

VCH-FC
G Ambiental

t-211
C-1

MEDICIÓN Y CONTROL DE LA LIXIVIACIÓN DE NITRÓGENO EN PRÁCTICAS DE RIEGO CON PURINES DE CERDO



Seminario de Título entregado a la
Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile
en cumplimiento parcial de los requisitos
para optar al título de

QUÍMICO AMBIENTAL

Roxana Magdalena Tessada Sepúlveda

Director del Seminario de

Ing. Agr. M. Sc. Sergio

Título:

González Martineaux

Profesor Patrocinante:

M. Sc. Héctor R. Bravo

Marzo, 2004

FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

INFORME DE APROBACION
SEMINARIO DE TITULO

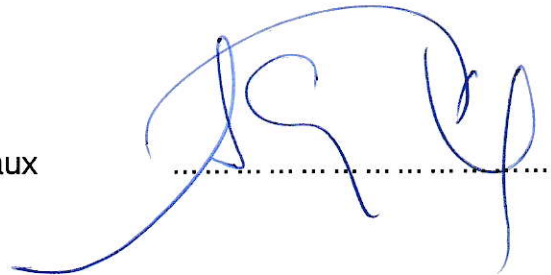
Se informa a la escuela de Pre-grado de la Facultad de Ciencias,
Universidad de Chile que el Seminario de Título presentado por la alumna

Roxana Magdalena Tessada Sepúlveda

Ha sido aprobada por la Comisión de Evaluación de la Memoria de Título
como requisito para optar al Título de Químico Ambiental.

Director del Seminario de Título

Ing. Agr. M.Sc. Sergio González Martineaux



Comisión de Evaluación del Seminario de Título

M.Sc. Hector R. Bravo

Dr. Patricio Rivera

Dra. Marcia Cazanga



DEDICATORIA

*Con amor a mi abuelita Rosa,
Quien siempre me apoyo y creyó en mi
En forma incondicional*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Sergio González Martineaux por darme la oportunidad de realizar este seminario de título en el Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), también agradezco al Servicio Agrícola Ganadero (SAG) por financiar esta investigación.

Mis más sinceros agradecimientos a Ximena Gálvez, Carolina Barra, Carlos Fontecilla, Edgar, Roxana, Carlitos y Juanitos, por apoyarme en el periodo de realización de este seminario, y brindarme su comprensión y ayuda cuando fue necesario.

Agradezco de todo corazón a mis mentores por brindarme sus conocimientos, en especial a la Sra. Sylvia Copaja, quien fue mi guía durante mi proceso académico, también a los correctores de este seminario de título, profesores: Héctor Bravo, Patricio Rivera y Marcia Cazanga.

Doy las gracias a Carmen Saavedra y Nelson González, por ayudarme en este seminario cuando me encontraba enferma y en especial a Carmen por su amistad incondicional. Además quiero agradecer a todos mis amigos que me han apoyado siempre: Esteban, Karen, Johanna, Carolinas, Alejandras, Alfredo, Rafael, Viviana, Madeline, Maritza y Manuel.

Por último, agradecer a mi familia, Francisco Tessada, María Sepúlveda, Vanessa Tessada y Valeria Tessada por toda la paciencia y comprensión que tuvieron durante todo mi proceso académico, además que sin su amor y apoyo, jamás habría terminado mis estudios.

ÍNDICE GENERAL

		Página
Capítulo I	Introducción	1
1.1	Antecedentes Generales	1
1.2	Riesgos de contaminación ambiental por nitratos	12
1.3	Objetivos	18
Capítulo II	Materiales y Métodos	19
2.1	Ensayo de invernáculo, columnas de lixiviación	19
2.1.1	Diseño experimental	22
2.1.2	Tratamientos implementados en las columnas	24
2.1.3	Desarrollo del ensayo	27
2.1.4	Descripción de las columnas de lixiviación	28
2.1.5	Mantenimiento del ensayo de las columnas de lixiviación	29
2.2	Análisis de muestras de las columnas de lixiviación	31
2.2.1	Producción de biomasa aérea	31
2.2.2	Colecta y análisis de lixiviados	33
Capítulo III	Análisis y Discusión de Resultados	35
3.1	Análisis de Volumen aplicado y percolado durante el ensayo para suelos Lo Vázquez y Lampa	35
3.1.1	Resultados de volúmenes aplicados en las columnas en el tiempo	35
3.1.2	Balance Hídrico en las columnas de lixiviación	37

3.1.3	Resultados obtenidos en el % de percolación, para las columnas con Alfalfa en suelo Lo Vázquez y Lampa en relación con el tiempo	40
3.2	Resultados de los análisis foliares de los ensayos con cubierta vegetal de alfalfa, trigo y avena	43
3.2.1	Análisis foliar en alfalfa	43
3.2.2	Análisis foliar en trigo	46
3.2.2.1	Análisis de peso seco en espigas para suelos Lo Vázquez y Lampa	46
3.2.2.2	Análisis de PAV y grano de trigo para suelos Lo Vázquez y Lampa	47
3.2.3	Análisis foliar en Avena	49
3.3	Análisis de lixiviados en los suelos Lo Vázquez y Lampa en todos los ensayos realizados	51
3.3.1	Análisis de Nitrógeno total en función del tiempo de ensayo	52
3.3.1.1	Balance de N total en las columnas de lixiviación	54
3.3.1.2	Análisis de N nítrico y N amoniacal en lixiviados de los suelos Lo Vázquez y Lampa	57
3.3.1.3	Comportamiento del Nitrógeno total lixiviado en el suelo en función del tiempo	62
3.4	Análisis del pH en función del tiempo de ensayo	67
3.5	Análisis de la conductividad eléctrica en función del tiempo de ensayo	75

Capítulo IV	Propuestas de técnicas de abatimiento en el uso de purines de cerdo	76
4.1	Contaminación por el uso de fertilizantes nitrogenados	76
4.2	Técnicas de abatimiento desde el cultivo	77
4.2.1	Parcialización de la dosis de nitrógeno aplicado	77
4.2.2	Formas de aplicación de nitrógeno y modo de riego	78
4.2.3	Uso de fertilizantes que regulen la disponibilidad del nitrógeno	79
Capítulo V	Conclusión	86
Capítulo VI	Bibliografía	90
ANEXO I	TABLAS DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LIXIVIADOS	
ANEXO II	RESULTADOS FOLIARES PARA ALFALFA, AVENA Y TRIGO	
ANEXO III	MANUAL DE INSTRUCCIONES EQUIPO GERHARDT MODELO KT 40	

Capítulo IV	Propuestas de técnicas de abatimiento en el uso de purines de cerdo	76
4.1	Contaminación por el uso de fertilizantes nitrogenados	76
4.2	Técnicas de abatimiento desde el cultivo	77
4.2.1	Parcialización de la dosis de nitrógeno aplicado	77
4.2.2	Formas de aplicación de nitrógeno y modo de riego	78
4.2.3	Uso de fertilizantes que regulen la disponibilidad del nitrógeno	79
Capítulo V	Conclusión	86
Capítulo VI	Bibliografía	90
ANEXO I	TABLAS DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LIXIVIADOS	
ANEXO II	RESULTADOS FOLIARES PARA ALFALFA, AVENA Y TRIGO	
ANEXO III	MANUAL DE INSTRUCCIONES EQUIPO GERHARDT MODELO KT 40	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Elementos nutritivos del suelo	3
2	Condiciones de riesgo en el suelo para el uso de purines	15
3	Criterios de evaluación al uso de purines especificados en periodos de tiempo	16
4	Caracterización general físicas, químicas y morfológicas de los suelos Lo Vázquez y Lampa	21
5	Caracterización físicas y químicas de purines I y II	26
6	Resultados de nitrógeno total en purines de cerdo	27
7	Requerimientos internos de N (RIN) de los cultivos y su demanda de N al 100% del requerimiento alcanzable	28
8	Volúmenes de riego aplicados al ensayo dependiendo del tipo de columna	36
9	Balance Hídrico en columnas con suelo VAZ	38
10	Balance Hídrico en columnas con suelo LMP	39
11	Rendimiento y Eficiencia de recuperación de nitrógeno aplicado en cultivos de alfalfa	45
12	Materia seca (g) de las espigas del trigo para suelos VAZ y LMP con los distintos tratamientos aplicados	47
13	Rendimiento y Eficiencia de recuperación de nitrógeno aplicado en cultivos de trigo	48
14	Rendimiento y Eficiencia de recuperación de nitrógeno aplicado en cultivos de avena	50
15	Balance de N para suelo Lo Vázquez	54
16	Balance de N para suelo Lampa	55
17	Comportamiento del pH en relación al tiempo de ensayo para columnas con suelo desnudo en el suelo Lo Vázquez	68

18	Comportamiento del pH en relación al tiempo de ensayo para columnas con suelo desnudo en el suelo Lampa	69
19	Comportamiento de la conductividad eléctrica en relación al tiempo de ensayo para columnas con suelo desnudo en el suelo Lo Vázquez	71
20	Comportamiento de la conductividad eléctrica en relación al tiempo de ensayo para columnas con suelo desnudo en el suelo Lampa	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ciclo del Nitrógeno	6
2	Fijación de nitrógeno molecular, simbiótica y asimbiótica	7
3	Oxidación natural	8
4	Procesos de desaminación y descarboxilación en la amonificación	9
5	Procesos de nitrificación	10
6	Procesos de denitrificación	11
7	Reacciones químicas de la volatilización	12
8	Mapa político, Región del Libertador Bernardo O'Higgins	20
9	Mapa político, Región Metropolitana	20
10	Montaje del ensayo de invernáculo de columnas de lixiviación	23
11	Esquema interno de columna de lixiviación	24
12	Modo de colecta	24
13	Esquema de los tratamientos aplicados en las columnas con suelo VAZ	24
14	Esquema de los tratamientos aplicados en las columnas con suelo LMP	25
15	Preparación de cubiertas en las columnas	28
16	% de percolación para suelo VAZ, cubierta alfalfa en función del tiempo de ensayo	41
17	% de percolación para suelo LMP, cubierta alfalfa en función del tiempo de ensayo	41
18	Resultados de análisis de nitrógeno nítrico, amoniacal y total en purines I y II	58

19	Representación gráfica del nitrógeno nítrico, amoniacal y total al inicio del ensayo presente en el lixiviado de las columnas con suelo desnudo para suelo Lo Vázquez	59
20	Representación gráfica del nitrógeno nítrico, amoniacal y total al inicio del ensayo presente en el lixiviado de las columnas con suelo desnudo para suelo Lampa	59
21	Representación gráfica del nitrógeno nítrico, amoniacal y total en ultimo percolado colectado desde columnas con suelo desnudo para suelo Lo Vázquez	61
22	Representación gráfica del nitrógeno nítrico, amoniacal y total en ultimo percolado colectado desde columnas con suelo desnudo para suelo Lampa	61
23	Relación entre el comportamiento del nitrógeno total en función del período de ensayo para suelo Lo Vázquez, definido por tratamiento aplicado en suelo desnudo	64
24	Relación entre el comportamiento del nitrógeno total en función del período de ensayo para suelo Lampa, definido por tratamiento aplicado en suelo desnudo	65
25	Comportamiento del pH en las columnas de suelo Lo Vázquez	68
26	Comportamiento de la conductividad eléctrica las columnas de suelo Lo Vázquez	72
27	Estructuras de inhibidoras de la nitrificación	81
28	Estructura del DMPP	84

GLOSARIO

Bacterias aeróbicas: microorganismos que biodegradan la materia orgánica bajo condiciones de oxígeno, temperatura y pH específicas.

Bacterias anaeróbicas: microorganismos que degradan la materia orgánica en ausencia de oxígeno, bajo determinadas condiciones de temperatura y pH.

Ciclo del nitrógeno: determinadas reacciones químicas e intercambios entre la atmósfera, suelos y seres vivos, que se realizan en la naturaleza de forma cíclica. Intervienen fundamentalmente en este ciclo los vegetales y las bacterias fijadoras del nitrógeno.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): propiedad vinculada a la arcilla y el limo en la fracción mineral, y a la fracción coloidal de la materia orgánica, el CIC se refiere a un proceso reversible de intercambio de cationes y aniones entre las fases sólidas y líquidas del suelo, y entre fases sólidas en estrecho contacto.

Conductividad eléctrica (CE): concentraciones de iones presentes en una solución y se relaciona con el contenido de sustancias ionizadas en el agua (sales disueltas).

Contaminación: la introducción de compuestos nitrogenados de origen agrario en el medio acuático, directa o indirectamente, que tenga consecuencias que puedan poner en peligro la salud humana, perjudicar los recursos vivos y el ecosistema acuático,

causar daños a los lugares de recreo u ocasionar molestias para otras utilidades legítimas de las aguas.

Efluentes: líquidos que proceden de la separación de fases de las excretas de cerdo, siendo denominada la fase líquida como efluente y la fase sólida como guano.

Evaporación: proceso por el cual ocurre una pérdida de agua de la columna de suelo, hacia la atmósfera en forma gaseosa (vapor de agua), este proceso depende de la temperatura del sistema.

Evapotranspiración (ET): proceso de pérdida de agua desde la masa vegetal hacia la atmósfera en forma gaseosa (vapor de agua), este proceso depende de la temperatura del sistema.

Fertilizante: son productos naturales orgánicos o minerales inorgánicos que contienen, al menos, uno de los tres elementos esenciales para las plantas (nitrógeno, fósforo y potasio).

Inhibidores de la nitrificación (IN): compuestos químicos que tienen como finalidad inhibir en forma reversible el proceso de nitrificación en la solución del suelo.

Lixiviación: proceso por el cual los minerales de arcilla son transportados mecánicamente hacia abajo a través del suelo por el agua que se infiltra, provocando un considerable grado de descalcificación.

Nitrificación: proceso realizado por bacterias nitrobacter (bacterias aeróbicas), por el cual, el nitrógeno amoniacal presente en el suelo es transformado a nitrógeno nítrico.

Percolación: proceso por el cual el agua se infiltra a través de la columna de suelo.

pH: es la definición para la acidez de una solución que esta determinada por la concentración de protones presentes en ésta. Se entiende que a mayor concentración de protones, menor es el pH de la solución y mayor es la acidez.

Purín de cerdo: son las deyecciones liquidas excretadas por los cerdos.

Régimen Xérico: un régimen xérico implica que el suelo estará seco al menos durante 45 días (un mes y medio) consecutivos y además que el suelo estará húmedo al menos 45 días, asimismo consecutivos. Es el régimen característico de los climas suaves y contrastados, de tipo mediterráneo.

Suelos Aluvio-coluvial: se caracterizan por descansar sobre un sustrato gravoso. Son suelos poco profundos con un horizonte cálcico con gravas.

RESUMEN

El suelo es uno de los recursos más importantes que existen en la naturaleza, desafortunadamente, muchos suelos del mundo se encuentran en un nivel avanzado de degradación por la falta de cuidado en su utilización.

Uno de los problemas ambientales relacionados con la degradación del suelo, es la pérdida de fertilidad, debido a esto, se genera otro problema ambiental que tiene directa relación con el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, los cuales si son utilizados en forma descontrolada pueden producir contaminación en los suelos, como también en las aguas subterráneas y superficiales.

El Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), realiza un estudio en relación al uso de purines de cerdos como fertilizantes nitrogenados, que tiene como objetivo, definir las tasas de aplicación de efluentes, las áreas de riesgo ambiental, y las metodologías de disposición mas adecuadas que minimicen el impacto sobre los recursos agua y suelos, desde la V a la IX Región de Chile.

Una de las etapas de este estudio, es establecer el balance de N y la lixiviación de nitrato por una columna de suelo, que produce el uso de purín de cerdo como fertilizante.

Para estudiar este proceso, se realizó un ensayo de invernáculo utilizando 30 columnas de lixiviación (15 columnas rellenas con suelo franco arcilloso y 15 columnas

rellenas con suelo franco), las cuales tenían como finalidad, ayudar a determinar el movimiento del N a través de la columna de suelo.

El ensayo se basó en la colecta de los percolados provenientes de las columnas de lixiviación en forma semanal, a estos percolados, se les realizó 4 tipos de análisis: volumen percolado, pH, Conductividad Eléctrica y nitrógeno total.

De los resultados obtenidos en este estudio, se concluyó que:

- El empleo de fertilizantes nitrogenados a suelos puede producir en el tiempo, la lixiviación de nitratos, por el movimiento descendente de éstos por la columna de suelo.
- El proceso de lixiviación de nitratos es dependiente tanto del fertilizante nitrogenado empleado, como de las características físicas y químicas del suelo utilizado. De esta forma, este estudio dio como resultado, que el suelo franco arcilloso presenta una menor remoción de nitrógeno que el suelo franco.
- Se concluye que la dilución 1:24 (purín/agua) es la más óptima para evitar grandes pérdidas de nitrógeno por lixiviación a utilizar el purín de cerdo como fertilizante.

De estas conclusiones, es posible generar una serie de sugerencias que podrían ser consideradas al momento de utilizar el purín de cerdo como fertilizante, como tratar de mantener la capacidad de campo para minimizar la lixiviación del nitrato por la columna de suelo, siempre aplicar el purín de cerdo en una superficie con cubierta vegetal, de

modo de disminuir el volumen percolado y con esto, disminuir el nitrato lixiviado, no utilizar este fertilizante en suelos muy porosos, para de esta forma, evitar grandes pérdidas de nitrato por lixiviación, etc.

SUMMARY

Soil is one of the most important resources in nature, unfortunately, world-wide, many soils have an advance level of degradation caused by a lack of care and utilization.

