

Conceptos para mejorar recomendaciones de fertilización: Experiencias en Puerto Rico

David Sotomayor Ramírez, PhD.
Universidad de Puerto Rico, Mayagüez
Colegio de Ciencias Agrícolas



Simposio Internacional: Importancia del manejo de suelo y fertilización con potasa para el desarrollo agrícola sustentable de América Latina y el Caribe,

10 al 13 de marzo de 2010, San Salvador, El Salvador
International Potash Institute, Asociación Salvadoreña de la Ciencia del Suelo



Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Suelos ricos en fósforo y potasio podrían reducir costos de fertilización del maíz en El Salvador

El éxito de los ensayos de fertilización que desarrolla el Proyecto de Maíz Blanco en El Salvador con apoyo técnico y financiero de Red SICTA, del IICA/Cooperación Suiza, podría contribuir a una sustancial disminución de costos para los productores salvadoreños de este grano, aseguró el Coordinador Ejecutivo de Red SICTA, Dr. Armando Ferrufino. La alianza conformada por las organizaciones ACOPAI, UPREX, ACCAM y ANCA bajo la coordinación de CAMAGRO, estableció parcelas en cada una de las cuatro regiones del país, para ensayar un plan de fertilización diseñado con apoyo técnico del Coordinador de Red SICTA.

El diseño partió del resultado de los análisis de suelo practicados en las cuatro regiones donde se desarrolla el proyecto de innovación tecnológica.

“Los análisis detectaron una alta presencia de fósforo y potasio, por tanto, la fertilización se ajustará al uso de nitrógeno en distintas dosis, lo que nos hace suponer un ahorro importante de recursos al no tener que aplicar fórmulas completas”, subrayó el Dr. Ferrufino.

En El Salvador el saco de 48 kilos de urea para este año se cotiza en 43 dólares mientras que el fertilizante de la fórmula 16-20-0 se paga en 58.60 dólares.

Agroinnovación al día. Boletín No. 80. 18 de agosto del 2009 es el boletín electrónico del Proyecto Red SICTA.

Filosofías de fertilización

1. Concepto de extracción de nutriente E_{xtr}

- planta entera
- grano o fruto

Puede considerar además

- Extracción de nutrientes y eficiencia
- Extracción de nutrientes, capacidad del suelo a suplir nutriente y eficiencia

2. Concepto de suficiencia (respuesta a la aplicación)

- sin análisis de suelo
- análisis de suelo

3. $S_{ite} S_{pecific} N_{utrient} M_{anagement}$ (SSNM)

3

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Requisito nutricional del cultivo fundamentado en:

- La extracción del cultivo
- El nivel máximo de respuesta
 - Ensayos de campo que relacionan rendimiento con niveles de nutriente (fertilizante) limitante añadido
 - Nivel crítico en el suelo: La concentración de un nutriente extraíble por encima del cual una respuesta del cultivo a la adición del nutrimento no es esperada

4

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Aunque el modelo utilizado dependerá de:

- Movilidad del nutriente en suelo
 - Cultivo
 - Información disponible (literatura)
 - Conocimiento del cultivo
 - Tecnología disponible del agricultor
 - Prácticas culturales
- **Nota:** En cualquier caso la meta es determinar los niveles de aplicación, determinar la proporción entre los nutrientes y seleccionar una formulación

5

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Contraste entre N, P y K

Nitrógeno

- comportamiento principalmente biológico
- no existen buenas técnicas para diagnosticar el nivel de deficiencia o suficiencia en suelo
- no hay acumulación en el suelo a largo plazo excepto en la materia orgánica
- casi siempre hay que hacer aplicaciones para mantener los niveles de producción

6

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Contraste entre N, P y K

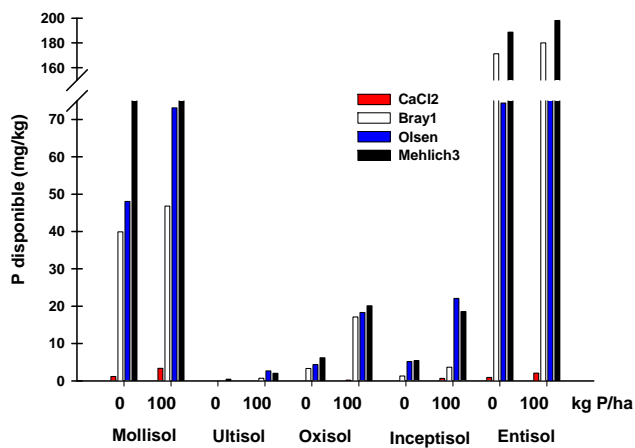
Fósforo y potasio

- comportamientos son principalmente de naturaleza química
- existen técnicas de diagnóstico para la evaluación de suficiencia en suelo
- hay acumulación de P y a menor grado de K a largo plazo en suelos
- no siempre hay respuesta a la aplicación

