

## FERTILIZACION FOSFORICA DE LA FRESA (*Fragaria x ananasa*, cv. Chandler), EN FRAIJANES, ALAJUELA<sup>1</sup>/\*

Eloy Molina \*\*  
Rafael Salas \*\*  
Aquiéles Castro \*\*\*

### ABSTRACT

**Phosphorus fertilization in strawberry (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) in Fraijanes, Alajuela.** Two field experiments of fertilization with P in strawberry (*Fragaria x ananasa*, cv. Chandler) were executed at the Fraijanes Experimental Station, Alajuela, Costa Rica. In the first experiment, levels of 0, 200, 400, 600, 800, 1000 and 1200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha were applied at planting. In the second experiment levels of 0, 250, 500, 750, 1000 and 1250 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha were applied in two forms: complete dose at planting and fractioned in three applications (at planting, 30 and 60 days later). The number of grade A fruits, yield of grade A and B fruits and total yield (t/ha) were evaluated. In the first experiment there was a low response to P applications and only the yield of grade B fruits was significantly different. The dose of 800 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha was the best according to the regression analysis. In the second experiment the split applications increased the yield, even when the agronomic optimum was not obtained. The results showed that the high retention capacity of the Andisols are responsible for the results and split applications should be recommended. The absorption curve information could estimate with higher precision the application dates and also could help to reduce the amounts to be applied.

### INTRODUCCION

El cultivo de la fresa en Costa Rica se ha establecido en suelos derivados de cenizas volcánicas de las partes altas del Valle Central, principalmente en las zonas de Fraijanes, San José de la Montaña, San Isidro de Coronado y San Ramón de Tres Ríos. Estos suelos se caracterizan por presentar fertilidad moderada, alto contenido de materia orgánica y excelentes características físicas.

Uno de los principales problemas que presentan es la alta retención de fosfatos por arcillas

no cristalinas o de orden corto como alofana e imogolita, lo que obliga a utilizar dosis altas de P para suministrar a la planta un nivel adecuado.

Los requerimientos de P en la fresa son bajos en zonas templadas. En diferentes regiones de los Estados Unidos no se ha encontrado una respuesta definida a su aplicación en suelos sometidos al cultivo (Boyce y Matlock, 1966). Sólo existen algunos informes de respuesta en suelos bajos en el elemento o con alta retención de P (Tremblay, 1951).

Denninson (1956) encontró un incremento significativo en el rendimiento con dosis de 180 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en suelos vírgenes de Florida, sin embargo, en suelos cultivados no hubo efecto de la aplicación.

En Costa Rica, González (1968) no encontró respuesta en fresa con aplicaciones de 170 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Efecto similar obtuvieron Rodríguez (1984) y Ducca (1986) con la aplicación de P en

1/ Recibido para publicación el 27 de abril de 1992.

\* Este trabajo fue patrocinado por el convenio CINDE-División Agrícola-CNA-ICAFE-UCR, Proyecto VI-733-89-552.

\*\* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

\*\*\* Programa de Fresas, CINDE-División Agrícola, San José, Costa Rica.

dosis de hasta 300 kg  $P_2O_5$ /ha en un Andisol de Fraijanes.

Matamoros (1989) obtuvo una respuesta significativa con 200 kg  $P_2O_5$ /ha aplicado a la siembra, aunque no detectó diferencias con dosis mayores (hasta de 600 kg  $P_2O_5$ /ha).

Dada la importancia de este elemento en la nutrición de cultivos establecidos sobre Andisoles y los resultados poco concluyentes obtenidos hasta la fecha, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis y épocas de aplicación de P en el cultivo de la fresa en suelos de origen volcánico.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizaron 2 experimentos en la Subestación Experimental Fraijanes, de la Universidad de Costa Rica, provincia de Alajuela, a 1650 msnm y con 16°C de temperatura media anual.

El experimento 1 se sembró en julio de 1987 y se terminó de cosechar en abril de 1988. Se evaluaron 27 semanas de cosecha. El suelo es un Thaptic Melanudands de textura franco arenosa, pH 5,6, 12,5% de materia orgánica, 5,5, 0,78, 0,55 cmol(+)/L de Ca, Mg y K respectivamente, 0,40 cmol(+)/L de acidez intercambiable y 7 mg/L de P disponible. La capacidad de retención de fosatos en este suelo es superior a 96% (Molina *et al.*, 1991). Se utilizaron 7 tratamientos de fertilización: 0, 200, 400, 600, 800, 1000 y 1200 kg  $P_2O_5$ /ha. Como fuente de P se utilizó triple superfosfato (46% de  $P_2O_5$ ), aplicado todo a la siembra debajo de cada planta.

