



GOBIERNO DE CHILE

MINISTERIO DE AGRICULTURA



SISTEMA DE INCENTIVOS PARA
LA RECUPERACIÓN
DE SUELOS DEGRADADOS

SAG – INDAP



**PAUTA TÉCNICA PARA
LA APLICACIÓN DE
GUANOS**

Devuélvase la mano

a la tierra

ABRIL - 2005

APLICACIÓN DE GUANOS

Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados.

1 ANTECEDENTES.

El SIRSD contempla dentro del programa específico de Conservación de Suelos, la práctica de incorporación de guanos (de aves, de cerdos, de vacunos, de ovinos y caprinos) como una medida tendiente a mejorar las condiciones físicas y químicas de los suelos.

Aplicación de guanos:

Se entiende por aplicación de guanos a la distribución e incorporación al suelo de un mínimo de 12 ton/ha/año de guano maduro o semimaduro en estado sólido o pastoso. Se entiende por guano a los subproductos de la ganadería que incluye excrementos animales y material de cama transformado, en donde no es posible identificar en ellos la composición de la cama y de las deyecciones debido al alto nivel de fermentación.

El guano como mejorador de suelos:

El guano tiene efectos positivos en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, influyendo en su estructura, porosidad, aireación y en su capacidad de retención de agua. También su incorporación contribuye a aumentar los niveles de materia orgánica.

Precauciones:

La aplicación de guano en estado fresco, en exceso y en forma inadecuada, esto es, sin ser incorporado al suelo, mal almacenado, aplicado cerca de cursos de agua, mal transportado, genera problemas de contaminación ambiental.

2 BONIFICACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE GUANOS.

El SIRSD reincorporó esta práctica para la presente temporada (2005) bajo el condicionamiento de que los interesados en obtener bonificaciones por esta labor tomen medidas tendientes a mejorar y ordenar su aplicación, reduciendo las malas prácticas y adoptando las exigencias ambientales, aplicadas a los productos agrícolas. En virtud de lo anterior, SAG e INDAP acordaron elaborar una pauta técnica de manejo que deberá ser considerada por los usuarios y operadores del "Programa" en la confección de los Planes de Manejo que incluyan esta práctica.

En este sentido, esta práctica sólo será bonificada en aquellos planes de manejo que cumplan, entre otras, con las siguientes condiciones:

- Que la dosis propuesta sea al menos de 12 ton/ha/año y,

- Que la dosis propuesta no genere problemas de contaminación al medio ambiente. Esta situación deberá ser demostrada a través del balance de Nitrógeno, para lo cual se deberá utilizar la metodología descrita en esta pauta.

3 CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANEJO.

En base a la recopilación de información existente, la que incluyó estudios de casos específicos en la materia, el SIRSD determinó establecer condiciones para la aplicación de esta práctica. Estas condiciones involucran aspectos de manejo y cálculo de dosificación, orientados a disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente.

Así, los aspectos de manejo del guano y cálculo de la dosis a aplicar, deben considerar las disposiciones que se señalan a continuación.

3.1 Criterios de Manejo del Guano.

Para esta pauta entenderemos como “manejo del guano” a los pasos que se dan desde la recolección del guano hasta su aplicación en el potrero.

Las consideraciones a seguir en relación al almacenamiento, transporte y aplicación del guano se detallan a continuación.

3.1.1 Almacenamiento.

- El lugar de almacenamiento debe estar protegido de la humedad, para lo cual debe estar aislado del suelo por una cubierta impermeable. Además, se debe proteger de los vientos predominantes y aguas de lluvia con una cubierta que puede ser por ejemplo de plástico.
- El lugar de almacenamiento temporal del guano, debe estar ubicado a una distancia igual o superior a 20 metros de cuerpos de aguas superficiales como ríos, lagos, vertientes, canales de riego o drenaje, así como también de infraestructuras tales como pozos y norias.
- La topografía del terreno debe presentar una pendiente tal, que no permita el escurrimiento. En su defecto, se deberán tomar todas las medidas pertinentes para evitarlo.
- No podrán ser utilizados para almacenamiento los terrenos de inundación frecuente.
- El guano no debe mantenerse almacenado más de 48 horas. En caso contrario, debe ser cubierto para interrumpir el ciclo de vectores.

3.1.2 Transporte.

- Los vehículos utilizados para el transporte del guano deberán ser cerrados en el fondo y los costados, para evitar los derrames.

