

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ADICIÓN DE AGUAS VERDES
(PURINES) EN ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS,
FÍSICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL SUELO EN LA FINCA
LECHERA HACIENDA TERRANOVA UBICADA EN POASITO,
ALAJUELA**

PREPARADO POR:

Dr. RAFAEL SALAS CAMACHO

Dra. LIDIETH URIBE LORÍO

CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

COLABORADORES:

PROGRAMA DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA (PTT)

COMPAÑÍA DOS PINOS, S.A.

AGOSTO 2008

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los sistemas de producción de leche se han intensificado, existiendo un aumento en el uso de concentrados, fertilizantes, cultivos forrajeros y ensilajes. Esto ha causado un aumento en la producción de leche, y al mismo tiempo, la generación de grandes cantidades de efluentes: purines, aguas residuales del lavado de equipos de ordeño y estiércol.

El manejo y utilización de estos efluentes requiere de buenas prácticas agrícolas, ya que si no son manejados apropiadamente podrían causar problemas de contaminación. En el país es poca la información con que se cuenta acerca de estos subproductos de la actividad lechera, su caracterización y su impacto ambiental. La Compañía Dos Pinos, S.A. a través de su Dirección Agrocomercial y del personal del Programa de Transferencia Tecnológica (PTT), ha iniciado esta evaluación piloto, con el objeto de obtener información oportuna que permita dar asistencia técnica a los productores, basadas en investigación realizada en forma conjunta con el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Los productores necesitan ser informados acerca del manejo de los efluentes y persuadirlos de los cambios necesarios para su manejo. Sin esa información, la implementación de regulaciones o la asistencia técnica es poco probable que sean efectivas.

Este estudio constituye un primer escenario para evaluar el manejo y utilización de efluentes en una lechería ubicada en Poasito, Alajuela y tiene por objetivos identificar y evaluar las actuales prácticas de recolección, almacenaje y aplicación a nivel de campo. Se caracterizará la composición química y microbiológica de esos efluentes mediante el análisis de laboratorio de algunas variables en esos campos. Además, se evaluará a nivel de suelo los efectos de la aplicación en algunas variables químicas, físicas y microbiológicas. Esta misma evaluación se pretende llevar a cabo en otros escenarios de manejo de purines y con la información se contribuirá a generar un proyecto de investigación más amplio en el manejo de efluentes de lecherías que permita identificar posibles opciones técnicas a implementar con la finalidad de reducir el riesgo de contaminación ambiental.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA

SUELO

La presente evaluación se realizó en la finca lechera Hacienda Terranova, propiedad del Señor Ricardo Gurdíán, situada en Poasito de Alajuela. El criterio para la selección de esta finca fue establecido por el personal del Programa de Transferencia Tecnológica de la Compañía Dos Pinos S.A. El suelo de la finca se origina a partir de las cenizas del volcán Poás y es clasificado como Andisol cuyas principales características son las siguientes:

- 1- Suelos minerales cuya fracción es dominada por materiales amorfos en un mínimo del 50%.
- 2- Poseen alta capacidad de retención de agua.
- 3- Presentan un horizonte A oscuro, friable y relativamente grueso.
- 4- Presentan altos contenidos de materia orgánica.
- 5- Poseen baja densidad aparente (menos de 0.85 g/cc).
- 6- Son poco pegajosos.
- 7- Pueden tener un horizonte B sin presentar cantidades significativas de arcilla iluvial.
- 8- Ocurren bajo condiciones climáticas húmedas y subhúmedas.
- 9- Son suelos difíciles de dispersar.

Además, investigaciones indican que los Andisoles presentan una abundante acumulación de humus que se relaciona con el desarrollo vigoroso de una vegetación de gramíneas la que se mantiene debido a la alta capacidad de retención de agua que poseen los materiales amorfos. Además, se reporta que en este orden de suelo se encuentran altas poblaciones de actinomicetes y bacterias anaeróbicas y que los fenómenos de nitrificación y actividad de la ureasa son más fuertes en los suelos volcánicos en este orden de suelo.

MUESTREO DE SUELO

Para la toma de las muestras representativas, se seleccionó un lote de la finca que tiene un área cercana al camino en donde se aplican los purines mediante el uso de una tanqueta equipada con un cañón de aplicación, cuya

distancia de cobertura oscila entre 50 y 75 metros (ver fotos anexas), y otra área al fondo del lote donde no se aplican purines y la fertilización se realiza con fertilizante químico convencional.