Todos los tratamientos recibieron una fertilización base de 500 kg  $CaCO_3$ /ha aplicado un mes antes de la siembra, 200 kg N/ha como nitrato de amonio fraccionado en 2 aplicaciones: la mitad a la siembra y el resto un mes después, y 75 kg de  $K_2O$ /ha como sulfato de potasio (50%  $K_2O$ ) a la siembra.

El experimento 2 se sembró en julio de 1988 y se terminó de cosechar en febrero de 1989, evaluándose 18 semanas de cosecha. El suelo es un Thaptic Melanudand, franco arenoso, pH 5,4, 11,85% de materia orgánica, 2,37, 0,35, 0,32 cmol(+)/L de Ca, Mg y K, respectivamente, 0,18 cmol(+)/L de acidez intercambiable y 14 mg/L de P disponible. Se utilizaron 11 tratamientos: 0, 250, 500, 750, 1000 y 1250 kg  $P_2O_5$ /ha aplicados en 2 modalidades: todo a la siembra

debajo de la planta, y fraccionado en 3 aplicaciones a los 0, 30 y 60 días después de la siembra. Todos los tratamientos recibieron una fertilización base de 300 kg N/ha con nitrato de amonio como fuente fraccionado a los 15 y 45 días y 75 kg  $K_2O$ /ha como sulfato de potasio aplicado a la siembra.

En ambos experimentos se usó un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. La parcela experimental consistió de una era de 0,4 m de alto, 3 m de largo y 0,8 m de ancho, con 20 plantas de fresa en 2 hileras separadas 0,4 m entre sí y 0,3 m entre plantas. La parcela útil consistió de 16 plantas centrales. Se utilizó el cultivar "Chandler" y las variables evaluadas fueron: número y peso de frutos de primera, peso de frutos de segunda, peso por fruto de primera (sólo en experimento 1) y peso total de frutos. La fruta de primera debe presentar un diámetro entre 25 y 40 mm, con un grado de maduración mediano, de aspecto uniforme y sana. La fruta de segunda posee los mismos requisitos de tamaño que la anterior, pero presenta algunos defectos de formación y tiene más de 3/4 de maduración, por lo que no califica para exportación.

Se tomaron muestras foliares en los meses 3, 4 y 5 en el experimento 1, y en los meses 3, 4 y 6 en el experimento 2, y se analizó el contenido de P en el tejido (Briceño y Pacheco, 1984).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Experimento 1

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos para las variables analizadas. De acuerdo con el análisis de varianza, sólo se presentó diferencias significativas al 5% entre tratamientos en la producción de frutos de segunda. El análisis de regresión (Figura 1) mostró que con la dosis de 800 kg  $P_2O_5$ /ha se obtuvo el rendimiento más alto en producción de frutos de segunda. Este tratamiento fue también el mejor en las variables número de frutos de primera, peso de frutos de primera y peso total de frutos, aunque no difirió significativamente de los otros tratamientos. La escasa respuesta a la fertilización fosfórica es atribuible a la alta capacidad de retención de P que presenta este suelo y a la forma de aplicación, ya que todo el P se agregó a la siembra. La fresa es un cultivo anual de ciclo largo (aproximadamente 9 meses de duración), por lo que aplicaciones de P únicamente a la siembra no son suficientes para

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de P en el rendimiento de fresa en Fraijanes, Alajuela (Experimento 1).

Tratamiento (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	No. frutos de lera./parcela	Peso prom./ fruto de lera (g)	Peso frutos de lera	Peso frutos de 2da (t/ha)	Peso total de frutos
0	388	19,9	24,4	17,8 <sup>a</sup>	42,2
200	402	20,8	24,3	21,2 <sup>b</sup>	45,5
400	338	17,7	21,4	20,7 <sup>b</sup>	42,1
600	402	22,7	26,1	21,7 <sup>b</sup>	47,8
800	502	20,7	27,9	24,7 <sup>b</sup>	52,6
1000	376	20,4	24,3	23,4 <sup>b</sup>	47,7
1200	379	18,5	22,8	19,2 <sup>b</sup>	42,0

a,b Valores con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente según prueba Duncan al 5%.

