

FERTILIZANTES NITROGENADOS EN DURAZNERO¹

Nitrogen fertilizers in peach trees

Bruno Razeto M.² y Sylvia Rojas Z.²

SUMMARY

Equivalent (N) doses of Chilean nitrate, urea, ammonium nitrate (substituted since 1974 by ammonium phosphate) and cow manure were applied during nine years to a Dixi Red peach orchard, starting when the trees were one year old. The orchard, located in Santiago, was growing on a loam soil, pH 8, kept under clean cultivation and with border irrigation.

All fertilizers tried had a good effect on trees. In the long run, vegetative growth and yield were greater in trees receiving manure. However, leaf N was lowest in this treatment. Manure caused a significant accumulation of P and K in the soil, and further absorption by the trees. At the same time, the rate of water infiltration in the soil increased, as a result of the addition of organic matter. Chilean nitrate, moderately increased the level of Na in the soil, but not in the leaves, the soil showing higher values for pH and electrical conductivity. Leaf level of Mn was lowest with manure and highest with ammonium phosphate, that also produced the lowest soil pH. Zinc level in the leaves, was significantly higher with sodium nitrate. No differences were detected in foliar content of Ca, Mg and Fe.

Results only apply to climate, soil, water and management conditions similar to those of this trial.

INTRODUCCION

El nitrógeno es el elemento mineral que más se utiliza en la fertilización de huertos frutales. La fuerte extracción que realizan los árboles, unido a su inestabilidad en el suelo, determinan la necesidad de aplicarlo generalmente en forma anual en los huertos, cualquiera sea su edad.

Existen numerosos fertilizantes nitrogenados, de variada composición química y diferente naturaleza. Algunos presentan el N en forma orgánica, otros en forma amoniacal y también los hay al estado de nitrato. Los compuestos orgánicos, como el guano, son de acción lenta, debido a que el N debe sufrir varias transformaciones en el suelo antes de ser aprovechado por las plantas; los nitratos son muy solubles y de rápida utilización; mientras que el amonio, presenta características intermedias. Sin embargo, las diferentes formas de N en el suelo se presentan en permanente evo-

lución y transformación. Los compuestos orgánicos son aminificados, luego transformados en amonio y éste a su vez en nitrato. Estos procesos son regidos por microorganismos y su rapidez depende, entre otros factores, de la temperatura, humedad, aireación y pH del suelo (Tisdale y Nelson, 1975). Bajo situaciones especiales, puede también existir reversión, en algunas etapas de estas transformaciones.

El empleo continuado de fertilizantes nitrogenados puede determinar variaciones en las características químicas del suelo. Uno de los factores más fuertemente influenciados es el pH. Se ha comprobado que los compuestos amoniacales dejan residuos ácidos en el suelo, mientras que los nitratos presentan reacción alcalina. Por otra parte, la mayoría de los fertilizantes nitrogenados, por su composición química, incorporan otros elementos al suelo. El guano, además de ser rico en materia orgánica, presenta P y K. El salitre, por su parte, tiene Na y cantidades variables de microelementos, mientras que el fosfato de amonio, contiene P.

Las características físicas y químicas del suelo influyen significativamente sobre el comportamiento de

¹ Recepción de originales: 11 de diciembre de 1984.

² Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. U. de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile.

cada fertilizante nitrogenado. Especial importancia tiene la composición granulométrica y mineralógica, como asimismo el pH y la composición catiónica. También influyen las condiciones climáticas, en especial temperaturas y régimen pluviométrico. Los resultados de investigaciones realizadas en el extranjero, con empleo de diferentes fuentes nitrogenadas en frutales, han sido variables y dependientes de las condiciones presentes en cada lugar (Jones, Cree y Embleton, 1961; Rom y Arrington, 1962; Rosselet, Helff y Langenegger, 1963).

La presente investigación tuvo por objetivo analizar, bajo condiciones de clima, suelo y agua prevalecientes en la zona central de Chile, en particular en Santiago, el comportamiento de los principales fertilizantes nitrogenados disponibles en el mercado interno, y evaluar algunos de sus efectos, tanto en el suelo como en los árboles, a través de un prolongado período de empleo.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en un huerto de durazneros de la variedad Dixi Red, plantado para este fin en 1970, en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales de la Universidad de Chile, Santiago. Los árboles se encuentran injertados sobre patrón Pomona y fueron plantados a una distancia de 5,5 m, en cuadrado. El terreno se manejó rastreado, utilizando riego por tendido, con agua de canal proveniente del río Maipo. El suelo pertenece a la serie Santiago, de origen aluvial, con una profundidad de alrededor de 50 cm, sobre un sustrato de bolón, ripio y arena, mezclados con suelo; textura franca e, inicialmente, pH 8,0; contenido de materia orgánica 2,50/o y conductividad eléctrica 1,9 mmhos/cm, en los primeros 30 cm.

Los fertilizantes empleados fueron guano de vaca, urea, salitre sódico (nitrato de sodio), nitrato de amonio cálcico y fosfato de amonio. El nitrato de amonio cálcico fue utilizado entre 1971 y 1973, siendo reemplazado a partir de 1974 por fosfato de amonio, debido a que el primero desapareció del mercado. El guano de vaca contenía niveles promedio de 0,550/o de P y 1,50/o de K, secado a 70° C.

Los fertilizantes se aplicaron anualmente, desde 1971 a 1978, en dosis crecientes y en las fechas indicadas en el Cuadro 1. Se utilizaron dosis equivalentes de N en cada uno de los productos, aplicadas bajo cada árbol, desde el tronco hasta 50 cm más afuera que la proyección de la copa.

El salitre fue esparcido sobre la superficie del suelo, dividiéndose sus dosis, mitad en el invierno y mitad

en primavera. Los restantes fertilizantes fueron aplicados una vez al año, incorporándolos al suelo inmediatamente.