One of more serious consequences caused by soil degradation is the loss for fertility. Because of this, another environmental problem arises related directly with the use of organic and inorganic fertilizers which is used indiscriminatingly can produce contamination in soil as well as ground and surface water.

The Institute for Farming Research (INIA in its Spanish abbreviation by initials) , he carries out a study in relation to the use of pigs manure like nitrogenous fertilizer that he has as objective, to define of applied rates of effluent, areas of environmental irrigation and more adequate measures in order to minimize the impact on water and soil resources from the V to IX Region of Chile.

One of the stages of this study is to establish the balance of N and the loss of nitrate from groundwater caused by the use of pig manure as a fertilizer.

To estudy this process, the test was composted by 30 leaching columns (15 columns were filled with clay soil and the other 15 columns with clear soil), which are intended to help determine the movement of the N through soil columns.

The test was based on the collecting of leaching from leaching columns weekly. For this leaching 4 types of analysis were made: leaching volume, Ph, electrical conductivity and total nitrogen.

Of the obtained results, from this it was concluded that:

- The use of nitrogenous fertilizer on soil can produce over a period of time the leaching of nitrate, because of the descending movement through the soil columns.
- The process of contamination by nitrate of groundwater is as much dependent of used nitrogenous fertilizer as a physical and chemical characteristics of used soils. In this way, this study had a result that clay soil shows a minor nitrogen removal than clear soil, and because of this, the loss one has a minor leaching of nitrate.
- From this it was concluded that the dilution 1:24 (pig manure/water) is the best in order to avoid a great loss of nitrogen by leaching to use pig manure as a fertilizer.

From this conclusions it is possible to generate a series of suggestions that could be consider at the moment of using pig manure as fertilizer. For example, try to maintain the field capacity to minimize leaching of nitrate by the soil column, always try to apply pig manure on a surface with vegetable cover in order to reduce the leaching volume and with this reduce also the leaching nitrate; do not use this fertilizer and excessive porous soils to avoid great loss of nitrate by leaching, etc.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.- Antecedentes Generales

El suelo es uno de los recursos más importantes que existen en la naturaleza, ya que es el medio en que las plantas crecen, y además constituye la principal fuente de alimentos para el hombre. Desafortunadamente, muchos suelos del mundo se encuentran en un nivel avanzado de degradación por la falta de cuidado en su utilización.

Para entender esta situación, se define como degradación de suelo a toda pérdida de calidad del mismo, como consecuencia de una utilización inadecuada (Donézar). En forma más precisa, se entiende por degradación de suelo la pérdida parcial o total de la productividad de los mismos, como consecuencia de procesos tales como la erosión hidráulica y eólica, la salinización, el agotamiento de los nutrientes esenciales para las plantas, el deterioro de la estructura, la desertificación y la contaminación.(FAO-UNESCO)

Una de las consecuencias más importantes de la degradación del suelo es la disminución de la capacidad para soportar vida, ya que se producen modificaciones en sus propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas y biológicas (Dorronsoro, 2003).

Por otra parte, en Chile, los principales problemas de degradación del suelo son: erosión hídrica, erosión eólica, avance de dunas, extracción de suelo, salinización, problemas de drenaje y acidificación, pérdida de fertilidad, compactación de suelo, pérdida de estructura, degradación biológica, desecamiento de vegas y humedales, deslizamientos de tierras, cambio de uso irreversible del suelo y contaminación.

Una de las consecuencias más graves provocadas por la degradación del suelo es la pérdida de fertilidad, debido a esto, se genera otro problema ambiental que tiene relación directa con el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, los cuales si son utilizados en forma descontrolada pueden producir contaminación en los suelos, como en las aguas subterráneas y superficiales (Horato, 2000).

Para entender el problema de contaminación del suelo por el uso de fertilizantes, se debe entender que las plantas sintetizan sus alimentos a partir de elementos químicos que toman del aire, agua y suelo. Existen 60 elementos químicos constituyentes de las plantas, de los cuales 16 son esenciales y se clasifican como macronutrientes y micronutrientes. Los nutrientes en general, tienen como finalidad generar cultivos más vigorosos y productivos, que pueden desarrollar sistemas radiculares más grandes, formar abundantes residuos sobre la superficie, crear una cobertura rápida en el suelo, mejorar la eficiencia del uso de agua y además originar una mayor resistencia a condiciones de estrés producidas por sequía, insectos, bajas temperaturas, etc. (García, 2003)

La tabla 1 muestra los principales nutrientes del suelo, las formas iónicas en que se presentan y la concentración en que corrientemente se encuentran en los suelos de uso agrícola:

Tabla 1. Elementos nutritivos del suelo

Elementos	Forma Iónica	Rango frecuente
Macronutrientes		
N	NO_3^- , NH_4^+	0,03-0,3 %
P	H_2PO_4^- , HPO_4^{-2}	0,01-0,1 %
S	SO_4^{-2}	0,01-0,1 %
K	K^+	2-3,0 %
Ca	Ca^{+2}	0,2-1,5 %
Mg	Mg^{+2}	0,1-1,0 %
Micronutrientes		
B	H_2BO_3^- , $\text{H}_2\text{BO}_3^{-2}$, $\text{B}(\text{OH})_4^-$	0,5-100 ppm
Mo	MoO_4^-	0,5-5 ppm
Cl	Cl^-	50-1000 ppm
Fe	Fe^{+2} , Fe^{+3}	0,4-4,0 ppm
Mn	Mn^{+2} , Mn^{+3}	200-400 ppm
Zn	Zn^{+2}	10-300 ppm
Cu	Cu^+ , Cu^{+2}	5-100 ppm

Fuente: Horato, 2000

El carbono, hidrógeno y oxígeno son elementos esenciales que son tomados por las plantas, del aire y del agua. El CO_2 y H_2O representan en la práctica, la única fuente de energía para las plantas en sus reacciones de biosíntesis. (Dorrnsoro, 2003)

Además, el uso de fertilizantes minerales y orgánicos es indispensable si se desea alcanzar niveles de productividad altos, superiores a la capacidad productiva natural.

Habitualmente, los suelos no tienen suficiente nitrógeno, fósforo ni potasio para sustentar un crecimiento importante de la vegetación, por lo que se deben adicionar artificialmente (Novoa y Opazo, 2001)

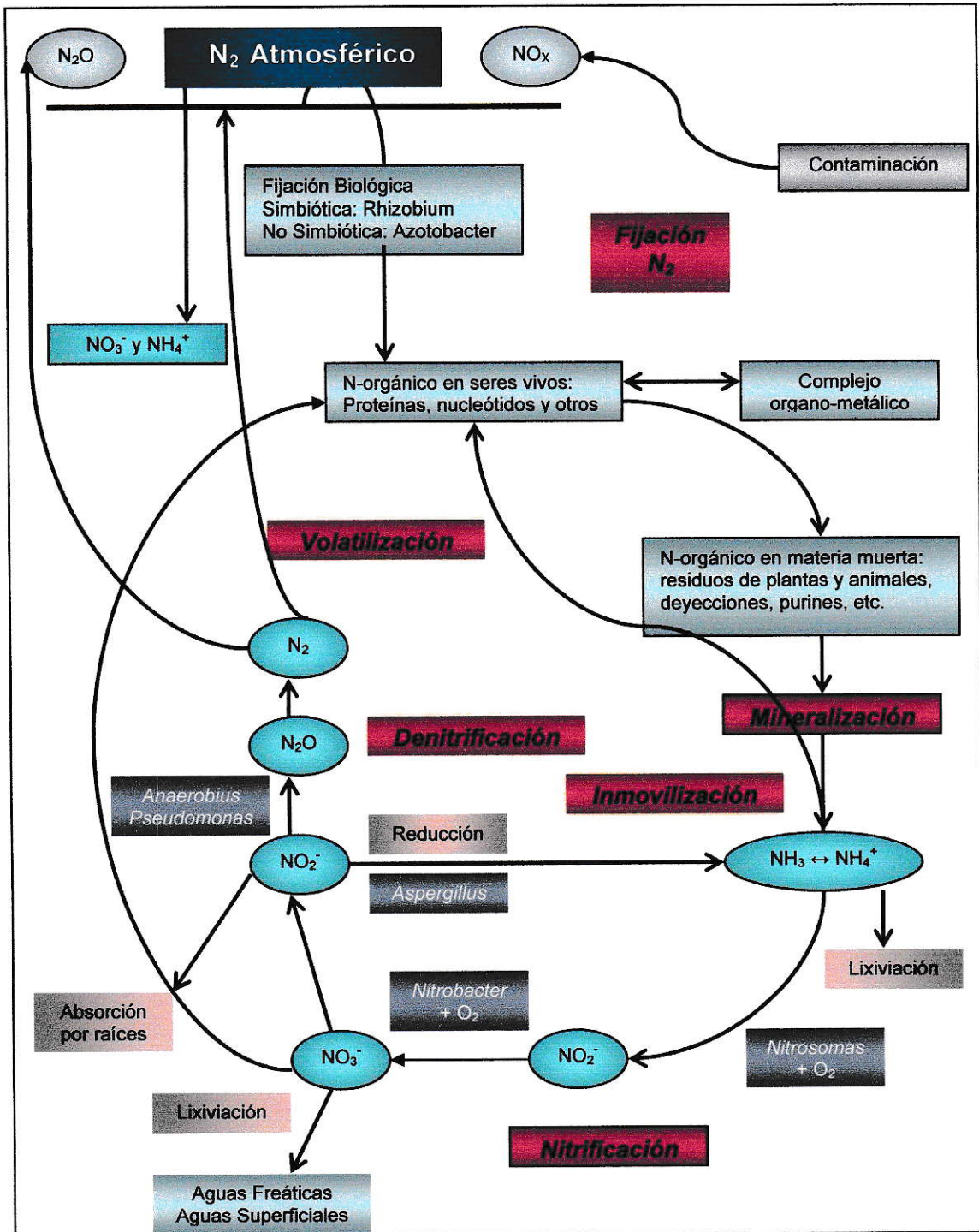
Los fertilizantes, son productos naturales orgánicos o minerales inorgánicos que contienen, al menos, uno de los tres elementos esenciales para las plantas (nitrógeno, fósforo y potasio). Los fertilizantes orgánicos son derivados de productos vegetales o animales, que contienen cantidades mínimas de alguno de los nutrientes mencionados. Los fertilizantes químicos o minerales inorgánicos, son los obtenidos por procesos químicos que también tienen una cantidad mínima de dichos elementos.

De estos fertilizantes, el mayor impacto ambiental negativo se vincula a los compuestos nitrogenados, debido a que las sales de nitrato son muy solubles en agua, lo que posibilita la lixiviación de los aniones. Además estos aniones poseen un bajo poder de retención en la mayoría de los suelos (Doménech, 2000). Pero, hay que considerar la importancia de los fertilizantes nitrogenados, puesto que el N es un nutriente esencial para el crecimiento de los vegetales, ya que, es un constituyente de todas las proteínas. El N absorbido por las raíces generalmente bajo las formas de NO_3^- ó NH_4^+ , diferencian en el hecho de que el ión nitrato se encuentra disuelto en el suelo, mientras que gran parte del ión amonio está adsorbido sobre las superficies de las arcillas. El contenido de nitrógeno en los suelos varia en un amplio espectro, los valores normales para la capa arable son del 0,2 al 0,7%. Estos porcentajes tienden a disminuir con la profundidad. Además existe una relación entre la temperatura y el N, esta relación es que el N tiende a incrementarse al disminuir la temperatura de los

suelos, debido a que, el aumento de la temperatura del suelo produce un incremento en la producción de nitratos, y una aceleración del proceso biológico de nitrificación, por ende, un aumento por pérdida de lixiviación de los nitratos presentes en el suelo. Otros factores que influyen en el contenido de N en el suelo son la pluviosidad, factores edáficos como pH, drenaje, presencia de inhibidores que afecten a los microorganismos, etc. (Horato, 2000)

Los aportes, transformaciones y pérdidas de nitrógeno en el suelo se esquematiza en la figura 1, que corresponde al ciclo biogeoquímico de Nitrógeno:

Figura 1. Ciclo del Nitrógeno¹



¹ Ciclo formado por la recopilación de varios ciclos biogeoquímicos: Porta y col., 1994, Schelsinger, 1997, Doménech, 2000, y Medigan y col., 2000.

Básicamente el ciclo del nitrógeno se compone de cuatro tipos de procesos:

1. Fijación del nitrógeno atmosférico: la fijación puede ocurrir en varias formas:

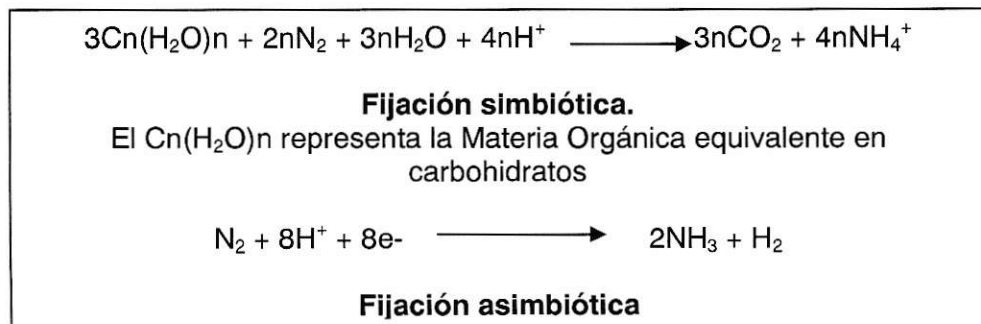
a. Fijación biológica: la fijación biológica puede ser de dos tipos: simbiótica o asimbiótica.

La fijación simbiótica de N se refiere al trabajo de las bacterias que fijan el N mientras crecen en asociación con una planta huésped. Esta asociación beneficia tanto a los microorganismos como a la planta huésped. El ejemplo más conocido de esta asociación es entre la bacteria Rhizobium y las raíces de las leguminosas.

Por otra parte, la fijación asimbiótica de N se lleva a cabo mediante bacterias azotobacter que viven libremente en el suelo. La cantidad de N fijado por estos organismos es mucho menor que la cantidad fijada simbióticamente.

La siguiente figura muestra las reacciones correspondiente para cada situación de fijación de nitrógeno molecular.

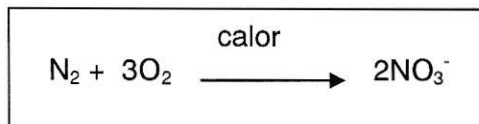
Figura 2. Fijación de nitrógeno molecular, simbiótica y asimbiótica



- b. Oxidación natural: son los N producidos la energía (luz + calor) de los rayos de una tormenta, que permite que el O₂ reaccione con el N₂ que se encuentra en el aire, formando eventualmente NO₃⁻.

La figura 3 representa la reacción de oxidación natural.

Figura 3. Oxidación Natural

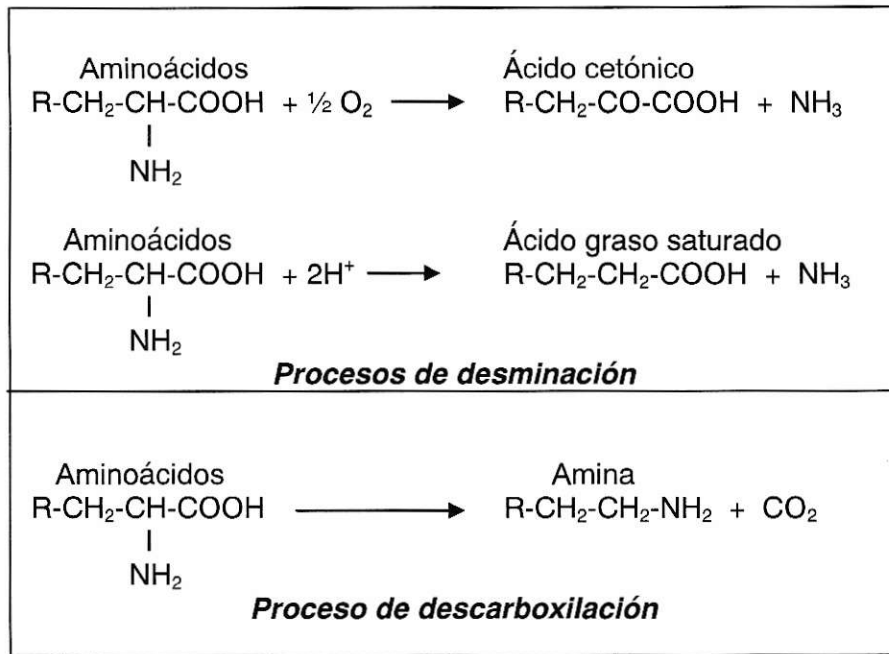


Nota: también existe fijación industrial de nitrógeno, los cuales se derivan de procesos industriales que fijan N₂ muy efectivamente, transformándolo en formas disponibles para las plantas.

2. Mineralización e inmovilización del nitrógeno: la mineralización es el proceso por el cual el N orgánico se transforma en N inorgánico. Esto se debe a que el N orgánico puede representar del 97 al 98 % del total de N en el suelo y el N inorgánico generalmente representa solo del 2 al 3 %. Por lo tanto, este proceso convierte las formas orgánicas de N no disponibles a formas disponibles importantes para el crecimiento de las plantas.

