

Abonado del pasto tanner (*Brachiaria radicans* Napper) con purines: rendimiento de forraje y extracción de nutrimentos

Pig slurry fertilization in Tanner grass (*Brachiaria radicans* Napper): Yield and nutrient uptake

Rogelio Reyes Guerra Mukul^a, Pedro Enrique Lara y Lara^a, José Roberto Sanginés García^a

RESUMEN

Los objetivos fueron evaluar el rendimiento de forraje y la extracción de nutrimentos del pasto tanner (*Brachiaria radicans*) abonado con purines (agua residual de origen porcino) durante el otoño. Se utilizaron 24 parcelas de 5x4 m. Los tratamientos consistieron en cinco niveles de purines equivalentes a 200, 400, 600, 800 y 1,000 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ y una fertilización química 240-80-80 con urea y triple 17 (divididos en cuatro aplicaciones), los cuales fueron evaluados bajo un diseño en bloques al azar, con cuatro repeticiones. Se realizaron cortes de forraje cada 21 días. El rendimiento de forraje disminuyó ($P < 0.001$) conforme fue avanzando el otoño, siendo de 1285, 738, 723 y 143 kg de MS ha⁻¹. El rendimiento acumulado de forraje se incrementó en forma cuadrática ($Y = 230.07 + 7.91x - 0.004x^2$). La concentración de nitrógeno total en la MS tuvo una variación de 13.4 a 25.6 g kg⁻¹ y mostró una respuesta cuadrática ($Y = 11.21 + 0.031x - 0.000021x^2$). El nitrógeno extraído se incrementó de 28.1 a 93.7 kg ha⁻¹ y su eficiencia de recuperación varió de 34 hasta más del 50 %. La recuperación de P varió de 37.6 % con 1,000 kg de N ha⁻¹ a 68.6 % con 600 kg de N ha⁻¹. La recuperación de K fue mayor al 95 % excepto en 1000 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ que fue de 64.6 %. El pasto tanner responde bien al abonado con purines y es un cultivo eficiente para reciclar nutrimentos, sin embargo, la aplicación de nitrógeno a partir de purines en el otoño no debe exceder 800 kg de N ha⁻¹ año⁻¹.

PALABRAS CLAVE: Purines, *Brachiaria radicans*, Rendimiento de forraje, Extracción nutrimentos.

ABSTRACT

The objectives of the this study were to determine yield and nutrient uptake in Tanner Grass (*Brachiaria radicans*) fertilized with pig slurry between September and December 2000. Experimental design was a randomized complete block with four replicates in 5 x 4 m plots and 2 m between plots. Forage was harvested every 21 days at a 5 cm cutting height in 1 m² plots. Five slurry rates equivalent to 200, 400, 600, 800 and 1000 kg of N ha⁻¹ yr⁻¹, and a chemical fertilizer 240-80-80 as control (in four applications) were evaluated. Yield decreased ($P < 0.01$) as fall advanced, showing 1285, 738, 723 and 143 kg ha⁻¹ on average, but cumulative yields showed a significant quadratic trend when related to N rates ($Y = 230.07 + 7.91x - 0.004x^2$). N concentration in forage, ranged from 13.4 to 25.6 g kg⁻¹ and showed a quadratic response ($Y = 11.21 + 0.031x - 0.000021x^2$). N uptake increased as slurry rates increased from 28.1 to 93.7 kg ha⁻¹ and N recovery was more than 50 %, except for the 1,000 kg N ha⁻¹ yr⁻¹, rate with 34 %. P uptake ranged from 37.6 % for the 1,000 kg ha⁻¹ yr⁻¹ rate to 68.6 % for the 600 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹ rate. Potassium uptake was more than 95 %, except for the 1,000 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹ rate with 64.6 %. Tanner grass removes large quantities of the elements applied as slurry. However, slurry rates of more than 800 Nkg ha⁻¹ year⁻¹ may cause more N leaching into groundwater.

KEY WORDS: Pig slurry, *Brachiaria radicans*, Yield, Nutrient uptake.

La Península de Yucatán posee un subsuelo cárstico sumamente permeable, lo que impide la formación de corrientes superficiales, y la única fuente de agua procede de un sistema de acuíferos frágiles,

The Yucatan peninsula has a highly permeable karstic subsoil, which prevents superficial water flows and the only source of water is a system of aquifers in which freshwater floats on salt water⁽¹⁾.

Recibido el 4 de diciembre de 2001 y aceptado para su publicación el 15 de marzo de 2002.

^a Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios, Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Km 16.3 antigua carretera Mérida - Motul, Conkal, Yucatán. 97345. Teléfono y Fax: 9-12-24-35; rsangines@itaconkal.edu.mx. Correspondencia y solicitud de separatas al tercer autor

que consisten en agua dulce flotando sobre agua salina⁽¹⁾. Además, la baja profundidad del manto freático ocasiona que los materiales solubles depositados en la superficie pasen al acuífero en un tiempo relativamente corto, contaminando las fuentes de agua y representando un serio riesgo para la salud pública⁽²⁾.

