

Evaluación de nitratos y nitritos lixiviados en un sistema de pastoreo intensivo usando fertilizantes nitrogenados

Evaluation of nitrates and nitrites leached under an intensive grazing system using nitrogen fertilizer

K. Velazco¹, N. Noguera², L. Jiménez², M. Larreal² y G. Ettiene³

¹Ingeniería ambiental. Facultad de Ingeniería. ²Departamento de Ingeniería, Suelo y aguas. ³Departamento de Química. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia-Venezuela.

Resumen

La contaminación de aguas subterráneas por NO_3^- y NO_2^- provenientes de actividades agrícolas es un problema de relevancia mundial, por ello en este estudio se evaluaron los niveles de nitratos y nitritos lixiviados por debajo de la profundidad de enraizamiento en un área sembrada con pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*), sobre un suelo arenoso clasificado como *Arenic Haplustult*, con manejo intensivo en la finca. Las Jabillitas del municipio Machiques de Perijá (Estado Zulia-Venezuela), zona de vida Bosque seco tropical. Se instalaron doce pozos de observación (lisímetros) para captar las muestras de los lixiviados, se realizaron 8 muestreos con una frecuencia semanal y adicionalmente se tomaron muestras de los pozos de agua cercanos al área de estudio. Los datos fueron analizados considerando un diseño experimental completamente aleatorizado. Las concentraciones de nitrato NO_3^- obtenidas en los diferentes puntos de muestreo estuvieron entre 0,09 y 4,13 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; en todos los casos por debajo de los límites permisibles establecidos por la agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Organización Mundial de Agua de Consumo Humano. Según la prueba de medias de Duncan-Waller existen diferencias ($P \leq 0,05$) entre los lisímetros asociadas a la posición dentro del paisaje y las condiciones de drenaje de los suelos. Los pozos evaluados, utilizados para consumo humano y animal, no han sido afectados aún por el uso indiscriminado de fertilizantes para el sistema de pastoreo intensivo y la cría de ganado.

Palabras clave: Nitratos, nitritos, Lixiviación, sistema de pastoreo intensivo.

Abstract

Subterranean waters pollution by nitrates and nitrites coming from agricultural activities is a big problem at world level, so, in this study the levels of nitrates and nitrites below the root zone were evaluated in an area under Marandu grass (*Brachiaria brizantha*) on a sandy loam soil with an intensive management system, in the region of "Las Jabillas" Machiques de Perijá municipality (Zulia State-Venezuela), a dry tropical forest life zone. Twelve observation wells (lysimeters) were installed to take samples once a week during eight weeks and samples were also taken in wells near the study area. The experimental design was completely at random. The nitrate concentrations obtained from the analysis of the samples were all between 0.09 and 4.13 mg.L⁻¹ and thus below the limits established for water for human consumption by the Environmental Protection Agency and the World Health Organization (WHO). According to the Duncan-Walles test, there are significant differences between the lysimeters of this study related to their position within landscape and drainage condition of soils. Water in wells that is used for human and animal consumption has not been affected by the indiscriminate use of nitrogen fertilizer that is part of the intensive pasturing management system and cattle breeding.

Key words: nitrates, nitrites, leaching, intensive management system

Introducción

La mayor parte de la investigación relativa a la lixiviación de compuestos nitrogenados inorgánicos se centró sobre el nitrógeno en forma de nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻). Los nitratos se mantuvieron sin embargo, en la solución del suelo pues no son fijados en el complejo adsorbente y además todos los nitratos simples son muy solubles. La solución de suelo experimentó movimientos descendentes con el agua de lluvia o de riego, si hubo aporte de agua suficiente los nitratos de la solución pueden ser desplazados fuera del alcance de las raíces. La profundidad que alcanzan los nitratos por lixiviación se determinó, por la cantidad de agua que pasó por los horizontes de suelo (C.P.I.S.C.A, 2002; Duran *et al.*, 1998).

Introduction

Most of the research referent to leaching of inorganic nitrogen compounds deals with nitrogen like nitrates (NO₃⁻) and nitrites (NO₂⁻). Nitrates stayed in the soil solution because they are not fixed in the adsorbent complex and also, all the simple nitrates are very soluble. Soil solution was submitted to downward movements with water from rain or irrigation, if there was enough water contribution the nitrates of solution can be moved out of root reach. Depth that reaches the nitrates by leaching was determined by the water quantity that passed through the soil horizons (C.P.I.S.C.A, 2002; Duran *et al.*, 1998).