El diseño experimental correspondió a un cuadrado latino, con cuatro repeticiones, cada una de las cuales estuvo conformada por cuatro árboles contiguos, en cuadrado. Hubo hileras bordes e hileras separatorias entre las repeticiones.

Se realizaron observaciones anuales, individualmente por árbol, de crecimiento del tronco en diámetro, peso de madera removida en la poda, rendimiento en fruta y análisis foliar. Para éste se recolectaron, cada año a fines de enero, 50 hojas por árbol. Las determinaciones en el suelo se realizaron para cada repetición, en muestras compuestas provenientes de los cuatro árboles que la conformaban. Bajo cada árbol, se tomaron mediante barreno cuatro submuestras de suelo, en forma geométrica a 1 m desde el tronco y a una profundidad de 0 a 30 cm, cada año en el mes de mayo, antes de iniciar las aplicaciones. El pH se determinó en una suspensión de suelo en agua; la materia orgánica, mediante el método de Walkley y Black; la conductividad eléctrica, en el extracto de suelo saturado; el nitrógeno, mediante extracción con cloruro de potasio; el fósforo, a través del método de Olsen; y el potasio y sodio, por extracción con acetato de amonio.

La velocidad de infiltración del agua en el suelo se determinó mediante el empleo de cilindros de acero, en enero de 1977, bajo la copa de todos los árboles que componían el ensayo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Crecimiento vegetativo y producción de fruta

Si se analiza el Cuadro 2, se puede observar que la cantidad de madera removida en la poda durante siete años, mostró el valor más alto en los árboles tratados con guano de vaca. Por otra parte, en la Figura 1 es posible apreciar que durante todo el ensayo, el crecimiento secundario del tronco fue levemente mayor en los árboles tratados con urea. Sin embargo, el tratamiento a base de guano, aunque presentó un efecto inicial similar y hasta inferior a los demás, al promediar la mitad del ensayo se recuperó, para terminar con una curva ascendente, cercana a la que presentó la urea, y con una tendencia al ascenso incluso superior al de ésta. Los árboles fertilizados con nitrato de sodio, comenzaron a disminuir su tasa de crecimiento en el tronco a partir del tercer año, probablemente debido a que la segunda mitad de la dosis se aplicó

CUADRO 1. Dosis de nitrógeno y fechas de aplicación de los fertilizantes**TABLE 1. Nitrogen rates and dates of fertilizer applications**

Año	Dosis N g/árbol	Fertilizante	Dosis fertilizante kg/árbol	o/o N del fertilizante	Fechas de Aplicación
1971	129	Guano de vaca ¹	8,5	1,52	18 mayo
		Urea	0,30	45	10 agosto
		Nitrato de amonio Ca	0,50	26	10 agosto
		Salitre sódico	0,81	16	19 sept. 28 diciem.
1972	515	Guano de vaca	46,62	1,10	17 mayo
		Urea	1,14	45	22 agosto
		Nitrato de amonio Ca	1,98	26	22 agosto
		Salitre sódico	3,22	16	22 agosto 5 diciem.
1973	770	Guano de vaca	62,80	1,23	29 mayo
		Urea	1,71	45	13 julio
		Nitrato de amonio Ca	2,96	26	9 agosto
		Salitre sódico	4,81	16	10 agosto 7 noviem.
1974	770	Guano de vaca	37,80	2,00	28 mayo
		Urea	1,71	45	12 julio
		Fosfato de amonio	4,28	18	26 julio
		Salitre sódico	4,81	16	19 agosto 10 diciem.
1975	1000	Guano de vaca	57,82	1,74	6 junio
		Urea	2,22	45	18 julio
		Fosfato de amonio	5,35	18	11 agosto
		Salitre sódico	6,25	16	11 agosto 11 noviem.
1976	1000	Guano de vaca	49,00	2,12	22 junio
		Urea	2,17	46	3 agosto
		Fosfato de amonio	5,55	18	3 agosto
		Salitre sódico	6,25	16	3 agosto 3 noviem.
1977	1000	Guano de vaca	60,6	1,65	19 mayo
		Urea	2,17	46	29 junio
		Fosfato de amonio	5,55	18	29 junio
		Salitre sódico	6,25	16	26 julio 8 noviem.
1978	1000	Guano de vaca	49,2	2,03	26 mayo
		Urea	2,17	46	6 julio
		Fosfato de amonio	5,55	18	6 julio
		Salitre sódico	6,25	16	6 julio 3 noviem.

¹ Guano secado a 70° C.

anualmente un poco tarde para árboles en producción. Estos detienen su crecimiento en verano mucho antes que los árboles jóvenes. Sin embargo, las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas.

En lo referente a rendimiento en fruta, las cifras del Cuadro 3, correspondientes al promedio de producción de los tres últimos años del ensayo, indican que

la mayor producción también se obtuvo en el tratamiento con guano. Sin embargo, al igual que en crecimiento vegetativo, las diferencias son leves y sólo se manifestaron al sumar los productos de varios años consecutivos. En todo caso, los rendimientos son normales para árboles de la variedad.

Si se comparan estos resultados con aquéllos obtenidos en 22 años por Rosselet y otros (1963) en Sudá-

CUADRO 2. Peso del material removido en la poda. Promedio años 1973 a 1979.