Las excretas porcinas poseen la mayoría de los nutrimentos que requieren las plantas para su crecimiento y desarrollo, y representan un recurso valioso que puede reemplazar insumos costosos en la producción de forrajes y otro tipo de cultivos⁽³⁾. La aplicación de las excretas a los suelos y el reciclaje de nutrimentos a través del complejo suelo-planta se ha aceptado como un método de disposición final de los purines y del efluente de las lagunas de estabilización. De tal manera que las recomendaciones se han basado en la estimación del contenido de N y en la remoción de nutrimentos por los cultivos⁽⁴⁾. Además, la aplicación de las excretas mejora la productividad y fertilidad de los suelos y la acumulación o lixiviación de los nutrimentos solamente ocurre cuando se exceden los requerimientos de los cultivos⁽⁵⁾.

Se estima que con la producción de excretas en una granja de ciclo completo, con 100 vientres (18 cerdos finalizados por marrana al año), se podrían fertilizar cerca de 45 ha al año⁽⁶⁾, lo que equivale a una dosis de 246 kg de N, 157 kg de P y 118 kg de K ha⁻¹. El uso de los purines como fuente de nutrimentos para los cultivos, se manifiesta con diferentes tipos de respuesta en la producción. Con la aplicación del equivalente a 670 kg N ha⁻¹ año⁻¹ a partir del efluente de una laguna de estabilización, durante 11 años, en pasto bermuda (*C. dactylon*) no se observó contaminación por nitratos en suelos arcillosos⁽⁷⁾. Aplicaciones moderadas incrementan la producción forrajera, pero si se aplica en cantidades excesivas disminuye el rendimiento^(8,9,10), y aumenta el riesgo de contaminación del suelo y los acuíferos.

Los objetivos del trabajo fueron evaluar el rendimiento por corte y acumulado de materia seca y, la capacidad de extracción y recuperación de nutrimentos en el pasto Tanner (*Brachiaria radicans*) abonado con purines durante el otoño.

Besides, the low depth of the phreatic stratum helps soluble material to pass on to the aquifer in a relatively short time, polluting water sources and becoming a health hazard⁽²⁾.

Swine manure contain most of the nutrients required by plants for growth and development, and are a valuable resource capable of replacing expensive inputs for forage production and in other crops⁽³⁾. Excrements applied to soils and the recycling of nutrients through the soil-plant complex is an accepted method of pig slurry use and also of the effluents of stabilization ponds. Advice on their use has been based on N content and of nutrient removal by crops⁽⁴⁾. Besides, pig slurry increase soil productivity and fertility and accumulation or leaching of nutrients occur only when crop requirements are exceeded⁽⁵⁾.

It could be estimated that a pig farm carrying 100 sows (producing 18 finished hogs per sow per year), could generate an amount of slurry able to fertilize some 45 ha⁽⁶⁾, equivalent to 246 Nkg ha⁻¹, 157 kgP ha⁻¹ and 118 kgK ha⁻¹. Use of pig slurry as a nutrient source for crops, can show different responses. When an equivalent of 670 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹ from a stabilization pond effluent was applied to Bermuda grass (*C. dactylon*) for eleven years, no nitrate pollution could be observed in clay soils⁽⁷⁾. Moderate applications increase forage production, but if applied in large quantities yield is depressed^(8,9,10) and risk of pollution of soils and aquifers increases.

The objectives of this study were to evaluate accumulated dry matter yield per clipping and nutrient extraction and recovery in Tanner grass (*Brachiaria radicans*) fertilized with pig slurry in autumn, at the Instituto Tecnológico Agropecuario N° 2, Conkal, Yucatan, México at 21° 05' N Lat and 89° 32' W Long and at 7m above sea level, with an Aw₀ climate and a 26.5°C average annual temperature⁽¹¹⁾. Predominant soils in this area are of the t'zekel type (according to the mayan terminology) or skeletal Rendzic leptosols⁽¹²⁾, with rock outcrops and of a 15 cm average depth. A Tanner grass pasture divided in 25 plots measuring 4 x 5 m each with a 2 m space between plots was

El trabajo de campo se realizó entre el 28 de septiembre y el 22 de diciembre del 2000, en los terrenos del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2, de Conkal Yucatán, a 21° 05' Norte y 89° 32' Oeste y 7 msnm, con un clima Aw₀ y una temperatura media anual de 26.5 °C⁽¹¹⁾. Los suelos predominantes en la región son del tipo t'zekel (de acuerdo con la terminología maya), o Leptosoles rendzínicos esqueléticos⁽¹²⁾, con afloraciones de roca y una profundidad media de 15 cm.

Se utilizó una pradera de pasto tanner dividida en 25 parcelas de 4 x 5 m con una separación entre parcelas de 2 m. El 28 de septiembre se realizó un corte de homogenización y al día siguiente se aplicaron los tratamientos bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los efectos fijos fueron la fecha de corte y el tratamiento, bloqueando según las características del suelo. Se realizó un muestreo de suelo en diferentes puntos de cada parcela a una profundidad de 15 cm. Los tratamientos correspondieron al nivel de aplicación de nutrimentos a través de los purines, equivalente a 200, 400, 600, 800 y 1,000 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ y un tratamiento con fertilización química 240-80-80 kg ha⁻¹ (NPK). Una vez que se suspendieron las lluvias, se aplicó una lámina de riego de 10 cm por semana usando agua de pozo, por medio de aspersión con pivote central.