Previous studies estimate that only the 50% of nitrogen applied in

Estudios realizados estiman que sólo el 50% del nitrógeno aplicado en agricultura es recuperado por el cultivo, el nitrógeno residual está sujeto a pérdidas por varios procesos, uno de los cuales fue el de lixiviado por debajo de la zona de las raíces (Pírela, 1994; Moreno *et al.*, 1996).

La contaminación de aguas subterráneas con nitratos es uno de los mayores problemas a nivel mundial (Weisenburger, 1991; Andriulo *et al.*, 1998; Pacheco *et al.*, 1985). Altos niveles de nitratos en el suelo pueden conducir a niveles relativamente altos de nitratos en el agua de consumo, lo cual afecta adversamente la salud humana (Picone *et al.*, 2003). Ya que los NO_3 se reducen a NO_2 en el tracto intestinal y estos en la sangre oxidan el hierro de la molécula de hemoglobina, pasando a metahemoglobina, incapaz de transportar oxígeno provocando en infantes la enfermedad conocida como metahemoglobinemia o "enfermedad del niño azul". Aunque la formación de metahemoglobina es un proceso reversible, si puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños ("síndrome del bebé azul"). La población de alto riesgo son los lactantes que tienen una acidez estomacal baja, lo que permite el crecimiento de ciertos tipos de bacterias en el estómago y los intestinos, y si se alimenta a un niño con fórmula preparada con agua contaminada con nitratos, estas bacterias pueden convertir los nitratos en nitritos (Leanza *et al.*, 2005).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el impacto potencial de los sistemas de pastoreo intensivo sobre los niveles de nitratos y nitritos en las aguas subterráneas.

agriculture is recovered by the submitted crop, the residual nitrogen is to losses by several processes, one of them is leaching beneath the root zone (Pírela, 1994; Moreno *et al.*, 1996).

Subterranean water pollution with nitrates is one of the main problems at world level (Weisenburger, 1991; Andriulo *et al.*, 1998; Pacheco *et al.*, 1985). High levels of nitrates in soil can lead to relatively high levels in consumption, which affects human health (Picone *et al.*, 2003), because NO_3 are reduced to NO_2 in the intestinal tract and these in blood oxidize iron of hemoglobin molecules, transforming to metahemoglobin, incapable of transporting oxygen by causing in children the disease known as metahemoglobinemia or "blue child disease." Even though the formation of metahemoglobin is a reversible process, there is the possibility of causing death, specially in babies ("blue baby syndrome"). High risk population are nursing babies that have a low stomach acidity, which permits the growth of some bacteria the types in on the stomach and the intestines, and if a child is fed with a formula prepared with water contaminated with nitrates these bacteria can transform nitrates in nitrites (Leanza *et al.*, 2005).

The objective of this research was to evaluate the potential impact of systems of intensive grazing on nitrates and nitrites in underground water.

Materials and methods

Location and agroecological conditions

The experiment was carried out in "Las Jabillitas" farm, located in

Materiales y métodos

Ubicación y condiciones agroecológicas

El experimento se llevó a cabo en la finca Las Jabillitas, situada en el sector Las Piedras de la Parroquia Bartolomé de las Casas a 12 kilómetros de la vía Machiques-Colón del Municipio Machiques de Perijá del estado Zulia, a 10° latitud Norte y 72° longitud Oeste, con una altura media de 100 msnm. En el paisaje colinar de los alrededores de Machiques (COPLANARH, 1975).

Desde el punto de vista de zonas de vida según Holdridge, el área corresponde al bosque seco tropical de acuerdo con la memoria explicativa del mapa de zonas de vida de Ewel y Madriz (1976). La precipitación promedio anual fue de 1200 mm durante el periodo de evaluación, no se registró precipitación y la temperatura media es de 28°C. La evaporación de 2200 mm anuales con una humedad relativa promedio de 59%.

Características de la unidad de suelo

La caracterización en el campo permitió identificar aspectos resaltantes de los suelos de texturas gruesas predominantemente arenosas con débil incremento de arcilla con la profundidad, colores claros indicativos de bajos valores de materia orgánica, ausencia de fragmentos gruesos y condiciones estructurales favorables para un drenaje algo excesivo. El suelo fue clasificado como *Arenic Haplustults*, cuyas características granulométricas y químicas se muestran en el cuadro 1, resaltando entre ellas: el pH que varían entre 5,48 y

"Las Piedras" sector of "Bartolomé de las Casas" Parrish, to 12 km of Machiques-Colón road, Machiques, Perijá municipality, Zulia state, to 10° North latitude and 72° West longitude, with a mean height of 100 masl, in the little hill landscape surrounding Machiques (COPLANARH, 1975).

