

MANEJO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE HUERTOS FRUTALES

Juan Hirzel C.

*Ingeniero Agrónomo Mg. Sc. Dr.
INIA-Quilamapu*

La materia orgánica de un suelo es un componente muy importante en la productividad de un huerto frutal, dadas todas las ventajas asociadas a esta propiedad del suelo, dentro de las cuales destacan las siguientes (Hirzel *et al.*, 2003; Hirzel y Rodríguez, 2004; Hirzel *et al.*, 2004; Hirzel *et al.*, 2006; Hirzel *et al.*, 2007a, b, c; Hirzel y Walter, 2008; Hirzel *et al.*, 2009):

- a. Retención de humedad a favor de la planta. A su vez mejora la eficiencia de riego al disminuir las pérdidas por escorrentía superficial y percolación de agua que no es capaz de retenerse después de un riego mal controlado.
- b. Balance de aire (oxígeno) y humedad del suelo, permitiendo una mejor oxigenación para la respiración de las raíces, proceso muy necesario para el continuo crecimiento de una planta.
- c. Capacidad de mantener temperaturas más estables (el aumento en la retención de humedad incrementa la resistencia al cambio de temperatura dada la capacidad calorífica del agua), sobre todo frente a eventos climáticos inesperados que pueden afectar el normal crecimiento y desarrollo de un cultivo. Por ejemplo, suelos arenosos que son afectados por falta de agua pueden subir de manera importante su temperatura en superficie afectando negativamente el crecimiento de raíces superficiales.
- d. Estructura favorable del suelo, participando en la agregación de partículas finas y elementos de agregación de partículas (cationes

como el calcio), de manera tal que mejora la circulación de agua y aire dentro de este suelo.

- e. Capacidad de desintoxicarse frente a la aplicación de compuestos dañinos para la vida del suelo. La materia orgánica permite generar compuestos estables (complejos órgano-minerales y quelatos) con muchos pesticidas y metales pesados en el suelo.
- f. Facilidad de laboreo de un suelo, aumentando la eficiencia de operación de maquinarias e implementos mecánicos.
- g. Facilita el crecimiento de raíces puesto que disminuye la resistencia mecánica del suelo a la exploración del sistema radical.
- h. Aporte nutricional de la totalidad de los elementos esenciales al crecimiento de las plantas en forma equilibrada y de mejor relación con sus necesidades.
- i. Dinámica de entrega de nutrientes acorde a las necesidades de las plantas y en similitud al uso de fertilizantes convencionales.

Permite aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, el uso de enmiendas orgánicas aplicadas sobre la superficie del terreno e incorporadas con una rastra de discos, antes del establecimiento de un huerto frutal, o directamente en el hoyo de plantación de la especie a establecer. Sin embargo, y para efectos del acrecimiento de materia orgánica antes dicha, se requiere que tal aplicación, hecha al hoyo de plantación, deba efectuarse bajo la previsión de evitar que las raíces de las plantas queden en contacto directo con la enmienda, a lo cual se deben sumar, en cada ciclo anual, aplicaciones paulatinas y frecuentes en el huertos frutal establecido.

Las aplicaciones puntuales de estas enmiendas (por ejemplo; 1 vez en un período de 5 años) no logran dicho incremento, puesto que una vez que se ha realizado la aplicación de cualquiera de estas enmiendas, el carbono orgánico aportado es asimilado paulatinamente por la biomasa microbiana del suelo, y aproximadamente 2/3 de este carbono son perdidos como producto de la respiración microbiana. Finalmente, sólo

1/3 del carbono ingresado contribuye a aumentar el contenido de materia orgánica, por lo cual el aumento final en el suelo es muy bajo. A modo de referencia se puede señalar que la aplicación de 10 ton ha⁻¹ de una enmienda orgánica en estado fresco con 30 a 50% de humedad, e incorporada en los primeros 20 cm de suelo, genera un aumento de materia orgánica de 0,06 a 0,12%, según la densidad aparente de este suelo, y una vez que se ha logrado la completa incorporación y humificación de dicha enmienda.

Para estimar la dosis de enmienda orgánica necesaria de aplicar para generar un aumento determinado en el contenido de materia orgánica del suelo, dado la dinámica de los procesos biológicos del suelo, se puede emplear las ecuaciones 1 y 2, que se presentan a continuación:

Ecuación 1.

$$\text{Dosis de MO (ton ha}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{MO a subir (\%)} * \text{DA (g cc}^{-1}\text{)} * \text{PDM (cm)})}{0,33 (E_f)}$$

Donde:

MO = materia orgánica.

DA = densidad aparente del suelo.

PDM = profundidad de muestreo del suelo en el que se determinó el contenido de materia orgánica.

E_f = 1/3 de lo aplicado que corresponde a la eficiencia estimada de aporte neto de la materia orgánica agregada al suelo, posterior a la asimilación del C ingresado por la biomasa microbiana.