7

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Diferentes análisis de suelo miden diferentes cantidades de P



8

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Análisis de suelos

- Es una extracción química de alguna forma del nutriente en el suelo
- El valor numérico del análisis
 - no indica la cantidad absoluta disponible en el suelo
 - es un **índice** de disponibilidad
 - no tiene significado a menos que esté cuantitativamente relacionado al rendimiento de un cultivo (crecimiento o respuesta)
 - A medida que aumenta, la probabilidad a que haya una respuesta a la fertilización disminuye
 - Sirva para desarrollar **categorías** de disponibilidad (bajo, mediano y alto) y establecer **nivel crítico**

9

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

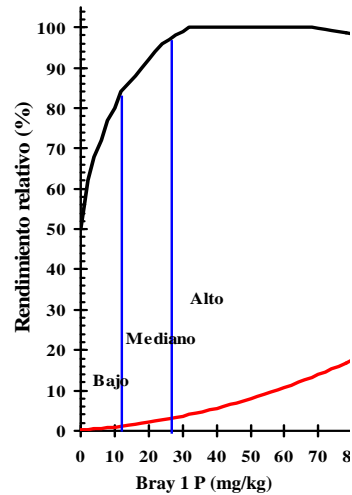
Interpretación del análisis de suelo

- Calibración de la prueba le da significado agronómico
- Nivel crítico separa suelos que responden a los que no responden
- Categorías sirven para establecer el grado de severidad en la deficiencia
- Sirve para establecer niveles de aplicación cuando se espera respuesta
- No necesariamente se relacionan con rendimientos absolutos si no con suficiencia en suelo y/o probabilidad a obtener respuesta a la aplicación

10

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

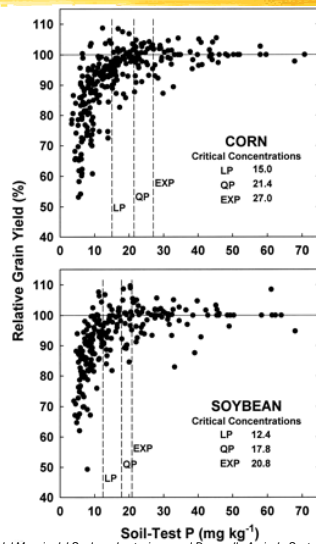
Modelo conceptual del significado del análisis de suelos (perspectiva agronómica)



11

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

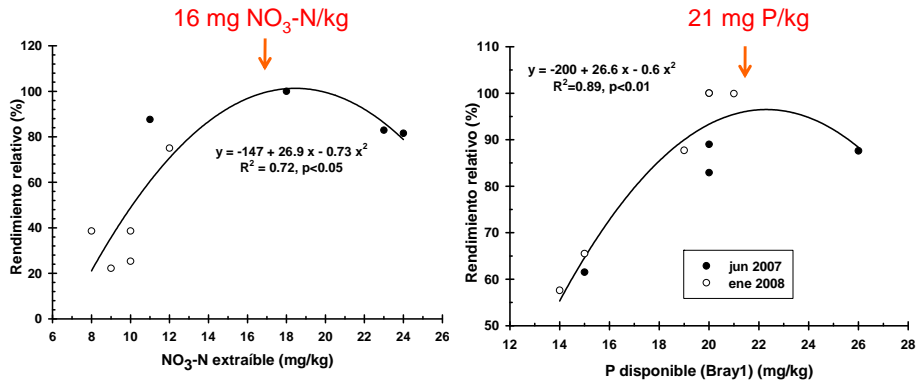
Muchos años de calibraciones Dodd y Mallarino, Soil Sci Soc Am J 69:1118-1128 (2005)