According to Life Zones of Holdridge, the area corresponds to dry tropical forest in accordance with to Ewel and Madriz (1976). The annual mean rainfall was of 1200 mm, during the evaluation process, rainfall was not observed and mean temperature is 28°C. Annual evaporation was 2200 mm with relative moisture of 59%.

Characteristics of the soil unit

Characterization in the field permitted to identify several aspects of coarse textured soils predominantly sandy with little increase of clay with depth, light colors that show low organic matter contents, absence of coarse fragments and structural conditions favorable for an excessive drainage. Soil was classified as *Arenic Haplustults*, with granulometric and chemical characteristics shown in table 1, mentioning pH that varies between 5.48 and 4.89 with depth, the cation exchange capacity is low, with values between 0-1.5 cmol kg⁻¹ soil and low base saturation.

Management of fertilizers, irrigation and pasturing

The area selected for the study was covered with a crop of Marandú grass (*Brachiaria brizanta*), managed with high input levels of irrigation and fertilization, electrical fences and

Cuadro 1. Análisis físico-químico del perfil de suelo (Arenic Haplustults).

Table 1. Physical and chemical analysis of soil profile (Arenic Haplustults).

Profundidadcm	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura	pH H ₂ O 1:2	CE 1:2 dS.m ⁻¹	C.I.C cmol kg ⁻¹	Fósforo Disponibile ppm Bray I	C.I.C.E cmol kg ⁻¹
0-18	75,3	20,0	4,7	a	5,48	0,198	0,36	3,15	1,5
18-45	77,5	17,8	4,7	a	5,38	0,154	0,41	3,70	1,0
45-74	70,2	22,2	7,6	a	4,98	0,136	0,60	3,00	1,5
74-105	70,8	22,0	7,6	a	4,89	0,131	0,64	3,30	0,0
105-140	71,7	23,3	5,0	a	5,01	0,151	0,54	2,35	1,0

4,89 en profundidad, la capacidad de intercambio de cationes es baja, con valores entre 0-1,5 cmol kg⁻¹ suelo y baja saturación con bases.

Manejo de los fertilizantes, riego y pastoreo

El área seleccionada para el estudio se encontró bajo un cultivo de pasto Marandú (*Brachiaria brizanta*), manejado con un nivel de altos insumos de riego y fertilización, cercas eléctricas y alta carga animal (8 UA ha⁻¹). Dividido en 24 potreros de 1 ha.

Las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados estaban en el orden de los 3100 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de urea; distribuidas en aplicaciones mensuales de 250 kg.ha⁻¹ después del pastoreo. Posteriormente, se redujeron a 50 kg de urea al mes. El potasio (KCl) se distribuyó en dos aplicaciones de 100 kg al inicio y salida de las lluvias y el fósforo (Fósforoder, roca fosfórica parcialmente acidulada) se manejó con una sola aplicación de 250 kg.ha⁻¹.año⁻¹.

El pozo para riego se encontró a 20 cm del área experimental, los otros dos a distancias de 200 a 250 m del área experimental. De igual manera el nivel estático de los pozos a una profundidades entre 8-10 m con niveles de bombeo de aproximadamente 15 m.

Las fuentes de agua para riego y consumo humano y animal en la finca estuvieron representadas por tres pozos (3) profundos; uno usado para el riego con un caudal de 16 L.seg⁻¹, otros dos para bebedero del ganado con y uso doméstico de 2 L.seg⁻¹ cada uno, los cuales fueron considerados como testigos absolutos durante el ensayo.

El riego empleado fue por asper-

high grazing density (8 AU ha⁻¹) divided into 24 paddocks of 1 ha.

Nitrogen fertilizer applications were in the order of 3100 kg.ha⁻¹.year⁻¹ of urea; distributed in monthly applications of 250 kg.ha⁻¹ after grazing period. Afterwards, they were reduced to 50 kg of urea/month. Potassium (KCl) was distributed into two applications of 100 kg at the beginning and ending of rainy season and phosphorous (Fosforoder, phosphoric rock partially acidulated) was managed with one applying of 250 kg.ha⁻¹.year⁻¹.

The well for irrigation was found at 20 cm from the experimental area, the other two at distances of 200 to 250 m experimental area. In the same way, the static level of wells at depths between 8-10 m with pumping levels of approximately 15 m.

Water sources for irrigation and human and animal consumption in the farm were represented by three deep wells (3); one used for irrigation with a flow of 16 L.seg⁻¹, the other two for watering place for the cattle and domestic use of 2 L.seg⁻¹ each which were considered absolute controls witness during the experiment.

Sprinkling irrigation was used, with sprinklers of low pressure model Seninger S-30 with an irrigation frequency of 4 days, an irrigation time of 12 hours, two turns per day and a water layer of 50 mm by irrigation.