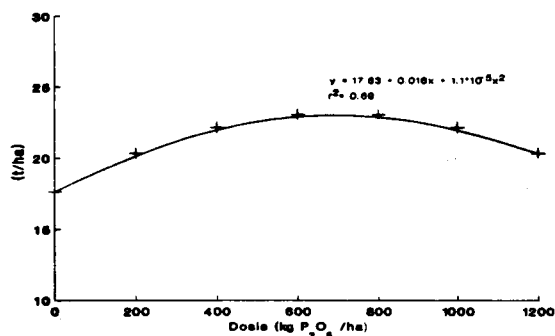


Fig. 1. Efecto de la aplicación de fósforo en la producción de frutos de fresa de segunda, experimento 1, Fraijanes, Alajuela.

Cuadro 2. Contenido de P residual en el suelo al final del experimento 1, de dosis de P en fresa, Fraijanes, Alajuela.

Tratamiento (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	P-Olsen mg/L
0	9
200	10
400	10
600	8
800	12
1000	15
1200	13

satisfacer las necesidades del cultivo en este tipo de suelos. A pesar de esto, la mayoría de los productores de fresa acostumbran aplicar todo el P a la siembra. La fuerte inmovilización del P en Andisoles se refleja también en el escaso contenido residual del elemento hallado después de terminar el ciclo del cultivo (Cuadro 2). A pesar de las altas dosis de P utilizadas no se encontró más de 15 mg/L de P residual al final de experimento,

en un suelo que originalmente contenía 7 mg/L del elemento.

## Experimento 2

En el Cuadro 3 se aprecian los resultados encontrados para las variables de producción evaluadas en este segundo experimento. Hubo diferencias significativas en todas las variables, lo cual muestra una excelente respuesta a la aplicación fraccionada de P. El análisis de regresión mostró un efecto casi lineal de la aplicación de P. Con ninguna de las modalidades de aplicación se obtuvo un máximo rendimiento agronómico (Figuras 2, 3 y 4). El fraccionamiento del P incrementó el rendimiento en forma progresiva conforme aumentó la dosis. Sin embargo, cuando el P se aplicó todo a la siembra, sólo se logró un incremento notable en el rendimiento a partir de 750 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. En la mayoría de las variables, el tratamiento de 250 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha fraccionado, presentó rendimientos similares al tratamiento de 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha sin fraccionar (Cuadro 3). Con la aplicación de 1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha a la siembra, apenas se logró un incremento de 30% en el rendimiento total de fresa con relación al testigo, en tanto que con la misma dosis, pero fraccionada, se obtuvo un aumento de más de 100% en la producción.

Si se comparan los rendimientos de los 2 experimentos, se nota una mayor producción promedio en el experimento 1, sin embargo, en este caso se evaluaron 27 semanas de cosecha, en tanto que en el segundo experimento sólo se cosecharon 18 semanas, debido que las plantas resultaron más afectadas por problemas fitosanitarios, lo que impidió continuar el experimento.

En un estudio similar de fertilización fosfórica en papa, realizado en la subestación de Fraijanes, el rendimiento máximo se obtuvo con

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de P en la producción de fresa en Fraijanes, Alajuela (Experimento 2).

Tratamiento (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	No. frutos de lera/parcela	Peso fruto de lera.	Peso fruto de 2da. t/ha	Peso total de frutos	%Incremento con respecto al testigo
0	164 <sup>f</sup>	8,0 <sup>f</sup>	14,0 <sup>e</sup>	22,0 <sup>g</sup>	-
250 SF	196 <sup>f</sup>	9,6 <sup>d</sup>	16,9 <sup>e</sup>	26,5 <sup>ef</sup>	20
500 SF	144 <sup>f</sup>	7,0 <sup>e</sup>	12,1 <sup>g</sup>	19,1 <sup>h</sup>	9
750 SF	200 <sup>f</sup>	9,6 <sup>d</sup>	15,0 <sup>f</sup>	24,7 <sup>f</sup>	12
1000 SF	229 <sup>d</sup>	12,0 <sup>c</sup>	16,7 <sup>e</sup>	28,7 <sup>de</sup>	30
1250 SF	293 <sup>b</sup>	15,6 <sup>b</sup>	20,8 <sup>d</sup>	36,3 <sup>c</sup>	65
250 F	257 <sup>c</sup>	12,4 <sup>c</sup>	16,8 <sup>e</sup>	29,2 <sup>d</sup>	33
500 F	256 <sup>c</sup>	12,7 <sup>c</sup>	17,3 <sup>e</sup>	30,1 <sup>d</sup>	37
750 F	311 <sup>b</sup>	16,7 <sup>b</sup>	22,6 <sup>c</sup>	39,3 <sup>b</sup>	77
1000 F	360 <sup>a</sup>	18,7 <sup>a</sup>	26,7 <sup>a</sup>	45,4 <sup>a</sup>	106
1250 F	364 <sup>a</sup>	19,7 <sup>a</sup>	23,8 <sup>b</sup>	43,5 <sup>a</sup>	98

