kg de P. En San Isidro el alto requerimiento de P se debe a que este suelo está ya muy próximo al nivel en el cual se obtienen los rendimientos máximos de las pasturas (como se verá más adelante) y por tanto los beneficios marginales son muy bajos. Los valores presentados deben entenderse siempre en relación al sistema de extracción de P empleado en el laboratorio del INIAP, Santa Catalina, que arroja contenidos de P superiores a otros sistemas de extracción.

Las 6 curvas de rendimiento con niveles ascendentes de aplicación de P presentan una forma única similar, por lo que se decidió intentar una curva general de respuesta que permitiera determinar el nivel de P en el suelo para obtener las mayores producciones de las pasturas. Esto es posible expresando el rendimiento del pasto como porcentaje del máximo nivel alcanzable en cada uno de los sitios. La función de mejor ajuste obtenida se presenta en el gráfico 3, que relaciona el contenido de P en el suelo (ppm, INIAP, Santa Catalina) con la TC relativa (% del máximo) del pasto. La función es una asíntota con un coeficiente de determinación de 0,6, que es elevado si se considera la heterogeneidad de localidades involucradas. La curva

nos indica que en todos los suelos estudiados el máximo de producción se puede esperar a niveles de P del suelo de 35 a 40 ppm (INIAP, Santa Catalina). La curva también nos permite determinar el incremento de P del suelo necesario para aumentar la TC de las pasturas, en unidades de crecimiento relativo. Con los valores de las funciones lineales de la gráfica 2, se puede determinar la cantidad de P que se debe aplicar al suelo para aumentar un ppm en cada zona agro ecológica estudiada.

Uno de los factores que afectan el rendimiento de las mezclas forrajeras de gramínea-leguminosa en la Sierra del Ecuador es la presencia, aparentemente inevitable, de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Esta gramínea de origen africano se ha naturalizado en esta región encontrando condiciones ideales para su crecimiento sobre todo en áreas con alta disponibilidad de agua y rangos de altura entre los 1800 y 2600 msnm. La disponibilidad de herbicidas sistémicos de alto poder permite el control relativo de la gramínea, pero no destruye la semilla abundantemente presente en el suelo. Se observó que en todos los tratamientos de las localidades CADER, y GV el kikuyo inició su invasión hacia los 4 meses de establecida la pastura en los tratamientos sin P y 8 meses en los de más alto nivel de P. Al finalizar el año su presencia era de 51 % en los tratamientos sin P y 37% en los de más alto nivel de P ($P > 0,05$), esto provocó especialmente en el sitio del CADER una desaparición total de las leguminosas. Una particularidad interesante es la presencia predominante de gramíneas invasoras subtropicales de los géneros *Axonopus*, *Cynodon* y *Digitaria* en el valle de Tumbaco (La Tola, Pichincha), reemplazando al kikuyo por la deficiencia de agua. No obstante en lugares con abundante agua el kikuyo es todavía el principal invasor. Independiente de la especie, las gramíneas invasoras constituyen un grave problema para la persistencia de las pasturas de gramínea-leguminosa.

En las localidades de Chimba (Franco arenoso), GV (Franco) y Tola (Franco arcillo arenoso) durante el año experimental, el trébol rojo presentó una predominancia de 3 veces más al trébol blanco. En cambio en los sitios de San Isidro (Franco) y Páramo (Franco arcillo limoso), a los 4 meses de estudio, la presencia de estas dos especies fueron similares, pero al término de los 12 meses, el trébol rojo desapareció totalmente predominando el trébol blanco.