La figura 4 muestra las reacciones que se obtienen por el proceso de amonificación, proceso por el cual las macromoléculas de las proteínas, los ácidos nucleicos y otros se descomponen en aminoácidos, este proceso es previo a la mineralización y la inmovilización:

Figura 4. Procesos de desaminación y descarboxilación en la amonificación



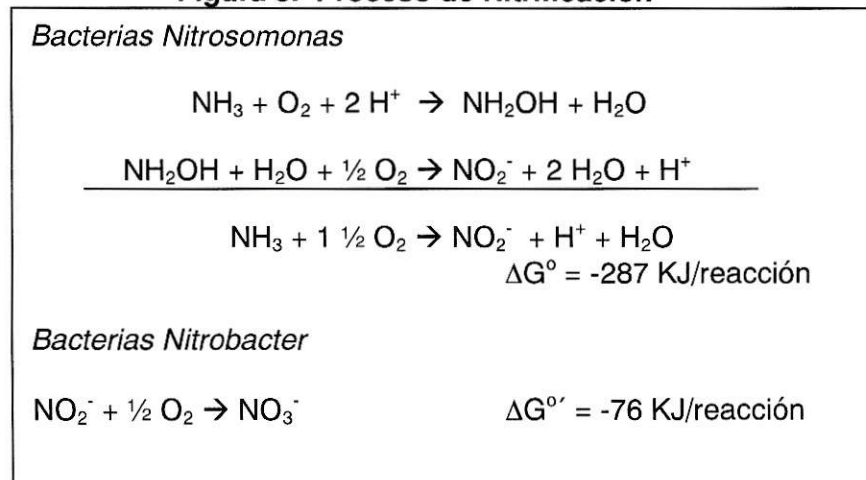
De este tipo de reacciones se obtiene el N para los procesos de mineralización e inmovilización en el suelo.

El N puede también pasar de una forma inorgánica a una forma orgánica, por el proceso denominado inmovilización que es el proceso contrario de la mineralización. La inmovilización ocurre cuando se incorporan al suelo residuos de cultivos con contenido alto de C y bajo de N. Los microorganismos descomponen vigorosamente la nueva fuente de energía presente en estos residuos, pero al mismo tiempo necesitan N para formar las proteínas de sus tejidos. Cuando el contenido de N en los residuos es bajo, los microorganismos utilizan el N inorgánico del suelo para satisfacer sus necesidades. De esta forma el N inorgánico

del suelo es transformado en N orgánico presente en las proteínas de los microorganismos del suelo.

3. Nitrificación y denitrificación: El primer producto resultante de la descomposición proveniente del proceso de mineralización es el NH_4^+ , que procede de la descomposición de proteínas, aminoácidos y otras biomoléculas. La conversión de sustancias más complejas a NH_4^+ se denomina amonificación. En condiciones favorables para el crecimiento de la planta, la mayor parte del NH_4^+ en el suelo se convierte en NO_3^- por acción de las bacterias nitrificantes. Este proceso se denomina nitrificación y ocurre en condiciones aeróbicas, la figura 5 muestra este proceso:

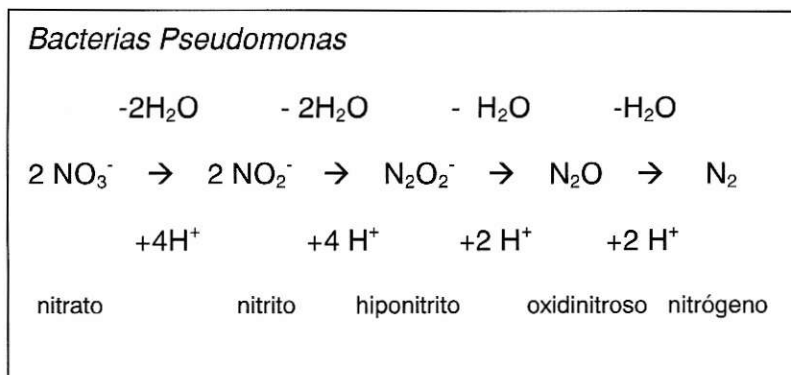
Figura 5. Proceso de Nitrificación



Existen dos formas de denitrificación, una biológica y no biológica. La denitrificación biológica es el proceso por el cual se transforma el NO_3^- en nitrógeno gaseoso y ocurre generalmente en suelos con contenido alto de materia orgánica y en condiciones anaeróbicas, además éste proceso se acentúa a medida que aumenta la temperatura.

La figura 6 representa el proceso de denitrificación biológica:

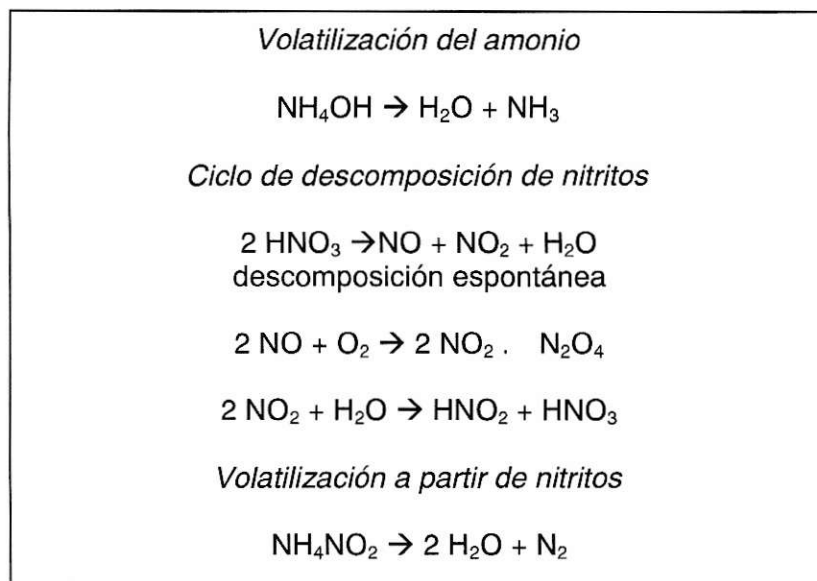
Figura 6. Proceso de denitrificación



La denitrificación no biológica consiste en la volatilización del amonio producto de una serie de reacciones químicas entre los diferentes componentes nitrogenados inorgánicos presentes en el suelo y los aplicados en forma de fertilizante. Cuando se aplican fertilizantes nitrogenados que contienen NH₄⁺ como el nitrato de amonio y el sulfato de amonio, en la superficie de suelos alcalinos o calcáreos, se producen reacciones químicas que pueden causar pérdidas de N en forma de NH₃ gaseoso. Reacciones similares pueden ocurrir en suelos recientemente encalados. Las pérdidas por volatilización pueden ser elevadas en condiciones de alta temperatura y humedad.

Existen diferentes reacciones o mecanismos que llevan a la volatilización del amonio en forma gaseosa, la figura 7 representa algunas de estas reacciones:

Figura 7. Reacciones químicas de la volatilización



1.1.- Riesgos de la contaminación ambiental por nitratos

El problema ambiental más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio. (Doménech, 2000)

Es por esto que la lixiviación de nitratos hacia los horizontes más profundos del suelo puede afectar a los acuíferos subterráneos. Un exceso de nitratos en aguas subterráneas de abastecimiento puede acarrear serios problemas para la salud humana. En concreto, se pueden desencadenar procesos cancerígenos, debido a la formación endógena de compuestos nitrogenados que comienza cuando los nitratos

son reducidos a nitritos por los microorganismos de la cavidad oral y estos nitritos se transforman después en óxido nítrico en el estómago debido a las condiciones ácidas allí existentes. Bajo circunstancias específicas, como la gastritis crónica, los nitritos pueden oxidarse en el estómago a óxidos de nitrógeno (N_2O_3 , N_2O_4). Esta reacción se produce con precursores nitrosables, que incluyen una gran variedad de componentes de la dieta tales como aminas secundarias, amidas, proteínas y derivados de urea.

Algunos estudios han mostrado, que la nitrosación endógena produce cantidades de Nitrosaminas suficientemente grandes como para representar un riesgo relevante bajo los niveles de ingesta de nitratos en la dieta que afectan el estómago y el hígado. Las nitrosaminas son compuestos de reconocida acción cancerígena (Vega y Bontoux, 2003)

En el caso de los niños pequeños, sobre todo en los menores de 6 meses existe un mayor riesgo de adquirir metahemoglobinemia incluso cuando la ingestión de nitratos es leve o moderada, cuando esto ocurre, se manifiesta por letargo, diarrea y/o vómito. En los casos graves hay dificultad para respirar y el color de la piel se vuelve azulado por falta de oxígeno (OMS, 2003)

Una de las formas de ingreso de nitratos a las aguas es la utilización de fertilizantes sintéticos y orgánicos. Dentro de los fertilizantes orgánicos se destacan el uso de residuos de animales. Un caso de fertilizantes ricos en nitrógenos utilizados comúnmente en granjas son los purines provenientes de planteles porcinos.

Los purines son una mezcla producida por excretas de cerdos y el agua utilizada para el lavado de los corrales. Esta mezcla contiene los excrementos sólidos y líquidos constituidos por orina fermentada de los animales, mezclada con partículas de excrementos, jugos que fluyen del estiércol, agua de lluvia, fugas de bebederos y restos de comidas de los propios animales. Cuando el purín es sometido a procesos de separación de fases, la fase sólida se denomina guano, y la fase líquida (que igual contiene sólidos en suspensión) efluente.

El purín además es considerado como un abono N-K de efecto rápido, ya que los nutrientes que contiene se encuentran en su mayor parte en forma fácilmente disponible y que tienen la característica de mejorar perceptiblemente la estabilidad estructural del suelo, disminuyendo, por tanto, el peligro de erosión. Los purines producen también un descenso en la densidad aparente, y aumentan la retención de agua y la temperatura del suelo. Además provocan un aumento general de la porosidad y de la conductividad hidráulica, favoreciendo la infiltración. Por otra parte, el pH de los suelos abonados con purín aumenta, debido a la liberación de amonio al sistema, este efecto puede transformarse a la larga en la acidificación del suelo debido a la oxidación del amonio a ácido nítrico. La aplicación en dosis elevadas de éste residuo puede conducir a la salinización del suelo y además puede transmitir contaminación por nitrato hacia los acuíferos y los cursos de agua.

La Norma Chilena 409. Of.70 del INN para agua potable, establece que el límite de concentración permitida en aguas subterráneas es de 15 mg L⁻¹ de nitrógeno total y 10



mg L⁻¹ de nitrógeno total para agua superficial, estas concentraciones son medidas utilizando el método Kjeldah.

En la tabla 2 se muestran algunos de las precauciones a considerar en el uso de purines y las principales características cuantificables del suelo que condicionan el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas:

Tabla 2. Condiciones de Riesgos en el suelo para el uso de purines

Condicionantes	Riesgo		
	Bajo	Medio	Alto
Capacidad de retención de agua disponible para las plantas (m ³ /ha)	>500	500-250	<250
Profundidad efectiva (cm)	>100	100-50	<50
Profundidad al nivel freático (cm)	>90	90-45	<45
Conductividad hidráulica en un espesor de 0 a150 cm (cmh ⁻¹)	<5	4-15	>15
Materia orgánica (%)	<2	2-4	>4
Precipitación-ETP en invierno (mm)	<150	150-300	>300
Inundación	No	Ocasional	Frecuente
Pendiente (%)	<8	8-15	>15
Elementos gruesos (%)	<15	15-35	>35
Facto erosión (factor K X % pendiente)	<3	3-7	>7
RAS (entre 0 y 50) cm	-	-	>12
CE dSm ⁻¹ a 25 °C	<4	4-8	>8

Las características del purín utilizado y la relación de dilución permiten hacer cálculos, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas.

Para obtener criterios de uso de éste fertilizante, se debe considerar las características propias del suelo a utilizar con purín. Por ejemplo si existiera una evaluación en Chile sobre las zonas de alto riesgo al uso de purines dependiendo de su estructura y su

cercanía a las napas subterráneas se podría estimar los periodos de tiempo en los que se puede aplicar purín y no causar ningún efecto nocivo al medio ambiente.

A modo de ejemplo, la tabla 3 muestra estos criterio aplicados a suelos ingleses, esta tabla representa los criterios de evaluación del uso de purín, la que esta determinada por la capacidad del suelo para aceptar este fertilizante, basada en la cantidad máxima, entre purines y abonos que son capaces de recepcionar estos suelos.

Tabla 3 Criterios de evaluación al uso de purines especificados en periodos de tiempo²

Criterios de Evaluación	Evaluación
Proximidad a cursos de agua y acequias (<10m)	Áreas excluidas de cualquier aporte
Período disponible de recepción de purines: . 1 mes	Áreas de muy alto riesgo
Período disponible de recepción de purines: 1 a 3 meses	Áreas de alto riesgo
Período disponible de recepción de purines: 4 a 8 meses	Áreas de riesgo moderado
Período disponible de recepción de purines: 9 a 12 meses	Áreas de bajo riesgo

Fuente: Porta y col. 1994

Por ultimo, otro impacto ambiental que surge del uso excesivo de fertilizantes y abonos nitrogenados corresponde a la generación de óxido nitroso (NO₂). Este gas es muy estable y una vez generado, se difunde hacia la atmósfera donde permanece estable

² Estos criterios se basan casi exclusivamente en el hecho que haya percolación o no a lo largo del año, por lo que resultan un tanto incompletos.

durante muchos años. Gracias a su elevado tiempo de residencia en la atmósfera, puede alcanzar las capas altas de la troposfera e introducirse en la estratosfera.

En esta región de la atmósfera, debido a ciertos procesos fotoquímicos, el NO_2 se transforma en óxido nítrico, el cual participa en reacciones de eliminación del ozono estratosférico (Doménech, 2000).

Considerando lo anteriormente analizado, se hace necesario adquirir información que contribuya a predecir lo que podría ocurrir en un sistema de suelo al aplicar algún fertilizante nitrogenado, específicamente lo que ocurriría si se aplicase purín durante un periodo de tiempo determinado en un suelo caracterizado.

1.2.- Objetivos

Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es establecer el balance del N, aplicado como riego con purines de cerdo I y II, en columnas de lixiviación.

Objetivos específicos

- . Establecer el destino del nitrógeno en el suelo en un período de tiempo que corresponde a siete meses de ensayo de invernáculo, para diferentes tasas de aplicación de purín y diferentes tipos de suelos, comparándolos con el uso de un fertilizante inorgánico en los mismos tipos de suelos.
- . Establecer los aportes de nitrógeno en los lixiviados bajo diferentes cubiertas de la superficie del suelo como: suelo desnudo, alfalfa (*Medicago sativa*), trigo invernacional (*Triticum aestivum*) y avena.
- . Establecer la retención de nitrógeno total en la biomasa de alfalfa, trigo y avena durante ensayo.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.- Ensayo de invernáculo, columnas de lixiviación

El propósito de este ensayo es el estudio del movimiento por lixiviación del nitrógeno mineral en forma de NO_3^- en las columnas de suelo, esto se realizó mediante el ingreso continuo de nutrientes orgánicos en forma de purín de cerdo aplicado a través de tres diluciones con agua, además el aporte producido por fertilizantes inorgánicos y comparando con el comportamiento del suelo en ausencia de ambos aportes de nutrientes.

Para lograr este objetivo se hicieron colectas semanales de los líquidos lixiviados en cada columna de suelo, con la finalidad de llevar un seguimiento y el posterior análisis de nitrógeno total, pH, Conductividad Eléctrica (CE) y aforo volumétrico.

El montaje de este ensayo se hizo a mediados de Junio del 2002, en el invernadero n°4, sala n°3 ubicado en el Centro Regional de Investigación La Platina.

Las columnas se prepararon con dos tipos de suelos; suelo Lo Vázquez (suelo VAZ), muestreado en la VI Región y suelo Lampa (suelo LMP), muestreado en la Región Metropolitana. Los lugares donde fueron tomados estos suelos se muestran en las figuras 8 y 9:

Figura 8. Mapa político Región del Libertador General Bernardo O'Higgins



Figura 9. Mapa político Región Metropolitana



Las principales características físicas, químicas y morfológicas de ambos suelos se muestran a continuación:

Serie Lo Vázquez: son suelos de origen aluvio-coluvial, moderadamente profundos, bien estructurados. Todo el pedón es de color pardo rojizo oscuro en matices del 2,5 YR y del 5 YR. Esta serie es un suelo suavemente inclinado 6-9% de pendiente y el régimen de humedad de éste es xérico, la precipitación anual es de 480mm y la temperatura media anual es de 14,2°C.

Serie Lampa: Son suelos de origen aluvio-coluvial, profundos en posición de plano ligeramente inclinado (piedmont), con pendientes dominantes del 1 al 2%. Los materiales estratificados presentan un horizonte A1, de color pardo muy oscuro en profundidad, en matices del 10 YR. Su estructura es de bloques subangulares finos débiles. El clima es xérico, la precipitación media anual es de 300 mm. y la temperatura media anual es de 14,2°C.