12

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

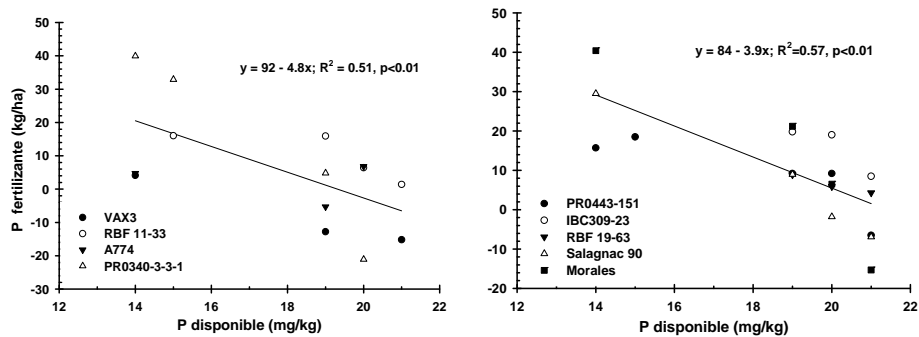
Relación análisis de suelo y rendimiento relativo en frijol (*Phaseolus sp.*) (Sotomayor et al. 2009)



13

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

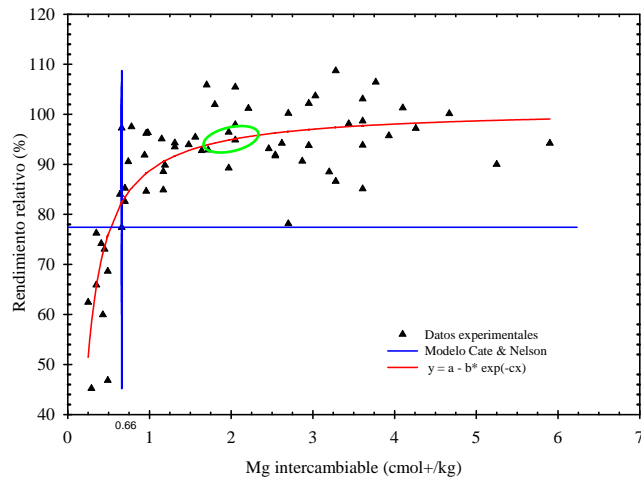
Requisito de fertilización y análisis de suelo (Sotomayor et al. 2009)



14

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Calibración de prueba de Mg en suelo en plátanos (Martínez et al., 2004)



15

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Guía para la interpretación de análisis de nutrimentos en suelos, Puerto Rico

Nivel en el suelo¹

Nutriente	Bajo	Mediano	Alto
N total (%)	< 0.1	0.1 – 0.2	> 0.2
P Bray 1 (ppm) ²	< 10	10 - 20	> 20
P Olsen (ppm)	< 12	12 - 35	> 35
Ca (cmol _c /kg) ³	< 3	3 - 6	> 6
Mg (cmol _c /kg)	< 1.5	1.5 – 2.5	> 2.5
K (cmol _c /kg)	< 0.2	0.2 – 0.4	> 0.4
Fe (ppm) ⁴	0 – 2.5	2.6 – 4.5	> 4.5
Mn (ppm)	< 1.0		> 1.0
Zn (ppm)	0 – 0.5	0.6 – 1.0	> 1.0
Cu (ppm)	< 0.2		> 0.2

1 Nivel bajo, mediano y alto significa una probabilidad alta, mediana y baja para encontrar respuesta al suministro del nutriente.

2 Niveles de P extraíbles por pruebas de Bray I, Bray II, y Olsen bicarbonato. Fuente Muñiz Torres, 1992.

3 Niveles de cationes básicos extraíbles (Ca, Mg, K) con NH₄OAc. Fuente Muñiz Torres, 1992.

4 Niveles para micronutrientes (Fe, Mn, Zn, y Cu) extraíbles con DTPA. Fuente Havlin et al. 2005.

16

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

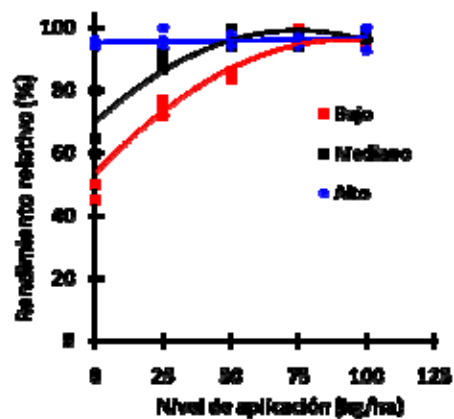
Interpretación

Categoría	Interpretación	Probabilidad de obtener respuesta
Bajo	50 a 75% del potencial de rendimiento es esperado sin la adición del nutrimento. Siempre se espera un aumento en rendimiento con la aplicación de nutriente.	>75%
Mediano	75 a 100% del potencial de rendimiento es esperado sin la adición del nutrimento. Se espera un aumento en rendimiento con la aplicación de nutriente.	50-75%
Alto	100% del potencial de rendimiento es esperado sin la adición del nutrimento. No se espera un aumento en rendimiento con la aplicación de nutriente.	<5%