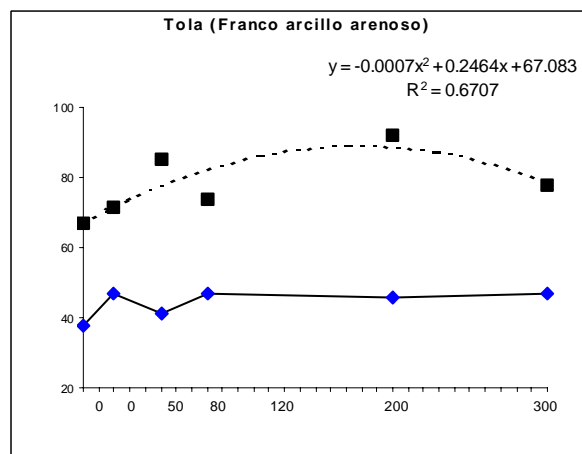
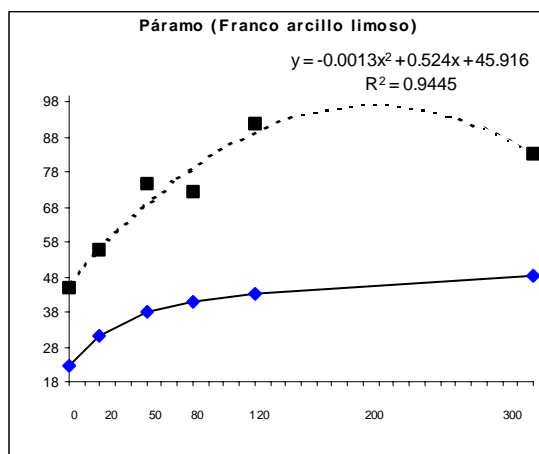
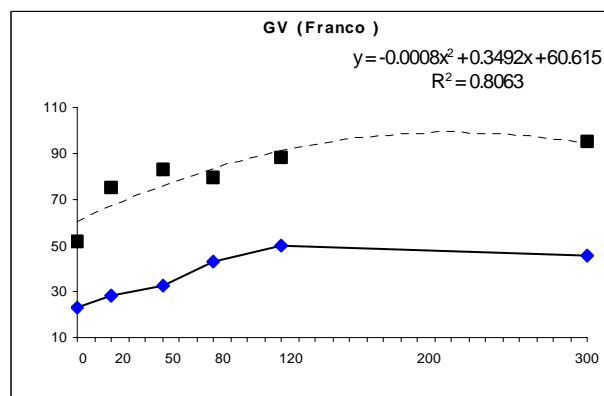
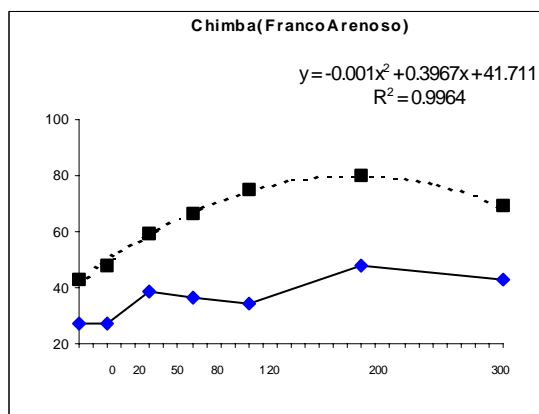
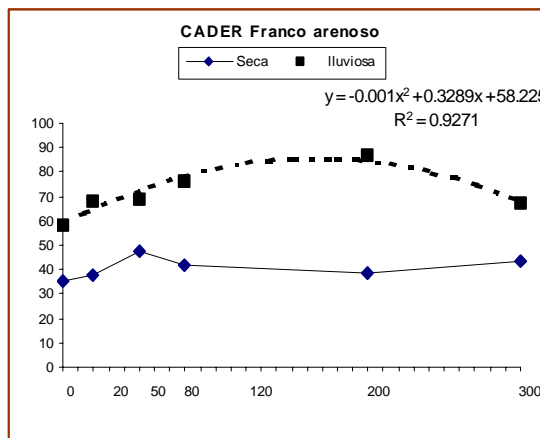
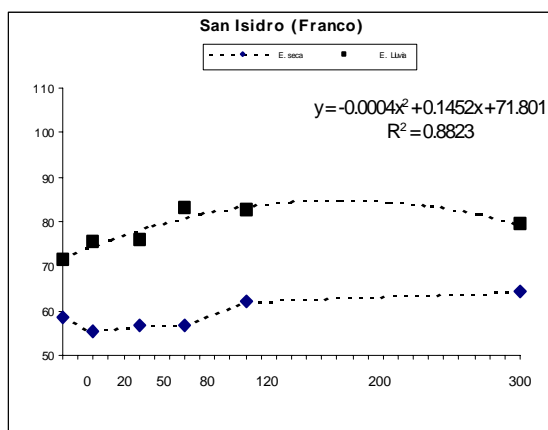
La metodología propuesta en este trabajo debe ser aún confirmada con experiencias prácticas y trabajos de investigación, pero ofrece de partida una forma lógica y sistemática de enfrentar la aplicación de P al suelo para maximizar la producción de los pastizales, que constituyen el alimento más barato para la producción de leche en la Sierra del Ecuador.

BIBLIOGRAFIA

- Velásquez, H. 2000. Zonas agroecológicas aptas para pastizales destinados a la producción de leche a bajo costo. Estudio realizado para el Proyecto de Investigación AGSO/FCA-UC/PROMSA, No. IQ-CV 002.
- Zebrowski Claude et al. en: III Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos . ORSTOM. Quito, diciembre de 1996. 510 pgs.