En cada una de estas áreas se elaboró una microcalicata para observar el perfil y los horizontes predominantes de suelo (ver fotos anexas). Una vez descritos dichos perfiles, se procedió a la toma de muestras representativas de los horizontes. Dichas muestras se colocaron en bolsas plásticas y se enviaron a los laboratorios de Suelos y Foliare, Recursos Naturales y de Microbiología Agrícola del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica para los respectivos análisis.

Muestreo de boñiga y de purines

Para conocer la composición química y microbiológica de la boñiga y de los purines, se procedió a tomar una muestra de boñiga fresca del lote de al lado donde se encontraban los animales. La muestra de purines se tomó de cada una de las dos fosas que se encuentran cercanas a la lechería (ver foto anexa) y el proceso de muestreo se realizó por personeros de Dos Pinos durante el proceso de llenado de la tanqueta. Las muestras fueron enviadas al laboratorio antes mencionado y en el caso de la muestras de purines las mismas se separaron por filtración en sólidos en suspensión y en efluente restante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los diferentes análisis realizados se presentan en los cuadros adjuntos.

ANALISIS QUÍMICO DE SUELO

En el cuadro 1A, se presenta el fertigrama de suelo de los diferentes horizontes muestreados. En el área donde se aplica los purines, se tiene cuatro horizontes, siendo el primero de ellos un horizonte orgánico formado por

acumulación de los sólidos en suspensión de los purines y que tiene en este caso un espesor de 14 cm (ver foto anexa). Desde el punto de vista de fertilidad actual, en el área donde se aplican purines la fertilidad del suelo es baja. Los contenidos de calcio, magnesio y exceptuando al potasio en el primer horizonte son bajos al igual la capacidad de intercambio catiónica efectiva y disminuyen con la profundidad del suelo. El fósforo que es otro elemento muy importante se encuentra en una concentración adecuada solamente en la capa orgánica superficial y el resto presenta valores bajos. De los elementos menores evaluados, se destacan los altos contenidos de hierro y de zinc en el horizonte orgánico, mientras que el cobre, manganeso y azufre sus contenidos son apropiados. De las relaciones entre las bases cambiables, solamente la relación de calcio+magnesio sobre el potasio se encuentra baja, indicando que para mejorar dicha relación se debe aplicar en forma conjunta el calcio y el magnesio. La conductividad eléctrica que indica la cantidad de sales disueltas en el suelo es baja en el área con purines, mientras que la materia orgánica es muy alta y tiene poca variación si se compara con el área donde no se aplican los purines.

El área al fondo del lote donde no llega la aplicación de purines, presenta también un horizonte superficial orgánico pero de menor espesor y con concentraciones medias de bases cambiables, disminuyendo también con la profundidad. Esta diferencia de concentraciones de bases cambiables, posiblemente se deba a que la demanda de extracción de calcio, magnesio y potasio por crecimiento del pasto es menor comparada con el área anterior. Igual resultado se presenta con el fósforo, azufre y el zinc. El resto de elementos analizados tienen valores similares. En el cuadro 1B, se presentan los resultados para las determinaciones de nitrógeno total, carbono y la relación carbono/nitrógeno. Los valores encontrados para nitrógeno total son altos para los horizontes superficiales de las dos áreas y descienden conforme se aumenta la profundidad del perfil. De igual manera se comporta el carbono por lo que la relación C/N es baja en la superficie y aumenta con la profundidad. La relación C/N es un factor que influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica. En suelos agrícolas la relación C/N varía entre 8 y 14%. En sustratos con altos contenidos de nitrógeno, como ocurre en los horizontes superficiales de este lote, la asimilación e incorporación metabólica del nitrógeno por parte de los microorganismos es rápida, ocurriendo la mineralización simultánea de los compuestos carbonados.

ANÁLISIS FÍSICOS DE SUELO

En el cuadro 2 se presentan los resultados del análisis de textura efectuado a todas las muestras de los horizontes determinados. En general, la textura como era de esperar por ser un suelo volcánico es de franco arenoso a arenoso con contenidos de arena superiores al 69% pero con formación de agregados fuertes por efecto del tipo de minerales presentes y el alto contenido de materia orgánica.