SF= Sin Fraccionar, todo a la siembra; F= Fraccionado en 3 aplicaciones: 0,30 y 60 días después de la siembra. Valores con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente según prueba Duncan al 5%.

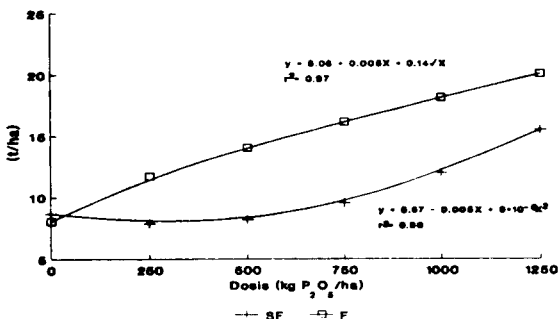


Fig. 2. Efecto de la aplicación de fósforo en la producción de frutos de primera, en fresa, Experimento 2, Fraijanes, Alajuela. SF-Sin Fraccionar, F-fraccionado.

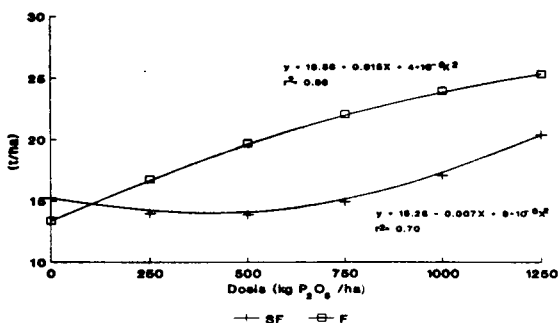


Fig. 3. Efecto de la aplicación de fósforo en la producción de frutos de segunda, en fresa. Experimento 2, Fraijanes, Alajuela. SF-Sin fraccionar, F-Fraccionado.

971 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y la respuesta fue de tipo cuadrática (Palmieri *et al.*, 1986) en un suelo que contenía 5 mg/L de P, lo que muestra que es necesario aplicar altas cantidades de P para lograr produc-

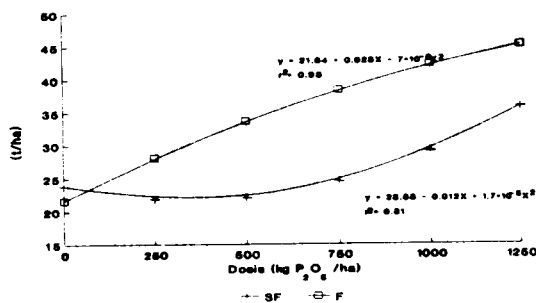


Fig. 4. Efecto de la aplicación de fósforo en la producción total de fresa, Experimento 2, Fraijanes, Alajuela. SF-Sin fraccionar, F-Fraccionado.

ciones máximas, como resultado de la gran capacidad de retención de fosfatos en suelos derivados de cenizas volcánicas (Bertsch, 1982; Alvarado y Buol, 1985). La inmovilización del P en Andisoles se debe a la presencia de Al y Fe provenientes de minerales de orden corto tales como alofana e imogolita y de los complejos que forman estos con la materia orgánica (Wada, 1980). Estudios realizados en Costa Rica han demostrado que existe una alta correlación entre el Al activo proveniente de estos minerales y la retención de fosfatos (Canessa *et al.*, 1986; Molina *et al.*, 1991). Los suelos volcánicos de Fraijanes se caracterizan por altos contenidos de Al activo extraíble en oxalato de amonio (> 3,6%) (Molina *et al.*, 1991) los cuales están asociados con una fijación de P superior a 97%. Se estima que estos

suelos poseen la mayor capacidad de retención de P en Costa Rica. Se ha generalizado que debido a la escasa movilidad del P en el suelo, no es necesario fraccionarlo en su aplicación, especialmente en cultivos de ciclo corto. Sin embargo, los resultados encontrados en este trabajo muestran que debido a la intensidad del fenómeno de retención, el fraccionamiento del P es una práctica conveniente en el cultivo de la fresa.