Las características físicas y químicas de los purines utilizados se presentan en el Cuadro 1. La aplicación de purines se realizó mediante el riego manual con una manguera de 1.5 pulgadas de diámetro, impulsándola de la laguna de tratamiento al área experimental mediante una bomba sumergible para sólidos. Se estimó el gasto de la bomba ($Q = \text{volumen}/\text{tiempo}$) utilizando un tambor con capacidad de 200 l y, una vez conocido el gasto y la concentración de N, se determinó el tiempo de aplicación de acuerdo a cada tratamiento; para la fertilización química se utilizó urea y triple 17, disueltos en agua. La cosecha de forraje se realizó cada 21 días (edad de rebrote) a una altura de 5 cm sobre el suelo, con cuadrantes de 1 m².

Las muestras de forraje se pesaron en una balanza granataria, tomando una alícuota, la cual se colocó

used. On September 28 a clipping for homogenization was performed and on September 29 treatments were applied in accordance with an experimental design of a randomized complete block with four replicates. Clippings were carried out at fixed dates and blocks were set according to soil characteristics. Treatments were pig slurry applications equivalent to 200, 400, 600, 800, 1,000 N kg ha⁻¹ yr⁻¹ and commercial fertilizer 240-80-80 kg ha⁻¹. When rains stopped, a watering sheet of 10 cm was sprinkled weekly.

Pig slurries' physical and chemical properties are shown in Table 1. Pig slurry were applied manually by means of a 1.5" hose. Forage was harvested at 21 days intervals (regrowth period) at a 5 cm cutting height in 1 m² subplots.

Forage samples were weighed in a scale, and a sub-sample was taken and placed in a paper bag, dried in a forced air stove at 60 °C for 72 h and grounded in a Willey grinder with a 1 mm crib. N content was established through Kjeldahl's method⁽¹³⁾, organic matter was calculated by incineration at 600 °C, ashes were solubilized in HCl and the filtrate was analyzed according to techniques described by Fick *et al.*⁽¹⁴⁾. Forage nutrient uptake was estimated by multiplying mineral concentration by dry matter content in each clipping. Data were tested through variance and regression analyses, by means of the SAS statistical software⁽¹⁵⁾ and Tukey's test for means comparison. Interaction ($P < 0.001$) between clipping date and rate and type of N

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los purines utilizados

Table 1. Physical and chemical characteristics of pig slurry used in this study (mg l⁻¹)

Total solids	3960.00
Total N	680.00
Total P	122.89
Total K	265.55
Cu	0.43
Zn	9.75
pH	7.14

en bolsas de papel y se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 72 h, posteriormente se molieron en un molino tipo Willey con una criba de 1 mm. El nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl⁽¹³⁾, la materia orgánica se determinó mediante incineración a 600 °C durante toda la noche y posteriormente se solubilizaron las cenizas en ácido clorhídrico y el filtrado se utilizó para determinar la concentración de minerales de acuerdo a las técnicas descritas por Fick *et al.*⁽¹⁴⁾. La cantidad de nutrimentos extraídos por el forraje se estimó multiplicando la concentración del nutrimento por la cantidad de MS producida por corte. Los datos se sometieron al análisis de varianza y regresión, utilizando el paquete estadístico SAS⁽¹⁵⁾, y la prueba de Tukey para la comparación de medias.

Se encontró interacción ($P < 0.001$) entre la fecha de corte y el nivel y tipo de fertilización nitrogenada en el rendimiento de forraje (Figura 1). La MS ha⁻¹ tiende a disminuir conforme avanza el otoño, lo que concuerda con las observaciones realizadas por Larbi *et al.*⁽¹⁶⁾ en Florida con pastos del género *Cynodon*, los cuales presentan una marcada disminución en la producción de forraje a partir

fertilization for forage yield was positive (Figure 1). Yields decrease as fall settles in, which is in accordance with what was observed by Larbi *et al.*⁽¹⁶⁾ in Florida for grasses of the genera *Cynodon*, which diminish their production from October onwards, when light hours and intensity diminish. When no limitations for water or nutrients are present, grass growth is determined by solar radiation⁽¹⁷⁾. This growth reduction was more evident in the high fertilization rates, as yield decreased from 2,049 to 206 kg DM ha⁻¹ yr⁻¹ (89.9 %) from the beginning of October to the end of December in the 800 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹ treatment, while in the 200 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹ treatment, yields decreased from 704.3 to 206 kg DM ha⁻¹ yr⁻¹ (83.3 %) in the same time period.

Cumulative forage yields showed a quadratic response (Figure 2) ($Y = 230.07 + 7.91x - 0.004x^2$, $P < 0.0001$, in which $Y = \text{DM cumulative yield in fall [kg ha}^{-1}]$ and $x = \text{applied N [kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}]$). Yields were 1.88, 1.80, 2.36, 3.10, 4.08 and 4.0 t ha⁻¹ for NPK, 200, 400, 600, 800 and 1,000 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹, respectively ($P < 0.001$) Chemical fertilization showed a response similar to that of the 200 Nkg

Figura 1. Rendimiento por cortes del pasto tanner (*Brachiaria radicans*) abonado con purines en el otoño en Yucatán, México

Figure 1. Yield per clipping of tanner grass (*Brachiaria radicans*) fertilized in autumn with pig slurry in Yucatán, México

