

## POTENCIALIDAD COMO ABONO ORGÁNICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS SUBPRODUCTOS DEL CULTIVO DE ESPECIES SALMONÍDEAS

Dante Pinochet T., Pamela Artacho V. y Pablo Azúa G.

Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias.

Universidad Austral de Chile, Casilla 567.

Valdivia, Chile. E-mail: dpinoche@uach.cl

### ABSTRACT

#### POTENTIAL AS ORGANIC FERTILIZER OF THE SOLID WASTES PRODUCED BY SALMONICULTURE

**Key words:** Solids wastes, salmoniculture, organic fertilizer.

A chemical evaluation of the solids wastes produced by Chilean salmoniculture was done with the aim to evaluate its potential as organic fertilizer. The samples were collected from sediments located bottom under the net cage system located at the lake Natri (Chile). The salmoniculture waste samples and as a control poultry manure were evaluated for their total N, P and K content. Also a N mineralization test based on Stanford and Smith methodology was used to characterize the samples and to evaluate their potential as manure. The salmoniculture waste samples presents a high total phosphorus contents, and low total nitrogen and potassium contents. The incubation study shown that the salmoniculture wastes present a minor content of N easily available and a slow nitrogen mineralization rate, in comparison with poultry manure.

### RESUMEN

**Palabras claves:** Salmonicultura, desechos sólidos, fertilizante orgánico.

Se realizó una evaluación química de los desechos sólidos producidos por la salmonicultura con el objetivo de determinar su potencial como fertilizante orgánico. Las muestras fueron colectadas desde los sedimentos ubicados en el fondo del lago Natri (Décima Región, Chile), bajo las balsas jaulas de cultivo. Las muestras de desechos de salmonicultura y de un guano de gallina, utilizado como control, fueron evaluadas para conocer sus contenidos de totales de N, P y K. Un test de mineralización de N basado en la metodología propuesta por Stanford y Smith fue utilizado para caracterizar las muestras y evaluar su potencial como fertilizante orgánico. En las muestras de desechos de salmonicultura se determinó un alto contenido de fósforo total, y un bajo contenido de nitrógeno y potasio total. El estudio de incubación mostró que los desechos sólidos de salmonicultura presentan un bajo contenido de N fácilmente mineralizable y una tasa de mineralización lenta comparados con el guano de gallina.

### INTRODUCCION

En Chile se han desarrollado cultivos acuáticos al menos con diez especies, entre algas, moluscos y peces. Dentro de las especies cultivadas, los salmones son los que presentan la mayor incidencia en los volúmenes de producción. Así, el año 1998 más del 90 % de las 188 mil toneladas de productos acuícolas exportados correspondieron a salmones ([Aquanoticias](#)).

[1999](#)). El cultivo de salmones consta de varias etapas y es la etapa de engorda de juveniles la que es realizada en los lagos, en balsas jaulas flotantes ancladas a un lugar fijo, del cual penden redes conteniendo a un número determinado de peces encerrados en un volumen de agua ([Rodríguez, 1993](#)). La inserción de estos sistemas en cuerpos de agua de bajo flujo, resultan en la acumulación de desechos, tanto sólidos como disueltos, provenientes del cultivo. Los desechos sólidos corresponden principalmente a alimento no consumido que cae directamente al fondo y las fecas de los peces ([Rodríguez, 1993](#); [Mena, 1997](#)). [Enell \(1987\)](#) determinó que del 100% del nitrógeno contenido en el alimento de salmónidos, el 25% se recupera a través de la producción de peces, mientras que el 16% queda en el ambiente como desecho sólido y el 58% en forma disuelta. Con respecto al fósforo, elemento esencial en la dieta de los peces al igual que el nitrógeno, aproximadamente un 30% del contenido de este elemento en el alimento es recuperado en la producción de peces, liberándose al ambiente un 58% como desecho sólido y un 16% como desecho disuelto ([Phillips y Beveridge, 1986](#); [Campos et al., 1990](#)).

En este estudio se plantea evaluar los desechos sólidos producidos por la salmonicultura como abono orgánico. Los objetivos de esta evaluación son analizar químicamente los desechos sólidos producidos por la salmonicultura y compararlos con un abono orgánico de uso frecuente en la agricultura; e incubar muestras de estos desechos y de guano de gallina, para caracterizar la mineralización del nitrógeno orgánico y así realizar una comparación de estos parámetros entre ambos materiales.