Ecuación 2.

$$\text{Dosis de EMD (ton ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Dosis MO a aplicar (ton ha}^{-1}\text{)} \times 10.000}{\% \text{ de MO en la EMD a utilizar} \times (100 - \% \text{H}^{\circ} \text{ en EMD)}}$$

Donde :

MO = materia orgánica

EMD = enmienda orgánica a utilizar.

H^o = porcentaje de humedad en la enmienda a utilizar.

10.000 = factor de corrección de unidades.

Para aquellas situaciones en las cuales se utilizan dosis definidas de enmiendas orgánicas, el aumento en el porcentaje de materia orgánica del suelo se puede estimar utilizando la ecuación 3.

Ecuación 3.

$$\text{Aumento de la MO del suelo (\%)} = \frac{\text{Dosis EMD (ton ha}^{-1}\text{)} \times \% \text{MO EMD} \times (100 - \% \text{H}_0) \times 0,33}{\text{DA (g cc}^{-1}\text{)} \times \text{PDM (cm)} \times 10.000}$$

Donde :

- MO = materia orgánica
- EMD = enmienda orgánica a utilizar.
- H^o = humedad en la enmienda a utilizar.
- DA = densidad aparente del suelo.
- 10.000 = factor de corrección de unidades.

Así por ejemplo, si un agricultor aplica 20 ton ha⁻¹ de cama de broiler (**Foto 1**) con 30% de humedad y 65% de materia orgánica, incorporado en los primeros 20 cm de un suelo cuya densidad aparente es de 1,4 g cc⁻¹, el aumento en el porcentaje de materia orgánica (ecuación 3) sería el siguiente:

$$\text{Aumento de la MO del suelo (\%)} = \frac{20 \times 65 \times (100 - 30) \times 0,33}{1,4 \times 20 \times 10000} = 0,107\%$$



Foto 1.
Extracción de materia orgánica de cama de broiler, desde un criadero de aves de la Región de O'Higgins.

En este ejemplo, el aumento en el porcentaje de materia orgánica del suelo una vez que ha ocurrido la transformación microbiana de la materia orgánica agregada es de aproximadamente 0,11%, lo cual no se detecta visualmente y es muy difícil de detectar con un análisis químico de suelo de rutina.

Cabe destacar que antes de calcular la dosis de enmienda a utilizar para una situación determinada, se debe contar con un análisis de la partida inicial, dada su alta variabilidad en contenidos de humedad y materia orgánica, como se aprecia en el **Cuadro 1**. Además, el análisis nutricional de la enmienda permitirá determinar también el valor fertilizante de esta enmienda.

Cuadro 1. Contenidos de humedad y de materia orgánica en diferentes enmiendas orgánicas disponibles en el mercado.

Enmienda orgánica	Humedad (%)	Contenido de materia orgánica en la materia seca (%)
Guano de ponedoras	40 – 80	40 – 75
Cama de broiler en estado fresco	20 – 50	70 – 90
Compost de cama broiler	30 – 40	50 – 60
Cama de pavo en estado fresco	40 – 60	70 – 90
Cama de pavo madurada	25 – 40	60 – 80
Bioestabilizado de Cerdo	20 – 30	50 – 70
Guano de bovino en engorda	30 – 80	20 – 80
Guano de lechería	25 – 85	40 – 90
Purines de Lechería	90 – 99	0,1 – 7

La aplicación de enmiendas orgánicas al suelo (**Foto 2**) no sólo contribuye al aumento en el porcentaje de materia orgánica, sino también genera aporte nutricional, por lo cual se debe determinar su valor fertilizante (Hirzel *et al.*, 2003; Hirzel y Rodríguez, 2004; Hirzel *et al.*, 2004; Hirzel *et al.*, 2006; Hirzel *et al.*, 2007a, b, c; Hirzel y Walter, 2008; Hirzel *et al.*, 2009).

Los estudios de aplicación de enmiendas orgánicas en suelos bajo condiciones de campo y condiciones controladas de laboratorio indican que del total de nutrientes contenidos en la enmienda, la mayoría de los



Foto 2. Aplicación de enmiendas orgánicas a un terreno antes de una plantación frutal.

nutrientes presentan una disponibilidad similar a la obtenida con fertilizantes convencionales, excepto para el nitrógeno (N) y el fósforo (P) (Hirzel, 2007; Hirzel *et al.*, 2007c; Hirzel *et al.*, 2008; Hirzel *et al.*, 2010).

Los nutrientes nitrógeno y fósforo de una enmienda se presentan principalmente en formas orgánicas (ureidos, proteínas, fitatos, entre otros), y su transformación hacia formas asimilables por las plantas depende principalmente de procesos biológicos del suelo.

La composición nutricional de un mismo tipo de enmienda orgánica es variable debido a los siguientes factores:

- Dieta suministrada.
- Suplementos usados en la dieta.
- Tipo de cama utilizada (cuando se usa material de cama).
- Manejo de los planteles.
- Operaciones de almacenaje

De manera ilustrativa, en el **Cuadro 2** se presenta la composición nutricional de las principales enmiendas orgánicas comercializadas actualmente en Chile.