3.1.3 Aplicación.

- El guano debe ser incorporado al terreno, antes de las 48 horas desde su aplicación, para evitar entre otros aspectos, la proliferación de vectores y la emanación de olores.
- La topografía del terreno debe presentar una pendiente igual o menor a 15%.
- Al aplicar el guano se debe dejar una franja de al menos 3 metros de ancho sin aplicar, junto a cursos de agua.
- No se debe aplicar guano en épocas de lluvia.
- No aplicar en lugares de inundación recurrente o en riberas u orillas de cuerpos de agua como lagos, lagunas y humedales.
- Se debe evitar la sobrefertilización del suelo al aplicar guano, para lo cual es importante equilibrar la demanda del cultivo con los nutrientes presentes en el suelo y los aportados con el guano.
- La incorporación del guano debe realizarse en suelos con un contenido de humedad adecuado que permita el paso de vehículos y la incorporación posterior del material.
- Antes de aplicar el guano, se debe tener en cuenta la dirección y velocidad del viento y la distancia a los vecinos, hacer la aplicación temprano por la tarde durante la época de calor para que el estiércol se seque y no disperse malos olores.
- La incorporación de guanos debe realizarse en terrenos sin cultivo o con un intervalo de tiempo suficiente antes de la siembra para que se produzca su descomposición.
- La distribución del guano debe ser uniforme para evitar la sobrefertilización.

3.2 Dosis de guano a aplicar.

Como ha sido señalado anteriormente, el guano, está considerado como mejorador de las propiedades físicas del suelo y por consiguiente su efecto fertilizante es secundario en relación a los objetivos perseguidos por el SIRSD.

No obstante, el uso del guano en forma excesiva puede impactar negativamente en el medio ambiente, por lo cual la dosis a aplicar debe considerar los impactos negativos que generen en el medio ambiente la incorporación al suelo de altas cantidades de nutrientes.

Dicho de otra manera, la dosis de guano a aplicar debe cumplir con el concepto de "Dosis Máxima no Contaminante". En consideración a lo anterior, fue definido como factor de restricción de la dosis de guano, el Nitrógeno aportado a través de su aplicación, dado que este nutriente es considerado crítico y determinante en relación a la contaminación del medio ambiente, por las siguientes razones:

Crítico: ya que puede producir, a través de un inadecuado manejo, impactos negativos de consideración, fundamentalmente ligados a contaminación hídrica, y



Determinante: porque a través de su adecuada dosificación, por ser el macroelemento de mayor concentración en la composición química de los guanos en general, indirectamente también son controlados los efectos negativos asociados a otros nutrientes presentes en el guano.

Así, la dosis de aplicación total de guano, indicada en el Plan de Manejo, deberá ser establecida considerando el balance de Nitrógeno, el que deberá tener en cuenta al menos los siguientes factores:

- a) Cantidad de Nitrógeno mineral total presente en el suelo.
- b) Cantidad de Nitrógeno en residuos de cosecha.
- c) Aportes de Nitrógeno total presente en el guano.
- d) Requerimiento Interno de Nitrógeno del cultivo.
- e) Densidad Aparente del suelo.

3.2.1 Procedimiento para el cálculo de la dosis de Nitrógeno.

Las fórmulas y tablas para el cálculo de las dosis de guano a aplicar utilizadas en esta pauta, están basadas en las publicadas por el profesor de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Sr. José Rodríguez

Así la cantidad de guano a aplicar, estará condicionada por la dosis de Nitrógeno resultante del cálculo de este nutriente considerando su balance en el suelo, dosis que será estimada a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Dosis Nitrógeno} = \frac{\text{Demanda Nitrógeno Cultivo} - \text{Suministro Nitrógeno suelo + residuos cosecha}}{\text{Eficiencia fertilización}}$$

A) DEMANDA DE NITRÓGENO:

Cantidad de Nitrógeno requerido por el cultivo para que exprese un determinado potencial productivo (productividad alcanzable en el agrosistema) en kg N/ha.

Depende de 2 parámetros:

- **Productividad (PP):** es el rendimiento esperado del cultivo en el agrosistema, (kg/ha).
- **Requerimiento Interno de Nitrógeno (RIN) (%):** es un factor interno del cultivo que representa la concentración del Nitrógeno por unidad de materia seca producida, medido en el momento de la cosecha del cultivo.

Como los agricultores miden su rendimiento en unidades de producto cosechado y no en unidades de materia seca total producida, se hace necesario para transformar el rendimiento en materia seca total producida, conocer dos parámetros agronómicos:

- **Índice de Cosecha (IC):** indica la proporción cosechada de toda la materia seca producida (aérea más producto cosechado).
- **Humedad de Cosecha (HC):** es la humedad de cosecha del producto.