En el cuadro 3 se tabulan el resto de variables físicas analizadas. La densidad aparente que es la masa de suelo seco por una unidad de volumen conocido que es tomado bajo condiciones de campo, es baja y está acorde con el orden de suelo. Como se puede observar, en el área de aplicación de purines la capa superficial y formada por los sólidos en suspensión de los purines, tiene la densidad aparente más baja de todas las evaluadas, luego le sigue una capa a 15 cm de profundidad, con mayor densidad aparente indicando cierto grado de compactación que se refleja en el valor de conductividad hidráulica reportado. El resto de densidades aparentes son normales para estos suelos. En el área sin efecto de purines, la densidad aparente superficial es casi el doble de la encontrada superficialmente en la otra área y además, la profundidad del horizonte es menor. De igual manera, en el siguiente horizonte del perfil se tiene una capa con mayor densidad aparente lo que indica cierto grado de compactación, seguida de un horizonte con una densidad aparente normal del suelo.

En la columna siguiente, se presentan los valores de densidades de partículas, que corresponde a la masa de sólidos dividido entre el volumen de los mismos. La densidad de partículas es un valor menos variable en el suelo y en este caso se ratifica esa aseveración.

La porosidad total o espacio poroso total, se refiere a todo el espacio del suelo que no está ocupado por la fracción mineral u orgánica del mismo, indiferentemente si este espacio está ocupado por agua o por aire en el momento del muestreo. El valor de porosidad total de un suelo por sí solo no nos dice mucho en cuanto al tamaño de poros que es lo que realmente interesa. Los macroporos por ejemplo son abundantes en suelos arenosos, permiten el transporte de agua y de aire, mientras que los microporos, abundantes en suelos arcillosos, son responsables del almacenaje y retención de agua. En esta evaluación se encontró que en cuanto a porosidad total se refiere, la diferencia se presenta en la capa superficial, en donde encontramos que el área donde se aplica purines, la porosidad es casi 13% mayor que en el área donde

no se aplica, y que ya a partir de una profundidad de 26 cm la porosidad es muy similar en ambas áreas. La distinción entre macroporosidad y microporosidad no tiene una base física real, y lo que se quiere expresar es la mayor o menor eficiencia de un poro para participar en los procesos de transferencia. El concepto de macroporo-microporo asume que los procesos de transporte tienen lugar en dos escalas de tiempo: una escala de tiempo asociada con el transporte rápido en macroporos, y una escala de tiempo asociada con el transporte lento en microporos. No hay evidencia de límites definidos entre escalas características en el suelo. Para esta evaluación, se considera a los microporos como los responsables de la retención de agua, a los mesoporos asociados al movimiento del agua útil y a los macroporos los encargados del movimiento del aire.

El espacio aéreo es la fracción de la porosidad total que es ocupada solamente por aire y se calcula restando a la porosidad total el volumen o espacio ocupado por el agua volumétrica. En este caso en particular, se calculó utilizando el agua volumétrica cuando el suelo está a capacidad de campo. Los valores de espacio aéreo reportado son altos y superan en mucho al valor de 10% considerado como el mínimo que debe existir en el suelo para un desarrollo normal del sistema radical.

La conductividad hidráulica es la capacidad del suelo saturado de permitir el movimiento del agua a través de sus poros. El determinar la conductividad hidráulica en un perfil de suelo, nos permite evaluar la clase de permeabilidad de la parte del perfil que se moja durante la lluvia o un riego. El valor de la permeabilidad de un perfil, está dado por el valor de la conductividad hidráulica del horizonte menos permeable y la capacidad de almacenamiento de lluvia o riego también estará dado por la profundidad hasta donde ese horizonte se encuentre. En el caso del lote evaluado en la finca, en el área donde se aplica purines, la permeabilidad del suelo llega hasta el segundo horizonte a una profundidad de 14 cm, mientras que en el área sin aplicación de purines también es el segundo horizonte quien la gobierna, pero su profundidad es de tan solo 8 cm. En ambos horizontes, la conductividad hidráulica es muy baja y de acuerdo con el cuadro de interpretación adjunto, se considera como muy lenta al ser inferior a 0.13 cm/hora. Este valor tan bajo de conductividad hidráulica está asociado a cierto grado de compactación de esos horizontes. El determinar la profundidad efectiva de permeabilidad es importante para conocer la capacidad de almacenamiento de agua o efluentes, ya que si se cubica una hectárea de terreno a la profundidad efectiva y se le resta el porcentaje de

espacio aéreo y la fracción mineral y orgánica, se tiene el volumen total de capacidad de almacenamiento. En nuestro caso y con base en el dato de profundidad del horizonte superficial, la zona donde se aplica purines casi duplica la capacidad de almacenamiento al compararla con el área sin aplicación. Sin embargo, es importante indicar que el volumen de líquido en la aplicación de purines es muy bajo (menos de 1 mm).