TABLE 2. Weight of prunings. 1973 to 1979 mean

Fertilización	kg por árbol
Guano de vaca	5,29 a
Fosfato de amonio	4,32 b
Urea	4,77 b
Salitre sódico	4,08 b

(P ≤ 0,05)

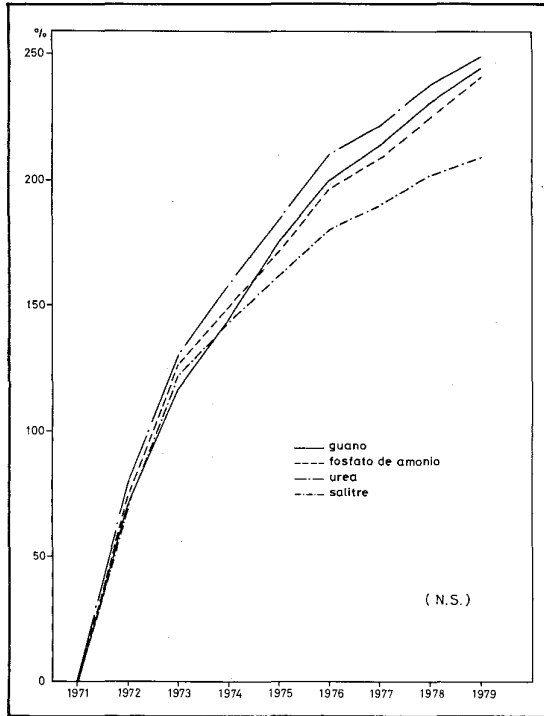


FIGURA 1. Incremento en diámetro de tronco.
FIGURE 1. Increment in trunk diameter.

CUADRO 3. Producción de fruta. Promedio años 1976, 1977 y 1978

TABLE 3. Fruit yield. 1976, 1977 and 1978 mean

Fertilización	kg por árbol
Guano de vaca	48,5 a
Fosfato de amonio	38,2 b
Urea	42,2 b
Salitre sódico	35,3 b

(P ≤ 0,05)

frica, en naranjos sobre suelo pH 5,5, se coincide en los buenos resultados en producción con guano de vaca, producto que también presentó un efecto inicial bajo. Sin embargo, en ese caso, el nitrato de sodio presentó una acción muy conveniente, superior a la del nitrato de amonio y sulfato de amonio y sólo levemente bajo la del guano. Jones y otros (1961), en un ensayo de 28 años en naranjos de California, obtuvieron los rendimientos más altos en los árboles tratados con guano y los más bajos en aquéllos que recibieron nitrato de sodio o sulfato de amonio, con resultados intermedios con urea. Por su parte Rom y Arrington (1962), trabajando en duraznero en Arkansas, no obtuvieron diferencias en crecimiento y producción, comparando nitrato de sodio, nitrato de amonio y urea, durante dos años. La variabilidad de los resultados obtenidos en estas investigaciones, está indicando que el efecto de los fertilizantes depende mucho de las características del suelo, en especial pH.

Nivel foliar de nitrógeno

En la Figura 2 se puede observar que el nivel de N en las hojas, a través del período de investigación, fue similar entre los árboles que recibieron nitrato de amonio, fosfato de amonio, urea y nitrato de sodio, con cierta tendencia a niveles superiores en este último producto. En cambio, los valores correspondientes a guano de vaca fueron siempre más bajos que los anteriores, con diferencias muy significativas estadísticamente. Esto indicaría que el mejor crecimiento vegetativo y consiguiente producción de fruta obtenidos con este producto, no obedece a una mayor disponibilidad de N para los árboles. Contrariamente, la absorción de este elemento fue inferior, lo que estaría demostrando que el N contenido en el guano es sólo parcialmente transformado a formas utilizables en el suelo. Labanauskas, Jones y Embleton (1962), comparando una serie de fertilizantes nitrogenados durante un largo período en naranjos, también observaron que los árboles bajo aplicaciones de guano presentaron un menor contenido de nitrógeno en las hojas que

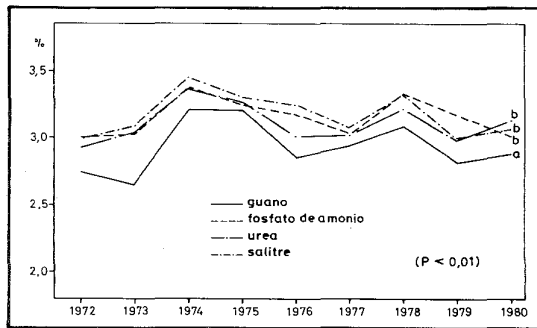


FIGURA 2. Nivel foliar de nitrógeno. Base peso seco.
FIGURE 2. Nitrogen level in leaves. Dry weight basis.

aquéllos que recibieron dosis equivalentes de urea, nitrato de sodio, nitrato de calcio y sulfato de amonio. Por su parte, el elevado nivel foliar de nitrógeno en los árboles que recibieron nitrato de sodio, demuestra una alta disponibilidad del elemento. Cabe mencionar que los niveles de N fueron normales en todos los tratamientos.

El contenido de N aprovechable en el suelo, presentó cifras muy variables, lo que no permitió obtener resultados significativos. Sin embargo, en general, se pudo observar que los niveles más altos correspondieron a nitrato de sodio y los más bajos a guano, lo que coincide con los resultados de análisis foliar.

Nivel de fósforo, potasio y sodio en el suelo y en las hojas

El nivel de P en el suelo fue aumentando año a año con el empleo de guano. Esto se puede apreciar claramente en la Figura 3, donde la curva correspondiente a este producto comienza a distanciarse de aquéllas de la urea y nitrato de sodio a partir del año 1974, para terminar con niveles muy superiores en 1978. Sin