Uno de los componentes de las enmiendas que ha causado mucha preocupación por su efecto como contaminante ambiental, es el N

Cuadro 2. Composición nutricional de diversas enmiendas orgánicas comercializadas en Chile.

Parámetro determinado	Guano Broiler	Guano de Pavo	Guano de Pavo madurado	Bioestabilizado
Humedad (%)	19 - 43	15 - 50	24 - 50	10 - 45
pH	6,9 - 9,1	5,3 - 7,4	5,6 - 8,2	6,8 - 8,6
CE (dS m ⁻¹)	6,0 - 12,0	7,7 - 18,2	10,0 - 29,8	3,2 - 13,4
MO (%)	65 - 70	64 - 85	66 - 83	41 - 60
Relación C/N	6,6 - 16,7	9,0 - 12,8	8,1 - 16	8,8 - 20,6
C total (%)	43 - 44	36 - 47	31 - 41	26 - 41
N total (%)	2,1 - 3,7	3,3 - 4,4	2,3 - 4,5	1,5 - 3,4
N amoniacal (%)	0,31 - 0,65	0,6 - 1,3	0,4 - 1,5	0,7 - 1,3
N nítrico (%)	0,3 - 0,65	0,05 - 0,15	0,06 - 0,5	0,01 - 0,05
P total (%)	0,81 - 2,25	1,7 - 3,1	2,05 - 3,88	2,27 - 3,78
K total (%)	1,2 - 3,7	2,5 - 3,4	3,1 - 3,6	1,0 - 2,0
Ca total (%)	1,3 - 3,1	4,4 - 7,5	4,8 - 7,9	3,2 - 6,4
Mg total (%)	0,33 - 0,65	0,65 - 1,25	1,0 - 1,47	0,96 - 1,88
S total (%)	0,2 - 0,4	0,3 - 0,6	0,3 - 0,6	0,18 - 0,98

Nota: Las concentraciones de materia orgánica (MO) y nutrientes están expresadas en base a peso seco.

amoniacal, el cual al transformarse en amoniaco genera olores desagradables, dada la volatilidad de este gas. El contenido de N amoniacal en las enmiendas es muy variable y está directamente relacionado al pH de la enmienda. Al disminuir el pH de la enmienda se retarda la hidrólisis de los compuestos nitrogenados, reduciendo la volatilidad del amoniaco.

De manera ilustrativa, en la **Figura 1** se presenta el ciclo del N (formas y flujos) proveniente desde la cama de broiler (CB) una vez que es aplicada al suelo.

De manera orientativa, en las **Figuras 2 a 9** se presentan curvas de evolución del pH y conductividad eléctrica, como también disponibilidad de nutrientes, en un suelo franco arcilloso de un valle de aptitud frutícola, incubado en condiciones controladas de laboratorio, los cuales fueron fertilizados con distintas enmiendas orgánicas (guano de broiler, guano de pavo y bioestabilizado) y fertilizantes convencionales en igual dosis de nitrógeno y similares dosis de fósforo y potasio.

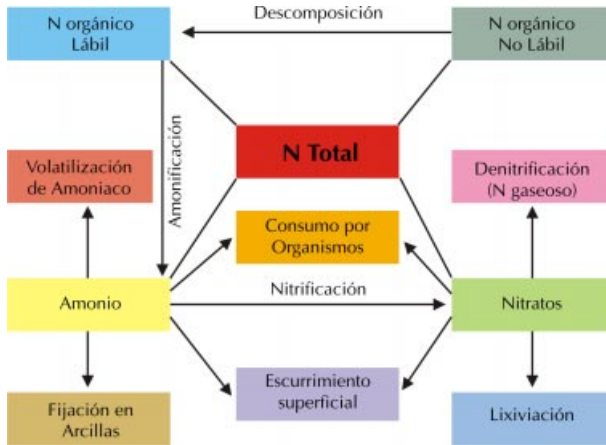


Figura 1. Ciclo del nitrógeno proveniente desde la cama broiler una vez que es aplicado al suelo (Sims y Wolf, 1994).

En la **Figura 2**, se observa que el pH del suelo presenta una evolución normal para las condiciones de manejo de este suelo (incubación), generando un leve incremento durante el primer período de la incubación (liberación de nutrientes solubles con mayor reacción alcalina) y posteriormente una disminución asociada principalmente a la mineralización de la materia orgánica, que genera ácidos orgánicos (ácidos débiles).