Sampling and sample management

The lysimeter method was used for the lixiviate collection below the root zone. Twelve observation wells were placed with a depth of 2 m in the 24 has, which corresponded to one

sión, con emisores de baja presión modelo Seninger S-30 con una frecuencia de riego de 4 días, un tiempo de riego de 12 horas, dos turnos por día y una lámina de 50 mm por riego.

Muestreo y manejo de muestra

Se utilizó el método de lisímetros para la recolección de lixiviados por debajo de la zona radical. Se colocaron 12 pozos de observación con una profundidad de 2 m en las 24 has, lo cual correspondió a un punto de observación por cada dos (2) ha distribuidos de forma aleatoria.

Los lisímetros se fabricaron de tubos de policloruro de vinilo (PVC) de 2" de diámetro, 2 m de profundidad los cuales fueron colocados mediante barrenado para disturbar el suelo en el menor grado posible. Por debajo de la zona radicular los lisímetros fueron ranurados para coleccionar el agua, se empleó una capa de gravilla como filtro para que solo penetrara el agua lixiviada al sistema, tal como lo ilustra la figura 1.

Los muestreos se realizaron entre octubre 2005 y febrero 2006, con una frecuencia semanal atendiendo a la premisa básica de evaluar las aguas lixiviadas, con el fin de determinar los niveles de compuestos nitrogenados que eran arrastrados por debajo del perfil de enraizamiento, durante el manejo normal del sistema de pastoreo. Al mismo tiempo de los muestreos efectuados en el área efectiva de riego, se recolectaron muestras de agua a los pozos empleados para riego, consumo humano y servicio al ganado.

Las muestras de agua fueron refrigeradas a 4°C hasta ser llevadas al laboratorio para su procesamien-

observation point per each two (2) ha distributed at random.

Lysimeters were made by using poly vinyl chloride tubes (PVC) of 2" diameter, 2 m depth which were placed using auger hols in order to disturb soil in the lower degree possible. Below the root zone, lysimeters were slotted for collecting water; a layer of gravel was used like a filter to permit only the entrance of leached water to the system, as illustrated below in figure 1.

Samples were taken between October 2005 and February 2006, with a weekly frequency attending to the basic premise of evaluating leached waters, with the purpose of determining levels of nitrogen compounds that were moved below the rooting profile, during normal management of the grazing system. At the same time of the samplings done in the effective irrigation area; samples were taken from wells used for irrigations, human consumption and cattle watering.

Water samples were cooled to 4°C until be taken to the lab for its processing. They were previously filtered before analysis using a cellulose membrane of 0.2 μm .

NO_3^- and NO_2^- determinations were done in duplicate by using a ionic chromatograph mark DAYOLEV, model LC20, by using a injection volume of 10 μL for patterns and samples (APHA, 1998).

Previously a calibration curve was made for nitrate and nitrite with concentrations between 0.02 and 0.05 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, from salts with a purity of 99 \pm 0.5%.

Runs of a control in the



Figura 1. Diseño del Lisímetro para la recolección de los lixiviados por debajo de la zona radical.

Figure 1. Lysimeter design for lixiviates collection below rot region.

to. Las mismas fueron filtradas previas a la determinación con una membrana de celulosa de 0,2 μm .

Las determinaciones de NO_3^- y NO_2^- se realizaron por duplicado utilizando un cromatógrafo iónico marca DAYOLEV, modelo LC20, empleando un volumen de inyección de 10 μL para patrones y muestras (APHA, 1998).

Previamente se elaboró una curva de calibración para nitrato y nitrito con concentraciones comprendidas entre 0,02 y 0,05 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, a partir de sales con una pureza de $99 \pm 0,5\%$.

Se efectuaron corridas de un blanco en el equipo de cromatografía; 24 muestras proporcionando un tiempo de retención para el nitrato (NO_3^-) de 7 minutos aproximadamente.

Análisis Estadístico de los Datos

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado para un total 241 unidades experimentales en una superficie de 24 m^2 .

Los datos se analizaron a través

chromatography equipment; 24 samples giving a retention time for nitrate (NO_3^-) of 7 minutes approximately were carried out.

Statistical data analysis

An experimental design totally at random was used for a total of 241 experimental units on a surface of 24 m^2 .

Data were analyzed through descriptive statistics with the variables of nitrates and nitrites by estimating the average, the maximum value, the minimum value, the range and the standard deviation for samples. Duncan-Waller test were accomplished. (SAS Institute, 2007).