La tabla 4 entrega la información física, química y morfológica para estas series:

Tabla 4. Características Físicas, Químicas y Morfológicas de los suelos Lo Vázquez y Lampa

Parámetro	Horizonte	
	A1 (VAZ) 0-17 cm	A1 (LMP) 0-17 cm
Textura	F	FA
Densidad aparente (g/cm ⁻³)	1,8	1,5
Humedad Retenida (%) 1/3 atm	17,0	26,0
Humedad Retenida (%) 15 atm	9,0	13,0
Humedad Aprovechable (%)	8,0	13,0
Humedad Aprovechable (cm)	2,5	3,3
Carbono Orgánico (%)	0,8	1,6
Materia Orgánica (%)	1,4	2,8
pH en H ₂ O 1:1	6,1	7,6
C.E. (dS/m a 25°C)	0,1	0,7
CaCO ₃ (%)	0,0	0,0
CIC (cmol(+)Kg ⁻¹)	7,0	24,2
Nitrógeno total (mg N Kg ⁻¹)	29	950
Saturación Básica (%)	64,0	93,0

Nota: el nitrógeno total fue medido antes de comenzar el ensayo, el resto de los datos se obtuvieron por tabulación

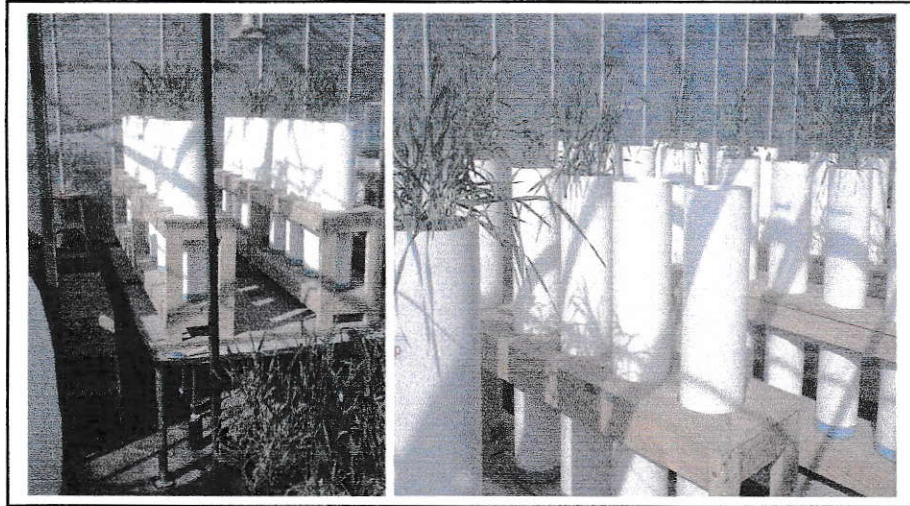
Para el desarrollo de estos experimentos, sólo se utilizó material del horizonte superficial y subsuperficial (que corresponde al horizonte A1). Para cumplir con este propósito, se extrajo una cantidad necesaria de suelo para ser utilizado en el relleno de las columnas.

Para la preparación de las columnas, los suelos fueron manipulados en forma manual: primero se procedió a eliminar los terrones más grandes, posteriormente se realizó secado al aire y luego fueron tamizados bajo 15 mm.

2.1.1.-Diseño experimental

Se construyeron 30 columnas de lixiviación con tubos PVC de 19,6 cm de diámetro interno, de paredes de 2 cm de grosor y 100 cm de altura, los cuales fueron instalados en soportes de madera semejante a una gradilla de tubos, todo lo cual fue colocado sobre los mesones del invernadero. La ubicación de las columnas siguió el orden de la serie de suelo empleada. Quince columnas fueron rellenas con suelo VAZ y las otras 15 con suelo LMP, el orden dentro de cada serie fue independiente del tratamiento utilizado y se realizó completamente al azar. La figura 10 muestra el ensayo una vez montado.

Figura 10. Montaje del ensayo de invernáculo de Columnas de Lixiviación



En el diseño de las columnas se definió un punto de recolección de lixiviados, el que se dispuso en la parte inferior de la columna. El sistema de muestras, incluye una fibra de yute de 130 cm de largo aproximadamente, que se ubicaron dentro de la columna a través del suelo desde 20 cm inferiores al punto de salida superior de la columna, en total se utilizaron 10 de estas fibras y se colocaron de forma tal que no tuviesen contacto con las paredes de la columna, la finalidad de estas fibras era absorber y conducir el lixiviado hasta el punto de salida.

Las fibras fueron tomadas en su parte exterior (fuera de la columna) por mangueras de color verde de PVC, para desembocar finalmente en un frasco de plástico de 1 L de capacidad, estos frascos son de color negro para evitar la proliferación de algas. Además, la parte superior de estos frascos fueron sellados con parafilm para prevenir el ingreso de polvo a la muestra. La única entrada a estos frascos fue a través de la manguera procedente de la columna. Las siguientes figuras 11 y 12 esquematizan este procedimiento:

Figura 11. Esquema interno de columna de lixiviación

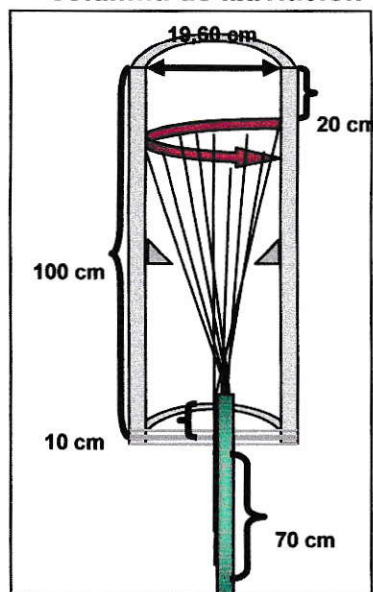


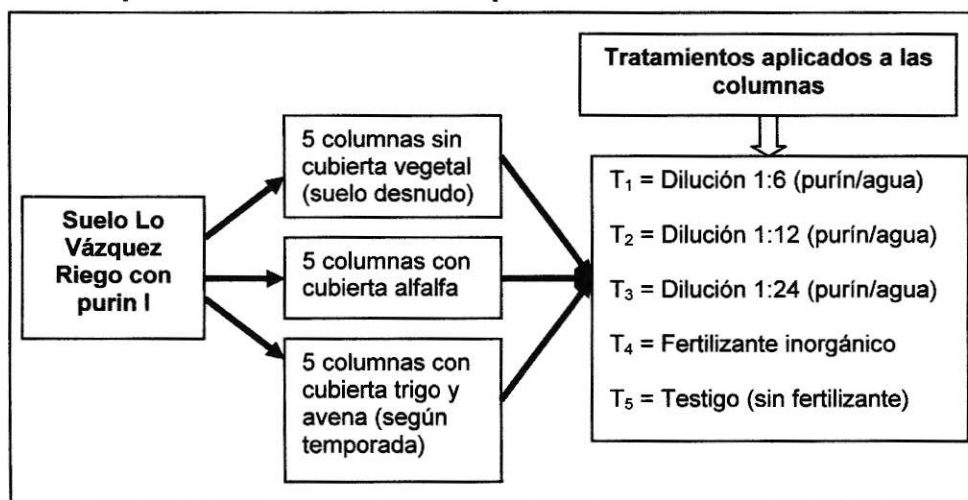
Figura 12. Modo de colecta



2.1.2.- Tratamientos implementados en las columnas

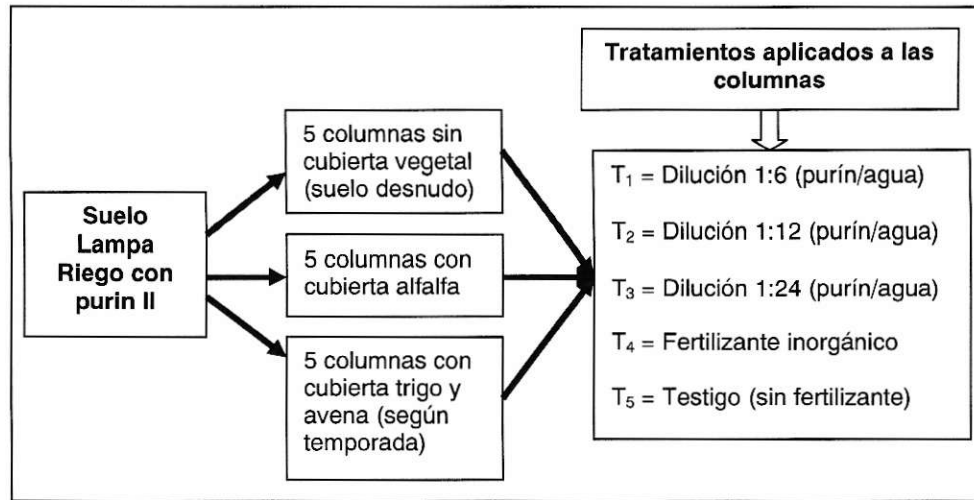
Las figuras 13 y 14, muestran el esquema de los tratamientos implementados en las columnas de lixiviación, por suelo utilizado:

Figura 13. Esquema de los tratamientos aplicados en las columnas con suelo VAZ



Nota: En los tratamientos T₄ y T₅ el riego de las columnas sólo fue con agua

Figura 14. Esquema de los tratamientos aplicados en las columnas con suelo LMP



Nota: En los tratamientos T₄ y T₅ el riego de las columnas sólo fue con agua

1. Para los tratamientos T₄. Independiente del tipo de suelo, se utilizó como fertilizantes minerales: nitrato de potasio (salitre potásico, KNO₃), que equivale aproximadamente a una dilución 1:25 (purín/agua) y superfosfato triple (SFT). Las dosis aplicadas en las columnas T₄, fueron 4,53 g de KNO₃ (conteniendo 14% de N), y 0,55 g de SFT (conteniendo 46% de P).
2. Para todos los tratamientos, el agua incorporada en el riego, tiene una dilución de 1:1 de agua potable con conductividades entre 750-850 $\mu\text{S cm}^{-1}$ y agua destilada con conductividades entre 5,6-8,2 $\mu\text{S cm}^{-1}$, esta dilución tiene como objetivo no influir significativamente con la salinidad del sistema.
3. Las columnas de lixiviación a las cuales se les sembró como cubierta vegetal Alfalfa fue de la *sp Medicago sativa cv. Palihue-Inia*
4. Las columnas Trigo-Avena, en el inicio del ensayo se sembró una cubierta vegetal trigo invernal (*sp. Triticum aestivum*) y en el cambio de temporada, en verano, después de la cosecha de trigo, se revistió la cubierta anterior con Avena.

En la tabla 5 se muestran las características físicas y química de los dos purines utilizados en el ensayo.

Tabla 5. Caracterización General, Física y química de purines I y II

Parámetro		Purín	
		I	II
Lugar de procedencia	Región	VI	Metropolitana
pH en agua		7,7	7,9
Conductividad Eléctrica a 25°C	$\mu\text{S cm}^{-1}$	6927	6875
Densidad	Kg L^{-1}	1,007	1,004
$\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$	meq L^{-1}	7	12
Na^{+}		5,6	5,5
K^{+}		12	13
HCO_3^{-}	mg L^{-1}	49	41
SO_4^{-2}		464	408
Cl^{-}		252	286
N total		1318*	1327*
N mineral		858	731
N nítrico		97	42
N amoniacal		761	690
P total		166	166
K total		392	506
Na total		148	143
Ca total		ND	564
RAS		3,0	2,4
Sodio Porcentual		23	19

Nota : ND = no detectado

* : El valor de N total de los purines, corresponde a un valor promedio determinado en análisis realizados por un período de 2 años antes del ensayo de columnas de lixiviación.

Nota: El valor de Nitrógeno total mostrado en la tabla 6, se utilizo en los cálculos realizados en los análisis de resultados mostrados en el capítulo 3, esto se hizo sólo para simplificar los cálculos. La tabla 6, muestra la desviación del N total de los purines

utilizados en el ensayo de columnas, en relación al valor utilizado en el análisis de resultados.

Tabla 6. Resultados de N total en purines de cerdo.

	Mes					Valor promedio experimental	Valor Promedio Utilizado	Desviación (%)
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo			
(mg L ⁻¹)								
Purín I	1090	1245	1750	1739	1268	1418	1318	8
Purín II	1063	1114	1008	1380	1076	1128	1327	15

2.1.3.- Desarrollo del ensayo

Para el desarrollo del ensayo, primero se tuvo que incorporar los fertilizantes minerales a los tratamientos T₄ de las columnas, para esto, se procedió a realizar la mezcla de estos fertilizantes con el material edáfico correspondiente, contenido en los primeros 10 cm de la columna, esta mezcla se efectuó fuera de las columnas y con las cantidades de fertilizantes indicadas en el punto anterior.

Para proceder al ingreso de las distintas cubiertas, a mediados de julio del 2002; se procedió a la siembra de éstos vegetales (alfalfa y trigo), para lo cual, se levantó una capa de suelo de 1 cm desde cada columna, se sembraron 15 semillas de trigo y 20 semillas de alfalfa, distribuyéndolas en el centro y dejando un anillo exterior de 1 cm, sin recepción de semillas. Posteriormente, las semillas fueron tapadas y regadas, cubriendo las columnas con polietileno, con el objeto de evitar el secado de la parte superior y favorecer la emergencia de las plántulas, como muestra la figura 15:

Figura 15. Preparación de cubiertas en las columnas



Los vegetales utilizados en este ensayo, tienen los siguientes requerimientos de nitrógeno:

Tabla 7. Requerimientos internos de nitrógeno (RIN) de los cultivos y su demanda de nitrógeno a un 100% del requerimiento alcanzable

Cultivo	Biomasa Total (Kg ha ⁻¹)	RIN (%)	Demanda de N (Kg N ha ⁻¹)
Trigo	17800	1,2	214
Alfalfa	6000	3,5	210
Avena	12000	2,3	276

2.1.4.- Descripción de las columnas de lixiviación

Transcurridas 3 semanas desde la siembra de la alfalfa y el trigo, se procedió a realizar el raleo de las plántulas, para dejar 8 plántulas de trigo y 4 de alfalfa que

correspondieron a los ejemplares más vigorosos por columna, de esta forma, se tuvo una biomasa inicial similar entre los distintos ensayos.

Fue necesario realizar el control con plaguicidas, cuando los ensayos de invernáculo se infectaron con patógenos. En el mes de Octubre, se detectó una plaga de pulgones, la que afectó principalmente al trigo; ello hizo necesario aplicar Pirimicarb (dimetilcarbamato de 2-(dimetilamino)-5,6-dimetil-4-pirimidilo) que es un insecticida que se clasifica como carbamato de clase C (moderadamente tóxico), en una dosis de $5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$, por sobre toda la superficie del invernadero. Este episodio se repitió en los meses de Noviembre afectando a la alfalfa y el trigo. En Enero, atacó solamente la alfalfa y en Marzo atacó a la alfalfa y la avena. En estas ocasiones se aplicó Dimetoato 8% (0,0-dimetil-5-metilcarbamoilmetil fosforodiatioato) que es un insecticida que se clasifica como organofosforado de clase C (moderadamente tóxico), en una dosis de $5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ de agua a todo el invernadero. Además en los meses de Marzo y Abril la alfalfa fue atacada por la araña blanca, con esta plaga también se procedió a fumigar la alfalfa con Dimetoato 8% en la misma dosis anterior.

2.1.5.- Mantenimiento del ensayo de columnas de lixiviación

El ensayo se inició en la temporada de invierno, por la Ingeniera Ambiental, Srta. Karin Reuck Bravo, quien además fue la persona encargada del montaje de las columnas. En el ensayo, el riego de las columnas comenzó a mediados de julio, con 2 L de agua potable por semana para cada columna en todos los tratamientos, manteniéndolo así

durante las dos semanas siguientes. A comienzos de la tercera semana fue, disminuido a 1 L de agua potable por semana por un período aproximado de un mes. El aporte inicial de 2 L fue parcializado en cuatro aplicaciones iguales de 500 mL por semana (lunes, martes, jueves y viernes), disminuyéndolo luego a 250 mL bajo las mismas condiciones anteriores. Durante éste primer período, el volumen aplicado fue realizado para saturar las columnas y contribuir a la germinación de las plantas. El aporte inicial, se efectuó con regadera, para evitar el sellado de los poros de la superficie.

El riego con la mezcla de purín y agua según tratamiento, comenzó la última semana de agosto con 1 L cada semana, fraccionado en dos partes iguales de 500 mL, aplicados los días martes y jueves durante dos semanas en forma de riego. Para la segunda semana de Septiembre, y debido tanto al incremento gradual de las temperaturas diurnas como al crecimiento de las plantas (factores que repercuten en un incremento de la evapotranspiración (ET)); el volumen de riego aplicado comenzó a diferenciarse según la necesidad requerida por el tipo de cubierta (trigo, alfalfa o suelo desnudo).

El protocolo para la aplicación de riego y colecta de lixiviado fue el siguiente:

1. Riego de las columnas: El riego se hizo los días martes y miércoles de cada semana, parcializando el volumen de riego en dos fracciones iguales.
2. Colecta de lixiviados: La colecta de los lixiviados se realizó 2 veces por semana dentro del periodo del ensayo.

- a. Los días jueves se hizo la colecta de volumen acumulado entre los días martes y miércoles, el volumen recolectado se llevo a análisis de pH, conductividad eléctrica, Nitrógeno total y medición de volumen recolectado.
- b. Los días martes, se recogió el volumen acumulado desde el día jueves de la semana anterior hasta el día martes, esta colecta tiene como finalidad eliminar el lixiviado acumulado durante este periodo y solamente se registró su volumen.

Esta forma de riego y colecta se mantuvo durante todo el ensayo.

La variación o disminución del volumen de riego por semanas, se realizó por las razones mencionadas anteriormente y para asegurar que la colecta de muestras sea realmente de lixiviados que descendieron a través del suelo y no de agua represada desde el fondo de la columna que difunde hasta escurrir por las paredes internas de éstas se agregaron 4 anillos de silicona en las paredes de las columnas.

2.2.- Análisis de muestras de las columnas de lixiviación

2.2.1.- Producción de biomasa aérea

Cuando la alfalfa alcanzó unos 40 cm de altura, se procedió a cortar la biomasa aérea. En cada ocasión, el material colectado fue secado en estufa a 60°C hasta peso constante, estos cortes se realizaron en forma regular una vez al mes en fechas más o menos regulares. Posteriormente al corte y secado se realizó el análisis de materia seca y además la determinación de nitrógeno total por análisis foliar. Para esto la

muestra se sometió a un proceso de preparación de molienda y tamizado. Cabe mencionar que los cortes se hicieron, en función del crecimiento de las plantas, de manera de mantenerlas activas, en cuanto a la absorción de agua y extracción de nutrientes.