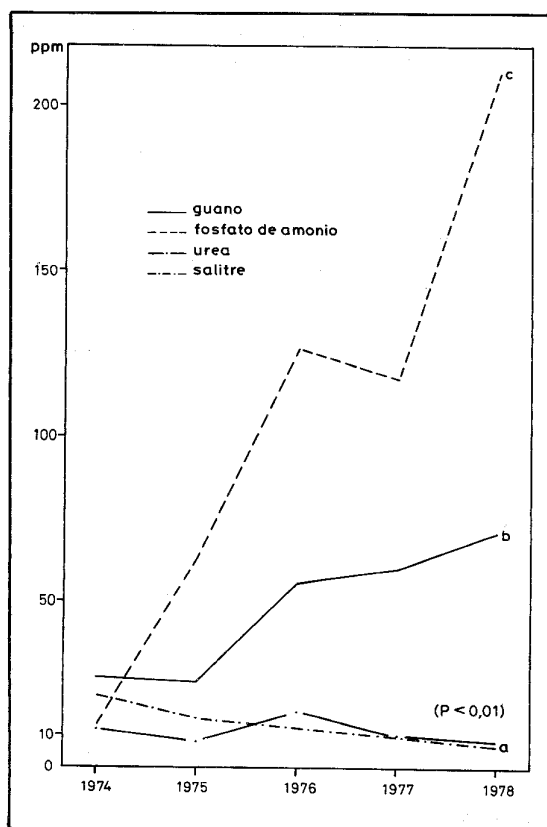


FIGURA 3. Concentración de fósforo en el suelo.
FIGURE 3. Phosphorus concentration in the soil.

embargo, mayor acumulación de P causó el fosfato de amonio, que inmediatamente después de iniciarse su aplicación en 1974, comenzó a incrementar rápidamente el nivel de P en el suelo. En los tratamientos de urea y nitrato de sodio, el nivel de P en el suelo, en cambio, disminuyó levemente a través del tiempo.

El nivel foliar de P fue siempre superior en aquellos árboles tratados con guano, hasta 1980 en que los que recibieron fosfato de amonio, los alcanzaron e incluso superaron (Figura 4). Queda así demostrado que ambos productos aportaron una cantidad importante de P al suelo, disponible para los árboles. De la Figura 4 se desprende que la disponibilidad del P aportado por el fosfato de amonio no es un proceso rápido, sino más bien acumulativo. Por su parte, el P incorporado al suelo a través del guano, parece fácilmente aprovechable por los árboles, si se consideran los elevados niveles foliares obtenidos en comparación a niveles sólo intermedios en el suelo. Esta rápida disponibilidad del P presente en el guano también fue encontrada por Opazo, Carrasco y Parodi (1978) en fréjol. Labanauskas y otros (1962), en cambio, no lograron subir el nivel de P en las hojas, después de 28 años de aplicación de guano en naranjo.

Consecuentemente con el menor nivel de P en el suelo en los tratamientos de urea y nitrato de sodio, el contenido de este elemento en las hojas también fue menor y similar entre ambos tratamientos.

El mayor crecimiento y producción de fruta obtenidos con el guano, sin embargo, no parecen derivar de la mayor disponibilidad de P, debido a que el fosfato

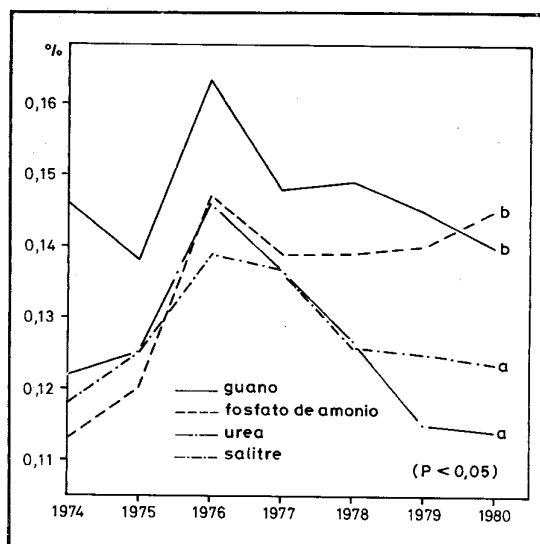


FIGURA 4. Nivel foliar de fósforo. Base peso seco.
FIGURE 4. Phosphorus level in leaves. Dry weight basis.

de amonio no causó el mismo efecto, con niveles foliares similares del elemento. Además, es sabido que en árboles frutales es difícil obtener respuestas consistentes a aplicaciones de P, sobre todo cuando los árboles tienen niveles foliares normales, como es el caso del presente ensayo, donde incluso aquellos árboles que no recibieron P presentaron un nivel adecuado.

En lo que se refiere al K, no cabe duda que el empleo sostenido de guano produjo una fuerte acumulación de este elemento en el suelo, alcanzando niveles que triplicaron el existente en los demás tratamientos (Figura 5). Los árboles fueron capaces de aprovechar esta mayor disponibilidad de K, según se desprende del mayor nivel foliar obtenido a través de los años en los árboles que recibieron este producto (Figura 6).

Contrariamente a lo observado con el guano, en los demás tratamientos el K, tanto en el suelo como en las hojas, presentó niveles significativamente más bajos y similares entre sí, pero siempre dentro del rango normal. La concentración foliar de K en estos tratamientos comenzó a bajar desde 1977 en adelante, probablemente como consecuencia del incremento en N. Havis y Gilkeson (1951) encontraron que aplicaciones de N durante varios años en duraznero, redujeron el nivel de K en las hojas, en árboles que no recibieron este elemento.

Los aumentos de crecimiento y producción obtenidos en los árboles tratados con guano, podrían entre otros factores, atribuirse a la mayor absorción de K, pese a que los niveles foliares de este elemento, aunque inferiores, eran ya normales en los demás tratamientos.