Gráfico 1. Relación entre el fósforo aplicado y la tasa de crecimiento de los sitios en estudio de la Sierra Centro Norte. 2002

Tasa de crecimiento, kg MS/ha/día

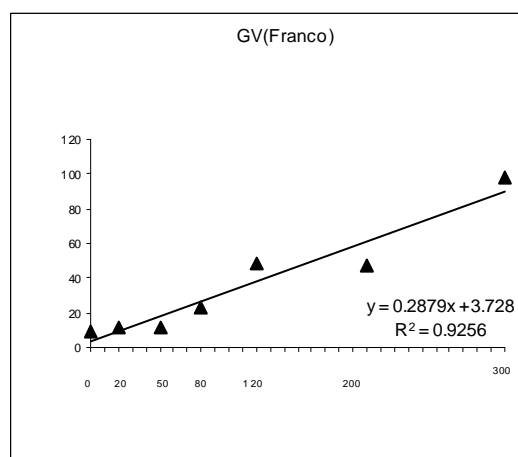
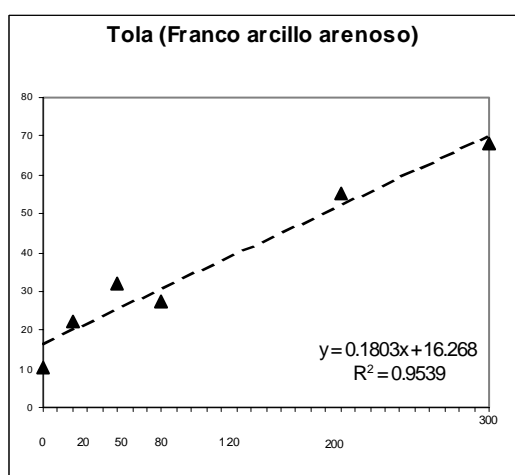
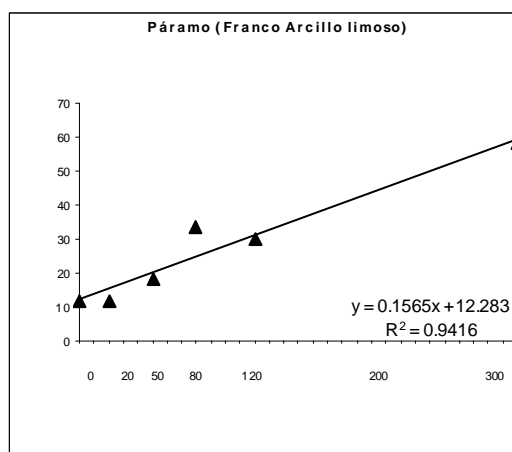
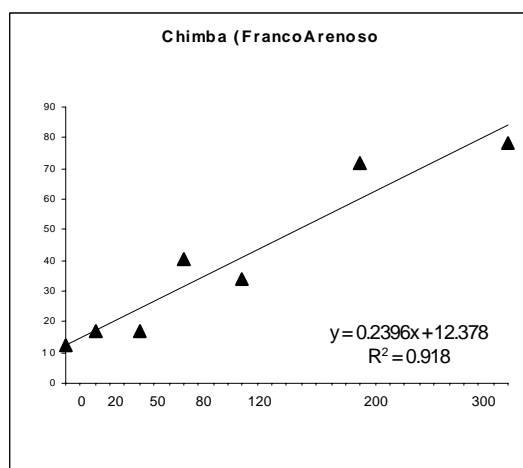
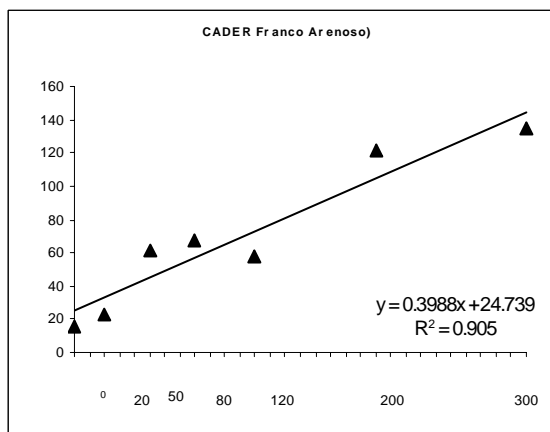
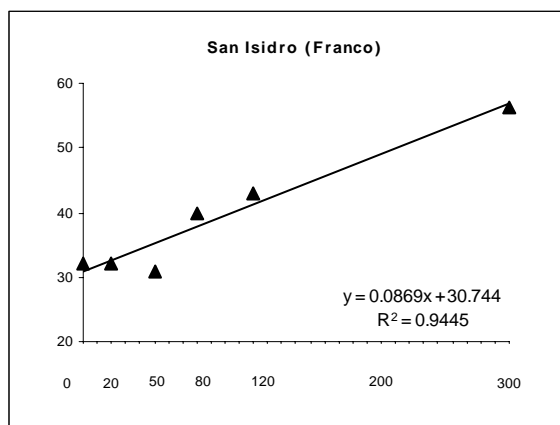