En total obtuve 7 cortes de alfalfa durante el periodo de ensayo, siendo el primer corte en Octubre de 2002 y el último, en Abril de 2003. Al material cosechado en cada corte, se le realizó los análisis antes mencionados.

Para la obtención de la biomasa aérea del trigo se procedió al secado de estas columnas por un mes, esto se realizó durante el mes de Diciembre de 2002, posterior al secado, se realizó la cosecha de esta el 5 de Enero de 2003.

La cosecha de trigo consistió en extraer la biomasa aérea separando ésta en dos partes, el PAV que corresponde a la parte aérea vegetal, y la espiga del trigo.

La espiga, posteriormente fue separada en el raquis y grano. En este caso, además de los análisis foliares antes mencionados, también se hizo un análisis cuantitativo que consistió en contar el número de espigas obtenidos por columna de trigo, luego contar el número de espigas con grano por columna y posteriormente el análisis de peso seco a la espiga y al grano por separado.

En el caso del análisis del PAV del trigo, sólo se realizaron los análisis mencionados para la alfalfa.

Posterior a la cosecha del trigo (Enero de 2003), se sembró estas columnas con avena. Durante la primera semana de germinación se realizó un raleo donde se dejaron las 10 plántulas más fuertes, después de esto se comenzó el riego con purín de cerdo el día 11 de Febrero de 2003 y el primer corte fue el 28 de Abril de 2003 cuando la planta había adquirido un tamaño de aproximadamente 40 cm de altura.

En el caso de la avena sólo se obtuvo un corte, a éste se le realizó los análisis foliar de peso seco y nitrógeno total igual al análisis de alfalfa.

2.2.2.- Colecta y análisis de lixiviados

El inicio de este ensayo fue a mediados de julio, ya que el riego inicial de las columnas fue inicialmente solo con agua. La colecta de lixiviado de éste riego se realizó el día 27 de agosto. Posterior a esta colecta comenzó el riego de las columnas con volúmenes de purín y agua establecidos por los tratamientos.

El día 6 de septiembre se colectó el volumen acumulado correspondiente al primer y segundo riego con purín y agua, esto tuvo como finalidad obtener un volumen suficiente de muestra para análisis.

Desde la colecta del 13 de septiembre, el volumen de muestra colectado fue recogido en forma semanal. El total de colectas obtenidas durante el ensayo fue de 68 (que corresponde a las colectas de los días martes y jueves) de los cuales 34 (colecta días jueves), fueron analizados con los parámetros antes mencionados.

Los equipos utilizados en los análisis fueron los siguientes:

- Medición de Volumen percolado con probetas de 1000 mL, 100 mL y 50 mL.
- pH medido con un equipo Schott Gerate modelo C 6838.
- Conductividad eléctrica (CE) medida con un conductímetro Schott Gerate modelo C 6852.
- Nitrógeno Total (N_T) medido con equipo Gerhardt modelo KT 40, por el método Kjeldahl, (las especificaciones del equipo y el método de medición de Nitrógeno total se encuentran en el anexo III).

Además, se realizaron dos caracterizaciones de nitrógeno nítrico y amoniacal del lixiviado. La primera caracterización, fue para la muestra del 6 de septiembre que corresponde a la primera colecta y la segunda caracterización que correspondió a una muestra al azar casi finalizando el periodo de ensayo. Para ambas caracterizaciones se considero las columnas con suelo desnudo.

La finalidad de este análisis fue estimar el porcentaje de nitrógeno nítrico y nitrógeno amoniacal del nitrógeno total al inicio y al final del ensayo.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1.- Análisis de Volumen aplicado en riego y percolado durante el ensayo para suelos Lo Vázquez y Lampa.

Los resultados mostrados en estas tablas, corresponden a los resultados de líquidos aplicados y percolados desde Septiembre de 2002 hasta Abril de 2003.

Los resultados obtenidos para este análisis están tabulados en el anexo I.

3.1.1- Resultados de volúmenes aplicados en las columnas en el tiempo.

En la tabla 8, se muestra un resumen con las cantidades de agua para riego suministradas semanalmente, desde la segunda semana de septiembre del 2002 hasta la última semana de abril del 2003:

Tabla 8. Volúmenes de riego aplicados al ensayo dependiendo el tipo de cubierta

Fecha	Volumen purín/agua aplicado por cubierta (mL)		
	Trigo-Avena	Alfalfa	Suelo desnudo
30/08/02	1000	1000	1000
06/09/02	1000	1000	1000
13/09/02	1500	300	300
20/09/02	1500	300	300
26/09/02	2000	300	300
03/10/02	2600	600	300
10/10/02	3000	1000(1)	500
17/10/02	3000	1000	500
24/10/02	3000	1000	500
21/10/02	3000	1000	500
07/11/02	3000	2000	500
14/11/02	4000	3000(2)	500
21/11/02	4000	3000	500
28/11/02	4000	3000	500
Secado del trigo			
02/12/02	0	3000	500
12/12/02	0	3000	500
19/12/02	0	3000(3)	500
26/12/02	0	3000	500
02/01/03	0(a)	3000	500
Siembra de avena			
09/01/03	0	3000	500
16/01/03	0	3000	500
23/01/03	0	3000(4)	500
30/01/03	0	3000	500
06/02/03	0	3000	1000
13/02/03	1500	3000	1000
20/02/03	1500	3000(5)	1000
27/02/03	1500	3000	1000
06/03/03	2000	3000	1000
13/03/03	2000	3000	1000
20/03/03	2000	3000(6)	1000
27/03/03	2000	3000	1000
03/04/03	3000	3000	3000
10/04/03	3000	3000	3000
17/04/03	3000	3000	3000
24/04/03	3000(b)	3000(7)	3000

Nota: Volumen 0 mL de riego se produjo cuando se hizo cambio de cubierta vegetal de trigo a avena.

(a) : Cosecha de trigo

(b) : Corte de avena

(n°) : Corte de alfalfa

3.1.2.- Balance Hídrico en las columnas de lixiviación

El balance hídrico en las columnas contempla, los volúmenes totales aplicados en las columnas y los volúmenes totales recolectados durante el período de ensayo. Estos volúmenes están expresados en L columna⁻¹.

La determinación de los volúmenes de evaporación, en el caso de suelo desnudo y evapotranspiración en el caso de las columnas con cubierta vegetal, se determinaron con dos supuesto: primero, que los suelos tienen un 50% de espacio poroso y segundo que las columnas de suelo se encontraban en su máxima capacidad de retención de agua (capacidad de campo).

Para determinar los valores de evaporación y evapotranspiración se utilizó el volumen de la columna que corresponde a 30,5 L, por lo que el volumen de agua contenido en la columna equivale a 15,3 L. De esta forma el volumen evaporado o Evapotranspirado, se puede definir de la siguiente manera:

$$\text{Vol. Evaporado} \\ \text{ó} \\ \text{Evapotranspirado} = \text{Vol. total de riego} - (\text{Vol. cont. la columna} + \text{Vol. percolado})$$

Las tablas 9 y 10, muestran el balance hídrico para las columnas, diferenciándolos por tipo cubierta utilizada en el ensayo.

Tabla 9. Balance hídrico en columnas con suelo Lo Vázquez.

Tratamiento	Volúmenes totales				Distribución del agua percolada en %			
	Volumen Aplicado Lcolumna ⁻¹	Volumen Percolado Lcolumna ⁻¹	Volumen Evaporado y evapotranspirado Lcolumna ⁻¹	Volumen Contenido en la columna Lcolumna ⁻¹	Volumen aplicado	Volumen Percolado	Volumen Evaporado y evapotranspirado	Volumen Contenido en la columna
T ₁ SD VAZ	33,7	18,3	0,1	15,3	100	54,4	0,2	45,4
T ₂ SD VAZ	33,7	17,4	1,0	15,3	100	51,7	2,9	45,4
T ₃ SD VAZ	33,7	16,0	2,4	15,3	100	47,5	7,1	45,4
T ₄ SD VAZ	33,7	16,0	2,4	15,3	100	47,6	7,0	45,4
T ₅ SD VAZ	33,7	15,9	2,5	15,3	100	47,0	7,6	45,4
Promedio	33,7	16,7	1,7	15,3		49,6	5,0	45,4
T ₁ Alf VAZ	82,5	22,9	44,3	15,3	100	27,7	53,7	18,5
T ₂ Alf VAZ	82,5	21,6	45,6	15,3	100	26,2	55,3	18,5
T ₃ Alf VAZ	82,5	15,8	51,4	15,3	100	19,2	62,3	18,5
T ₄ Alf VAZ	82,5	15,6	51,6	15,3	100	19,0	62,5	18,5
T ₅ Alf VAZ	82,5	15,3	51,9	15,3	100	18,5	62,9	18,5
Promedio	83,0	18,2	49,0	15,3		22,1	59,3	18,5
T ₁ Tr-Av VAZ	61,1	14,5	31,3	15,3	100	23,7	51,2	25,0
T ₂ Tr-Av VAZ	61,1	12,7	33,1	15,3	100	20,7	54,2	25,0
T ₃ Tr-Av VAZ	61,1	13,0	32,8	15,3	100	21,3	53,6	25,0
T ₄ Tr-Av VAZ	61,1	4,1	41,7	15,3	100	6,7	68,2	25,0
T ₅ Tr-Av VAZ	61,1	5,6	40,3	15,3	100	9,1	65,9	25,0
Promedio	61,0	10,0	35,8	15,3		16,3	58,6	25,0

Nota: el volumen total percolado corresponde a suma total de los volúmenes colectados los días martes y jueves de cada semana

Tabla 10. Balance hídrico en columnas con suelo Lampa.

Tratamiento	Volúmenes totales				Distribución del agua en %			
	Volumen Aplicado Lcolumna ⁻¹	Volumen Percolado Lcolumna ⁻¹	Volumen Evaporado y evapotranspirado Lcolumna ⁻¹	Volumen Contenido en la columna Lcolumna ⁻¹	Volumen aplicado	Volumen Percolado	Volumen Evaporado y evapotranspirado	Volumen Contenido en la columna
T ₁ SD LMP	33,7	17,0	1,4	15,3	100	50,6	4,0	45,4
T ₂ SD LMP	33,7	17,2	1,2	15,3	100	51,1	3,5	45,4
T ₃ SD LMP	33,7	17,3	1,1	15,3	100	51,3	3,3	45,4
T ₄ SD LMP	33,7	15,9	2,5	15,3	100	47,3	7,3	45,4
T ₅ SD LMP	33,7	14,6	3,8	15,3	100	43,2	11,4	45,4
Promedio	33,7	16,4	2,0	15,3		48,7	5,9	45,4
T ₁ Alf LMP	82,5	30,1	37,1	15,3	100	36,5	45,0	18,5
T ₂ Alf LMP	82,5	13,8	53,4	15,3	100	16,7	64,7	18,5
T ₃ Alf LMP	82,5	33,0	34,2	15,3	100	40,0	41,4	18,5
T ₄ Alf LMP	82,5	7,6	59,6	15,3	100	9,2	72,2	18,5
T ₅ Alf LMP	82,5	13,5	53,7	15,3	100	16,4	65,1	18,5
Promedio	82,5	19,6	47,6	15,3		23,8	57,7	18,5
T ₁ Tr-Av LMP	61,1	6,6	39,2	15,3	100	10,8	64,1	25,0
T ₂ Tr-Av LMP	61,1	4,4	41,4	15,3	100	7,2	67,8	25,0
T ₃ Tr-Av LMP	61,1	6,0	39,8	15,3	100	9,8	65,1	25,0
T ₄ Tr-Av LMP	61,1	10,1	35,7	15,3	100	16,5	58,5	25,0
T ₅ Tr-Av LMP	61,1	2,9	42,9	15,3	100	4,7	70,2	25,0
Promedio	61,1	6,0	39,8	15,3		9,8	65,1	25,0

Nota: el volumen total percolado corresponde a suma total de los volúmenes colectados los días martes y jueves de cada semana

De las tablas 11 y 12 se infiere que, la presencia de una cubierta vegetal produjo una disminución de la percolación del agua de riego a través de la columna de suelo, debido a que la evapotranspiración es mayor que la evaporación.

Esta disminución de la percolación del agua de riego en columnas con cubierta vegetal, se vio levemente acentuado en las columnas con trigo-avena. Además, comparando

los suelos utilizados, fue en el suelo Lampa (franco-arcilloso) el que produjo una menor percolación.

De estos resultados se concluye, que la presencia de una cubierta vegetal sobre la superficie del suelo y la porosidad del mismo, puede disminuir significativamente la pérdida de agua por percolación y de esta forma se lograría, disminuir el riesgo de la lixiviación de NO_3^- por la columna de suelo.

3.1.3.- Resultados obtenidos en el % de percolación, para las columnas con alfalfa en suelo Lo Vázquez y Lampa en relación con el tiempo

Las figuras 16 y 17 muestran el comportamiento del volumen percolado en las columnas con alfalfa, estos volúmenes corresponden a los percolados recogidos en forma semanal.

Para analizar este comportamiento se seleccionaron las columnas con alfalfa, debido a que éstas fueron las que presentaron por más tiempo, el mismo volumen de riego. El período de riego, corresponde desde Noviembre de 2002 hasta Abril de 2003, con un volumen de 3000 mL semanales, señalados en la tabla 10.

- a. **Resultados de % de percolación para alfalfa, suelo Lo Vázquez en función del tiempo de ensayo.**

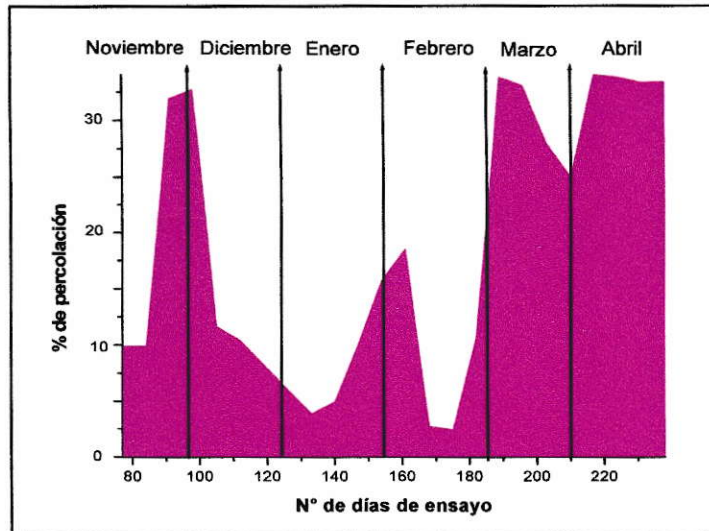


Figura 16. % de percolación para suelo Lo Vázquez, cubierta alfalfa en función del tiempo de ensayo

- b. **Resultados de % de percolación para alfalfa, suelo Lampa en función del tiempo de ensayo.**

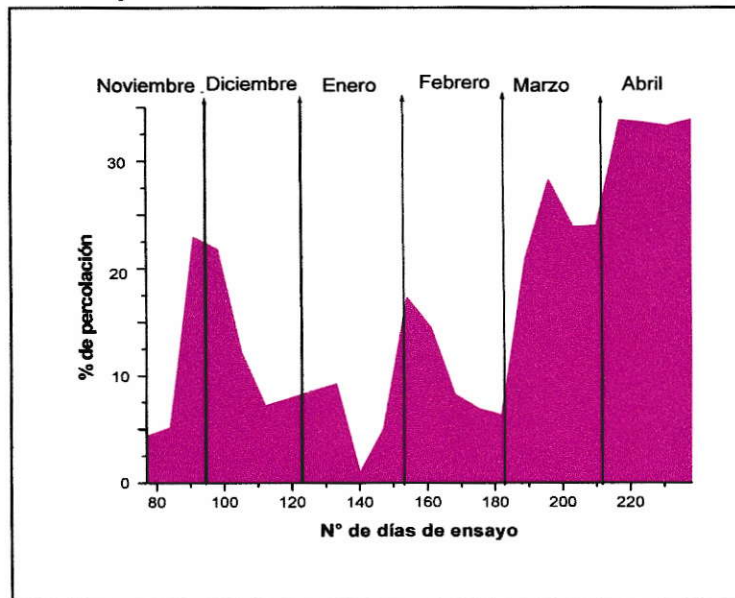


Figura 17. % de percolación para suelo Lampa, cubierta alfalfa en función del tiempo de ensayo

Debido a que el ensayo fue realizado dentro de un invernadero, para comprender el comportamiento del volumen de percolación en función del tiempo, hay que considerar tres factores: temperatura, humedad y volumen de riego.

Dado a que el volumen de riego, como muestra la tabla 8, durante el período considerado en el análisis gráfico fue constante, y la humedad dentro del invernadero no debería influir mayormente en la percolación, se puede considerar que la temperatura sería el único factor que influye en el % de percolación.

De esta forma, las figuras 16 y 17 muestran que la disminución en el % de percolación corresponde a los meses de Diciembre, Enero y Febrero, siendo en Enero el mes que presenta menor % de percolación y los meses de Marzo y Abril muestra un aumento en éste.

Una forma de racionalizar este comportamiento, es que debido al aumento de la temperatura en los meses de primavera-verano durante el día, provoca un aumento de la evapotranspiración y evaporación del agua debido al calentamiento del suelo (en este caso, un calentamiento de las columnas) y en consecuencia, se produce una menor pérdida de agua por percolación.