17

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Recomendación (RF), modelo conceptual



18

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Recomendación (RF), modelo conceptual

Categoría del análisis de suelo

- Bajo - Aplicar la totalidad del RN
- Mediano – Aplicar entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ el RN
- Alto – Aplicar entre 0 y $\frac{1}{2}$ el RN

Fósforo	Potasio		
	Bajo	Mediano	Alto
Bajo	120-60-300	120-60-200	120-60-100
Mediano	120-30-300	120-30-200	120-30-100
Alto	120-0-300	120-0-200	120-0-100

19

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Interpretación / Recomendación (RF)

Categoría	Interpretación	Recomendación (RF) =
Bajo	50 a 75% del potencial de rendimiento es esperado sin la adición del nutrimento. Siempre se espera un aumento en rendimiento con la aplicación de nutrimento.	$1x * RN$ $1x \rightarrow 2x * RE$
Mediano	75 a 100% del potencial de rendimiento es esperado sin la adición del nutrimento. Se espera un aumento en rendimiento con la aplicación de nutrimento.	$0.5x \rightarrow 0.75x * RN$ $1x \rightarrow 1.5x * RE$
Alto	100% del potencial de rendimiento es esperado sin la adición del nutrimento. No se espera un aumento en rendimiento con la aplicación de nutrimento.	$0.5x \rightarrow 0.75x * RE$ (considerar lo que se remueve del suelo)

- Recomendación fertilización (RF)
- Requisito nutricional (RN) = Respuesta máxima a la aplicación de nutrimento
- Requisito extracción (RE) = Cantidad máxima que puede extraer un cultivo

20

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Ventajas y desventajas de usar esta metodología

- Aunque el valor del análisis de suelo y la respuesta del cultivo están relacionadas, esta relación no es absoluta
- El análisis de suelos es una pieza de información entre otras
- La calibración no es exacta debido a la complejidad del sistema biológico y existe un rango de incertidumbre
- Ejemplo, un análisis de suelo con 7 ppm P se interpreta igual que otros análisis que estén entre 0 y 10 ppm P (categoría baja)..
- Cuando el análisis de suelos está cerca de los límites categóricos existe incertidumbre
- Los modelos estadísticos utilizados varían en cuanto a su complejidad
- No considera variabilidad espacial

21

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

- **Enfatiza retorno a la inversión a corto plazo**
- **Requiere de laboratorios analíticos competentes,**
- **Requiere de un monitoreo del suelo frecuente**
- **Filosofía de fertilización mantenimiento o aumentar nivel en suelo**

22

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Enfoque generalizado (concepto de extracción)

$$N_f = \frac{N_u - N_s}{E_f}$$

N_u es la extracción por el cultivo
 N_s es la cantidad que suple el suelo
 E_f es la eficiencia de utilización

Cultivos

- Forrajeras
- Guineo (AAA)
- Plátanos (AAB)
- Ñame (*Dioscorea sp.*)
- Yuca (*Manihot esculenta*)
- Yautía (*Xanthosoma sagittifolium*)

23

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Aspectos positivos y negativos

$$N_f = \frac{N_u - N_s}{E_f}$$

- Recomendación generalizada
- Fácil de entender
- Estimados numéricos se pueden obtener de la literatura
- Es una recomendación cuantitativa
- N_s evaluado por un análisis de suelo no indica cantidad absoluta que suple el suelo
- Valores de N_s de la literatura no pueden ser extrapolados de un sitio a otro
- Cantidades extraídas (estimada) pueden ser muy variables
- No existen valores publicados de E_f para la mayoría de cultivos y sistemas de manejo

24

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Ejemplos de rendimientos y extracción de nutrientes reportados en la literatura