◇ Época seca
 □ Época lluviosa

Niveles de P aplicado, kg/ha/año

Gráfico 2. Relación entre el fósforo aplicado y el contenido de P en el suelo (ppm) de los sitios en estudio de la Sierra Centro Norte, 2002 *

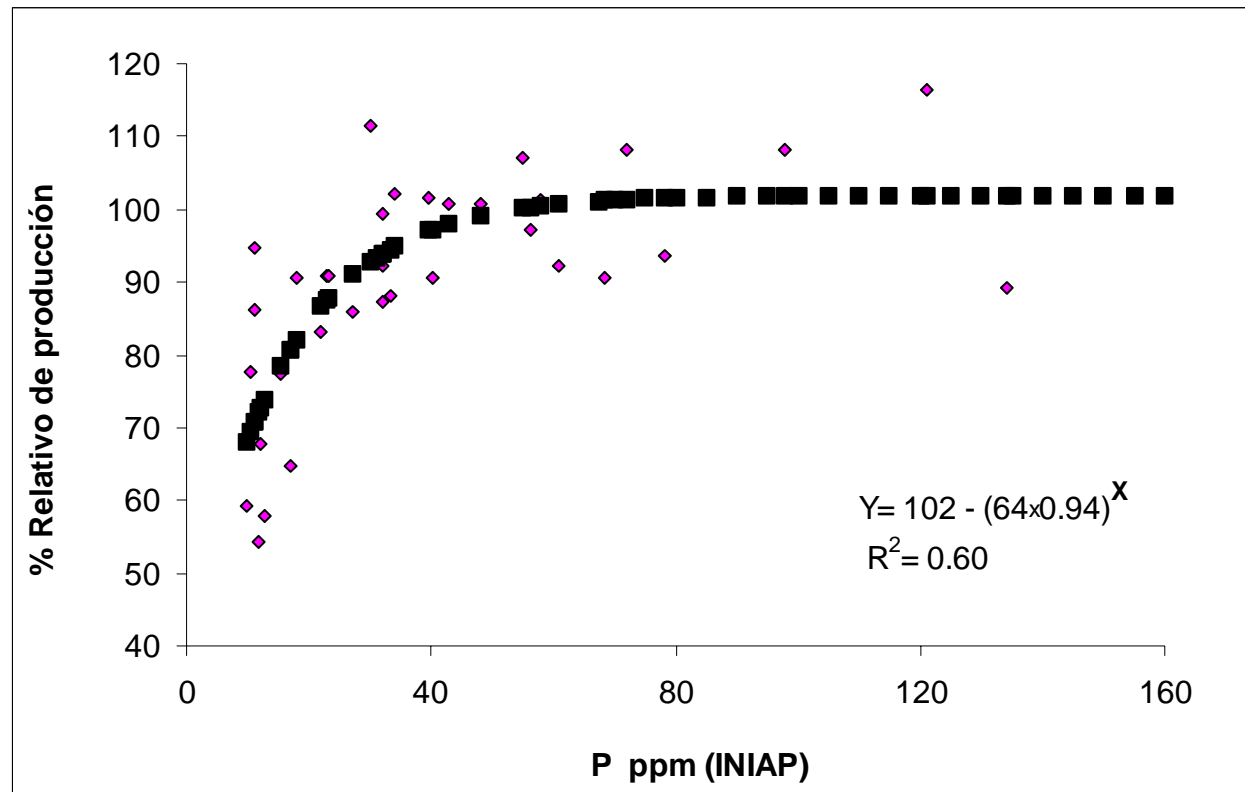
Contenido de P en el suelo (ppm)



* Los resultados se aplican solamente cuando los análisis del suelo se realizan en el Laboratorio de Suelos del INIAP, Santa Catalina,

Niveles de P aplicados kg/ha/año

Gráfico 3. Relación entre el contenido de P del suelo y el rendimiento relativo de las pasturas de la Sierra Centro Norte 1>, 2>



1> Los resultados se aplicaron solamente cuando los análisis del Suelo se realizan en el Laboratorio de Suelos del a INIAP – Santa Catalina (Quito – Ecuador)

2> Sitios: San Isidro (Franco); GV (Franco); CADER (Franco arenoso); Chimba (Franco Arenoso); Páramo (Franco b Arcillo limoso); Tola (Franco arcillo arenoso).