Hay que destacar que para el rango considerado en el análisis gráfico, ambos suelos presentan el mismo comportamiento, con distintos volúmenes de percolación, por lo que no se considera para este análisis, las propiedades físicas y químicas de los suelos utilizados.

De esto se concluye, que en los meses de verano sería más recomendable la aplicación de fertilizantes nitrogenados, debido a que como se produce una disminución de la percolación, también se debería producir una disminución en la lixiviación de nitrato.

3.2.- Resultados de los análisis foliares de los ensayos con cubierta vegetal de alfalfa, trigo y avena.

Las tablas de resultados foliares, para los tres cultivos utilizados en este ensayo, se encuentran en el anexo II.

3.2.1.- Análisis foliar en alfalfa

El análisis foliar de la alfalfa se dividió en dos partes, la primera corresponde al análisis de biomasa producido en cada suelo con los distintos tratamientos aplicados y el segundo análisis fue la medición de nitrógeno total absorbido por la biomasa de los mismos.

En el caso de la medición de nitrógeno total, de los 7 cortes de alfalfa que se realizaron, a sólo 4 cortes se les determinó nitrógeno total, estos cortes fueron: Octubre, Noviembre de 2002 y Marzo, Abril de 2003.

Para entender mejor los resultados obtenidos en los análisis foliares, se utilizó el método de análisis de la Eficiencia de Recuperación de Nitrógeno del Fertilizante

(ERNF). El ERNF es la forma de definir la eficiencia de uso del nitrógeno, que corresponde a la proporción del N aplicado que es recuperada en el cultivo.

De otra forma el ERFN se define:

$$\frac{\text{N absorbido por la planta}}{\text{N del purín aplicado al suelo}} \times 100$$

Los valores de nitrógeno total y biomasa mostrados en la tabla 13, están expresados en g m⁻². Los g de N total aplicados, se calcularon con el aporte total de N aplicado en el suelo durante el período de ensayo, expresado en gramos en función del área de la columna (0,0304 m²). Los g de N absorbidos por la alfalfa y los g de biomasa de alfalfa (materia seca), se calcularon considerando la absorción total de N en los 7 cortes realizados durante el ensayo y la masa total de la alfalfa fue la suma de la masa en los 7 cortes realizados, ambos en relación al área de la columna.

La tabla 11 muestra los resultados foliares de alfalfa en rendimiento y ERNF obtenidos para los suelos Lo Vázquez y Lampa.

Tabla 11. Rendimiento y Eficiencia de recuperación de Nitrógeno aplicado en cultivos de alfalfa

Muestra	Rendimiento (g ms m ⁻²)	N absorbido (g m ⁻²)	N aplicado (g m ⁻²)	ERNF (%)
T ₁ Alf VAZ	2684	112	600	18
T ₂ Alf VAZ	2664	106	300	33
T ₃ Alf VAZ	3487	142	150	82
T ₄ Alf VAZ	2779	112	150	64
T ₅ Alf VAZ	3190	119	0	
T ₁ Alf LMP	2528	113	604	18
T ₂ Alf LMP	3377	144	302	42
T ₃ Alf LMP	2047	87	151	45
T ₄ Alf LMP	4125	160	150	83
T ₅ Alf LMP	3453	140	0	

Nota: No se considera T₅, ya que no tuvo aplicación de N.
Los valores mostrados en esta tabla, son valores aproximados

Comparando las características fisicoquímicas de los suelos Lo Vázquez y Lampa, se puede inferir que debido a que el suelo Lampa posee un CIC de 24,2 cmol(+) Kg⁻¹ y un % de MO de 2,8, contrapuesto con el suelo Lo Vázquez, que tiene un CIC de 7,0 cmol(+) Kg⁻¹ y un % de MO de 1,4, se puede predecir, que el suelo Lampa sea aquel que retenga por mayor tiempo el nitrógeno amoniacal absorbido en el suelo.

Además la relación C/N del suelo Lo Vázquez es de 133 y del suelo Lampa es de 17, de esto se infiere que en el suelo Lo Vázquez se favorece el proceso de inmovilización del nitrógeno y en el suelo Lampa la mineralización. Por lo que se espera que el nitrógeno presente en el suelo Lo Vázquez este menos disponible para las plantas que en el suelo Lampa, esto queda expuesto en los resultados de la tabla 11, dado que la

mayor absorción de nitrógeno fue en el suelo Lampa, también, de la tabla 11 se denota que en general la mayor producción de biomasa corresponde al suelo Lampa.

En cuanto a los resultados de ERNF, se obtuvo que el tratamiento T₃ (dilución 1:24 purín/agua), fue el que obtuvo el mayor ERNF en el suelo Lo Vázquez, y en suelo Lampa, fue el tratamiento T₄, que corresponde al fertilizante mineral (nitrato de potasio).

3.2.2. Análisis foliar en trigo

Para el trigo el análisis foliar correspondiente a este ensayo, se realizó con las muestras obtenidas en la cosecha del 5 de Enero de 2003.

A estas muestras de PAV y espiga se les realizó el análisis foliar de peso seco, y la medición de nitrógeno total fue realizada para el grano y el PAV de trigo.

3.2.2.1.- Análisis de peso seco en espigas para suelos Lo Vázquez y Lampa

Los resultados mostrados en la tabla 12, se dividen en materia seca obtenida en las espigas y el conteo de espigas con y sin grano, que representan un análisis cualitativo con respecto a la productividad en este ensayo.

Tabla 12. Materia seca (g) de la espigas del trigo para suelos Lo Vázquez y Lampa con los distintos tratamientos aplicados

Descripción	Espigas (g)	N° espigas		Total espigas
		c/granos	s/granos	
T ₁ Tr-Av VAZ	46	35	10	45
T ₂ Tr-Av VAZ	46	29	7	36
T ₃ Tr-Av VAZ	48	31	4	35
T ₄ Tr-Av VAZ	43	24	11	35
T ₅ Tr-Av VAZ	48	18	4	22
T ₁ Tr-Av LMP	52	32	13	45
T ₂ Tr-Av LMP	45	28	21	49
T ₃ Tr-Av LMP	48	29	11	40
T ₄ Tr-Av LMP	46	21	12	33
T ₅ Tr-Av LMP	44	27	14	41

Nota: Los valores mostrados en esta tabla, son valores aproximados

De estos resultados, se puede hacer un análisis cualitativo al conteo de granos en relación al número de espigas por planta de trigo.

De esta forma, se obtuvo que el uso de purín de cerdo usado en forma parcializada en el riego, aumentó levemente la producción de granos en ambos suelos en comparación con el uso de fertilizante inorgánico. Cabe hacer notar, en todo caso, que la producción de granos a nivel de invernadero, es muy variable y con alta incertidumbre, por lo que se tiende a no usar estos resultados para evaluar rendimiento.

3.2.2.2.- Análisis de PAV y grano de trigo para suelos Lo Vázquez y Lampa

La tabla 13, muestra los resultados de biomasa y de ERNF obtenidos en el análisis foliar del trigo, estos resultados representan los resultados totales (PAV + grano de trigo), para los suelos Lo Vázquez y Lampa.

De la misma forma que en la alfalfa, los gramos de N total aplicados, se calcularon con el aporte total de N aplicado en el suelo durante el período de ensayo, expresado en gramos en función del área de la columna (0,0304 m²). Los g de N absorbidos por el trigo, se calculo considerando la absorción total de N de la cosecha de trigo realizada durante el ensayo, en relación al área de la columna.

Tabla 13. Rendimiento y Eficiencia de recuperación de Nitrógeno aplicado en cultivos de Trigo

Muestra	Rendimiento (g ms m ⁻²)	N absorbido (g/m ⁻²)	N aplicado (g/m ⁻²)	ERNF (%)
T ₁ Tr-Av VAZ	2120	42	291	15
T ₂ Tr-Av VAZ	2071	42	158	27
T ₃ Tr-Av VAZ	2125	45	91	49
T ₄ Tr-Av VAZ	1973	34	174	20
T ₅ Tr-Av VAZ	1973	31	0	
T ₁ Tr-Av LMP	2580	55	310	18
T ₂ Tr-Av LMP	2179	38	176	22
T ₃ Tr-Av LMP	2373	48	109	44
T ₄ Tr-Av LMP	2286	52	192	27
T ₅ Tr-Av LMP	2271	40	0	

Nota : No se considera T₅, ya que no tuvo aplicación de N.
Los valores mostrados en esta tabla, son valores aproximados

Al igual que en caso anterior, la producción de biomasa de gramínea se ve favorecida en suelos franco-arcillosos (suelo Lampa), siendo notorio que para ambos suelos, la producción de biomasa es mayor en los tratamientos donde se utilizó purín de cerdo.

La absorción de nitrógeno por las plantas, también se vio beneficiada en el suelo Lampa, esto se puede deber, al elevado CIC y %MO y baja relación C/N que tiene el

suelo Lampa en comparación con el suelo Lo Vázquez, dada las razones antes mencionas.

En cuanto al ERNF, para los suelos Lo Vázquez y Lampa, se vio favorecido el tratamiento T₃ (dilución 1:24 purín/agua). Por lo que se infiere que para este caso, el uso de purín de cerdo es provechoso para el cultivo de gramínea en suelos francos y franco-arcillosos.

3.2.3.- Análisis foliar en Avena

En el caso de la avena sólo se obtuvo un corte, al que se les realizó los análisis foliares correspondientes, el estudio de los resultados obtenidos, se hará de la misma forma que los casos anteriores.

De la misma forma que en la alfalfa y el trigo, los gramos de N total aplicados, se calcularon con el aporte total de N aplicado en el suelo durante el período de ensayo, expresado en gramos en función del área de la columna (0,0304 m²). Los g de N absorbidos por la avena, se calculó considerando la absorción total de N del corte de avena realizado durante el ensayo, en relación al área de la columna.

La tabla 14, muestra los resultados de rendimiento y ERNF del nitrógeno absorbido en la avena.

Tabla 14. Rendimiento y Eficiencia de recuperación de Nitrógeno aplicado en cultivos de avena

Muestra	Rendimiento (g ms m ⁻²)	N absorbido (g m ⁻²)	N aplicado (g m ⁻²)	ERNF (%)
T ₁ Tr-Av VAZ	816	23	196	12
T ₂ Tr-Av VAZ	1169	28	110	25
T ₃ Tr-Av VAZ	1045	30	67	44
T ₄ Tr-Av VAZ	1197	25	174	15
T ₅ Tr-Av VAZ	1266	27		
T ₁ Tr-Av LMP	1157	31	221	14
T ₂ Tr-Av LMP	1306	31	132	24
T ₃ Tr-Av LMP	775	22	87	25
T ₄ Tr-Av LMP	549	16	192	8
T ₅ Tr-Av LMP	1233	38		

Nota : No se considera T₅, ya que no tuvo aplicación de N.
Los valores mostrados en esta tabla, son valores aproximados

De la tabla 14 se infiere que la producción de biomasa de avena, al contrario de los casos anteriores, se vio favorecida en suelo franco (suelo Lo Vázquez).

La absorción de nitrógeno por las plantas, se vio beneficiada en el suelo Lampa, debido a su elevado CIC y %MO y baja relación C/N que tiene el suelo Lampa en comparación con el suelo Lo Vázquez.

En cuanto al ERNF, para los suelos Lo Vázquez y Lampa, se vieron beneficiados el tratamiento T₃ (dilución 1:24 purín/agua). Por lo que se infiere que para este caso, el uso de purín de cerdo es favorable para el cultivo de avena en suelos francos y franco - arcillosos.

En conclusión para los tres análisis foliares, el mejor tratamiento empleado en este ensayo fue T₃, dada la eficiencia de la recuperación del nitrógeno aplicado en los cultivos, por lo que se podría considerar el uso agrícola del purín de cerdo en una dilución de 1:24 purín/agua.

Además, por los resultados obtenidos, sería más apropiado aplicar purines de cerdo en suelos que tengan como característica un elevado CIC, un elevado %MO y una baja relación de C/N, de forma que se favorezca la retención del nitrógeno en forma amoniacal en el suelo y con esto, una mayor disponibilidad del nitrógeno en el tiempo para el uso por las plantas, de modo de lograr una minimización de la pérdida de nitrógeno nítrico por lixiviación.

3.3.- Análisis de lixiviados en los suelos Lo Vázquez y Lampa en todos los ensayos realizados

Para realizar este tipo de análisis se consideraron 4 parámetros en todos los lixiviados recolectados durante 238 días que correspondió al período del ensayo. Estos parámetros fueron: pH, Conductividad Eléctrica, N total y Volumen percolado. Los resultados analíticos de los lixiviados se muestran en el anexo I.

Para desarrollar la forma de análisis de estos resultados, se separaron de la siguiente manera:

- a) Análisis de Nitrógeno total en función del tiempo de ensayo
- b) Análisis de pH en función del tiempo de ensayo, para los suelos Lo Vázquez y Lampa.
- c) Análisis de la Conductividad Eléctrica en función del tiempo, para los suelos Lo Vázquez y Lampa.

3.3.1.- Análisis de Nitrógeno total en función del tiempo de ensayo

Para el desarrollo de este análisis los resultados se subdividieron en varias partes con el fin de inferir la mayor cantidad de información posible de los datos.

Los resultados de N total aplicado y lixiviado, acumulados a través del tiempo, se muestran en las tablas 15 y 16 que corresponden al balance de N total en las columnas. Los datos mostrados en éstas tablas, están expresados en mg N Kg^{-1} , los cuales se determinaron utilizando la concentración en mg L^{-1} medida en los análisis de lixiviado o de N aplicado, además se utilizó los volúmenes aplicados o percolados en las columnas para determinar los mg de N total acumulados. Para determinar los Kg de suelo en la columna, se utilizaron los datos del volumen de columna y la densidad aparente de los suelos Lo Vázquez y Lampa respectivamente. El nitrógeno volatilizado, se estimó considerando que fue un 10% del nitrógeno total aplicado.

El nitrógeno total removido expresados en las tablas 15 y 16, equivale a la suma del nitrógeno total volatilizado + nitrógeno total lixiviado + nitrógeno total absorbido por la plantas (en el caso de que exista una cubierta vegetal).

Los mg de N Kg⁻¹ de suelo mostrados en las tablas 15 y 16, corresponden a la suma de todos los resultados obtenidos de las 34 colectas realizadas durante el ensayo. A continuación se mostrara un ejemplo del cálculo utilizado para obtener los mg N Kg⁻¹ de suelo en T₁ SD VAZ:

Datos:

- Nitrógeno total lixiviado = 153 mg L⁻¹
- Volumen percolado = 515 mL
- Volumen de la columna = 30172 cm³
- Densidad aparente (suelo VAZ) = 1,8 g cm⁻³

Luego:

$$\frac{153 \text{ mg}}{\text{L}} \quad \frac{515 \text{ mL}}{\text{L}} \quad \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 79 \text{ mg de N columna}^{-1}$$

Nota: La suma total de los mg de N columna⁻¹ en esa columna al final del ensayo, fueron 7403 mg de N columna⁻¹, por lo que:

$$\frac{7403 \text{ mg}}{1,8 \text{ g suelo}} \quad \frac{1 \text{ cm}^3}{30172 \text{ cm}^3} \quad \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg suelo}} = 136 \text{ mg N / Kg suelo}$$

3.3.1.1.- Balance de N total en las columnas de lixiviación.

El balance de nitrógeno, representa el movimiento del nitrógeno a través de la columna del suelo.

Las tablas 15 y 16, muestran los resultados obtenidos para los suelos VAZ y LMP, en el balance de nitrógeno.

Tabla 15. Balance de N para suelo Lo Vázquez

N total							
Tratamiento	N total aplicado (mg N Kg ⁻¹ de suelo)	N total absorbido por las plantas (mg N Kg ⁻¹ de suelo)	N total volatilizado (mg N Kg ⁻¹ de suelo)	N total lixiviado (mg N Kg ⁻¹ de suelo)	N total removido (mg N Kg ⁻¹ de suelo)	N total columna (mgN Kg ⁻¹ de suelo)	% N total removido
T ₁ SD VAZ	171	0	17	25	42	129	25
T ₂ SD VAZ	103	0	10	21	31	72	70
T ₃ SD VAZ	69	0	7	18	25	44	64
T ₄ SD VAZ	118	0	12	17	29	89	76
T ₅ SD VAZ	29	0	3	14	17	12	42
T ₁ Alf VAZ	369	62	37	53	152	217	59
T ₂ Alf VAZ	202	59	20	38	117	85	42
T ₃ Alf VAZ	118	79	12	11	102	16	14
T ₄ Alf VAZ	118	62	12	6	80	38	32
T ₅ Alf VAZ	29	67	3	5	75	-46	-158
T ₁ Tr-Av VAZ	282	37	28	45	110	172	61
T ₂ Tr-Av VAZ	159	39	16	21	76	83	52
T ₃ Tr-Av VAZ	97	41	10	15	66	31	32
T ₄ Tr-Av VAZ	118	33	12	1	46	72	61
T ₅ Tr-Av VAZ	29	32	3	2	37	-8	-29

Nota : se consideró el aporte inicial de nitrógeno total en el suelo VAZ. (29 mg N/Kg)

(*) : Este fenómeno se pudo deber a un proceso de mineralización y fijación simbiótica del nitrógeno en la columna de suelo, que pudo ocasionar un aumento en la concentración inicial de nitrógeno. Este proceso no está analizado en este estudio.