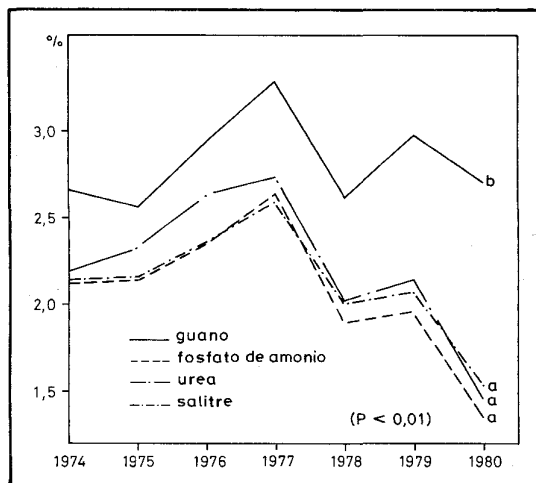


FIGURA 6. Nivel foliar de potasio. Base peso seco.
FIGURE 6. Potassium level in leaves. Dry weight basis.

Havis y Gilkeson (1951), trabajando en duraznero, aumentaron considerablemente la producción en árboles adultos, al elevar los contenidos de K en las hojas, como consecuencia de cinco años de aplicaciones de K al suelo, pese a que los niveles del elemento ya se encontraban por sobre el mínimo indispensable según los estándares.

En cuanto al Na, en la Figura 7 es posible observar que las aplicaciones de nitrato de sodio incorporaron cierta cantidad de Na al suelo, triplicándose el nivel del suelo sometido a los demás tratamientos, al final del ensayo, pero no alcanzando a ser peligroso. Como se aprecia en el Cuadro 4, el nivel de Na en las hojas

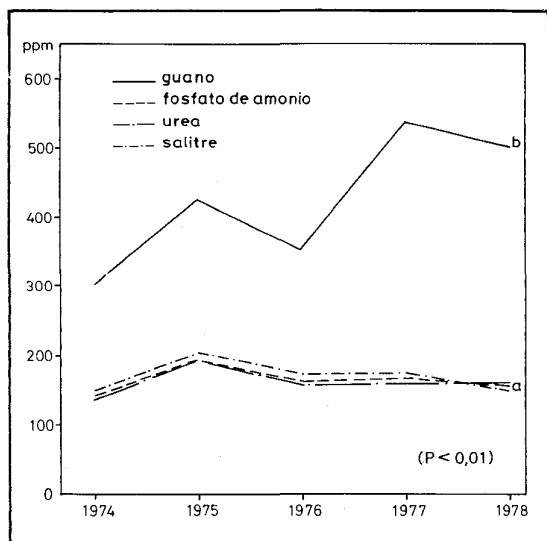


FIGURA 5. Concentración de potasio en el suelo.
FIGURE 5. Potassium concentration in the soil.

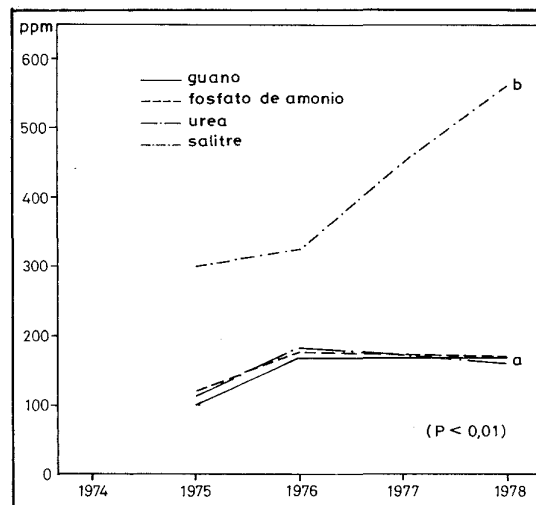


FIGURA 7. Concentración de sodio en el suelo.
FIGURE 7. Sodium concentration in the soil.

CUADRO 4. Nivel foliar de sodio (% base peso seco)**TABLE 4. Leaf level of sodium (% dry weight basis)**

Fertilización	1978	1979	1980	Promedio
Guano de vaca	0,023	0,024	0,028	0,025
Fosfato de amonio	0,024	0,025	0,028	0,026
Urea	0,023	0,024	0,028	0,025
Salitre sódico	0,022	0,023	0,027	0,024

(N.S.)

no fue mayor en los árboles que recibieron este fertilizante, manteniéndose normal, lo que estaría confirmando que las raíces del duraznero presentan una alta selectividad en la absorción de este elemento (Bernstein, 1965). Contrariamente, Labanauskas y otros (1962), en naranjo obtuvieron un nivel foliar de Na aproximadamente 5 veces superior, en árboles que recibieron durante 28 años nitrato de sodio al suelo, en comparación a aquéllos tratados con otros fertilizantes nitrogenados, comprobando que los cítricos son capaces de absorber y traslocar grandes cantidades de Na desde el suelo.

Nivel foliar de calcio, magnesio, hierro, manganeso y zinc

En el Cuadro 5 se presentan las concentraciones foliares de estos elementos, durante los tres últimos años

del ensayo. El nivel de Ca fue normal y no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, lo que estaría indicando que la absorción de este elemento no fue mayormente afectada por los fertilizantes utilizados.

El contenido de Mg también fue normal en todos los casos y aunque fue superior en los tres años en los árboles tratados con fosfato de amonio, sólo en 1979 presentó diferencia significativa. Esta mayor absorción de Mg en este tratamiento, coincide con los resultados de Cooper (1932) y Embleton y otros (1956), quienes aumentaron la absorción de magnesio con la aplicación de fosfatos al suelo, en algodón y cítricos respectivamente. No se observó un efecto detrimental sobre la absorción de Mg, con aquellos productos, como el guano y el salitre sódico, que aumentaron significativamente el tenor de K y Na en el suelo, elementos que suelen interferir con la absorción de Mg por las raíces.

Los tratamientos tampoco tuvieron influencia sobre el nivel de Fe el que fue normal. Este resultado contrasta con el obtenido por Labanauskas y otros (1962) en naranjo, quienes con aplicaciones sostenidas, tanto de guano como de nitrato de sodio, determinaron un nivel foliar de Fe inferior al logrado cuando se utilizaron otros fertilizantes, como urea y sulfato de amonio, de reacción ácida.