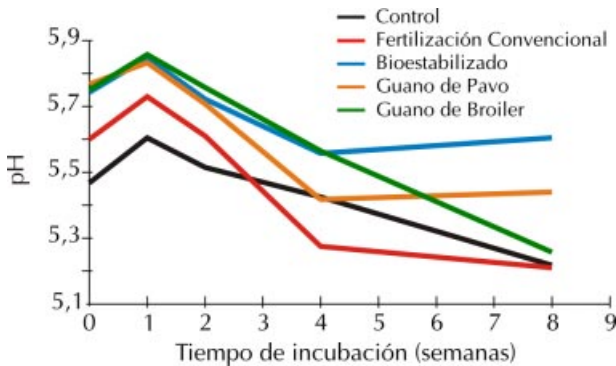


Figura 2. Evolución del pH de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

Respecto a los tratamientos evaluados, la menor acidificación en relación al tiempo inicial o punto de partida, se genera con el uso de enmiendas orgánicas, dados sus aportes adicionales de nutrientes de reacción alcalina como el calcio, magnesio, sodio y potasio, este último también aportado con la fertilización convencional. Por otra parte, la entrega más controlada del nitrógeno a sus formas disponibles (como amonio y luego como nitrato), contribuye a una menor acidificación derivada del proceso de nitrificación (transformación microbiana del amonio hacia nitrato).

En contraste la mayor acidificación del suelo se genera con el uso de fertilizantes convencionales, asociado al uso de urea como fuente de nitrógeno.

En la **Figura 3**, se observa que la conductividad eléctrica (medida de la concentración de sales disueltas) del suelo presenta una evolución casi opuesta a la presentada por el pH. Inicialmente se genera una reducción de la conductividad eléctrica derivado de las reacciones de precipitación de iones liberados con el aporte de nutrientes de los tratamientos de fertilización y de la liberación de nutrientes desde el suelo, como también de la absorción de nutrientes por parte del crecimiento inicial de la biomasa del suelo.

Respecto a los tratamientos evaluados, la menor conductividad eléctrica durante el tiempo en los tratamientos fertilizados, se genera con el uso de enmiendas orgánicas, principalmente debido a que la entrega

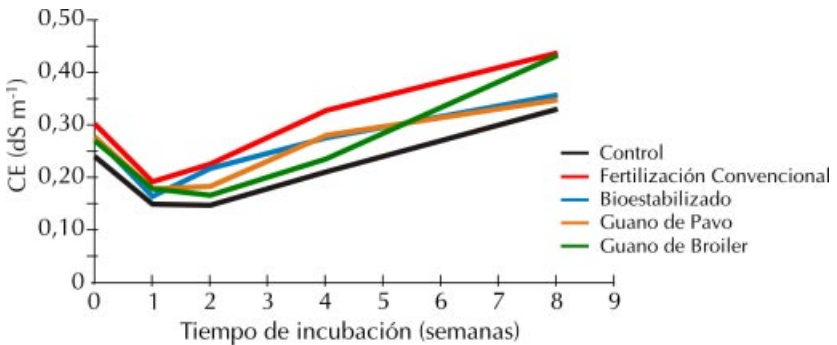


Figura 3. Evolución de la CE de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

del nitrógeno total contenido es controlada en el tiempo (menor concentración de iones amonio y nitrato), como también, a que la liberación de compuestos orgánicos desde estas enmiendas permite formar sales estables (aniones orgánicos + cationes, o uniones de aniones orgánicos + cationes + aniones inorgánicos como complejos) con algunos cationes y aniones del suelo.

Por su parte, el tratamiento control que no recibió fertilización presenta un incremento de la conductividad eléctrica asociado a la mineralización de nitrógeno y la liberación de nutrientes, que se hace acumulativa bajo las condiciones de este experimento.

La **Figura 4**, indica que la entrega de N disponible (amonio + nitrato) en todos los tratamientos es creciente durante el período de duración de este experimento, incluso en el control sin fertilización, dado el aporte de las reservas del suelo a través de los procesos de mineralización.

Respecto a los tratamientos fertilizados, la mayor disponibilidad acumulativa de nitrógeno se presenta con el uso de fertilizantes convencionales (urea en este caso), dada su mayor rapidez de entrega de nitrógeno, en relación a las enmiendas orgánicas, que presentan una

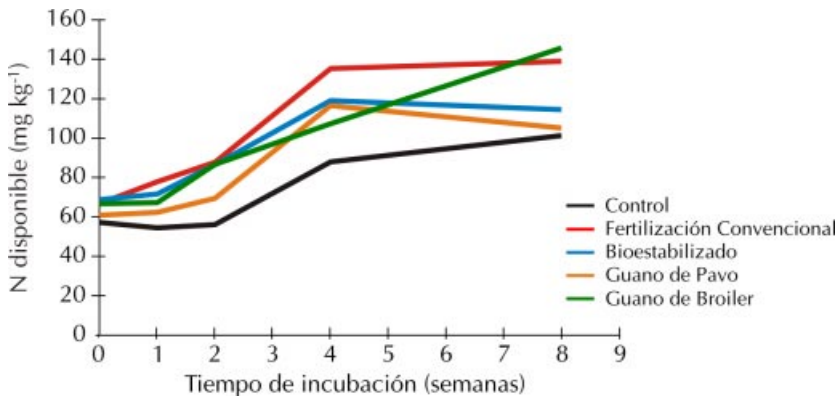


Figura 4. Evolución de la concentración de N disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

fracción importante de su nitrógeno como compuestos orgánicos (Figura 1), cuya entrega es mediada por los procesos biológicos del suelo. Para el período final del experimento, la disponibilidad de nitrógeno fue similar al fertilizar con guano broiler (guano fresco) y urea, dado que esta enmienda orgánica genera una entrega controlada de su nitrógeno, que en la medida que pasa el tiempo permite igualar el aporte de nitrógeno generado por la fertilización convencional.