Tabla 16. Balance de N para suelo Lampa

Tratamiento	N total						% N total removido
	N total aplicado (mg N Kg ⁻¹ de suelo)	N total absorbido por las plantas (mg N Kg ⁻¹ de suelo)	N total volatilizado (mg N Kg ⁻¹ de suelo)	N total lixiviado (mgN Kg ⁻¹ de suelo)	N total removido (mgN Kg ⁻¹ de suelo)	N total columna (mg N Kg ⁻¹ de suelo)	
T ₁ SD LMP	1114	0	111	27	138	976	12
T ₂ SD LMP	1032	0	103	26	129	903	13
T ₃ SD LMP	991	0	99	26	125	866	13
T ₄ SD LMP	1050	0	105	28	133	917	13
T ₅ SD LMP	950	0	95	32	127	823	13
T ₁ Alf LMP	1353	76	135	29	240	1113	18
T ₂ Alf LMP	1151	96	115	50	261	890	23
T ₃ Alf LMP	1051	58	105	37	200	851	19
T ₄ Alf LMP	1050	107	105	18	230	820	22
T ₅ Alf LMP	950	91	95	19	205	745	22
T ₁ Tr-Av LMP	1248	57	125	48	230	1018	18
T ₂ Tr-Av LMP	1099	46	110	43	199	900	18
T ₃ Tr-Av LMP	1025	47	103	21	170	855	17
T ₄ Tr-Av LMP	1050	45	105	40	190	860	18
T ₅ Tr-Av LMP	950	52	95	6	153	797	16

Nota: se consideró el aporte inicial de nitrógeno total en el suelo LMP (950 mg N/Kg)

En general, la tabla 15 muestra que el fertilizante inorgánico (Tratamiento T₄) produjo menor lixiviación de NO₃⁻, comparado con el producido por las columnas con diluciones con purín I (Tratamientos T₁, T₂, T₃).

Esto se puede deber a que este suelo (suelo franco), posee una menor capacidad de retención de nitrógeno en forma amoniacal, dada sus características de bajo CIC y bajo % materia orgánica (MO).

Además la tabla 15 muestra, que al utilizar una cubierta vegetal en la superficie del suelo, se produce una mayor remoción total de nitrógeno. Por lo que sería

recomendable al momento de aplicar fertilizantes nitrogenados tener suelos con algún tipo de cubierta vegetal.

Asimismo la tabla 15 muestra, que al utilizar una cubierta vegetal de leguminosa (alfalfa) ocurre una mayor pérdida de nitrógeno por lixiviación, que al utilizar una cubierta de gramínea, esto se puede atribuir a que las leguminosas son capaces de absorber nitrógeno directamente de la atmósfera, con ayuda de bacterias (por ejemplo, *sp. Rhizobium*), por lo que, la aplicación de purines como fertilizantes en este tipo de plantas, debería ser menor que en las gramíneas, para de esta forma, evitar una mayor pérdida de nitrógeno por lixiviación.

De la tabla 16 se infiere que, para este ensayo no hubo un testigo real, debido a que los resultados obtenidos en la lixiviación de T₅ fueron muy semejantes a T₄, por lo que se puede deducir que el suelo utilizado para rellenar las columnas T₅ tenía en alguna medida fertilizante mineral, en una proporción que es desconocida.

Además, de esta tabla se destaca que para todas las cubiertas empleadas en este ensayo (con o sin vegetal), el tratamiento T₃ fue el que produjo menor pérdida de nitrógeno por lixiviación, lo que se puede asumir que para el uso agrícola del purín de cerdo como fertilizante, se recomendaría utilizar esta dilución (1:24 purín/agua).

En general, de las tablas 15 y 16, se obtiene que el suelo franco-arcilloso (suelo Lampa) fue el que produjo un menor % de remoción de nitrógeno que el suelo franco (suelo Lo Vázquez), esto se puede atribuir a las propiedades físicas y químicas de los suelos Lo Vázquez y Lampa, como CIC y % de MO. Debido a estas propiedades es

de esperarse que el suelo Lampa sea aquel que retenga por mayor tiempo el nitrógeno amoniacal absorbido en las arcillas del suelo o en la MO, por lo que debería producir una menor lixiviación de este nutriente.

De estos resultados se deduce, que el suelo franco – arcilloso es más adecuado para la utilización de fertilizantes nitrogenados, ya que ocasionan una disminución en el riesgo de lixiviación de nitratos.

También se concluye que la dilución 1:24 (purín/agua) es recomendable para el uso de este fertilizante, en ambos suelos, dado su baja lixiviación y buena productividad de biomasa.

3.3.1.2.- Análisis de N nítrico y N amoniacal en lixiviados de los suelos Lo Vázquez y Lampa

Otros análisis realizados fueron, el análisis del nitrógeno nítrico, amoniacal y total, presente en los purines I y II, utilizados en los ensayos en las columnas de lixiviación, este análisis se muestra en la figura 18.

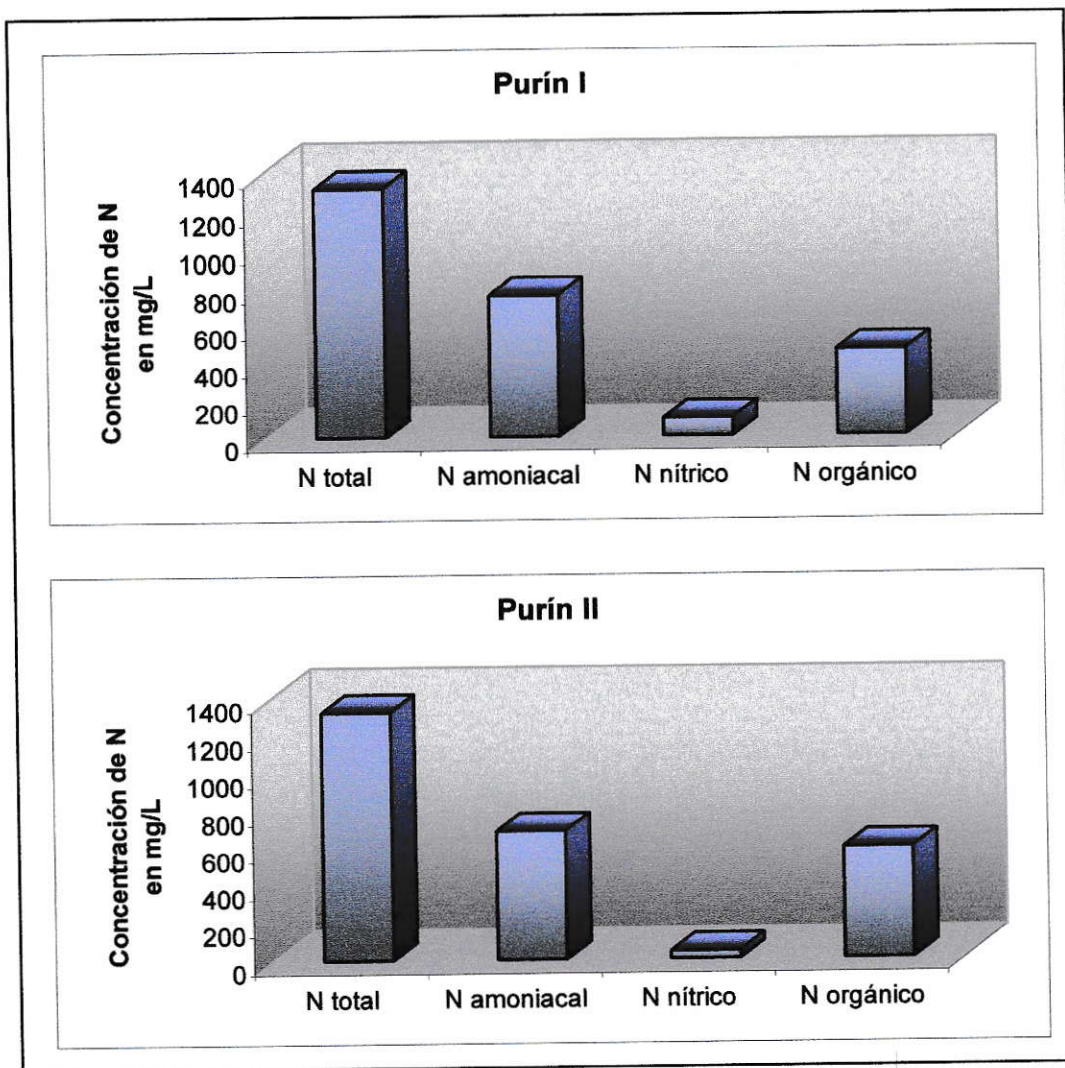


Figura 18. Resultados de análisis de nitrógeno nítrico, amoniacal y total en purines I y II.

De estos análisis, se demuestra que el mayor aporte de nitrógeno por los purines al suelo, corresponde al nitrógeno amoniacal. Para ambos casos el nitrógeno amoniacal, corresponde a más del 50% en relación al nitrógeno total, en cambio el nitrógeno nítrico, no supera el 10% en relación al nitrógeno total.

En el caso de los lixiviados, los análisis de nitrógeno nítrico y nitrógeno amoniacal fueron comparados con el nitrógeno total al inicio y final del ensayo. La figuras 19 y 20,

muestran la proporción de nitrógeno nítrico, amoniacal y total presente en el lixiviado al inicio del ensayo y las figuras 21 y 22 muestran la proporción de nitrógeno nítrico, amoniacal y total al final del tiempo de ensayo. Para esta caracterización se utilizaron los lixiviados recolectados en las columnas con suelo desnudo.

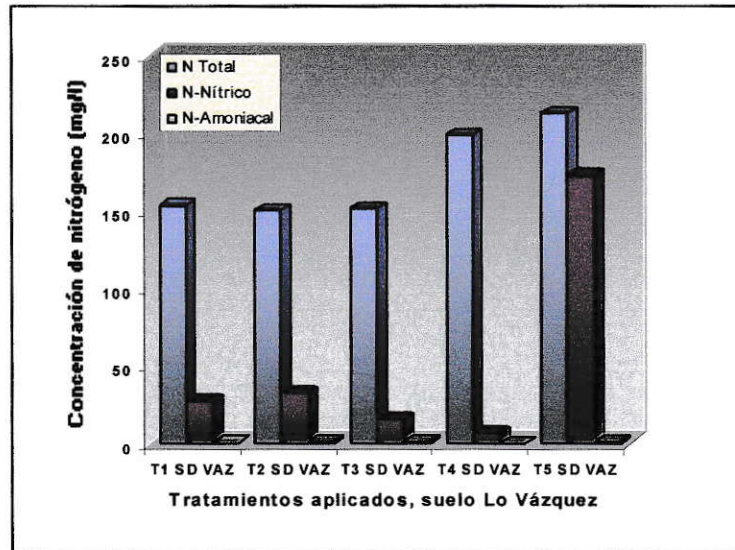


Figura 19. Representación gráfica del nitrógeno nítrico, amoniacal y total al inicio del ensayo presente en el lixiviado de las columnas con suelo desnudo para suelo Lo Vázquez.

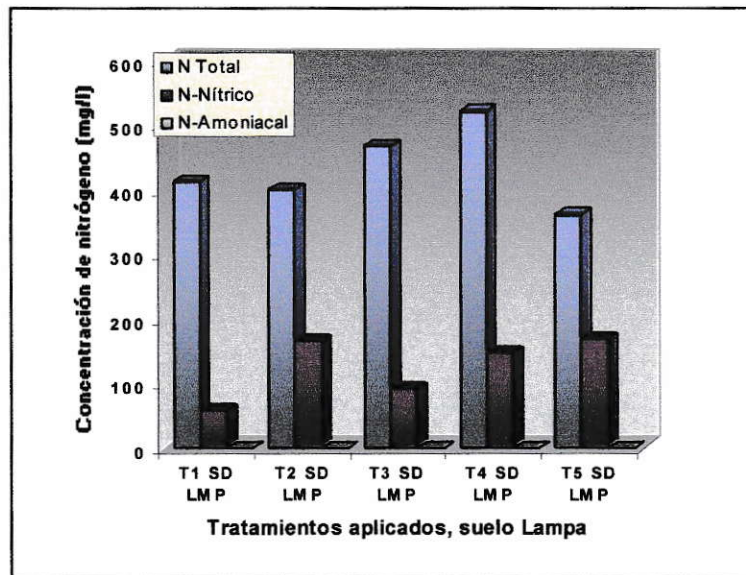


Figura 20. Representación gráfica del nitrógeno nítrico, amoniacal y total al inicio del ensayo presente en el lixiviado de las columnas con suelo desnudo para suelo Lampa.

De las figuras 19 y 20 se obtuvo que para el suelo Lo Vázquez, en la primera colecta de lixiviado, el N-nítrico varía entre 3 – 18% en relación al nitrógeno total medido, excepto en T₅ que el N-nítrico representa un 80% del nitrógeno total del lixiviado, este comportamiento se puede adjudicar a un lavado de esta columna de suelo, el cual produjo un mayor desplazamiento del nitrógeno nítrico presente en este.

Además el N-amoniaco para este suelo presenta valores de 0,3 – 0,8% con respecto al nitrógeno total medido.

En el suelo Lampa, la primera colecta de lixiviado dió como resultado, que el N-nítrico varió entre 9 – 42% en relación al nitrógeno total y el N-amoniaco presentó valores de 0,06 – 1% en relación al nitrógeno total.

De esta información se deduce, que para los suelos Lo Vázquez y Lampa, al comienzo del ensayo los procesos de nitrificación y mineralización no eran predominantes, por lo que la cantidad de nitratos en el lixiviado fue inferior al 50% del total de nitrógeno medido en estas soluciones.

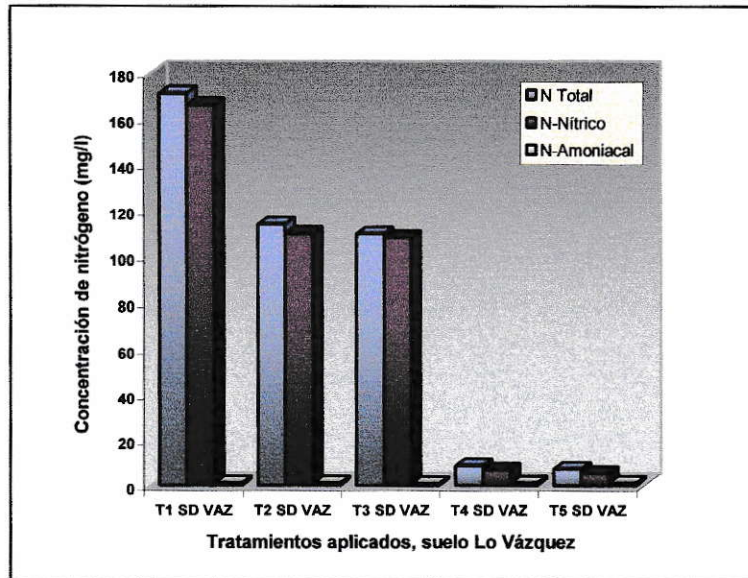


Figura 21. Representación gráfica del nitrógeno nítrico, amoniacal y total en último percolado colectado desde columnas con suelo desnudo para suelo Lo Vázquez.

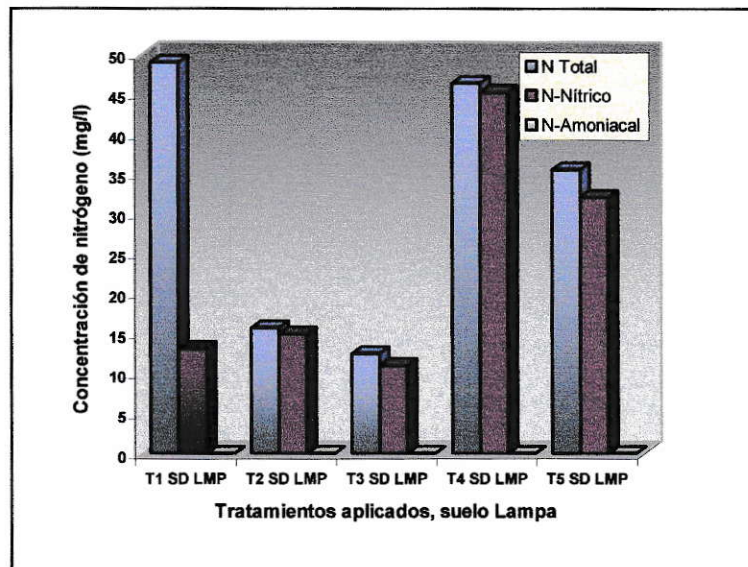


Figura 22. Representación gráfica del nitrógeno nítrico, amoniacal y total en último percolado colectado desde columnas con suelo desnudo para suelo Lampa.

De las figuras 21 y 22 se infiere que para el suelo Lo Vázquez, los resultados de nitrógeno al final del ensayo variaron entre 70 – 98,5% de N-nitrico en relación al nitrógeno total, y 0,5 – 15% de N-amoniacoal en relación al nitrógeno total.

Para el suelo Lampa, los resultados obtenidos al final del ensayo variaron entre 88 – 98% de N-nítrico en relación del nitrógeno total, excepto para T₁ que se obtuvo un 26% de N-nítrico con respecto al nitrógeno total, esto sugiere a que en esta columna ocurrió algo que detuvo o inhibió en alguna medida el proceso de nitrificación en la columna de suelo

Además estas columnas, no mostraron presencia de nitrógeno amoniacal en los análisis realizados.

De estos resultados se concluye que el nitrógeno total medido durante el ensayo sería representativo del N-Nítrico presente en estas soluciones, por lo que se puede considerar los contenidos de nitrógeno total como representativos para el estudio de la posible lixiviación de NO₃⁻ a través del tiempo por la columna de suelo.