De igual manera, si consideramos que se tiene un segundo horizonte compactado en ambas áreas, el desarrollo del sistema radical se verá afectado. La resistencia a la penetración medida nos indica, una vez aplicadas las formulas de cálculo, que en el área con aplicación de purines el porcentaje de penetración de raíces en el segundo horizonte es de 70%, mientras que en el segundo horizonte de la otra área es de 60% y a una menor profundidad.

ANÁLISIS DE BOÑIGA FRESCA

Como parte de la evaluación se analizó la composición química de la boñiga fresca, mediante la toma de una muestra representativa en el lote vecino donde se tenían los animales. La cantidad de nutrimentos en la boñiga depende de varios factores dentro de los cuales los principales son: programa de alimentación de los animales, contenido de humedad, el tiempo y método de almacenamiento; por esa razón el contenido de nutrimentos en la boñiga varía de una lechería a otra. Como se observa en el cuadro 4, de todos los elementos analizados el que se encuentra en mayor concentración es el nitrógeno. Sin embargo, este nutrimento es el más difícil de manejar por su naturaleza química. El nitrógeno se encuentra en la boñiga en dos formas: (1) forma estable y (2) forma inestable. La forma inestable se presenta en la orina en forma de ácido úrico y puede representar entre el 50 y 60% del nitrógeno total, la urea en la boñiga no es diferente a la urea del fertilizante comercial. La urea o ácido úrico se convierte rápidamente en amoníaco conforme aumenta el pH del medio y por ser un compuesto muy volátil, las pérdidas son considerables. Generalmente se indica que la boñiga es un material orgánico que aporta cantidades considerables de nitrógeno, fósforo y potasio; sin embargo, en la muestra analizada en esta finca, se tiene en su orden de mayor a menor concentración para los principales macronutrimentos: nitrógeno>calcio>fósforo>magnesio>potasio>azufre. Para los elementos menores el orden de mayor a menor es el siguiente:

hierro>zinc>manganeso>cobre>boro. Si se considera que la boñiga contiene aproximadamente un 15% de materia seca, los valores en g/kg de materia seca del cuadro 4 se convertirían en kg de nutrimento por tonelada de boñiga fresca, recordando que para el caso del nitrógeno, la disponibilidad real del elemento es alrededor del 40%, lo que representa 11.92 kg de nitrógeno por tonelada de boñiga fresca. El resto de elementos estarían en cantidades de 11.7, 19.9, 8.1, 6.7 y 3.5 kg/tonelada de boñiga fresca de fósforo, calcio, magnesio, potasio y azufre, respectivamente.

ANÁLISIS DE PURINES

El análisis de purines se realizó en dos muestras tomadas en cada uno de los pozos de recolección que se encuentran cercanos a la lechería. Las muestras se tomaron una vez que con el uso de la tanqueta se homogenizara el purín en el pozo y la muestra representa el material que es aplicado al campo. De las muestras enviadas al laboratorio, se tomaron 500 ml de muestra representativa y mediante filtración se separó los sólidos en suspensión y el supernatante. En el caso de la muestra del pozo más cercano a la lechería de los 500 ml de muestra se obtuvo 275 ml de líquido filtrado y el resto fueron los sólidos en suspensión. En la muestra del segundo pozo se obtuvo 285 ml de filtrado. En el cuadro 5 se tabulan los resultados de los análisis realizados, el cuadro está dividido en dos partes, la parte superior corresponde a los análisis de los filtrados en unidades de concentración que luego son convertidas a gramos/litro. De igual manera, en la parte inferior se tienen los resultados de los análisis de los sólidos en suspensión reportados en unidades de concentración y gramos/kg de materia seca. De modo general, se observa que la riqueza en nutrimentos de los purines se encuentra en los sólidos en suspensión ya que las concentraciones y los gramos por kg de materia seca son muy superiores. Además, no se tiene gran diferencia entre los purines de los dos pozos analizados. El pH tanto del filtrado como de los sólidos en suspensión son cercanos a la neutralidad y la conductividad eléctrica es mayor en el filtrado sin llegar a valores problemáticos. En cuanto a concentración de nutrimentos en el cuadro 6 se resume la información del cuadro anterior. Si se compara la información de concentración de nutrimentos en la boñiga fresca (cuadro 4) con los valores de los purines del cuadro 6, se observa que las concentraciones de los nutrimentos fósforo, calcio, magnesio y potasio de los purines son considerablemente menores, mientras que las concentraciones de nitrógeno y