La **Figura 5**, complemento de la Figura 4, indica que la evolución de N amoniacal fue similar en todos los tratamientos, con un comportamiento en general decreciente en el tiempo, dado que esta forma de nitrógeno es transformada hacia nitrato por algunos microorganismos del suelo. La concentración de amonio en los tratamientos fertilizados con enmiendas orgánicas fue similar en el tiempo y menor al tratamiento convencional (N a la forma de urea), respondiendo a los fenómenos de disponibilidad de nitrógeno discutidos anteriormente (explicación de la figura 4).

La **Figura 6**, que complementa también a la Figura 4, indica que la evolución de N nítrico fue similar en todos los tratamientos y creciente en el tiempo, respondiendo a la transformación microbiológica desde amonio a nitrato.

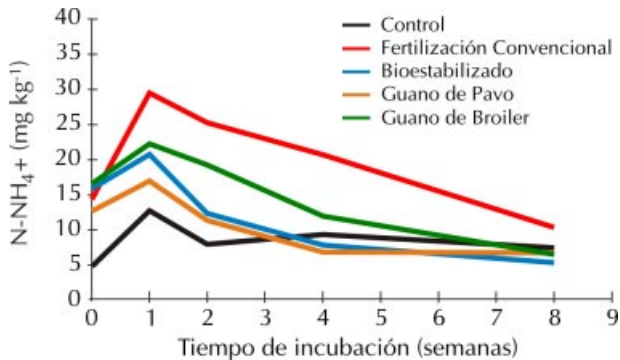


Figura 5. Evolución de la concentración de N amoniacal de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

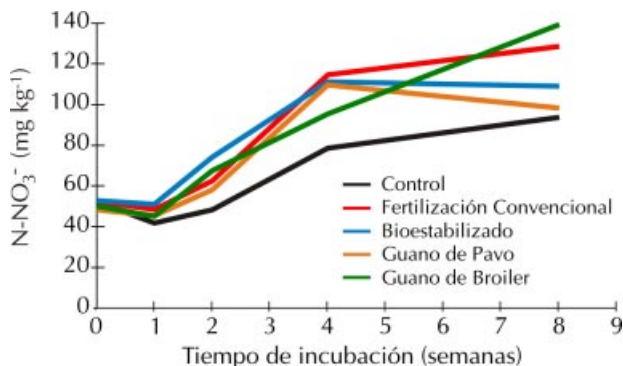


Figura 6. Evolución de la concentración de N nítrico de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

En general, sólo los tratamientos que recibieron guano de pavo y bioestabilizado presentaron una menor concentración final de nitrógeno nítrico que el tratamiento con fertilización convencional. Por su parte, el guano de broiler (guano fresco), presentó una concentración de nitrógeno nítrico similar a la obtenida con la fertilización convencional, para el término del período de evaluación, situación consecuente con lo observado en la Figura 4.

La **Figura 7**, indica que la evolución del fósforo disponible (Olsen) presentó pocas variaciones en el tiempo, dado a que se trata de un nutriente que es fijado intensamente en el suelo, y que esta fijación ocurre principalmente durante las primeras 48 horas después de aplicado. Posteriormente, la concentración de fósforo se estabiliza en el suelo.

Comparativamente la disponibilidad de fósforo fue similar entre la fertilización convencional y el uso de guanos de ave (broiler y pavo), con aportes iniciales similares entre estos tratamientos, lo cual indica una disponibilidad similar para iguales dosis aplicadas. Por su parte, la concentración de fósforo disponible en el tratamiento fertilizado con Bioestabilizado fue muy superior a los demás tratamientos, asociado a la alta concentración de fósforo en esta enmienda orgánica (del orden de 2,5 veces superior a las otras enmiendas), y que para aportes de iguales dosis de nitrógeno, se traduce en una aplicación de fósforo muy superior.