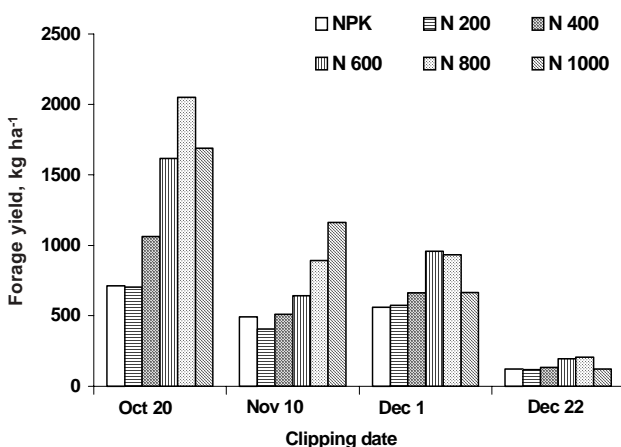
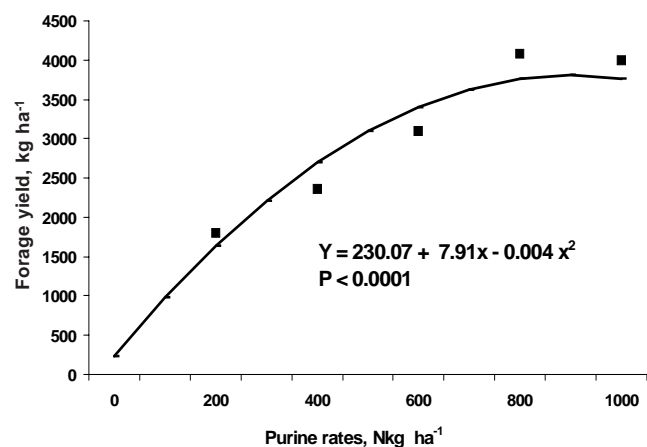


Figura 2. Rendimiento acumulado de materia seca del pasto tanner (*Brachiaria radicans*) abonado con purines durante el otoño en Yucatán, México

Figure 2. Cumulative dry matter yield in Tanner grass (*Brachiaria radicans*) fertilized with pig slurry in autumn in Yucatán, México



del mes de octubre, cuando disminuyen las horas luz y la intensidad luminosa, ya que al no existir limitaciones en la disponibilidad de agua o nutrientes, el crecimiento de los pastos está determinado por la radiación solar⁽¹⁷⁾. Esta reducción en el crecimiento es más evidente en los tratamientos con mayor nivel de fertilización, dado que en el nivel bajo (200 kg N ha⁻¹ año⁻¹) se observó una disminución en el rendimiento de materia seca del corte realizado en octubre de 704.3 kg ha⁻¹ a 117.8 kg ha⁻¹ en el corte realizado a fines de diciembre, lo que representó una reducción de 83.3 %, en tanto que en el tratamiento con 800 kg N ha⁻¹ año⁻¹, el rendimiento disminuyó de 2,049 a 206 kg de MS ha⁻¹, con una reducción de 89.9 %.

En el rendimiento acumulado de forraje (Figura 2) se encontró una respuesta cuadrática ($Y = 230.07 + 7.91x - 0.004x^2$, $P < 0.0001$, donde Y = rendimiento acumulado de MS durante el otoño [kg ha⁻¹], x = N aplicado [kg ha⁻¹ año⁻¹]), El rendimiento fue 1.88, 1.80, 2.36, 3.10, 4.08 y 4.0 t ha⁻¹ para NPK, 200, 400, 600, 800 y 1000 kg de N ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente ($P < 0.001$). La fertilización química mostró una respuesta similar a la aplicación del equivalente a 200 kg de N ha⁻¹ año⁻¹. Estos rendimientos son inferiores a los obtenidos con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), abonado con 200, 400 y 600 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ a partir de purines y cosechado cada 21 días en suelos y época similares, con rendimientos de 2.84, 4.72 y 4.40 t ha⁻¹, respectivamente⁽¹⁸⁾.

En los trabajos realizados en pastos del género *Cynodon*, se manifiesta una respuesta de tipo cuadrático en el rendimiento de materia seca, cuando se cultivan en suelos arcillosos y el nivel recomendado se encuentra entre los 450 y 600 kg de N ha⁻¹ al año^(8,9,10), ya que niveles superiores pueden ocasionar problemas de contaminación. En el presente trabajo el punto de inflexión se encontró entre los 700 y 800 kg de N ha⁻¹ al año, pero se debe considerar la reducción en el crecimiento por efecto del fotoperiodo, por lo que probablemente en las épocas de mayor crecimiento de los pastos los niveles de aplicación pudiesen ser diferentes.

Generalmente se recomienda que el nivel de aplicación de nitrógeno disponible para las plantas

ha⁻¹ yr⁻¹ dose. These yields are lower than those obtained with Star of Africa grass (*Cynodon nlemfuensis*), fertilized with pig slurry at 200, 400 and 600 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹ and harvested at 21 days intervals in similar soils and seasons, showing DM yields of 2.84, 4.72 and 4.40 t ha⁻¹, respectively⁽¹⁸⁾.

In studies carried out in *Cynodon* genera grasses, a quadratic response to DM yield can be observed in clay soils, and the recommended rate fluctuates between 450 and 600 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹, because higher rates could cause pollution^(8,9,10). In this study, the inflexion point was found between 700 and 800 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹, but a decrease in growth owing to a photoperiod effect should be taken into account, and therefore, in the high growth season, fertilization rates could differ.