Cultivo	Especie o variedad	Producción kg/ha/yr	Extracción (kg/ha/yr)					Referencia
			N	P	K	Ca	Mg	
Forrajas		26288	328	54	422	128	75	Vicente-Chandler et al., 1983
Cassava	<i>Manihot esculenta</i>	21900	186					Fox, et al., 1975
Cassava	<i>Manihot esculenta</i>	22256	204	12	222	86	33	Irizarry y Rivera, 1983
Yautía	Blanca del Pais	23401	307	83	417	112	68	Goenaga y Chardon, 1993
Yautía	Morada	34068	272	73	454	98	53	Goenaga y Chardon, 1993
Yautía	Kelly	11316	145	40	220	63	33	Goenaga y Chardon, 1993
Yautía	Blanca del Pais	19479	165	76	582	114	44	Goenaga, 1994
ñame	<i>D. alata</i>	31749	118	19	160			Barahona, 1976
ñame	<i>D. alata</i>	58764	214	19	223			Irizarry et al., 1992
ñame	<i>D. rotundata</i>	51600	190	25	215			Irizarry y Rivera, 1985
Habichuela	<i>Phaseolus vulgaris</i>	2000	102	9	93	54	18	Schoonhoven et al., 1993

25

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Se obtienen los requerimientos internos

Cultivo	Especie o variedad	Producción kg/ha/yr	Extracción (kg/1000kg)					Referencia
			N	P	K	Ca	Mg	
Forrajas		26288	12.48	2.05	16.05	4.87	2.85	Vicente-Chandler et al., 1983
Cassava	<i>Manihot esculenta</i>	21900	8.49					Fox, et al., 1975
Cassava	<i>Manihot esculenta</i>	22256	9.17	0.54	9.97	3.86	1.48	Irizarry y Rivera, 1983
Yautía	Blanca del Pais	23401	13.12	3.55	17.82	4.79	2.91	Goenaga y Chardon, 1993
Yautía	Morada	34068	7.98	2.14	13.33	2.88	1.56	Goenaga y Chardon, 1993
Yautía	Kelly	11316	12.81	3.53	19.44	5.57	2.92	Goenaga y Chardon, 1993
Yautía	Blanca del Pais	19479	8.47	3.90	29.88	5.85	2.26	Goenaga, 1994
ñame	<i>D. alata</i>	31749	3.72	0.60	5.04			Barahona, 1976
ñame	<i>D. alata</i>	58764	3.64	0.32	3.79			Irizarry et al., 1992
ñame	<i>D. rotundata</i>	51600	3.68	0.48	4.17			Irizarry y Rivera, 1985
Habichuela	<i>Phaseolus vulgaris</i>	2000	51.00	4.50	46.50	27.00	9.00	Schoonhoven et al., 1993

26

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Eficiencia de utilización

- **Eficiencia agronómica de Nut aplicado**
 $= (RG_f - RG_u)/N_a$
- **Eficiencia aparente de recuperación**
 $= (NG_f - NG_u)/N_a$
- **Productividad parcial**
 $= RG_f/N_a$
- **Balance parcial de remoción**
 $= NG_f/N_a$

27

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Sotomayor
Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Colegio de Ciencias Agrícolas
ESTACION EXPERIMENTAL AGRICOLA
Río Piedras, Puerto Rico



Conjunto Tecnológico para la Producción de
Plátanos y Guineos

Publicación 97
(Edición Revisada)

marzo 1995

Abonamiento

Los requerimientos nutricionales del guineo son similares a los del plátano, aunque un poco más altos en nitrógeno y potasio. Según los estudios sobre extracción de nutrientes, un guineo bien nutrido usa alrededor de 240 libras por cuerda de nitrógeno, 45 de ácido fosfórico, 740 de potasa y 75 de óxido de magnesio por cuerda. Tomando en cuenta lo que se pierde en los suelos rojos de la altura húmeda y las pérdidas de nutrientes cuando se aplican los abonos, se necesita aplicar alrededor de 340 libras por cuerda de nitrógeno, 55 de ácido fosfórico, 840 de potasa y 75 de óxido de magnesio para obtener rendimientos altos en la plantilla. Estos nutrientes los pueden 28 quintales de un abono 12-2-30-3 o un análisis similar. El abono debe aplicarse a los 2, 5, 8 y 10 meses de edad de la plantación a razón de 5, 7, 9 y 7 quintales por cuerda, respectivamente. Dependiendo de la densidad, la cantidad de abono a aplicarse por planta es de 1/2 a 3/4 lb en la primera aplicación, 3/4 a 1 lb en la segunda, 1 a 1 1/4 lb en la tercera y de 3/4 a 1 lb en la cuarta aplicación.

El nitrógeno que el guineo necesita en la plantilla se puede suplir con aplicaciones de gallinaza. Para cantidades a aplicar y frecuencias vea la sección de abonamiento en plátanos (página 13).