Estas relaciones se presentan matemáticamente en la siguiente ecuación:

$$\text{DEMANDA DE NITRÓGENO} = \frac{\text{PP} \times (1 - \text{HC}) \times \text{RIN}/100}{\text{IC}}$$

B) SUMINISTRO DE NITRÓGENO.

Corresponde a la suma del Nitrógeno en el perfil del suelo más el Nitrógeno de los residuos de cosecha.

Suministro = N perfil suelo + N residuos de cosecha.

Para una adecuada evaluación del suministro de N a partir de los nitratos presentes en el perfil, debe tomarse la muestra en los primeros 20 cm del suelo. Además, debe considerarse la densidad aparente (Dap) de los tipos de suelos para transformar los ppm de nitratos en Kg de N/ha, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Peso suelo (ton/ha)} = \text{profundidad suelo (m)} \times \text{Dap ton/m}^3 \times 10.000 \text{ m}^2/\text{ha}$$

$$\text{N en el perfil del suelo} = \frac{\text{peso suelo} \times \text{ppm nitratos}}{1.000.000}$$

Con respecto al Nitrógeno aportado por los residuos de cosecha, podrán ser utilizados los antecedentes proporcionados en la tabla 2, como así también otras referencias que cuenten con el respaldo correspondiente.

C) EFICIENCIA

Para el cálculo de la eficiencia de la fertilización nitrogenada de los cultivos se ha considerado que un 15% del N aportado es inmovilizado por los microorganismos del suelo, se pierde un 15% por desnitrificación y un 5% por lixiviación. En consideraciones generales, una recuperación de un 65% es un valor común obtenido en distintas investigaciones y es el que ha sido utilizado para el cálculo de la dosis de N.

3.2.2 Cálculo de la Dosis de Guano (Criterio no contaminante)

Una vez estimada la cantidad de Nitrógeno máxima a aplicar, la dosis de guano será calculada en función del porcentaje de Nitrógeno presente en el tipo de guano a utilizar, considerando un porcentaje de mineralización del 60% en la temporada.

3.2.3 Tablas a utilizar.

A continuación se presentan las diferentes tablas con los valores de los parámetros utilizados para el cálculo de la dosis de fertilizante nitrogenado requerido.

Tabla 1: Parámetros necesarios para estimar la demanda nutricional de los cultivos y el suministro de nitrógeno.

Cultivos	Especies	HC Humedad de cosecha	IC Indice cosecha	RIN Requerimiento Interno Nitrogeno (%)	Contenido Nitrógeno Residuos cosecha Kg N/ha
Cereales	Arroz	0,15	0,44	0,7	51
	Avena	0,15	0,44	1,2	46
	Cebada	0,15	0,44	1,3	31
	Maíz	0,15	0,46	1,0	50
	Trigo	0,15	0,42	1,2	50
Papas	Papas	0,80	0,78	1,7	59
Praderas	Pradera gramínea	0,25	0,90	2,3	94
	Pradera natural	0,25	0,90	1,5	26

Tabla 2 Densidades aparentes promedio de los principales grupos de suelos del país.

Grupo de suelo	Densidad Aparente (Dap) g/cm ³ = Ton/m ³
Trumaos	0,7
Transición Trumao- Rojo	0,9
Rojo Arcillosos	1,0
Aluvial Zona Central franco	1,2
Aluvial Zona Central arcilloso	1,3
Graníticos	1,4

Tabla 3 Valores referenciales de la composición media de diferentes guanos secos. Brady and Weil 2000 y J. Rodríguez.

Composición	Ave	Cabra	Oveja	Vaca	Cerdo	Caballo
Nitrógeno	4,4	2,38	2,82	2,4	2,1	1,4
P ₂ O ₅	2,1	0,57	0,41	0,7	0,8	0,4
K ₂ O	2,6	2,50	2,62	2,1	1,2	1,0

4 EJEMPLOS DE CÁLCULO DE DOSIS DE GUANO A APLICAR

4.1 Ejemplo 1: Cultivo de Trigo.

Antecedentes:

Suelo:	Granítico
Densidad Aparente:	$1,4 \text{ g/cm}^3 = 1,4 \text{ ton/m}^3 = 1,4 \text{ kg/litro}$
Rendimiento esperado:	90 qq/ha
Nitratos muestra de suelo:	15 ppm
Eficiencia:	65%
Profundidad muestra suelo.	20 cm
Guano de vaca:	2,4 % N
Cultivo anterior:	Papas