In general, advice on the amount of available nitrogen to be applied, which should match the amount taken by crops, makes it imperative to know its growth characteristics, nutrient extraction capacity at different phenological stages and seasons, to be able to recommend optimal pig slurry doses. Nutrient uptake increases while pig slurry rates increase, owing to increases in DM production and nutrient concentration⁽⁸⁾, but, nutrient recovery decreases and doses above assimilation potential can lead to nutrient loss owing to lixiviation or volatilization, and also to environment pollution⁽⁷⁾.

Organic matter (OM) contents in DM (g kg⁻¹) decreased lineally ($P < 0.001$) when N fertilization rates increased (905, 902, 900, 895, 893 and 892 DM kg⁻¹ for NPK and 200, 400, 600, 800 and 1,000 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹, respectively), but harvested OM increased quadratically. Likewise, differences ($P < 0.001$) in OM contents owing to clipping date were observed, but with no definite trend, 905, 905, 886 and 896 DM kg⁻¹, for clippings 1 to 4, respectively. however, total OM production decreased lineally relative to clipping dates, owing to decreases in DM yield.

Positive interaction ($P < 0.05$) was found between clipping date and N fertilization rate and type and N concentration in DM (Figure 3) which fluctuated between 13.4 and 25.6 Ng DMkg⁻¹. Average N

deba corresponder a la remoción esperada por el cultivo, para esto es necesario conocer las características de crecimiento y la capacidad de extracción de nutrimentos en las diferentes etapas fenológicas y estaciones del año, con el fin de poder recomendar los niveles óptimos de aplicación de purines. La remoción de nutrimentos aumenta con la tasa de aplicación de purines, tanto por el aumento en la producción de materia seca como por el incremento en la concentración de elementos en la materia seca⁽⁸⁾, pero el porcentaje de recuperación de los elementos disminuye y la aplicación por arriba del potencial de asimilación puede conducir a la pérdida de nutrimentos ya sea por volatilización o lixiviación, con el riesgo de contaminar el ambiente⁽⁷⁾.

El contenido de materia orgánica (MO) en la MS (g kg^{-1}) disminuyó de manera lineal ($P < 0.001$) al aumentar el nivel de fertilización nitrogenada (905, 902 900, 895, 893 y 892 kg^{-1} de MS para NPK, y 200, 400, 600, 800 y 1,000 $\text{kg de N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, respectivamente), pero la cantidad de MO cosechada se incrementó en forma cuadrática. Así mismo, se observaron diferencias ($P < 0.001$) en el contenido de MO por efecto de la fecha de corte, pero éstas no mostraron tendencia alguna, con 905, 905, 886 y 896 g kg^{-1} de MS para los cortes 1 a 4 respectivamente, sin embargo, la producción total de MO disminuyó linealmente con las fechas de corte, por efecto de la disminución en el rendimiento de MS.

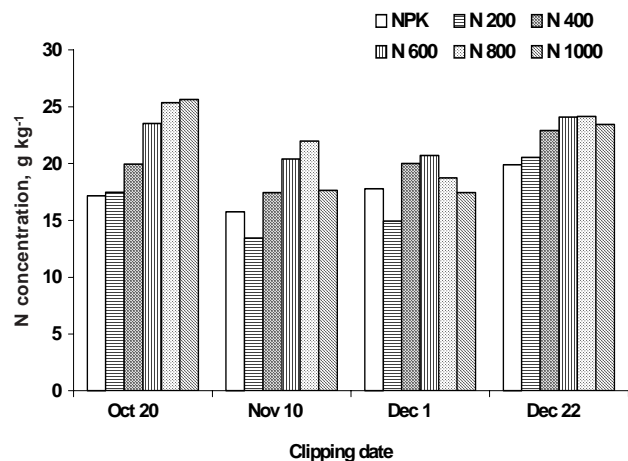
Se encontró interacción ($P < 0.05$) entre la fecha de corte y el nivel y tipo de fertilización nitrogenada en la concentración de N en la MS (Figura 3), la cual tuvo una variación de 13.4 a 25.6 g kg^{-1} de MS. La concentración media de N se incrementó de manera cuadrática ($Y = 11.214 + 0.031x - 0.000021x^2$, $P < 0.0001$, donde $Y = N$ en la MS [g kg^{-1}], $x = N$ aplicado [$\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$]), con 17.7, 16.6, 20.1, 22.2, 22.6 y 21.1 g kg^{-1} de MS para NPK y 200, 400, 600, 800 y 1000 $\text{kg de N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, respectivamente ($P < 0.001$). Esta concentración de N es superior a la mencionada por Sherman y Riveros⁽¹⁹⁾ en pastos del género *Brachiaria*. En pasto estrella (*C. nlemfuensis*) de 21 días de edad al rebrote y abonado con purines en niveles de 200, 400 y 600 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, se

concentration increased quadratically ($Y = 11.214 + 0.031x - 0.000021x^2$, $P < 0.001$, in which $Y = N$ in DM [g kg^{-1}] and $x = \text{applied N} [\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}]$), 17.7, 16.6, 20.1, 22.2, 22.6 and 21.1 Ng DM kg^{-1} for NPK and for 200, 400, 600, 800 and 1,000 $\text{Nkg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, respectively ($P < 0.001$). This N concentration is higher than the one mentioned by Sherman and Riveros⁽¹⁹⁾ for *Brachiaria* grasses. In Star of Africa grass (*Cynodon memfluensis*) with a 21 days regrowth period and fertilized with pig slurry at 200, 400 and 600 $\text{Nkg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, an average of 19.0, 22.5 and 24.7 Ng DM kg^{-1} were found, respectively, for 20 clippings throughout the year⁽¹⁸⁾. In Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) N concentration was 32.6 and 33.9 Ng DM kg^{-1} when fertilized with 456 and 873 $\text{Nkg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ coming from effluents from a treatment pond⁽⁷⁾, but this amount may increase to 32.8 Ng DM kg^{-1} when 4,480 $\text{Nkg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ are applied.