Para la incorporación de magnesio y elementos menores en el análisis del abono siga las recomendaciones para plátanos (páginas 12 y 13). Al igual

21

28

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Raciocinio para la recomendación de fertilización (Irizarry et al. 1998)

TABLE 1.—Amount of nutrients taken up by the Grand Nain banana plants grown on an Ultisol during the plant and first ratoon crops (kg/ha)

Nutrient	Plant crop	First ratoon crop	Average
N	310	241	276
P	24	22	23
K	726	695	711
Ca	157	147	152
Mg	66	41	54

TABLE 2.—Estimate of fertilizer requirements for the production of high yields in the plant crop of bananas grown on an Ultisol (kg/ha)

Nutrient	Uptaken by bananas	Supplied by soil	Supplied from fertilizer	Applied as fertilizer ¹
N	276	80	196	392
P ₂ O ₅	53	0	53	64
K ₂ O	856	80	776	970
MgO	88	20	68	85

¹ Assuming losses of 50% N, 20% P₂O₅, and 25% K₂O and MgO.

29

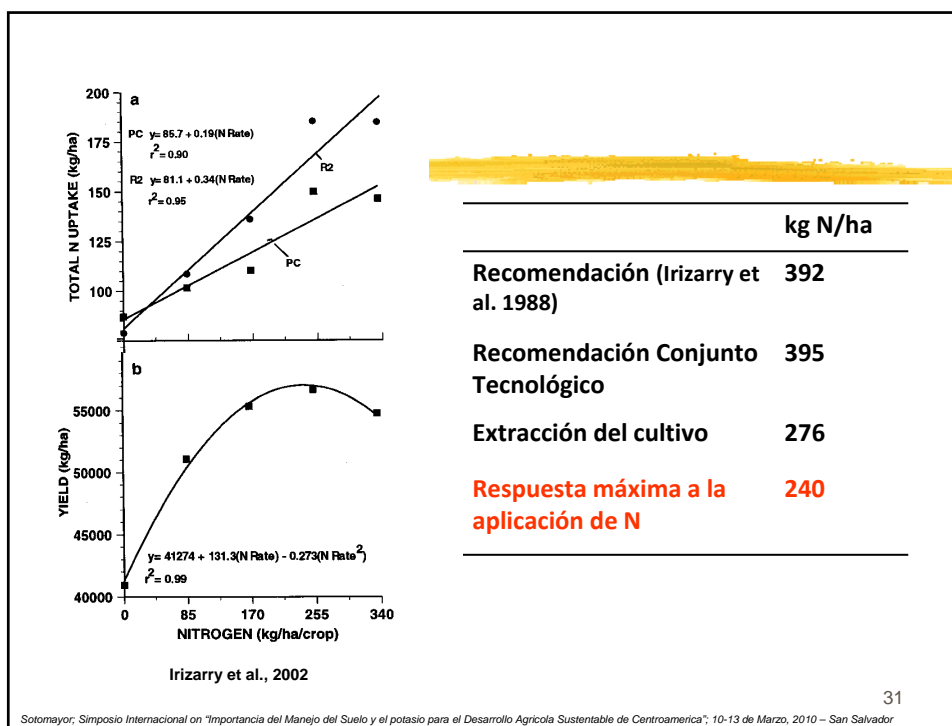
Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Recomendación de fertilización

- 392-64-970-85 (N-P₂O₅-K₂O-MgO); kg/ha
- 6.1-1-15-1.3
- 3,250 kg/ha de 12-2-30-3

30

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador



Costo (\$) (precios marzo 2010)

- $392 - 240 = 152 \text{ kg N/ha}$
- urea = $\$1.29/\text{kg N}$ ($\$0.59/\text{lb N}$) = $\$310/\text{ha}$
- Formulaciones:
 $3,300 \text{ 10-2-30-3MgO}$ ($\$44.91/\text{qq}$) = $\$3,260/\text{ha} + \$310/\text{ha} =$
 $\$3,570/\text{ha}$
- 1426 15-5-20 ($\$38.13/\text{qq}$) = $\$1,196/\text{ha} +$
- KCl ($970-285 = 680 \text{ kg K}_2\text{O}$) ($\$61.80/\text{qq}$) = $\$924/\text{ha}$
- $\$1,196 + 924 =$ **$\$2,120/\text{ha}$**