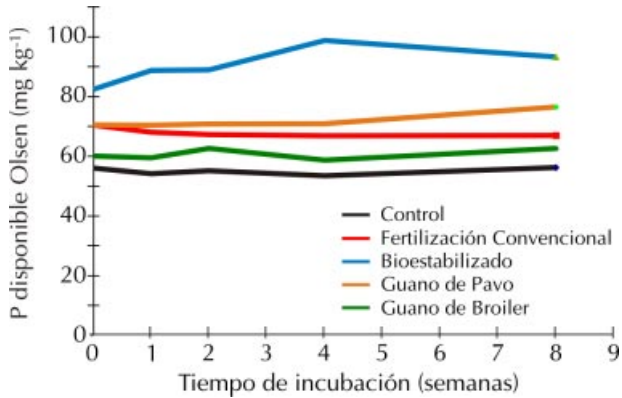


Figura 7. Evolución de la concentración de P disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

Por otra parte, el Bioestabilizado corresponde a una enmienda orgánica compostada, por tanto presenta una alta actividad microbiana, dentro de la cual destaca la actividad fosfatasa que permite incrementar la disponibilidad de fósforo nativo desde el suelo.

La evolución en la concentración de potasio disponible (**Figura 8**) fue similar entre los tratamientos de fertilización evaluados, situación esperable dado el uso de similares dosis iniciales de este nutriente y que además el potasio presente en las enmiendas orgánicas forma sa-

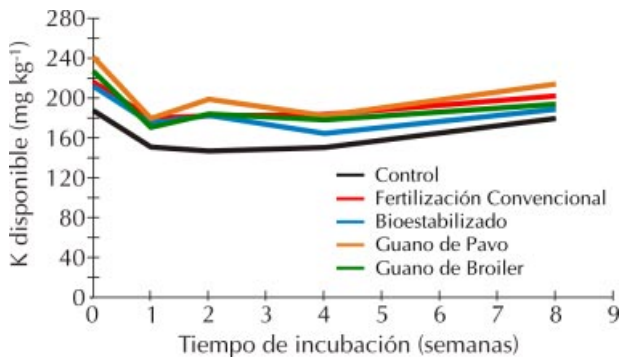


Figura 8. Evolución de la concentración de K disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio.

les, que presentan una solubilidad similar a la del muriato de potasio empleado en la fertilización convencional.

La **Figura 9**, complemento a la Figura 7, indica que el incremento obtenido en el fósforo disponible fue similar entre el tratamiento con fertilización convencional y el guano de pavo, y levemente inferior con el uso de guano de broiler, lo cual puede responder a las formas orgánicas como se presenta el fósforo en esta última enmienda. Por su parte, con el uso de Bioestabilizado se logra una mayor eficiencia de incremento en el fósforo disponible, lo

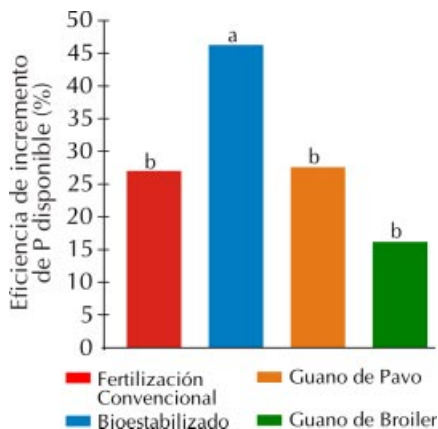


Figura 9. Incremento de la concentración de P disponible de un suelo franco arcilloso frente a 5 tratamientos de fertilización, durante un período de incubación de 8 semanas en condiciones controladas de laboratorio. Letras distintas indican diferencia estadística entre medias según el test DMS ($p < 0,05$).

cual responde a la posible mayor actividad fosfatasa generada con el uso de este compost (situación ya discutida en el análisis de la figura 7) y a la saturación de sitios de fijación de fósforo en el suelo, cuando se emplean dosis altas de este nutriente.

En términos generales, los resultados presentados en las figuras 2 a 9 permiten concluir que la disponibilidad de nutrientes desde diferentes enmiendas es similar a la generada por fertilizantes convencionales, con una menor disponibilidad de N, destacando también un menor efecto en la conductividad eléctrica del suelo.

A su vez, los resultados experimentales indican que la

Mineralización del N orgánico contenido en las enmiendas orgánicas puede ser representado con ecuaciones matemáticas simples (Hirzel, 2007; Hirzel *et al.*, 2010), según se indica a continuación:

$$N \text{ total } (\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}) = N \text{ inorgánico } (\text{kg ha}^{-1}) + (N \text{ orgánico inicial } (\text{kg ha}^{-1}) \times \text{Tasa de mineralización } (\text{valor decimal}))$$

La cantidad de N inorgánico inicial se obtiene desde el análisis de la enmienda orgánica y corresponde a la suma del N a la forma de amonio ($N-NH_4^+$) y nitrato ($N-NO_3^-$). Esta suma normalmente viene expresada en porcentaje, por lo cual la cantidad de N inorgánico se obtiene con la siguiente ecuación:

$$N \text{ inorgánico (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{Enmienda aplicada (Ton ha}^{-1}\text{)} \times \text{materia seca (\% / 100)} \times (N-NH_4^+ + N-NO_3^-) \times 1000 (\% / 100)$$

La tasa de mineralización para las principales enmiendas orgánicas usadas en agricultura se indica en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Tasas de mineralización de N orgánico en diferentes enmiendas orgánicas durante la misma temporada de aplicación.