Results and discussion

Tendencies in levels of nitrates and nitrites

Table 2 shows the descriptive statistics for nitrate concentrations found in the analyzed lixiviates and water samples collected in the wells around the study area by showing

de la estadística descriptiva con las variables de nitratos y nitritos calculándose la media, el valor máximo, el valor mínimo, el rango y la desviación estándar para las muestras. Se realizó pruebas de Duncan-Waller. (SAS Institute, 2007).

Resultados y discusión

Tendencias en los niveles de nitratos y nitritos

El cuadro 2 presenta las estadísticas descriptivas para las concentraciones de nitratos encontradas en los lixiviados analizados y de las muestras de agua colectadas en los pozos de agua circundantes al área de estudio, señalando valores máximos, mínimos y los promedios \pm la desviación standard. El máximo encontrado correspondió al lisímetro T-22 con 14,74 mg L⁻¹, la menor concentración correspondió a los pozos Jabillitas, riego y los lisímetros T-21, T-23, T-33 y T-42. Los promedios oscilaron entre 0,09 y 4,13 mg.L⁻¹.

La figura 2 ilustra las variaciones en los niveles de nitratos para el período analizado, los cuales se mantuvieron por debajo de 2 mg.L⁻¹ para la mayoría de los muestreos, exceptuando la semana 4, en la cual se incrementaron debido a que el muestreo ocurrió posterior a la aplicación de fertilizantes nitrogenados seguidos del riego.

Al comparar los resultados de las observaciones con los límites establecidos por las organizaciones mundiales para las aguas destinadas al uso doméstico e al uso industrial, siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al

maximum, minimum and average \pm standard deviation. Maximum found corresponded to the lysimeter T-22 with 14.74 mg.L⁻¹, the lowest concentration corresponded to the Jabillitas and irrigations wells and the lysimeters T-21, T-23, T-33 and T-42. The averages oscillated between 0.09 and 4.13 mg.L⁻¹.

Figure 2 shows the variations of nitrate levels for the analyzed period, which stayed below 2 mg.L⁻¹ for the most of samplings, except the fourth week, in which they increased because sampling occurred after the nitrogen fertilizer application followed by irrigation.

When comparing results of observations with limits established by the world organizations for water to be used for the domestic and industrial use, whenever this is part of a product or a sub-product to be used for human consumption and with the Venezuelan Normative of Decree 883 (Normative for the classification and quality control of water bodies and water discharge or liquid effluents) dated 11/10/1995 the averages in every case were lower than the permissible value of NO₃⁻ of 10 mg.L⁻¹. However, in the fourth week, lysimeters showed NO₃⁻ concentrations above the permissible limits.

Figure 3 shows results when comparing nitrate levels in lixiviates to the subterranean water with permitted values by the national and international organisms, for water to be used for human consumptions; it is observed that the average is located below the permissible limits according to the EPA, OMS Normative and the Decree 883.

Cuadro 2. Niveles de Nitratos encontrados en los lixiviados de los lisímetros y en las aguas subterráneas de los diferentes sitio de muestreo en la zona de estudio expresados mg.L⁻¹.

Table 2. Nitrates levels found in lixiviates of lysimeters and in subterraneous waters of different sampling places of study region expressed into mg.L⁻¹.

Puntos de muestreo	Valor máximo mg.L ⁻¹	Valor mínimo mg.L ⁻¹	Media ± Std mg.L ⁻¹
P-J	0,93	0,05	0,09±0,33
P-M	0,66	0,21	0,43±0,17
P-R	0,22	0,05	0,40±0,07
T-11	1,65	0,79	1,02±0,29
T-12	1,23	0,44	0,77±0,28
T-13	2,66	0,06	1,07±0,76
T-21	2,14	0,05	1,03±0,82
T-22	14,74	1,27	4,13±4,12
T-23	3,20	0,05	1,42±1,22
T-31	12,78	0,40	2,45±4,05
T-32	1,85	0,63	0,94±0,38
T-33	0,64	0,05	0,38±0,26
T-41	7,43	0,35	1,64±2,28
T-42	15,38	0,05	2,68±4,99
T-43	1,31	0,68	0,97±0,18

Promedio de observaciones: 8.

P-J: pozo Jabillitas.

P-M: pozo mochila.

P-R: pozo riego.

Tij: Posición y número del lisímetros.

T: Lisímetro.

i: posición del lisímetro en el área de estudio.

j: Número de lisímetro.

consumo humano y con la norma venezolana señalada en el Decreto 883 de Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos de fecha 11/10/1995 los promedios en todos los casos resultaron inferiores al valor de NO₃ de 10 mg.L⁻¹ permisible. Sin embargo, en la semana 4 los lisímetros presentaron concentracio-

This result shows that despite readjustments made in the nitrogen fertilization, there is a tendency to nitrate movement below the rooting depth which eventually can exceed the permitted maximum values being accumulated with the passing of time by reaching levels potentially dangerous in years or decades, as reported in the specialized literature.