CUADRO 5. Nivel foliar de calcio, magnesio, hierro, manganeso y zinc (base peso seco)**TABLE 5. Leaf level of calcium, magnesium, iron, manganese and zinc. (Dry weight basis)**

Fertilización	Ca o/o	Mg o/o	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
1978					
Guano de vaca	2,47	0,42	89,4	13,7 a	10,1
Fosfato de amonio	2,52	0,47	97,4	19,4 b	9,8
Urea	2,47	0,43	93,7	17,5 b	10,8
Salitre sódico	2,25	0,40	94,1	18,1 b	11,6
	(N.S.)	(N.S.)	(N.S.)	(P ≤ 0,05)	(N.S.)
1979					
Guano de vaca	2,33	0,46 a	108,7	23,1 a	9,3 a
Fosfato de amonio	2,48	0,56 b	113,7	29,2 b	9,4 a
Urea	2,44	0,50 a	98,7	24,4 a	9,7 a
Salitre sódico	2,26	0,47	106,2	25,7 a	10,6 b
	(N.S.)	(P ≤ 0,05)	(N.S.)	(P ≤ 0,05)	(P ≤ 0,01)
1980					
Guano de vaca	2,77	0,53	98,7	25,0 a	11,8 a
Fosfato de amonio	3,12	0,60	95,6	35,0 c	11,3 a
Urea	2,75	0,54	96,1	31,2 b	11,8 a
Salitre sódico	2,65	0,48	92,6	30,0 b	13,7 b
	(N.S.)	(N.S.)	(N.S.)	(P ≤ 0,05)	(P ≤ 0,05)

El nivel de Mn en las hojas, en cambio, fue bajo y significativamente afectado por los tratamientos. En los tres años en que fue analizado al final del ensayo, el Mn alcanzó los valores más altos en los árboles tratados con fosfato de amonio y los más bajos en aquéllos que recibieron guano, observándose en éstos, al mismo tiempo, síntomas de deficiencia de Mn más intensos que en los demás. Los mayores niveles, podrían atribuirse a una mayor absorción por la baja en pH del suelo, obtenida con fosfato de amonio (Figura 8). Tisdale y Nelson (1975) y Labanauskas (1966) sostienen que, en suelos alcalinos, la solubilidad del Mn aumenta a medida que baja el pH. El contenido inferior de este elemento en los árboles que recibieron guano, estaría relacionado con el efecto fijatorio de la materia orgánica aportada (Labanauskas, 1966).

Finalmente, resulta interesante destacar que el nivel de Zn, aunque bajo, fue significativamente superior en los tres años de medición, en los árboles tratados con salitre sódico. Sin embargo, el análisis de este fertilizante arrojó una concentración de 1,75 ppm de Zn, bastante baja como para asignarle mayor responsabilidad en el fenómeno. Más bien se puede pensar en un posible sinergismo entre el nitrato y el Zn o entre el Na y el Zn, o bien en una disminución en la absorción o posterior transporte del Zn, por efecto del amonio que contienen los demás fertilizantes. Por su parte, el P aportado, tanto por el guano como por el fosfato de amonio, aparentemente no redujo la absorción de Zn, como lo indica la bibliografía (Chapman, 1966).

pH y conductividad eléctrica

En la Figura 8 se puede observar que el pH del suelo tratado con nitrato de sodio fue ascendiendo con los

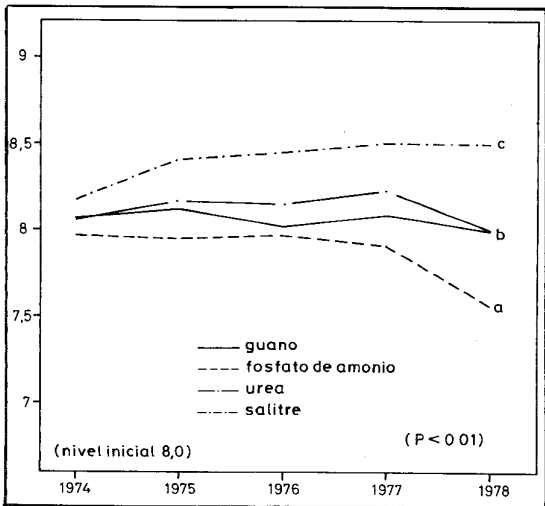


FIGURA 8. pH en el suelo.
FIGURE 8. Soil pH.

años, hasta lograr un valor máximo de 8,5, al final del ensayo. En los tratamientos a base de guano y urea, el pH mantuvo su nivel inicial cercano a 8, mientras que en el caso del fosfato de amonio, el pH fue levemente inferior a 8 durante varios años, para descender posteriormente a 7,6, en 1978.

La alcalinización del suelo con el empleo prolongado de nitrato de sodio es un fenómeno comprobado (Batjer y Suds, 1937; Pratt y otros, 1959; Labanauskas y otros, 1962; Rosselet y otros, 1963). Sin embargo, es importante mencionar que éste es un proceso altamente dependiente de las condiciones climáticas y edáficas. Los mismos autores coinciden en la acidificación del suelo, a través del uso de fertilizantes amoniacales, aún cuando no se refieren específicamente al fosfato de amonio.

En relación a conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo, como se aprecia en la Figura 9, el uso de salitre determinó un valor cercano a 3 mmhos/cm, que fue significativamente superior al logrado con los demás productos, alrededor de 2 mmhos/cm. Sin embargo, la estabilidad de la curva garantizaría que la conductividad eléctrica no continuaría aumentando. Martínez y Letelier (1978), en poroto y bajo condiciones similares de suelo, después de 15 años de uso continuado de altas dosis de salitre, determinaron un ascenso de 1,6 a 3,2 mmhos/cm, cifra en que se estabilizó a partir del décimo año.