Agricultura en Puerto Rico

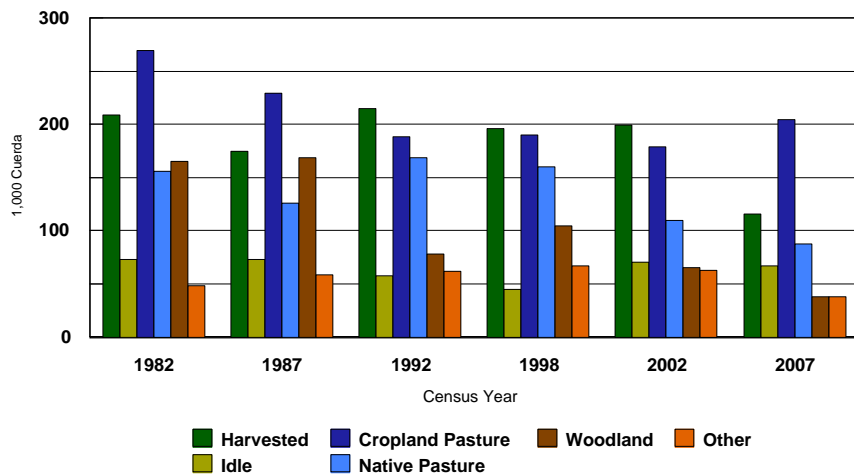
- 3,950,037 personas (2008)
- 4.41 personas/ha area total (1.7 pers/cda)
- 279,630 ha (690,687 acres) en finca y 178,000 ha (440,000 acres) en producción o manejo
- 14 personas/ha area agrícola (estimado)
- Capacidad de carga (personas/ha) (0.9 - 5.1)

33

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Land Use

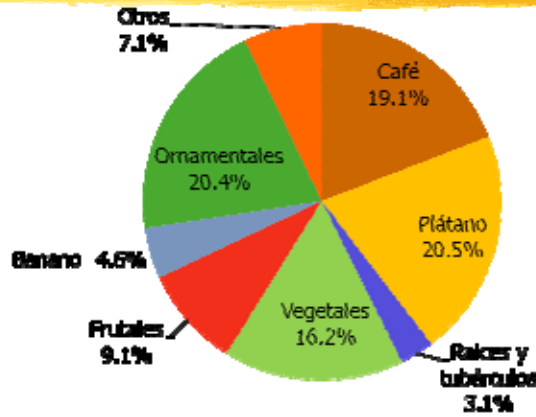
Puerto Rico Census of Agriculture



34

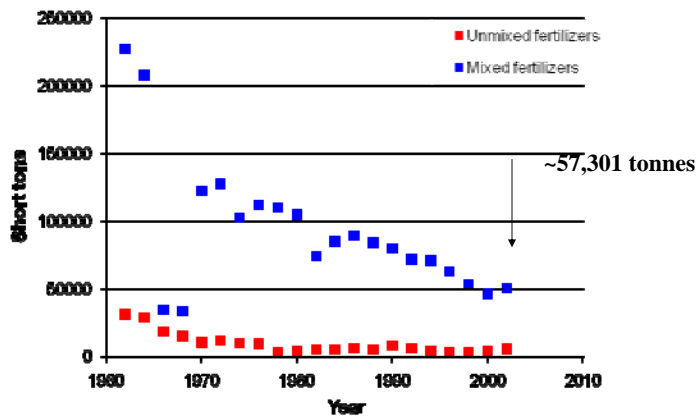
Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Cultivos de mayor importancia económica Puerto Rico - 2007 (USDA-Censo)

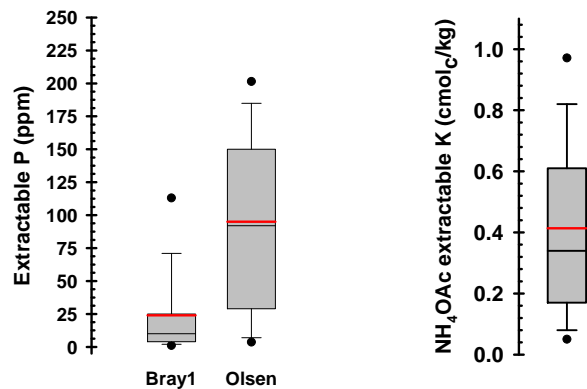


• Valor en la finca de \$325 x 10⁶ (41% del ingreso bruto agrícola total)

Consumo de fertilizantes en Puerto Rico (ELA-DAPR, 2006)



Distribución de frecuencia de 1,168 muestras de suelo de P.R. de 1989 a 1998 (Sotomayor et al., 2006)



37

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Ejemplos

Los ejemplos, que se presentan a continuación están fundamentados en las publicaciones "Conjunto Tecnológico para la Producción de Cosechas", publicados por la Estación Experimental Agrícola.