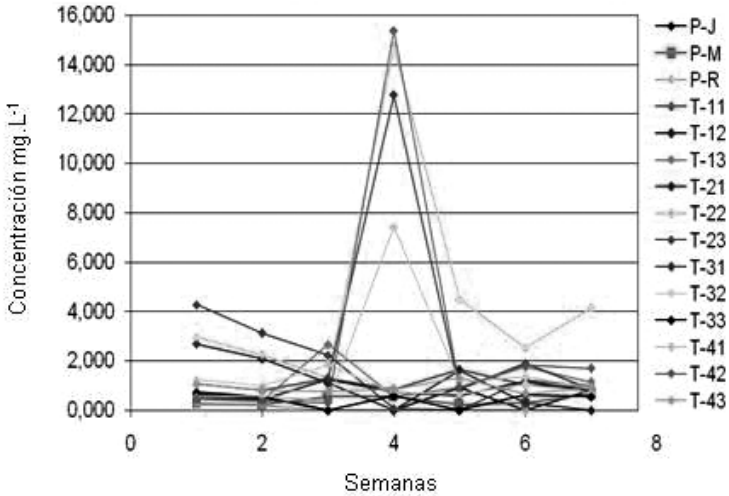


Figura 2. Tendencia de la concentración del nitrato por cada semana de muestreo.

Figure 2. Tendency of nitrate concentration by each sampling week.

nes de NO_3^- superiores a los límites permisibles.

La figura 3 ilustra los resultados al comparar los niveles de nitratos en los lixiviados a las aguas subterráneas con los valores permitidos por organismos nacionales e internacionales, para aguas destinadas al consumo humano, se observa que el promedio se ubica por debajo de los límites permisibles según lo establecido por las normas de la EPA, OMS y el Decreto 883.

Este resultado demuestra que pese a los reajuste hechos en la fertilización nitrogenada, hay tendencia a la movilización de nitrato por debajo de la profundidad de enraizamiento los cuales eventualmente pueden superar los valores máximos permitidos logrando acumularse con el tiempo alcanzando niveles potencialmente peligrosos

Figure 4 shows the statistical differences found between the lysimeters according to the Duncan-Waller test, which have been attributed to the local changes in drainage conditions of soils, to the uniformity in irrigation and with the exception of the lysimeter T-22, which showed maximum values.

Conclusions

The contribution of intensive grazing systems to the subterranean water pollution by some forms of nitrogen, showed that mean concentrations of nitrates in lixiviates were below the limits established in International Normative, attributable to decrease of nitrogen fertilizer doses.

It is shown that there is a slight tendency to nitrate lixiviation, which

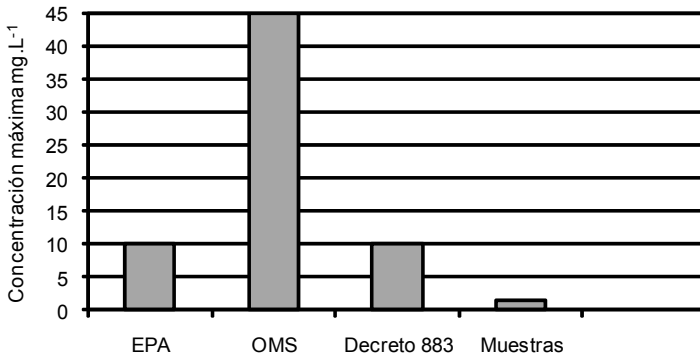


Figura 3. Comparación de medias por lisímetros.

Figure 3. Means comparison by lysimeters.

en años o décadas, tal como se reporta en literatura especializada.

La figura 4 ilustra las diferencias estadísticas encontradas entre lisímetros según la prueba de Duncan-Waller, las cuales han sido atribuidas a las variaciones locales en las condiciones de drenaje de los sue-

could be potentially accumulated in the aquiferous as part of a process that could take years or even decades.

According to the results obtained, the aquiferous have not been affected by the pollution with nitrates because no concentrations above to the permissible limits

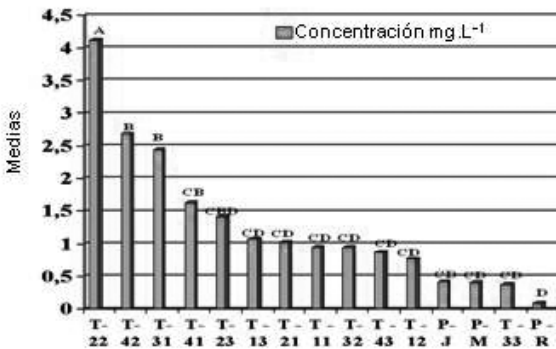


Figura 4. Comparación de las Muestras con las Normas Ambientales Nacionales e Internacionales.