Dosis = Demanda - Suministro/ Eficiencia

a) Demanda = Productividad (kg/ha x (1 – HC) x RIN/100

$$\text{Demanda} = \frac{\text{IC}}{0,42} \times \frac{9.000 \text{ kg/ha} \times (1-0,15) \times 1,2/100}{1} = 218,57 \text{ kg N/ha}$$

$$\text{Demanda} = 218,57 \text{ kg N/ha}$$

b) Suministro N = contenido N suelo + contenido N residuos cosecha

$$\text{Peso suelo} = \text{profundidad (m)} \times \text{Dap ton/m}^3 \times \text{superficie ha m}^2$$

$$\text{Peso suelo} = 0,20 \times 1,4 \times 10.000 = 2.800 \text{ ton} = 2.800.000 \text{ kg}$$

$$\text{Contenido N suelo} = 15 \text{ ppm}$$

Si en 1.000.000 kg de suelo tenemos 15 kg de nitrógeno

en 2.800.000 kg de suelo tenemos X kg de nitrógeno

Contenido N en el suelo = 42,0 kg Nitrógeno/ha

Contenido N residuos cosecha = ver Tabla 1

Suministro N Suelo = Contenido N suelo + Contenido N residuos cosecha

Suministro N Suelo = 42 + 59

Suministro N Suelo = 101 kg N/ha

c) Dosis Nitrógeno

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Demanda} - \text{Suministro}}{\text{Eficiencia}}$$

$$\text{Dosis} = \frac{218,57 - 101,0}{0,65} = 180,87 \text{ kg N/ha}$$

Dosis = 180,87 Kg N/ha

¿Cuánto guano de vacuno con un contenido de 2,4 % de N es necesario aplicar si la mineralización es 60 % ?

$$\begin{aligned} \text{\% N mineralizado aportado por el guano} &= 2,4 \times 60\% \\ &= 1,44\% \end{aligned}$$

$$\begin{array}{l} \text{Si } 100 \text{ kg Guano} \text{ ----- } 1,44 \text{ Kg N} \\ \text{X kg Guano} \text{ ----- } 180,87 \text{ Kg N} \end{array}$$

Cantidad de guano a aplicar = 12.560 kg/ha

Cantidad de guano a aplicar = 12,6 ton/ha

Comentario: La dosis máxima no contaminante calculada para este ejemplo es superior al mínimo establecido (12 ton/ha), por consiguiente, se justifica su aplicación y por ende la bonificación correspondiente.

4.2 Ejemplo 2: Cultivo de papas.

Antecedentes:

Suelo:	Trumao
Densidad Aparente:	0,7 g/cc = 0,7 ton/m ³
Rendimiento esperado:	45 ton/ha
Nitratos:	40 ppm
Eficiencia:	65 %
Profundidad muestra suelo:	20 cm
Guano de cerdo:	2,1 % N
Cultivo anterior:	trigo

Dosis = Demanda - Suministro/ Eficiencia

a) **Demanda = $\frac{\text{Productividad(kg/ha)} \times (1 - \text{HC}) \times \text{RIN}/100}{\text{IC}}$**

$$\text{Demanda} = \frac{45.000 \text{ kg/ha} \times (1-0,80) \times 1,7/100}{0,78} = 196,15 \text{ kg N/ha}$$

Demanda = 196,15 kg N/ha

b) **Suministro N = contenido N suelo + contenido N residuos cosecha**

Cálculo Contenido N suelo

Peso suelo = profundidad (m) x Dap ton/m³ x superficie ha m²

Peso suelo = 0,20 x 0,7 x 10.000 = 1.400 ton = 1.400.000 kg

Contenido N suelo = 40 ppm N

Si en 1.000.000 kg de suelo tenemos 40 kg de nitrógeno

En 1.400.000 kg de suelo tenemos X kg de nitrógeno

Contenido N suelo = 56 kg N/ha

Contenido N residuos cosecha = ver Tabla 1

Suministro N Suelo = Contenido N suelo + Contenido N residuos cosecha

Suministro N Suelo = 56 + 50

Suministro N Suelo = 106 kg N/ha

c) Dosis Nitrógeno

Dosis = $\frac{\text{Demanda} - \text{Suministro}}{\text{Eficiencia}}$

Dosis = $\frac{196,2 - 106}{0,65} = 138,8 \text{ kg N/ha}$

Dosis = 138,8 Kg N/ha

¿Cuánto guano de cerdo con un contenido de 2,1 % de N es necesario aplicar si la mineralización es 60 % ?

Si 100 kg guano tiene un 1,26 Kg N
X kg guano tienen 138,8 Kg N

Cantidad de guano a aplicar = 11.015 kg/ha

Cantidad de guano a aplicar = 11 ton/ha

Comentario: La dosis máxima no contaminante calculada para este ejemplo no cumple con el mínimo establecido (12 ton/ha) por el Programa, por consiguiente no procede su bonificación.

GNC/EAS – SAG