Harvested N increased from 28.1 to 93.7 Nkg ha^{-1} with applications starting at 200 $\text{Nkg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ up to 800 $\text{Nkg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ in autumn (Table 2). N recovery decreased to 34 % when 1,000 $\text{Nkg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ were applied. Like this, when pig slurry rates are

Figura 3. Contenido de nitrógeno en la materia seca (g kg^{-1}) del pasto tanner (*Brachiaria radicans*) abonado con purines durante el otoño en Yucatán, México

Figure 3. DM N content (g kg^{-1}) in Tanner grass (*Brachiaria radicans*) fertilized with pig slurry in autumn in Yucatán, México



encontró en promedio 19.0, 22.5 y 24.7 g de N kg⁻¹ de MS, respectivamente, en 20 cortes a lo largo del año⁽¹⁸⁾. Mientras que en pasto bermuda (*C. dactylon*) la concentración de N fue de 32.6 y 33.9 g de N kg⁻¹ de MS, cuando se abonó con 456 y 873 kg de N ha⁻¹ al año a partir del efluente de una laguna de tratamiento⁽⁷⁾, pero ésta puede incrementarse hasta 32.8 g de N kg⁻¹ de MS con aplicaciones de 4,480 kg de N ha⁻¹ al año a partir del efluente de una laguna de tratamiento⁽¹⁰⁾.

El N cosechado se incrementó de 28.1 kg ha⁻¹ a 93.7 kg ha⁻¹ con aplicaciones de 200 a 800 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ durante el otoño (Cuadro 2). La recuperación de N disminuyó al 34 % cuando se aplicaron 1,000 kg de N ha⁻¹ año⁻¹. Así, al incrementar la aplicación de nutrimentos a través de los purines, aumenta la cosecha de los elementos, pero disminuye su porcentaje de recuperación. En general, la eficiencia de recuperación del N cuando se aplica a través de los fertilizantes químicos es menor al 50 %⁽²⁰⁾; sin embargo, ésta fue inferior a la encontrada por Burns *et al.*⁽⁸⁾. El N cosechado a través del cultivo es importante, sobre todo cuando la tierra utilizada para la disposición final del agua residual es limitada, o en suelos con alta permeabilidad como los del norte de la Península de Yucatán. Por un lado, cuando el N es removido totalmente del suelo se previene la contaminación del acuífero.

increased, harvested N shows an increase while the percentage of recovery decreases. In general, N recovery efficiency from chemical fertilizers is less than 50%⁽²⁰⁾. However, this recovery rate is lower than that found by Burns *et al.*⁽⁸⁾. The amount of harvested N through crops is important, especially when land available for receiving residual water is scarce, or in soils like those in the north of the Yucatan Peninsula, which have high permeability. On the one hand, when N is removed completely from soils, no pollution of the aquifer is to be expected. On the other hand, an adequate N input is essential for high quality forage. In this study, no additional advantage was found when pig slurry rates exceeded 800 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹ in autumn.

Na, P, K and Cu concentration in DM was similar ($P > 0.05$), for all clipping dates and N fertilization rates. Total averages were 5.0 Pg DM kg⁻¹, 1.2 Nag DM kg⁻¹, 11.5 Kg DM kg⁻¹ and 9.3 Cumg DM kg⁻¹, but Ca, Mg and Zn concentration in DM showed changes owing to N fertilization type and rates (Table 3) and also to clipping dates (Table 4), but none owing to interaction between these two factors. Nutrient recovery in forage can be appreciated in Table 2. The amount of nutrients harvested showed a quadratic trend to pig slurry N application. Estimated curves were $Y = -20.554 +$

Cuadro 2. Recuperación de los elementos aplicados con el agua residual de origen porcino a través de la materia seca cosechada en el pasto Tanner (*Brachiaria radicans*)

Table 2. Nutrient recovery in dry matter from pig slurry applied to Tanner grass (*Brachiaria radicans*)

	N		P		Cu		Zn	
	Hv (kg ha ⁻¹)	Rc (%)	Hv (kg ha ⁻¹)	Rc (%)	Hv (g ha ⁻¹)	Rc (%)	Hv (g ha ⁻¹)	Rc (%)
NPK	32.1 a	58.2	9.1 ab	49.5	18.8 ab	-----	71.7 a	-----
N 200	28.1 a	61.1	9.7 ab	116.8	16.7 a	56.7	89.7 ab	13.6
N 400	45.8 a	49.7	8.6 a	51.4	20.5 ab	34.7	114.5 abc	8.7
N 600	76.4 b	55.3	17.1 c	68.6	33.8 c	38.2	156.8 bcd	7.9
N 800	93.7 b	50.9	19.4 c	58.4	37.5 c	31.8	217.3 d	8.2
N 1000	78.2 b	34.0	15.7 bc	37.6	28.8 bc	19.5	162.3 cd	4.9

abcd Different literals within a column indicate significant differences ($P < 0.05$).

Hv= Harvested nutrient.