Figure 4. Comparison of samples with the National and International Environmental Normative.

los, a la uniformidad en el riego y exceptuando el lisímetro T-22 el cual se encontraba en la condición de tope y arrojó los mayores valores.

Conclusiones

El aporte de los sistemas de pastoreo intensivos a la contaminación del agua subterránea por algunas formas de nitrógeno, mostraron que las concentraciones medias de nitratos en los lixiviados estuvieron por debajo de los límites establecidos en normas internacionales, atribuible a la disminución en las dosis de fertilizantes nitrogenados.

Se demuestra que hay una ligera tendencia a la lixiviación de nitratos, los cuales pudieran potencialmente acumularse en los acuíferos en un proceso que podría durar años e inclusive décadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos los acuíferos no han sido afectados por la polución con nitratos, al no encontrarse en los testigos absolutos concentraciones superiores a los límites permisibles establecidas en las normativas internacionales y nacionales.

Recomendaciones

Evaluar el proceso de lixiviación durante la estación lluviosa a fin de completar el ciclo y poder visualizar el peligro potencial.

Monitorear los acuíferos con una frecuencia determinada a fin de mantener un buen control y evitar contaminación, siendo más notorio en sistema de pastoreo intensivo debido a

established in the national and International Normative were found in the absolute controls.

Recommendations

Evaluate the lixiviation process during the rainy period with the purpose of finishing the cycle and be able to visualize the potential risk.

Monitor the aquiferous with a determined frequency with the purpose of maintaining good control and avoiding pollution, being more noticeable in an intensive grazing system because the high susceptibility of pollution in subterraneous water.

Create a national program of fertilization and make it known to the farmers in order to control the indiscriminate use of waters and, so, to avoid that these huge sweet water reserves could be contaminated.

Plan the rational use of soil in order to protect the aquiferous that still have waters of good quality, avoiding the localization of potential pollution sources in the neighbourhood in order to avoid recharge with polluted waters. Fertilization plans have to be rationally established taking into consideration the crop requirements and the actual Normative related to the water protection by avoiding as possible the salt accumulation on the surface by excess of fertilizers.

It is necessary to carry out fertility studies, in order to determine the exact quantity of fertilizer especially nitrogen, that have to be applied when intensive grazing is used.

It is suggested to make a

la alta susceptibilidad de contaminación de las aguas subterráneas.

Generar un programa racional de fertilización y divulgarlo a los agricultores para controlar el uso indiscriminado de los mismos y evitar que estas grandes reservas de agua dulce puedan contaminarse.

Planificar el uso racional del suelo para proteger los acuíferos que aún tienen aguas de buena calidad, evitando en lo posible la localización a fuentes potenciales de contaminación cercanas, a fin de evitar la recarga con aguas contaminadas.

Los planes de fertilización deben establecerse racionalmente tomando en consideración los requerimientos del cultivo y la legislación vigente relacionada con la protección de las aguas. Evitando en lo posible la acumulación en superficie de sales por exceso de fertilizantes.

Es necesario realizar estudios de fertilidad, para determinar la cantidad precisa de fertilizantes especialmente nitrogenados que se deben aplicar cuando se utiliza el sistema de pastoreo intensivo.

Se sugiere realizar un estudio previo de los niveles de contaminación de los acuíferos antes de iniciar un desarrollo con un sistema de pastoreo intensivo, recomendándose un monitoreo con una frecuencia determinada a fin de evitar agravar los posibles niveles de contaminación existentes o utilizar prácticas tendientes para prevenir la contaminación.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y

previous study about pollution levels of aquiferous before beginning a development with an intensive grazing system, being recommended a monitoring with a determined frequency in order to avoid the increase of possible existing pollution levels or use practices aimed at preventing pollution.

Acknowledgement

Authors want to express their thanks to the Consejo de Desarrollo Científico and Humanístico of Universidad del Zulia (CONDES) for the co financing of this project N° CC-0746-05. Also, we thank to Ing. Agr. Veronica Polo for her active collaboration of

End of english version

Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES) por el cofinanciamiento a este proyecto N° CC-0746-05. De igual manera agradecemos la activa colaboración de la Ing. Agr. Verónica Polo.