Los resultados indican que la aplicación de P en bandas, es un procedimiento eficaz para reducir las pérdidas del elemento y aumentar su aprovechamiento. Además, resulta una alternativa mucho más económica que la aplicación masiva de P para saturar la capacidad de retención de dicho elemento, la cual, también es difícil de utilizar en Andisoles ya que al incrementar la dosis de P aumentan los sitios de adsorción en la fracción de arcilla (Rajan y Watkinson, 1976; Egawa, 1980). La determinación de la curva de absorción de P por el cultivo puede ser de gran utilidad para identificar los períodos de mayor absorción del nutrimento. Con esta información se puede planificar con mayor precisión la dosis y el momento más oportuno de aplicación, para aumentar la eficiencia del fertilizante fosfatado.

### P Foliar

En el Cuadro 4 se observa la variación del contenido foliar de P a través del tiempo y en función de la dosis agregada. No hubo diferencias significativas, aunque en el experimento 1 se aprecia un ligero incremento de P foliar al aumentar la dosis del nutrimento. Con excepción del cuarto mes en el experimento 1, los contenidos bajos (menos de 0,20% P) fueron más frecuentes en el tratamiento sin P.

En el experimento 2 las variaciones fueron más evidentes en el primer muestreo, en donde incrementos en la dosis de aplicación no produjeron igual efecto en la concentración foliar. En el primer muestreo, tomado al inicio de la floración que es la etapa más apropiada para diagnosticar problemas nutricionales en fresa, ya se habían completado las aplicaciones de las dosis fraccionadas. En los otros muestreos, tanto en las aplicaciones fraccionadas como no fraccionadas, no se observó una clara diferenciación en concentraciones foliares para los diferentes tratamientos. En el muestreo tomado a los 3 meses, el tratamiento de 250 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha fraccionado, superó en concentración foliar a la mayoría de los tratamientos en que

Cuadro 4. Efecto de la fertilización fosfórica sobre el contenido de P foliar (%) en fresa cv. "Chandler", Fraijanes, Alajuela.

Tratamiento (kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	Mes		
	3	4	5
<b>Experimento 1</b>			
0	0,22	0,17	0,17
200	0,22	0,16	0,21
400	0,21	0,17	0,20
600	0,24	0,21	0,24
800	0,24	0,18	0,24
1000	0,24	0,19	0,26
1200	0,24	0,19	0,21
	3	4	6
<b>Experimento 2</b>			
0	0,18	0,21	0,18
250 SF	0,29	0,23	0,22
500 SF	0,30	0,24	0,23
750 SF	0,33	0,26	0,24
1000 SF	0,34	0,26	0,22
1250 SF	0,38	0,24	0,22
250 F	0,35	0,24	0,21
500 F	0,36	0,22	0,23
750 F	0,37	0,23	0,24
1000 F	0,38	0,24	0,24
1250 F	0,37	0,22	0,24

SF: Sin Fraccionar.

F: Fraccionado en 3 aplicaciones.

el P no se fraccionó, excepto el correspondiente a la dosis de 1250 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

### RESUMEN

Se realizaron 2 ensayos de fertilización con P en fresa cv. "Chandler" en la Subestación Fraijanes, de la Universidad de Costa Rica, Alajuela. En el primero se utilizaron dosis de 0, 200, 400, 600, 800, 1000 y 1200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha aplicado a la siembra. En el segundo, las dosis fueron de 0, 250, 500, 750, 1000 y 1250 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en 2 formas de aplicación: todo a la siembra y fraccionado en 3 épocas (a la siembra, 30 y 60 días después). Se evaluó el número de frutos de primera calidad, la producción de frutos de primera, segunda y total, en t/ha. En el experimento 1 hubo poca respuesta al P y sólo en la variable de producción de frutos de segunda se obtuvo diferencias significativas, siendo el tratamiento de 800 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha el mejor, de acuerdo con el análisis de regresión. Estos resultados se atribuyeron a la alta

capacidad de retención de P de los Andisoles por la presencia de Al activo y a la práctica inadecuada de colocar todo el P a la siembra en un cultivo de ciclo anual largo (más de 9 meses) como es la fresa. En el experimento 2, aunque no se alcanzó un óptimo agronómico, el fraccionamiento del P aumentó en forma apreciable el rendimiento, mostrando un crecimiento ascendente de la producción de fresa al elevar la dosis de P.