Rc= Recovery efficiency.

Por otro lado, un aporte adecuado de N es esencial para la producción de forraje de alto valor nutritivo, con mayor contenido de nitrógeno. En este estudio, no se encontraron ventajas adicionales al incrementar el nivel de aplicación de purines por arriba de 800 kg de N ha⁻¹ año⁻¹, durante el otoño cuando el crecimiento del pasto disminuye.

La concentración de P, Na, K y Cu en la materia seca fue similar ($P > 0.05$) independientemente de la fecha de corte y el nivel y tipo de fertilización nitrogenada, con un promedio general de 5.0 g de P kg⁻¹, 1.2 g de Na kg⁻¹, 11.5 g de K kg⁻¹ y 9.3 mg de Cu kg⁻¹. Por el contrario, la concentración de Ca, Mg y Zn se modificó ($P < 0.05$) tanto por efecto del nivel y tipo de fertilización nitrogenada (Cuadro 3) como de la fecha de corte (Cuadro 4), pero no de la interacción entre ambos factores.

$0.249x - 0.000147x^2$ ($P < 0.0001$) for N, $Y = 1.4295 + 0.0364x - 0.0000209x^2$ ($P < 0.0169$) for P, $Y = -2.3303 + 0.0956x - 0.0000627x^2$ ($P < 0.008$) for Cu and $Y = 0.482 + 0.4411x - 0.000268x^2$ ($P < 0.0125$, $r^2 = 0.39$) for Zn, in which $x =$ pig slurry N applied per annum per hectare. P recovery efficiency is higher than that found by Burns *et al.*⁽⁸⁾ for *C. dactylon* and very similar to that found by Liu *et al.*⁽¹⁰⁾ when applying 560 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹ to *C. dactylon* with effluents from a second pig slurry treatment pond. Cu recovery is higher than that found by Burns *et al.*⁽⁸⁾, which fluctuated between 24.7 and 7.1 % for the higher and the lower effluent application rate in Bermuda grass. Contrariwise, Zn recovery was lower (between 13.6 and 4.9 %) than that found by the same authors, who reported rates between 37.2 and 24.6 %, this could be

Cuadro 3. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de minerales en la materia seca del pasto Tanner (*Brachiaria radicans*)*

Table 3. Effect of N fertilization on mineral concentration in dry matter of Tanner grass (*Brachiaria radicans*)*

	Ca (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	Na (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
NPK	5.12 bc	4.64	2.57 ab	1.32	15.45	10.03	37.31 b
N 200	4.64 c	5.38	2.31 bc	1.15	15.03	9.38	52.07 a
N 400	6.23 ab	4.06	2.41 abc	1.26	16.26	8.99	47.81 a
N 600	6.81 a	5.18	2.17 c	1.02	17.26	9.91	48.61 a
N 800	7.06 a	5.32	2.31 bc	0.89	17.50	9.16	52.05 a
N 1000	6.83 a	4.96	2.67 a	1.45	17.41	8.64	47.15 a

* Harvested at 21 days intervals in autumn.

abc Different literals within a column indicate significant differences ($P < 0.05$).

Cuadro 4. Efecto de la fecha de corte sobre la concentración de minerales en la materia seca del pasto Tanner (*Brachiaria radicans*)*

Table 4. Effect of clipping date on mineral concentration in dry matter Tanner grass (*Brachiaria radicans*)*

Clipping date	Ca (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	Na (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
Oct 20	9.59 a	4.27	2.49 ab	0.80	15.56	9.29	49.13 ab
Nov 11	5.50 b	4.13	2.72 a	1.62	14.96	8.91	43.61 b
Dec 1	4.08 c	5.44	2.35 b	1.09	18.23	9.15	43.12 c
Dec 22	5.29 b	5.85	2.07 c	1.24	17.18	10.05	54.15 a

* Harvested at 21 days intervals in autumn.

abc Different literals within a column indicates significant differences ($P < 0.05$).

Los nutrimentos recuperados en el pasto se presentan en el Cuadro 2. La cantidad de elementos cosechados mostró una tendencia cuadrática a la aplicación de N a partir de purines. La curva estimada para el N fue $Y = -20.554 + 0.249x - 0.000147x^2$ ($P < 0.0001$) para P fue $Y = 1.4295 + 0.0364x - 0.0000209x^2$ ($P = 0.0169$), para el Cu fue $Y = -2.3303 + 0.0956x - 0.0000627x^2$ ($P = 0.008$) y para el Zn fue $Y = 0.4802 + 0.4411x - 0.000268x^2$ ($P = 0.0125$, $r^2 = 0.39$), en todos los casos "x" representa el equivalente de N aplicado con los purines por hectárea al año. La eficiencia de recuperación del P fue mayor a la encontrada por Burns *et al.* (8) en *C. dactylon* y similar a la observada por Liu *et al.* (10) cuando aplicaron el equivalente a 560 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ a *C. dactylon* a partir del efluente de una segunda laguna de tratamiento de purines. La recuperación de Cu fue mayor (de 56.7 a 19.5 %) a la obtenida por Burns *et al.* (8), que varió de 24.7 a 7.1 % entre el nivel más bajo y el nivel más alto de aplicación del efluente en el pasto bermuda. Por el contrario, la recuperación de Zn (de 13.6 a 4.9 %) fue menor a la observada por los mismos autores, con 37.2 a 24.6 %; esto puede deberse a las características propias de la especie en estudio y por otro lado al tipo de suelo y condiciones climáticas en las que fueron cultivados.