Literatura citada

- Alad W. 1992, Condición del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión Española, Ediciones Mundi- Prensa Castelló. Madrid – España.
- Andriulo A.C. y C. Ferreyra. 1998. Impacto de la calidad del agua sobre el cultivo de trigo luego de 11 años de riego complementario. Ponencia presentada en el XVII

Congreso Nacional del Agua, Agosto 3 al 7, Argentina - Santa Fe. Página 268-273.

- APHA. 1998. Standard methods for examination of water and wastewater. 20th edition. American Public Health Association. 1015 Fifteenth Street, N. W. Washington, D. C. USA, 20005-2605. Pagina 4-112, 4-116.
- Bonta, L. 2004. Reduction of Nitrate leaching with haying or grazing and omission of Nitrogen fertilizer. Publisher in Journal. Environmental quality. 33: 1230-1237.
- Comisión del Plan Nacional de aprovechamiento de los recursos hidráulicos (COPLANARH). 1975. Atlas inventario Nacional de Tierras. Región Lago de Maracaibo. Tecnicolor S.A. Caracas. Venezuela. 275 p.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, (C.P.I.S.C.A) 2002. Contaminación por agricultura. www.cepis.ops-oms.org/index.html (Junio 2004).
- Duran, V.J., y O. Vallejo. 1998. Contaminación de las aguas subterráneas con nitrato procedente de actividades agrícolas. Consecuencias en el abastecimiento urbano: el caso de Villanueva de tapia (Málaga). Internet: Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Valencia- Barcelona 20-32 <http://www.fcih.org/pub/publicacions/>.
- Decreto 883. 1995. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.
- Ewel, J. y A. Madriz. 1976. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa Ecológico. MAC, Caracas.
- Journal of hydrology. 2005. Application of environmental tracers to mixing evolution, and nitrate contamination of groundwater in Jeju Island, Korea. Vol, 229: 413-423.
- Journal of hydrology. 2006. Nitrate leaching through the unsaturated zone following pig slurry applications. Vol, 136:195-219.
- Leanza L. N., J. Parente, M. Soto, C. Varanese, A. Bosani y P. Villalba 2005. Presencia de Nitratos en el Agua Subterránea del Norte Bonaerense. Revista Avances en energía renovables y medio ambiente, vol. 9.
- Moreno, F., J.A. Cayuela, J.E. Fernández, E. Fernández-Roy, J. M. Murillo y F. Cabrera. 1996. Water Balance and Nitrate Leaching in an Irrigated Maize Crop in SW Spain. Agricultural Water Management 32:71-83. 16.
- Pacheco A. y G. Julia. 1985. Evaluación del contenido de nitratos de agua subterráneas en una región rural al norte de la península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería. Mérida Yucatan, Id: 7704/10552 (Septiembre 2004)
- Picone, J. I., Y.E. Andreoli, J.L. Costa, V. Aparicio, L. Crespo, J. Nannini y W. Tambascio, W. 2003. Evaluación de nitratos y bacterias coliformes en pozos de la cuenca alta del arroyo pantanoso (bs. as.) Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina, Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias (UNMDP)-Estación Experimental Agropecuaria. RIA, volumen 32 (1): paginas 99-110
- Pirela León, M.F. 1994. Dinámica del Nitrógeno en el sistema suelo-planta con pasto guinea (*Panicum maximum* jacq). Tesis del Postgrado en Producción Animal de la Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Universidad del Zulia. Tesis F25, P665, N° de registro 20.032.
- Perdomo, C.H., O.N. Casanova y V.S. Amanta. 2001. Contaminación con aguas subterráneas con nitratos y coniformes en el litoral sudoeste del Uruguay. Agrociencia. Vol, 1:10-22.

- Rimiski, H., M. Torres y R. Lavado. 2002. Influencia de la fertilización y el riego en la lixiviación de nitratos en un suelo arenoso. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. Mar del Plata. 11-14 Abril.
- Rimiski, E., G. Rubio y R. Lavado. 2004. Potential nitrate losses under different agricultural practices in the Pampas region, Argentina-Agric water management. Vol, 65: 83-94.
- Shipetalo, M.J. y D. Edwards. 2000. Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. Soil and tillage research. Vol, 53: 167-183.
- SAS Institute, Inc. 2007. SAS/STAT User's guide. Release 9.01.SAS Inst. Cary, NC.
- U.S.E.P.A. 1990. guía para la protección de las aguas subterráneas. Source water protection section, water management division. EPA. 440/6: 90-004.
- Weisenburger, D.D. 1991. Potential Health Consequences of Ground-water Contamination by Nitrates in Nebraska. Nato Asi Series. Ed. by Bogardi and Kuselka. Vol. G30. Springer-Verlag Berlín Heidelberg.