## **MATERIALES Y MÉTODO**

El muestreo de desechos sólidos se realizó en la Salmonera Pacific Star, ubicada en el lago Natri, Chiloé, Décima Región. La recolección de muestras se obtuvo desde el fondo lacustre ubicado bajo las balsas jaulas de cultivo de salmones. Se colectaron con un tubo de PVC de 30 cm de largo y de un diámetro de 10 cm, submuestras desde el material de depósito de residuo bajo las jaulas. Se colectaron 20 submuestras, las cuales fueron homogeneizadas, para formar una muestra compuesta. La muestra compuesta fue dividida en tres fracciones. En la primera fracción se determinó el contenido de humedad de la muestra hasta peso constante a 60 °C, su contenido de N total por digestión húmeda (kjeldahl), contenido de P y K totales previa calcinación en mufla a 500 °C y posterior determinación por colorimetría y espectrofotometría de absorción atómica, respectivamente ([Rowell, 1996](#)). En la segunda fracción, previamente secada al aire, se determinó el pH al agua (1:2,5) y el C orgánico por digestión húmeda ([Rowell, 1996](#)). La tercera fracción fue refrigerada mientras se preparaban los materiales para la incubación de los desechos determinándose el contenido de materia seca en estufa a 105 UC, para expresar los contenidos en base seca.

Las muestras húmedas fueron incubadas de acuerdo a una modificación del método propuesto por [Stanford y Smith \(1972\)](#). Como material de referencia de la calidad de los residuos para la mineralización se utilizó guano de gallina. Se tomaron 5 g de residuos (equivalentes en base seca) fueron puestos en tubos de lixiviación de 50 ml de volumen, recubiertos en la parte inferior con lana de vidrio sobre la cual se colocó una cubierta de 1 mm de cuarzo para retener ambos materiales ([Pinochet et al., 2000](#)). Se hicieron 3 repeticiones para cada material incubado. El nitrógeno mineral inicial presente en las muestras fue lavado con 100 ml de

CaCl<sub>2</sub> 0,01 M, seguido de la adición de 25 ml de solución nutritiva sin nitrógeno ([Stanford y Smith, 1972](#)). Este mismo procedimiento se realizó después de cada lixiviación realizada semanalmente. El exceso de solución fue removido mediante vacío, aproximadamente hasta la máxima retención de humedad del material. Los tubos fueron cubiertos con polietileno e incubados a 30 ± 1 °C durante 6 semanas. Los valores de N mineralizado semanal fueron acumulados y analizadas a través de regresión no lineal con el programa GraphPad Prism v.2.0 en función del tiempo de incubación.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de los análisis químicos de caracterización de los materiales orgánicos de desecho. Los desechos de salmonicultura recolectados presentaron un bajo contenido de materia seca, carbono orgánico, nitrógeno y potasio totales y un alto contenido de fósforo en los desechos. El pH es ácido y la relación Carbono/Nitrógeno es alta. Por su parte, el guano de gallina utilizado como control presenta valores mayores en N, un alto contenido de K y un alto contenido de C orgánico. Estos valores son similares a los descritos por [Griffin y Honeycutt \(2000\)](#), [Rodríguez \(1992\)](#) y por [Havlin et al. \(1999\)](#).

**Cuadro 1:** Caracterización química de los desechos sólidos colectados en el Lago Natri y del guano de gallinas usado como control.

**Table 1:** Chemical characterization of the wastes collected from Natri lake and poultry manure used as a control.

Parámetro	Guano de gallina	Desechos de salmonicultura
Materia seca (g MS 100g <sup>-1</sup> material)	38,4	13,4
Nitrógeno total (g N 100g <sup>-1</sup> MS)	3,2	0,7
Fósforo total (g P 100 g <sup>-1</sup> MS)	2,3	3,3
Potasio total (g K 100 g <sup>-1</sup> MS)	3,0	0,03
C orgánico (g C 100 g <sup>-1</sup> MS)	39,4	11,9
pH	6,8	5,3
C/N	12,3	17,0

Los desechos de salmonicultura evaluados en este estudio son inferiores al contenido de elementos totales de los valores reportados para desechos salmonideos colectados en el lago Ranco ([Rodríguez, 1993](#)) los cuales presentaron un contenido de N de 4,38%. Por su parte el contenido de P total de los residuos del lago Natri presentan un contenido de P superior incluso al reportado para el guano de gallina utilizado como control y reportado en la literatura (Griffin y Honeycutt) y ligeramente inferiores a los reportados por Rodríguez para residuos salmonideos colectado en el lago Ranco. Estos contenidos se debería a que la mayor

proporción del N de desecho proveniente de la salmonicultura se encontraría en forma disuelta en el agua, y que la mayor proporción del P de desecho en la fracción sólida, lo cual explicaría los bajos contenidos de N y altos de P encontrados en el residuo evaluado ([Campos et al, 1990](#)). El bajo contenido de K total de los residuos de salmonicultura evaluado podría ser debido a que la composición de la dieta de los salmónidos no incluye a este elemento ([Heen et al,1993](#)) por lo tanto no estaría enriquecida con este elemento.