azufre son muy similares entre la boñiga fresca y los purines. En el cuadro 7 se resume el aporte en kg/ha de nutrimentos por parte de la aplicación de purines. Estos cálculos están basados en 130 vacas de 500 kg de peso promedio que producen 1.015 kg de excretas (orina + boñiga) y que son aplicados con una tanqueta de 6.000 litros con un volumen de aplicación de tres tanquetas/ha (18.000 litros). El aporte de nutrimentos presentados en el cuadro 7 es un promedio de la concentración de nutrimentos encontrada en los dos pozos de la lechería. Con el propósito de contabilizar económicamente el valor de los purines en términos de fertilizantes, se consideró como un ejemplo a cuánto equivalen las dosis aplicadas de nitrógeno, fósforo y potasio en kg/ha como si fueran fertilizantes comerciales como la urea, el MAP y el KCl. De dichos cálculos, se puede ver en el cuadro 7, que el significado económico de los purines en términos de fertilizantes es bastante considerable y que además, la mayor concentración se encuentra en los sólidos en suspensión. No obstante, es importante indicar que las aplicaciones se realizan cada 40 días en el mismo lote, lo que significa que de acuerdo con lo calculado por aplicación, se estaría realizando un exceso de fertilización y que perfectamente se podría cambiar variando la frecuencia de aplicación en el lote, la concentración de nutrimentos en la tanqueta (por dilución), o en su defecto se podría ampliar el área de cobertura por cada tanqueta.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Las aguas verdes constituyen un fertilizante de gran valor ya que contienen no solo nutrientes que pueden suplir las necesidades de las plantas sino un inóculo de microorganismos que pueden contribuir con la fertilidad de los pastos. Debido a que existe el potencial de que dichos abonos contengan patógenos de humanos y animales, es importante su caracterización microbiológica a fin de determinar tanto el riesgo de contaminación como su valor fertilizante.

A fin de conocer el efecto que tienen las aguas verdes sobre la microbiología del suelo, se tomaron muestras de un sitio con historial de aplicación de aguas verdes, y un lote contiguo en el que no se aplicaron estas sustancias.

El efecto sobre la flora microbiana se evaluó mediante la técnica de biomasa microbiana donde se estima la cantidad total de microorganismos presentes en el suelo. La existencia de posibles patógenos se determinó utilizando la técnica de coliformes fecales como índice de contaminación fecal.

Tanto las aguas verdes como los sólidos contienen altas poblaciones de microorganismos benéficos en las diferentes etapas del proceso (recolección, sedimentación y secado) (cuadro 8). En el caso de los sólidos, estas poblaciones fueron mayores a los valores normalmente encontrados en suelos (1×10^8 bacterias/g de suelo). Se encontraron además, tanto en los sólidos como en los líquidos, cantidades muy altas de coliformes fecales (Cuadro 9).

Cuadro 8 Cantidad de microorganismos presentes en diferentes etapas de manejo de las aguas verdes

MUESTRA	Bacterias	Actinomicetes	Hongos	Lactobacilos
LÍQUIDO UFC/ml	$6,5 \times 10^8$	$1,0 \times 10^5$	$1,0 \times 10^4$	$7,5 \times 10^8$
SÓLIDO UFC/g	$3,6 \times 10^9$	$<1 \times 10^4$	$9,1 \times 10^4$	$1,9 \times 10^9$
SÓLIDO SECO UFC/g	$1,1 \times 10^9$	$1,5 \times 10^7$	$8,5 \times 10^6$	$4,0 \times 10^7$
LIXIVIADO UFC/ml	$5,4 \times 10^9$	$1,0 \times 10^7$	$5,0 \times 10^6$	$4,0 \times 10^7$

Cuadro 9 Cantidad de coliformes fecales presentes en diferentes etapas de manejo de las aguas verdes

MUESTRA	Coliformes Fecales (NMP g ⁻¹)
LÍQUIDO	>24000
SÓLIDO	>24000
SÓLIDO SECO	>24000
LIXIVIADO	>24000

La adición de purines tiene un efecto positivo sobre la microflora del suelo ya que como se observa en el cuadro 10, en el lote donde se aplican aguas verdes

hay un efecto de enriquecimiento de la biomasa microbiana en comparación con el lote en el que no se aplican. Esto se debe tanto a la adición de fuentes de carbono (sustrato para el crecimiento de los microorganismos), como al aporte de microorganismos presentes en el material aplicado.