Muchas de las alternativas todavía no han sido validadas en campo y representan interpretaciones y sugerencia del autor.

38

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica", 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Frijol (*Phaseolus vulgaris*)

Nivel en suelo	N	P	K
	-----kg/ha-----		
Bajo	45-67	39-62	84-124
Mediano	45-67	22-34	39-62
Alto	45-67	0-11	0-22

Alternativa: basado en regresiones entre recomendación de fertilización-análisis de suelo (Sotomayor et al. 2009)

Nivel en suelo				
NO3-N	P	N	P	K
ppm		-----kg/ha-----		
0-10	Bajo	25-84	44-87	84-124
10-15	Mediano	9-21	5-39	39-62
>15	Alto	<10	<10	0-22

39

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Guineo (*musa acuminata*)

Recomendación actual: 3,100 kg/ha de 12-2-30

N	P	K
-----kg/ha-----		
377	27	786

Alternativa: considerando dos categorías de disponibilidad de P y K, nivel máximo de respuesta a N, P y K = 0.5 RN ± 100), no hay datos empíricos locales que relacionan P y K con análisis de suelo

Nivel en suelo	N	P	K
	-----kg/ha-----		
Mediano y bajo	377	27	786
Alto	240	0-26	300-500

40

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador



Plátano (*musa balbiciana*)

Recomendación actual: 3,100 kg/ha de 12-2-30

N	P	K
-----kg/ha-----		
314	27	655

Alternativa: considerando dos categorías de disponibilidad de P y K , nivel máximo de respuesta a N, P y K = 0.5 RN ± 100), no hay datos empíricos locales que relacionan P y K con análisis de suelo

Nivel en suelo	N	P	K
	-----kg/ha-----		
Mediano y bajo	314	27	655
Alto	242	0-26	225-425

41

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador



Ñame (*Dioscorea spp.*)



Recomendación actual: 2,000 kg/ha de 14-3-13

N	P	K
-----kg/ha-----		
314	27	655

Alternativa: considerando dos categorías de disponibilidad de P y K, nivel máximo de respuesta a N y K en ensayos publicados y no publicados

Nivel en suelo	N	P	K
	-----kg/ha-----		
Mediano y bajo	283	26	219
Alto	75-150	<26	60-160

42

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador



Café (*Coffea arabica*)

Recomendación: 2 aplicaciones, varias formulaciones, 4,446 plantas/ha

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Año	-----kg/ha-----		
1	50-76	50-76	26-38
2	102-126	102-126	90-102
3	152-304	76-122	228-324
4	152-304	76-122	228-324

3,000 plantas/ha

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Año	-----kg/ha-----		
1	34-50	34-50	16-26
2	68-84	68-84	54-68
3	102-202	50-80	152-216
4	102-202	50-80	152-216

43

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Forrajeras (corte, materiales mejorados)



Recomendación actual: 2,000 lbs/acre 15-5-10

N	P	K
-----kg/ha-----		
337	49	187

Alternativa: considerando dos categorías de disponibilidad de P y K,
Observaciones de respuesta a P y K, ensayos publicados

Nivel en suelo	N	P	K
	-----kg/ha-----		
Mediano y bajo	337	49	187
Alto	337	<49	44-144

44

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Resumen

- **Discutido dos filosofias distintas**
- **Incertidumbre al hacer interpretaciones de suficiencia de P y K en suelo**
- **Incertidumbre al hacer recomendaciones**
- **No hay suficientes datos para tomar las mejores decisiones**
- **Hay que continuar generando los datos**
- **Ciencia y arte en algun momento tienen que converger en una forma objetiva**
- **Otros factores mas alla de lo agronómico tienen que ser considerados**
- **Tenencia de tierra, precio fertilizante/producto, mantener o aumentar niveles de P y K en suelo etc..**

45

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador

Otros factores

- **Teconología disponible para el agricultor**
- **Fuente de fertilizantes disponibles**
- **Frecuencia de aplicacion**
- **Momento de aplicación**
- **Epoca de aplicación**
- **Rentabilidad económica**

46

Sotomayor; Simposio Internacional on "Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamerica"; 10-13 de Marzo, 2010 – San Salvador