El bajo contenido de C de los residuos de salmonicultura del lago Natri también difirió del reportado para los desechos colectado en el lago Rancho, siendo este último cerca de dos veces superior ([Rodríguez, 1993](#)). Es probable que la variación en el contenido de C y N se pueda deber al método de recolección de los residuos. En este estudio fueron colectados desde el fondo lacustre, pudiendo existir una contaminación con material mineral del fondo del lago, en tanto en el estudio realizado en el lago Rancho, los desechos fueron recolectados a través de un embudo de PVC ubicado inmediatamente bajo las balsas jaulas, por lo que no presentarían contaminación con ningún material inorgánico externo al de los mismos desechos.

Los resultados de los estudios de incubación (Figura 1) muestran que la mineralización acumulada de nitrógeno desde los desechos producidos por la salmonicultura es marcadamente inferior a la del guano de gallina. Después de 42 días de incubación, la mineralización acumulada de nitrógeno de los desechos colectados en el lago Natri alcanza a un 2,3% de su contenido total de nitrógeno y en el caso del guano de gallina a un 21%. Ello podría deberse a la presencia de compuestos de difícil degradación en los desechos colectado en el lago Natri y también por su menor contenido de N, en comparación con el guano de gallina. Otro factor que podría estar influyendo, sería el tipo de flora microbial natural presente en ambos materiales, lo cual no forma parte de los objetivos de esta evaluación.

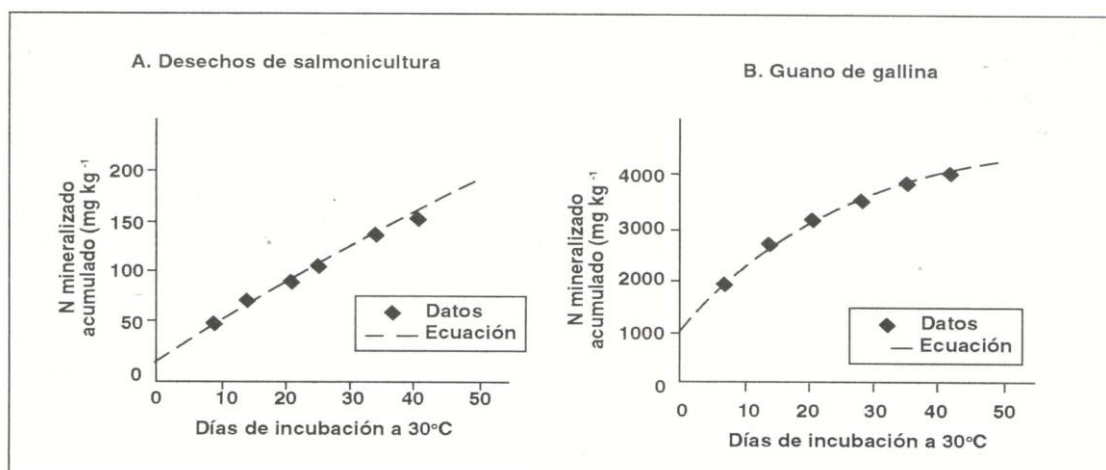
**Cuadro 2:** Parámetros de las ecuaciones ajustadas por regresión no lineal de la mineralización acumulada promedio de nitrógeno, de las muestras de guano de gallina y desechos de salmonicultura.

**Table 2:** Parameters of the fitted equations by non linear regression on the accumulated nitrogen average mineralization of the poultry manure and salmoniculture wastes samples.

Parámetros de la Ecuación	Guando de gallina $Y = A(1-\exp(B(X+C)))$	Desechos de salmonicultura $Y = A(1-\exp(B(X+C)))$
$r^2$	0,998	0,994
A	4850,0	752,9
B	-0,0372	-0,0056
C	6,12	2,42

El análisis a través de una regresión no lineal de las curvas de mineralización acumuladas de nitrógeno de los materiales incubados indica que se ajustan a una función exponencial con un coeficiente de determinación altamente significativo ( $p < 0,01$ ), en ambos casos. En la ecuación propuesta se incluyen tres parámetros, el parámetro A representa el valor máximo de mineralización, el parámetro C el valor mínimo de mineralización y B es la pendiente de la curva. Ecuaciones similares a la usada a este análisis han sido reportadas por [Cabrera et al. \(1994\)](#) y son usuales en la determinación de la mineralización de N desde los residuos orgánicos ([Havlin et al., 1999](#)).