Cuadro 10. Efecto de la aplicación de aguas verdes sobre la microflora del suelo

LOTE	MUESTRA	Biomasa (mg Ckg ⁻¹ suelo)	Coliformes fecales (NMP g ⁻¹)
	BOÑIGA	871	>16000
AREA CON BOÑIGA	0-14 cm	142	70
	A-14-26 cm	80	14
	AB-26-67 cm	20	<2
	B-67 cm	78	21
ÁREA SIN BOÑIGA	O	101	170
	A	17	12
	B-26 cm	20	2

A pesar de que el inóculo de coliformes fecales que se aplica tanto en los purines (Cuadro 9), como en la boñiga (cuadro 10) es muy alto, una vez en el suelo, la carga de coliformes fecales disminuye considerablemente. Las enterobacterias adaptadas a temperaturas de 37°C y a condiciones anaeróbicas, se ven expuestas a un ambiente diferente a su hábitat natural donde factores abióticos (temperatura, humedad, pH), y bióticos (competencia, depredación, antibiosis) afectan su establecimiento y sobrevivencia.

El suelo contiene normalmente poblaciones de alrededor de 1×10^8 bacterias/ g de suelo, dichos organismos se encuentran adaptados a las condiciones del suelo por lo que pueden competir y eliminar los coliformes fecales inoculados al mismo.

Tanto la biomasa microbiana como los coliformes fecales disminuyeron con la profundidad del suelo, esto se debe a la reducción en la cantidad de nutrientes

necesarios para la multiplicación de estos microorganismos y a que el suelo actúa como un filtro que limita el movimiento de las bacterias a través del perfil.

Si bien algunos autores han encontrado que los coliformes fecales pueden persistir hasta varios meses en el ambiente (dependiendo de las condiciones de humedad, temperatura y tamaño del inóculo), el riesgo de contaminación puede reducirse con la implementación de buenas prácticas de aplicación de los purines (cantidad, tiempos de aplicación, etc.) a fin de evitar que se contaminen las aguas y que se aproveche este valioso recurso en una forma adecuada.

CONCLUSIONES

- 1- Si bien es cierto que las cantidades de nutrimentos aportadas por los purines son altas, la mayor cantidad de los mismos se encuentran en los sólidos en suspensión y su disponibilidad depende de la velocidad de mineralización. En otros países, se consideran los siguientes porcentajes de disponibilidad: primer año 40%, segundo año 12%, tercer año 5% y cuarto año 2% de la cantidad inicial aplicada.
- 2- Si se considera el aporte de nutrimentos de los purines en términos de fertilizantes, el significado económico es muy alto, lo que significa que en esta finca la dosis de aplicación puede bajarse ya sea por dilución del purín, o aumentando el área de aplicación.
- 3- La información recopilada en esta evaluación nos indica que es necesario determinar la velocidad de descomposición del material orgánico en cada área del país, para así ajustar mejor las dosis de aplicación de purines.
- 4- Si la preocupación por el uso de purines es la posibilidad de contaminación de los mantos acuíferos, se hace necesario efectuar un balance de entradas y salidas de nutrimentos a nivel de finca.
- 5- Para determinar las pérdidas de nutrimentos en el perfil del suelo, se pueden establecer puntos de monitoreo, colocando tubos con copas

porosas (lisímetros) a diferentes profundidades, con un muestreo sistemático y determinando la concentración de nutrimentos en la solución del suelo.

- 6- Los purines constituyen un fertilizante de gran valor ya que contienen además de nutrimentos, microorganismos que pueden contribuir con la fertilidad de los pastos.
- 7- La aplicación de purines tiene un efecto positivo sobre la microflora del suelo por la adición de fuentes de carbono (sustrato para el crecimiento de los microorganismos), y de microorganismos benéficos presentes en el material aplicado.
- 8- Si bien la boñiga y los purines contienen cargas muy altas de coliformes fecales, su número se reduce al ser introducidos al ambiente del suelo donde deben sobrevivir a la interacción con factores abióticos (temperatura, pH, etc.) y con la flora microbiana adaptada al suelo.
- 9- Debido a que existe el potencial de que los purines contengan patógenos de humanos y animales, es importante investigar la eliminación en el sistema de manejo de la finca de estos posibles contaminantes y evitar la contaminación de aguas con prácticas de manejo adecuadas.