A medida que se incrementa la cantidad de nutrimentos aplicados a partir de los purines, aumenta el rendimiento y la calidad del forraje cosechado; sin embargo, en suelos muy permeables y con un acuífero altamente vulnerable por su cercanía con la superficie, es muy importante determinar la recuperación de nutrimentos a partir del forraje cosechado, especialmente de aquellos elementos con potencial contaminante, como el N que por acción de los microorganismos se transforma en el ion nitrato. Así, la aplicación de purines con un nivel equivalente a 800 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ durante el otoño para el abonado del pasto tanner permite obtener una buena recuperación de los nutrimentos aplicados. Por el contrario, cuando se incrementa la aplicación de purines hasta 1,000 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ no se observa ventaja alguna en el rendimiento de materia seca y se reduce el porcentaje de recuperación de los nutrimentos, con lo que se incrementa el riesgo de lixiviación de los elementos contaminantes hacia el acuífero.

attributable to characteristics of the species being studied and also to climatic conditions.

As nutrient amount applied from pig slurry increases, forage yield and quality also show an increase, however, in soils with high permeability and having a highly vulnerable aquifer, owing to its nearness to the surface, it is important to estimate nutrient recovery through forage, especially of those elements with high polluting potential, as is the case of N, which is transformed into NO₃⁻ through the action of specific microbes. Like this, pig slurry application at a rate equivalent to 800 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹ in autumn to fertilize Tanner grass allows for a good nutrient rate of recovery. Contrariwise, when this rate is increased to 1,000 Nkg ha⁻¹ yr⁻¹, no advantages can be appreciated and the recovery rate is reduced, increasing the risk of lixiviation of pollutants to the aquifer.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET) for their financial support, which made possible to carry out this research project (1074.99-00 PR).

End of english version

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET) por el apoyo financiero para la realización del presente proyecto (1074.99-00 PR).

LITERATURA CITADA

1. Dohering DO, Buttler JH. Hydrogeologic constrains on Yucatan's development. The Peninsula's water resource is threatened by man-induced contamination. *Science* 1979;186(4164):591-595.
2. Pacheco AJ, Cabrera SA. Groundwater contamination by nitrates in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Hidrogeology J* 1997;(5):47-53.

3. Mueller JP, Zublena JP, Poore MH, Barker JC, Green Jr. JT. Managing pasture and hay fields. Receiving nutrients from anaerobic swine waste lagoons. North Carolina Cooperative Extension Service. North Carolina State University. 1994.
4. Sutton AL, Nelson DW, Mayrose VB, Nie JC. Effects of liquid swine waste applications on corn yield and soil chemical composition. *J Environ Qual* 1978;(7):325-333.
5. Choundhary M, Bailey LD, Grant CA. Review of the use of swine manure in crop production: Effects on yield and composition and on soil and water quality. *Waste Manage Qual* 1996;(14):581-595.
6. Chase C, Duffy M, Lotz W. Economic impact of varying swine manure application rates on continuous corn. *J Soil Water Cons* 1991;(46):460-464.
7. King LD, Burns JC, Westerman PW. Long-term swine lagoon effluent application on 'Coastal' bermudagrass: II. Effect on nutrient accumulation in soil. *J Environ Qual* 1990;(19):756-760.
8. Burns JC, King LD, Westerman PW. Long-term swine lagoon effluent applications on 'Coastal' bermudagrass. I. Yield, quality, and element removal. *J Environ Qual* 1990;(19):749-756.
9. Harvey RW, Mueller JP, Barker JA, Poore MH, Zublena JP. Forage characteristics, steer performance, and water quality from bermudagrass pastures fertilized with two levels of nitrogen from swine lagoon effluent. *J Anim Sci* 1996;(74):457-464.
10. Liu F, Mitchell CC, Odom JW, Hill DT, Rochester EW. Swine lagoon effluent disposal by overland flow: Effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. *Agron J* 1997;(89):900-904.
11. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México D.F.: Instituto de Geografía UNAM; 1981.
12. FAO. Food and Agriculture Organization. World reference base for soil resources. International Society of Soil Science. Rome. 1998
13. AOAC. Official Methods of Analysis 13th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemist. 1980.
14. Fick KR, McDowell LR, Miles PH, Wilkinson NS, Funk JD, Conrad JH. Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. 2nd ed. University of Florida; 1979.
15. SAS. SAS/STAT User's Guide (Release 6.08). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1995.
16. Larbi A, Mislevy P, Adjei MB, Brown WF. Seasonal herbage and animal production from three *Cynodon* species. *Trop Grassl* 1990;24:305-310.
17. Ludlow MM. Stress physiology of tropical pasture plants. *Trop Grassl* 1980;12:136-165.
18. Sanginés GJR Producción ovina y productividad del pasto estrella de África variedad Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) abonado con agua residual de origen porcino [tesis doctoral]. Mérida, Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán; 2000.
19. Sherman PJ, Riveros F. Gramíneas tropicales. FAO. Roma, Italia. 1992.
20. Peña CJJ, Grageda COA. Dinámica del nitrógeno en el ecosistema agrícola. En: *Perspectivas de la microbiología en México*. Ruiz HJ, Guzmán PD, Peña CJJ editores. México: Instituto Politécnico Nacional; 1997;345-366.