Los resultados encontrados indican que ante el fenómeno de retención de P tan intenso en Andisoles, es necesario fraccionar el elemento para aumentar su eficiencia. Contando con información sobre la curva de absorción de P por la fresa, se podría estimar con mayor precisión las épocas de aplicación, y probablemente, reducir las cantidades de fertilizante a utilizar.

#### LITERATURA CITADA

- ALVARADO, A.; BUOL, S.W. 1985. Field estimation of phosphate retention by Andepts. *Soil Science Society of America Journal* 49: 911-914.
- BERTSCH, F. 1982. Fertilidad de nueve suelos clasificados como Typic Dystrandept en Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C. R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 122 p.
- BOYCE, B. R.; MATLOCK, D. L. 1966. Strawberries nutrition *In* Temperature to Tropical Fruit Nutrition. Ed. by F. Chielders. New York, Rutgers University. pp. 518-548.
- BRICEÑO, J.; PACHECO, R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. San José, Editorial Universidad de Costa Rica. 137 p.
- CANESSA, J.; SANCHO, F.; ALVARADO, A. 1986. Retención de fosfatos en Andepts de Costa Rica. I. Relaciones entre la retención de fosfatos, el pH en NaF y el aluminio activo. Turrialba 36:431-438.
- DENNISON, R. 1956. Influence of NPK and lime on the growth and yield of strawberries. *Proceedings of American Society of Horticulture Science* 69: 224-228.
- DUCCA, J. 1986. Respuesta a la fertilización con NPK y concentración foliar de nutrimentos en la fresa. (*Fragaria ananasa*, var. Tioga) en la zona de Fraijanes, Alajuela. Tesis Ing. Agr. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José. 85 p.
- EGAWA, T. 1980. Propiedades de los suelos derivados de cenizas volcánicas. *In* Suelos derivados de cenizas volcánicas en Japón. Ed. by Y. Ishizuka y C.A. Black. México, CIMMYT. pp. 14-67.
- GONZALEZ, R. 1968. Efectos de la fertilización, época de siembras y variedades en la producción y calidad de la fresa. Tesis Ing. Agr. Escuela de Fitotecnia Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 49 p.
- MATAMOROS, G. 1989. Respuesta de la fresa cv. Chandler a al aplicación de diferentes dosis de fertilización fosforada. *In* Congreso Agronómico Nacional, 8. Cartago, Costa Rica. Resúmenes, Vol. 1, p. 194-195.
- MOLINA, E.; BORNEMISZA, E.; SANCHO, F.; KASS, D. L.; 1991. Soil aluminum and iron fractions and their relationships with P immobilization and other soil properties in Andisols of Costa Rica and Panama. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 22(13-14): 1459-1476.
- PALMIERI, V.; CORDERO, A.; MOREIRA, M. 1986. Respuesta de la papa a la fertilización con nitrógeno y P en la zona de Fraijanes, Alajuela. *Agronomía Costarricense* 10(1/2):111-120.
- RAJAN, S.S.; WATKINSON, J. H. 1976. Adsorption of selenite and phosphate on allophane clay. *Soil Science Society of America Journal* 40(1):51-54.
- RODRIGUEZ, M. 1984. Respuesta a la fertilización con NPK y la concentración foliar de nutrimentos en la fresa. (*Fragaria x ananasa* var. Tioga) en la zona de Fraijanes Tesis Ing. Agr. Escuela de Fitotecnia Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 85 p.
- TREMBLAY, F. T. 1951. The "Dynamite" phosphate method of fertilizing strawberry plants. Washington Agricultural Experiment Station Circular 1771.
- WADA, K. 1980. Mineralogical characteristics of Andisols. *In* Soils with variable charge. Ed. by B.K.G. Theng. New Zealand Society of Soil Science, Palmerston North. pp. 87-107.