Los parámetros A y C de la ecuación ajustada ratifican que el potencial de mineralización de las muestras de sedimento desde el lago Natri son muy inferiores a los del guano de gallina, mostrando un máximo muy inferior y una mineralización instantánea muy baja. El valor de A que corresponde a la fracción rápidamente mineralizable en condiciones de campo ([Cabrera et al., 1994](#); [Griffin y Honeycutt, 2000](#)) muestra que éste valor es 6,4 veces superior en el guano de gallina que en los desechos de salmonicultura. Por su parte, el coeficiente B muestra que la tasa de mineralización del nitrógeno del guano es cerca de siete veces superior a la tasa de mineralización mostrada por los desechos de salmonicultura. La tasa de mineralización de ambos residuos son más altas que la mineralización del N del suelo reportada para suelos volcánicos con distintos tipos de manejo agrícola ([Pinochet et al., 2000](#)). Ello implica que los desechos de salmonicultura tienen un cierto potencial de uso como fertilizante orgánico pero que este desde el punto de vista de N es bajo y no de alta calidad.



**Figura 1:** Mineralización acumulada promedio de Nitrógeno. A: incubación de desechos de salmonicultura colectados en el lago Natri. B: incubación de guano de gallina.  
**Figure 1:** Average accumulated Nitrogen mineralization. A: salmoniculture wastes collected form Natri lake incubation. B: poultry manure incubation.

## CONCLUSIONES

Los desechos sólidos provenientes de la salmonicultura y colectados bajo las condiciones de esta evaluación, presentan un pobre valor como abono orgánico balanceado, considerando que presentan bajos contenidos de nitrógeno y potasio y tienen una baja tasa de mineralización del nitrógeno orgánico presente en ellos. El alto contenido de Fósforo presente en los desechos sólidos provenientes de la salmonicultura, les otorgaría utilidad como abono orgánico fosforado.

## BIBLIOGRAFIA

AQUANOTICIAS, 1999. Balance de la acuicultura en 1998. Amaina el temporal. Aquanoticias (Chile) 11(48): 6-13.

CABRERA, M.L., TYSON, S.C., KELLEY, O.C. MERKA, W.C. y THOMPSON, S.A. 1994. Nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fractionated poultry litter. Soil Science Society of America Journal 58: 367-372.

CAMPOS, H., STEFFEN, W., ZIMMERMANN, R., PARRA, O., ZUÑIGA, L., BERTRAN, C., AGUERO, G., NAVARRO, J y BROWN, A. 1990. Estudio del efecto producido en el lago Ranco por el cultivo de especies salmonídeas con el sistema de balas jaulas. Valdivia, Chile. Instituto de Zoología. Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile.

GRIFFIN, T.S. y HONEYCUTT, C.W. 2000. Using growing degree days to predict nitrogen availability from livestock manures. Soil Science Society of America Journal 64: 1876-1882.

HAVLIN, J.L., BEATON, J.D., TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An introduction to Nutrient Management. Sixth Edition. Prentice Hall. New jersey. U.S.A. 499 p.

HEEN, K.; MONAHAN, R. y UTTER, F. 1993. Salmon aquaculture. Great Britain. Blackwell Scientific Publications. 278 p.

MENA, G. 1997. Evaluación experimental de la capacidad de Diplodon chilensis para procesar los excedentes orgánicos generados por la Salmonicultura. Tesis de grado presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Biología Marina. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 65p.

PHILLIPS, M. y BEVERIDGE, M. 1986. Cages and the effect on water condition. FishFarmer 9(3): 17-19.

PINOCHET, D., MENDOZA, J. y GALVIS, A. 2000. Potencial de mineralización de nitrógeno de un Hapludand con distintos manejos agrícolas. Ciencia e Investigación Agraria 27(2): 97-105.

RODRIGUEZ, J. 1992. Manual de fertilización. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 362 p.

RODRIGUEZ, R. 1993. Determinación cuantitativa de la carga de desechos ingresados al Lago Ranco por efecto del cultivo de especies salmonídeas. Tesis de grado presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Biología Marina. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 156 p.

STANDFORD, G. y SMITH, S. 1972. Nitrogen mineralization potentials of soil. Soil Science Society of America Proceedings 36, 465-472.

ROWELL, D.L. 1996. Soil Science. Methods and Applications. Longman Limited. Essex, England. 350 p.