Enmienda orgánica	Tasa de mineralización anual de N orgánico (%)
Compost	25 – 40
Bioestabilizado de cerdo	40 – 50
Guano de bovinos de engorda	40 – 50
Guanos de broiler y pavo	60 – 70
Guano de Cerdo	60 – 70
Purines de Cerdo	90 – 95

Dada la alta variación cualitativa obtenida en la caracterización de las diferentes enmiendas orgánicas (compuestos orgánicos), para la aplicación de la ecuación planteada es necesario contar con un análisis inicial de la enmienda a utilizar que indique el contenido de nitrógeno total, orgánico e inorgánico (amonio + nitrato).

Por ejemplo, si se aplican 12 toneladas por ha de cama de broiler en estado fresco, con un contenido de humedad de 35%, N total de 3% y N inorgánico de 0,5%, entonces el nitrógeno total aportado con la aplicación incorporada de la cama broiler sería el siguiente:

7.800 kg de materia seca (12 ton * 0,65 * 1.000 kg ton⁻¹).

N orgánico = 2,5% (3% – 0,5%)

$N \text{ total (kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}) = N \text{ inorgánico inicial (kg ha}^{-1}) + N \text{ orgánico inicial (kg ha}^{-1}) \times 0,65$

$N \text{ total (kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}) = 7.800 \times 0,005 + 7.800 \times 0,025 \times 0,65 = 166 \text{ kg ha}^{-1}$

Por su parte, la mineralización del fósforo orgánico sigue un patrón similar a la indicada para el N orgánico, ya que los procesos involucrados en su mineralización son similares a los que afectan al N (Hirzel *et al.*, 2010). Sin embargo, al usar compost de cualquier naturaleza, la mineralización del fósforo orgánico es favorecida por la actividad enzimática fosfatasa asociada al crecimiento de biomasa del suelo y a los factores benéficos generados por el incremento en la vida del suelo.

Además del aporte de nutrientes en la misma temporada de aplicación de una enmienda orgánica, también se genera un aporte residual de N para la temporada siguiente, el cual comprende entre el 10 a 15% del N total aplicado (Hirzel *et al.*, 2007b). Por tanto, cuando se usan enmiendas orgánicas todas las temporadas, la dosis de esta enmienda debe reducirse dado el aporte residual de nitrógeno que comienza a ser acumulativo en el tiempo, llegando a una dosis equivalente al 85 o 90% del nitrógeno disponible necesario para el frutal que se desee fertilizar.

Dado que el nitrógeno es uno de los nutrientes cuya dosis a usar en frutales debe ser cuidadosamente determinada, porque los excesos generan desequilibrio vegetativo, mucho vigor, sombreadamiento, menor inducción floral, fruta blanda y de mala postcosecha, la dosis de enmienda a emplear se debe determinar en función de la dosis de nitrógeno que sea necesaria para cada especie frutal y nivel de rendimiento, empleando también técnicas de diagnóstico como el análisis de suelo (N potencialmente mineralizable en el volumen de suelo de mayor uso por las raíces), análisis de agua de riego y análisis de tejidos (hojas y frutos) (Hirzel, 2003; Hirzel *et al.*, 2003; Hirzel, 2004; Hirzel, 2006; Hirzel, 2008a, b, c, d; Hirzel y Best, 2009).

El **Cuadro 4**, tiene carácter ilustrativo, por tanto para ajustar la dosis real de enmienda a aplicar a cada especie se debe contar con el análisis nutricional de la partida de enmienda orgánica a usar, según sea el caso.

Cuadro 4. Dosis referenciales de enmiendas orgánicas de acuerdo a las necesidades de N según nivel de producción para diferentes especies frutales.

Especie	Producción (Ton ha ⁻¹)	Necesidad de N (kg ha ⁻¹)	Dosis de guano de broiler o pavo (Ton ha ⁻¹)	Dosis de Compost o Bioestabilizado (Ton ha ⁻¹)
Vid vinífera	8	30 – 40	2 – 3	4 – 5
Cerezo	12	60 – 70	4 – 5	8 – 10
Manzano de color	70	80 – 90	5 – 6	10 – 12
Nogales	8	90 – 100	5 – 7	10 – 14
Manzano Verde	90	100 – 120	6 – 8	12 – 15
Uva de Mesa	30	100 – 130	6 – 8	12 – 15
Cítricos	35	130 – 170	7 – 10	14 – 18
Nectarines	35	140 – 170	8 – 10	15 – 20
Paltos	10	150 – 180	8 – 10	15 – 20
Kiwis	40	150 – 180	8 – 10	15 – 20

Fuente: Hirzel (2004), Hirzel (2006), Hirzel (2008d).