Aunque los valores de pH alcanzados con salitre son elevados, no parecen llegar a niveles excesivos, como para comprometer el normal desarrollo y producción

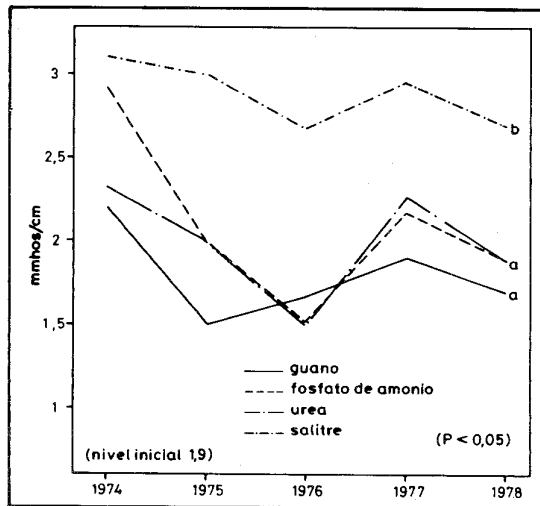


FIGURA 9. Conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo.
FIGURE 9. Electrical conductivity in the saturation extract of soil.

de los árboles, bajo las condiciones de suelo y agua presentes. No se observó siquiera una disminución en la absorción de elementos, como P, Fe, Mn y Zn, que al aumentar la alcalinidad del suelo, disminuyen normalmente su disponibilidad para las plantas. Tampoco parece detrimento el nivel de salinidad provocado por el salitre. Según Bernstein (1965), el duraznero comienza a disminuir su productividad con valores de conductividad eléctrica de 2,5 mmhos/cm, cifra algo inferior a la que se observó en el suelo tratado con salitre. Sin embargo, el mismo autor sostiene que en suelo con elevado nivel de calcio, cual sería el presente en este ensayo, el valor crítico asciende a 4,5 mmhos.

Materia orgánica en el suelo

El contenido de materia orgánica en el suelo fue ascendiendo con los años, como resultado de la aplicación de guano (Figura 10); el nivel llegó a 4,20/o, en 1978, cifra significativamente superior a la determinada en los demás tratamientos, en que osciló entre 2 y 2,80/o. Este incremento se puede considerar como real, al menos en el corto plazo, si se toma en cuenta que las muestras de suelo para los análisis fueron recolectadas anualmente, 12 meses después de aplicación de abonos y justo antes de la nueva dosis anual.

La adición de materia orgánica al suelo puede ser la causa de la mayor velocidad de infiltración del agua, que se determinó en el suelo que recibió guano.

Velocidad de infiltración del agua en el suelo

Después de siete años de evolución en el ensayo, se determinó la velocidad de infiltración de agua en el

suelo (Cuadro 6). De las cifras, se desprende que, en general, el suelo donde se realizó la experiencia presentaba una baja permeabilidad al agua. El problema fue ligeramente agravado con las aplicaciones de nitrato de sodio, seguramente como consecuencia del efecto dispersante de las partículas del suelo, que promueven el Na (Batjer y Sudds, 1937). El guano, en cambio, incrementó significativamente la velocidad de infiltración de agua, en relación a los demás tratamientos, probablemente por su efecto en la agregación de las partículas del suelo. Jones y otros (1961) obtuvieron una disminución en la penetración del agua en el suelo con el nitrato de sodio y un incremento con el guano, después de 28 años de empleo, en cítricos. Estos autores comprobaron que el sulfato de amonio produjo un efecto similar al del nitrato de sodio, pero en ambos casos, la adición de sulfato de calcio redujo significativamente el efecto sellante en el suelo; la producción de fruta correlacionó directamente con la velocidad de infiltración del agua en el suelo.

En nuestro caso, es también probable que las diferencias en crecimiento y producción que se obtuvieron entre los árboles tratados con guano y con los otros fertilizantes, se deban en parte al efecto sobre la velocidad de penetración del agua en el suelo. Si se considera que, en cada riego, el agua permanecía sobre el suelo durante aproximadamente dos horas, es posible que su penetración haya sido insuficiente en los tratamientos con fertilizantes químicos, en especial salitre. Queda la duda sobre los resultados que se hubieran obtenido con un tiempo de riego mayor, el que no fue posible otorgar en este caso, dado el sistema de riego por tendido utilizado.

CONCLUSIONES

Es necesario destacar, en primer lugar, que todos los fertilizantes empleados tuvieron una favorable respuesta por parte de los árboles, con niveles de crecimiento y producción levemente superiores en favor del guano.

CUADRO 6. Velocidad de infiltración de agua en el suelo. Base acumulación en 3 hr. Enero 1977

TABLE 6. Rate of water infiltration in the soil. Three hours accumulation basis. January 1977

Fertilización	Infiltración cm/hr
Guano de vaca	11,0 a
Fosfato de amonio	3,1 b
Urea	3,1 b
Salitre sódico	2,2 b

($P \leq 0,05$)

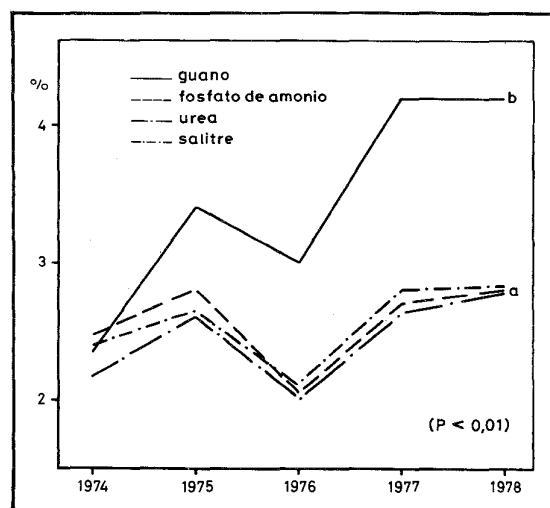


FIGURA 10. Concentración de materia orgánica en el suelo.
FIGURE 10. Organic matter concentration in the soil.