BIBLIOGRAFÍA

- Hirzel, J., N. Rodríguez, y E. Zagal. 2003.** Fósforo residual en 2 suelos de origen volcánico consecuencia de aplicaciones de fuentes orgánicas e inorgánicas de fósforo. Actas Simposio de la Sociedad Nacional de la Ciencia del Suelo: Manejo sustentable de suelos chilenos. Universidad De Concepción. Chile. ISSN 0716-6192.
- Hirzel, J. 2003.** Fertilización del cultivo de cerezo. En Riquelme (Ed): Actas Curso de Producción de Cerezas para exportación en fresco. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Ñuble, Chillán, Chile.
- Hirzel, J., N. Rodríguez y S. Best. 2003.** Variabilidad estacional del contenido nutricional en manzanas variedad Braeburn. 23 Congreso Agronómico de Chile. Puerto Natales. Chile.
- Hirzel, J. 2004.** Fertilización del cultivo de cerezo. En Joublan y Claverie (Ed): El cerezo Guía Técnica. I.S.B.N. 956-299-072-9. Pág. 209-234.
- Hirzel, J., y N. Rodríguez. 2004.** Disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio desde el guano broiler y fuentes inorgánicas durante un cultivo de maíz. Actas Simposio de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo: Residuos orgánicos y su uso en sistemas agroforestales. Temuco. Chile. ISSN 0716-6192.

- Hirzel, J., N. Rodríguez y E. Zagal. 2004.** Efecto de diferentes dosis de fertilización inorgánica con N, P, K y fuente orgánica (estiércol de broiler) sobre la producción de maíz y la fertilidad del suelo. *Agric. Téc. Chile* 64 (4):365-374.
- Hirzel, J. 2006.** Diagnóstico nutricional en frutales y vides. Simposio Internacional de las Ciencias del Suelo. Arica. Chile.
- Hirzel, J., M.C. Cartagena, and I. Walter. 2006.** Effect of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) production, nitrogen uptake and soil properties. 6th International Congress of Chemistry "Chemistry and Sustainable Development". Vol. 2. T4-125. p. 622-623.
- Hirzel, J., I. Matus, F. Novoa and I. Walter. 2007.** Effect of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) production and nutrient uptake. *Spain J. Agric. Res.* 5(1):102-109.
- Hirzel, J. 2007.** Estudio comparativo entre fuentes de fertilización convencional y orgánica, cama de broiler, en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. España. 139 p.
- Hirzel, J., I. Walter, P. Undurraga and M. Cartagena. 2007.** Residual effects of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) growth and soil properties derived from volcanic ash. *SSPN* 53:480-488.
- Hirzel, J., P. Undurraga, e I. Walter. 2007.** Mineralización de nitrógeno y disponibilidad de fósforo, potasio y micronutrientes en un suelo volcánico enmendado con cama de broiler. XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo. 17 al 21 de septiembre. León, Guanajuato, México. Páginas 71-74.
- Hirzel, J. 2008.** (Editor). Diagnóstico Nutricional y Principios de Fertilización en Frutales y Vides. Colección Libros INIA-24. ISSN 0717-4713. 296 p.
- Hirzel, J. 2008.** El suelo como fuente nutricional. Pág. 49-83. In: Hirzel, J. 2008 (Ed). Diagnóstico Nutricional y Principios de Fertilización en Frutales y Vides. Colección Libros INIA-24. ISSN 0717-4713. 296 p.
- Hirzel, J. 2008.** El agua como fuente nutricional. Pág. 85-105. In: Hirzel, J. 2008 (Ed). Diagnóstico Nutricional y Principios de Fertilización en Frutales y Vides. Colección Libros INIA-24. ISSN 0717-4713. 296 p.
- Hirzel, J. 2008.** Principios de fertilización en frutales y vides. Pág. 219-251. In: Hirzel, J. 2008 (Ed). Diagnóstico Nutricional y Principios de Fertilización en Frutales y Vides. Colección Libros INIA-24. ISSN 0717-4713. 296 p.
- Hirzel, J., and I. Walter. 2008.** Availability of nitrogen, phosphorous and potassium from poultry litter and conventional fertilizers in a volcanic soil cultivated with silage corn. *Chilean Journal of Agricultural Research* 68(3):264-273.

- Hirzel, J., F. Novoa, P. Undurraga and I. Walter. 2009.** Short-term effects of poultry litter application on silage maize (*Zea mays* L.) Yield and soil chemical properties. *Compost Science and Utilization* 17(3):189-196.
- Hirzel, J., and S. Best. 2009.** Effect of two rootstocks on the seasonal nutritional variability of Braeburn apple. *International Plant Nutrition Colloquium*. Paper 1375. Davis, California, USA.
- Hirzel, J., P. Undurraga and I. Walter. 2010.** Mineralization of nitrogen and nutrients released in a volcanic soil amended with poultry manure. *Chilean J. Agric. Res.* Article accepted *In press*.
- Sims, J.T., and D.C. Wolf. 1994.** Poultry waste management: agricultural and environmental issues. *Adv. Agron.* 52:1-83.