Los fertilizantes de naturaleza química fueron igualmente eficientes entre sí y superiores al guano, en abastecer de N a los árboles. Por lo tanto, los resultados obtenidos obedecerían a ciertas modificaciones en algunas características del suelo, debido al empleo continuado de los fertilizantes. Entre éstas, sobresalen el incremento en el nivel de P, K y materia orgánica, como consecuencia de las aplicaciones de guano, y el aumento moderado en alcalinidad y salinidad, alcanzado con las aplicaciones de salitre.

Los resultados obtenidos no son absolutos y son aplicables sólo a condiciones de clima, suelo, agua y ma-

nejo similares a las presentes en el lugar de esta investigación. La respuesta al nitrato de sodio, por ejemplo, puede ser mejor en suelos de reacción más ácida, como asimismo concentrando su aplicación más temprano en primavera, al tratar árboles adultos.

El mayor nivel foliar de Zn, como consecuencia del empleo de salitre, es interesante, si se considera que es un elemento cuya deficiencia es frecuente en árboles frutales.

RESUMEN

Dosis equivalentes en N, de salitre sódico, urea, nitrato de amonio (sustituido desde el cuarto año por fosfato de amonio) y guano de vaca, fueron aplicados durante nueve años en un huerto de durazneros, cultivar Dixi Red, desde que los árboles tenían un año de edad. El huerto ubicado en el Campus Antumapu de la U. de Chile, en Santiago, y establecido sobre un suelo de textura franca, pH 8, fue manejado con laboreo mecánico del suelo y regado por bordes.

Todos los fertilizantes tuvieron buen efecto en los árboles. En el largo plazo, aquéllos tratados con guano presentaron mayor crecimiento vegetativo y producción de frutos que los demás, pese a que tuvieron menor nivel de N en las hojas. El guano determinó una significativa acumulación de P y K en el suelo y poste-

rior absorción por parte de los árboles. Al mismo tiempo aumentó la velocidad de infiltración del agua en el suelo, como resultado de la adición de materia orgánica. El salitre sódico aumentó moderadamente el nivel de Na en el suelo, pero no en las hojas. Este fertilizante también determinó mayor pH y conductividad eléctrica en el suelo. El nivel de Mn en las hojas fue más bajo con guano y más alto con fosfato de amonio, el que al mismo tiempo determinó el pH más bajo en el suelo. El nivel de Zn en las hojas fue más alto en los árboles tratados con salitre. No se detectaron diferencias en niveles foliares de Ca, Mg y Fe.

Los resultados sólo son aplicables a condiciones de clima, suelo, agua y manejo, similares a las de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- BATJER, L. and SUDDS, R. 1937. The effect of nitrate of soda and sulphate of ammonia on soil reaction and root growth of apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 35: 279—282.
- BERNSTEIN, L. 1965. Salt tolerance of fruit crops. ARS, USDA. Information Bulletin 292. 8 p.
- CHAPMAN, H. 1966. Zinc. En: H.D. Chapman. Diagnostic criteria for plants and soil. Univ. of California, Div. of Agric. Sci. 793 p.
- COOPER, H. 1932. Symptoms of magnesium deficiency in crops. S. Carolina Agr. Exp. Sta. 45th. Annual Report. p: 30—35.
- EMBLETON, T.; KIRPATRICK, J.; JONES, W.; and CREE, C. 1956. Influence of applications of dolomite, potash and phosphate on yield and size of fruit and on composition of leaves of Valencia orange trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 67: 183—190.
- HAVIS, L. and GILKESON, A. 1951. Interrelationships of nitrogen and potassium fertilization and pruning practice in mature peach trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 57: 24—30.
- JONES, W.; CREE, C.; and EMBLETON, T. 1961. Some effects of nitrogen sources and cultural practices on water intake by soil in a Washington Navel orange orchard and on fruit production, size and quality. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 77: 146—154.

- LABANAUSKAS, C. 1966. Manganese. En: H.D. Chapman. Diagnostic criteria for plants and soil. Univ. of California. Div. of Agric. Sci. 793 p.
- LABANAUSKAS, C.; JONES, W.; and EMBLETON, T. 1962. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium, limestone, gypsum and manure applications on soil pH and macro- and micronutrient concentrations in Washington Navel orange leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 80: 259-267.
- MARTINEZ, M. y LETELIER, E. 1978. Comparación entre una rotación intensiva de cultivos y una rotación de cultivos con pradera. Agricultura Técnica (Chile) 38 (4): 129-143.
- OPAZO, J.; CARRASCO, A. y PARODI, P. 1978. Efecto de enmiendas orgánicas sobre algunas propiedades de un suelo aluvial de la Zona Central de Chile y su relación en el cultivo del fréjol. 2º Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo. Fac. de Agronomía, U. de Chile. Tomo 2: 408-424.
- PRATT, P.; HARDING, R.; JONES, W.; and CHAPMAN, H. 1959. Chemical changes in an irrigated soil during 28 years of differential fertilization. Hilgardia, Univ. of California. Vol. 28 (15): 381-420.
- ROM, R. and ARRINGTON, E. 1962. Effect of source of nitrogen on peaches. Arkansas Farm Research Vol. 11 (5): 10-11.
- ROSSELET, F.; HELFF, K.; and LANGENEGGER, W. 1963. A comparison of nitrogen sources under two cultural practices for Valencia orange trees. South Afr. Jour. Agric. Sci. 6: 701-718.
- TISDALE, S. and NELSON, W. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. Third Edition. Mac Millan. New York. 694 p.