Además se concluye que el suelo Lo Vázquez (suelo franco), presenta una mayor pérdida de nitrógeno en las columnas regadas con purín, y en el suelo franco-arcillosos, fueron las columnas con fertilizantes mineral (T₄ y T₅, dado que en este caso no hubo un testigo real). Este comportamiento se puede adjudicar a los parámetros físicos y químicos de los suelos mencionados en el punto anterior.

3.3.1.3.- Comportamiento del Nitrógeno total lixiviado en el suelo en función del tiempo

El análisis gráfico del nitrógeno total fue realizado para las columnas con suelo desnudo, debido a que se quiere analizar el comportamiento del nitrógeno del suelo en

ausencia de algún tipo de interferencia. Para este caso, las interferencias pudieron ser provocadas por la presencia de plantas, debido a que éstas absorben parte del nitrógeno aplicado en el suelo.

Las figuras 23 y 24, muestran la tendencia que produce el uso de purines y fertilizante inorgánicos en la pérdida de nitrógeno total por lixiviación.

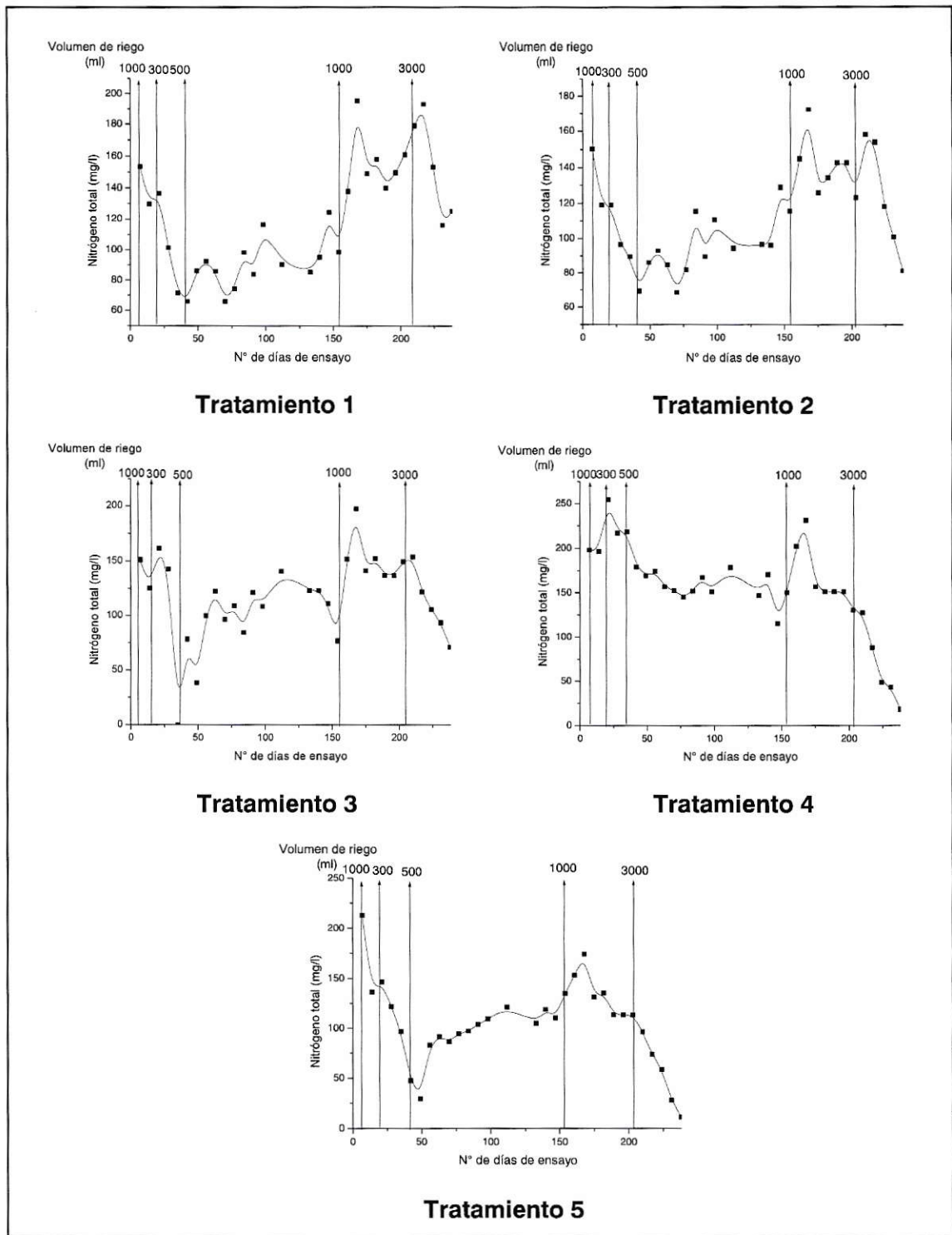


Figura 23. Relación entre el comportamiento del Nitrógeno total en función del período de ensayo para suelo Lo Vázquez, definido por tratamiento aplicado en Suelo Desnudo.

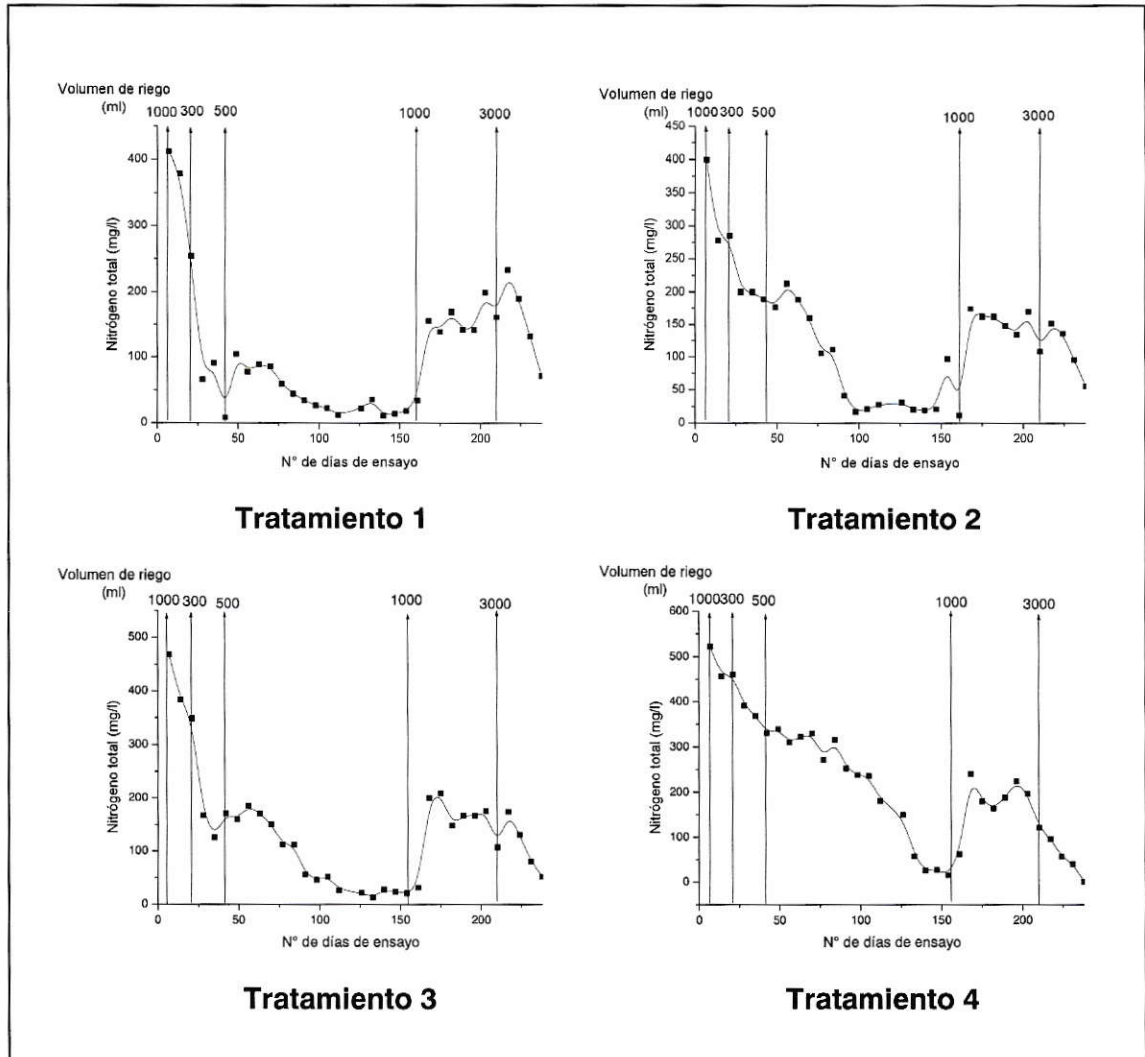


Figura 24. Relación entre el comportamiento del Nitrógeno total en función del período de ensayo para suelo Lampa, definido por tratamiento aplicado en Suelo Desnudo.³

De la figura 23 y 24, se infiere que el comportamiento de la lixiviación del nitrógeno total, esta relacionado con las tasas de aplicación de agua para riego empleado en las columnas, este comportamiento se denota tanto en el suelo Lo Vázquez como el suelo Lampa.

³ Para las tablas 23 y 24, los volúmenes aplicados se encuentran en la tabla 8.

El suelo Lo Vázquez (suelo franco) y el suelo Lampa (suelo franco-arcilloso), muestran que cuando existe un aumento del volumen de riego, produce un aumento en la lixiviación del nitrógeno total, debido a que se produce un lavado de la columna de suelo, pero cuando el volumen de riego se mantiene constante, se produce una disminución paulatina de la concentración del nitrógeno total en el lixiviado.

Hay que destacar que el suelo Lampa, tiende a una disminución más rápida de la concentración de nitrógeno total en el lixiviado comparado con el suelo Lo Vázquez, esto se puede deber a la estructura franco-arcillosa del suelo Lampa, siendo este suelo el que tiene mayor capacidad de retención de nitrógeno que el suelo Lo Vázquez.

De esto se concluye que al aplicar fertilizantes nitrogenados a un suelo, se debe tratar de mantener los volúmenes de riego constante con el fin de conservar la capacidad de campo en la columna de suelo, de modo de minimizar la lixiviación de nitrógeno en el tiempo.

En el caso de las columnas con cubierta alfalfa, el comportamiento del nitrógeno a través del tiempo, sigue un comportamiento similar al presentado en las columnas con suelo desnudo, pero hay una mayor cantidad de fluctuación en la concentración de nitrógeno que se pueden asociar a la demanda de nitrógeno de la alfalfa.

Hay que denotar, que la tasa de absorción de nitrógeno de las plantas ocurre en la etapa de crecimiento de estas (desde cuando brotan, hasta que llegan a una etapa adulta), después de esta etapa, la planta no absorbe más nutrientes del suelo, por lo que la mayor demanda de N por parte de la alfalfa ocurrió en la etapa de crecimiento y

después de cada corte y en el caso del trigo y la avena fue en el período de crecimiento hasta el estado adulto.

Por lo tanto, la incidencia de la demanda de nitrógeno de la planta en la lixiviación de nitrato, se puede inferir que la mejor aplicación de fertilizantes nitrogenados sería, cuando ocurra la mayor demanda de nitrógeno por parte de la planta y de esta forma minimizar la pérdida de nitrato por lixiviación.

Nota: las columnas trigo-avena, no presentaron una cantidad suficiente de muestras como para obtener una tendencia del comportamiento del nitrógeno total en relación al tiempo de ensayo.

3.4.- Análisis del pH en función del tiempo de ensayo

Para este análisis se examinó cada suelo por separado y según el tratamiento aplicado en las columnas de lixiviación. Esto tiene como finalidad ver la tendencia que produce el uso de purines y fertilizante inorgánicos en el pH del suelo.

Las tablas 17 y 18 muestran los valores de pH medidos en las columnas con suelo desnudo, en los suelos Lo Vázquez y Lampa, a los 7, 119 y 231 días de ensayo que corresponden al inicio, mitad y final del ensayo de las columnas de lixiviación.

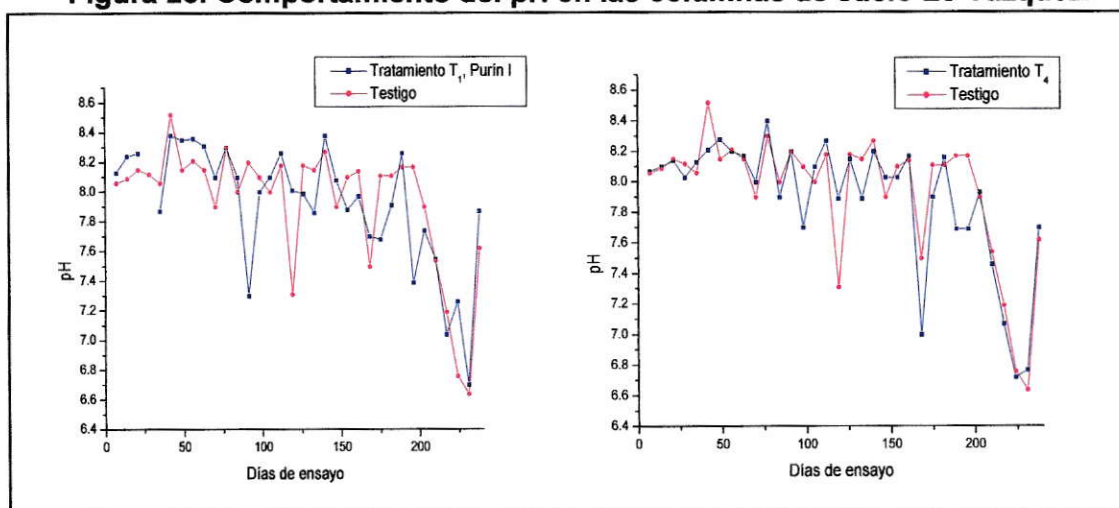
Tabla 17. Comportamiento del pH en relación al tiempo de ensayo, para columnas con suelo desnudo en el suelo Lo Vázquez

Muestra			pH		
			7 días	119 días	231 días
T ₁	SD	VAZ	8,13	8,01	6,70
T ₂	SD	VAZ	8,10	7,46	6,68
T ₃	SD	VAZ	8,16	7,71	6,72
T ₄	SD	VAZ	8,07	7,89	6,77
T ₅	SD	VAZ	8,06	7,31	6,64

Nota: pH inicial del suelo 6,1

Además para este suelo, se realizó un análisis grafico del comportamiento del pH. La figura 25 representa este comportamiento en las columnas T₁ (dilución 1:6 purín/ agua) y T₄ (fertilizante inorgánico) comparados con el testigo, en las columnas con suelo desnudo.

Figura 25. Comportamiento del pH en las columnas de suelo Lo Vázquez.



Nota: sólo se colocó estos dos gráficos a modo de ejemplo, debido a que todas las columnas regadas con purín muestran la misma tendencia

De la tabla 17, se obtiene que el comportamiento del pH en el suelo Lo Vázquez, tiende a una disminución en el tiempo de ensayo. Esto se produjo tanto en suelos con fertilizante orgánico, fertilizante inorgánico y testigo.

De la figura 25, se infiere que la disminución del pH esta asociada a las propiedades físicas y químicas del suelo, por lo que de este ensayo no se puede concluir una incidencia del uso de fertilizantes nitrogenados en la acidificación del suelo.

Tabla 18. Comportamiento del pH en relación al tiempo de ensayo, para columnas con suelo desnudo en el suelo Lampa

Muestra			pH		
			7 días	119 días	231 días
T ₁	SD	LMP	7,9	7,47	7,42
T ₂	SD	LMP	7,71	7,75	7,29
T ₃	SD	LMP	7,62	7,79	7,43
T ₄	SD	LMP	7,52	7,51	7,11
T ₅	SD	LMP	7,76	7,68	6,87

Nota: pH inicial del suelo 7,6

Dado que en este caso no hubo un testigo real, se hace imposible realizar un análisis grafico para determinar una tendencia del comportamiento del pH, en función del suelo y fertilizantes utilizados.

En suelo Lampa, tabla 18, también presenta una disminución del pH, este comportamiento se presento en todas las columnas con y sin fertilizantes. En este caso es el testigo que presenta la mayor disminución del pH.

Si se considerara que el comportamiento del pH en el lixiviado, es representativo al comportamiento del pH en el suelo, entonces se podría esperar que en el suelo ocurra un paulatino descenso del pH, que depende de las características físicas y químicas de los suelos empleados, debido a que el proceso de acidificación depende de la capacidad amortiguadora del suelo y también depende de las características químicas del fertilizante utilizado.

Además, los valores de pH obtenidos de los lixiviados comparados con los pH iniciales de los suelos Lo Vázquez y Lampa, muestran que:

- En el suelo Lo Vázquez, el pH inicial es de 6,1 y dado que los valores de pH en los lixiviados no fueron menores que este valor de pH, se puede inferir que la capacidad amortiguadora de este suelo al uso de fertilizantes nitrogenados fue prolongada, dentro del periodo de ensayo.
- En el suelo Lampa, el pH inicial es de 7,6 y dado que los valores de pH en los lixiviados fueron menores que este valor de pH, se puede inferir que la capacidad amortiguadora de este suelo al uso de fertilizantes nitrogenados es inferior a la presentada por el suelo Lo Vázquez.

El comportamiento del pH que se obtuvo de las columnas con alfalfa, sigue la misma tendencia que las presentadas en las columnas con suelo desnudo, para los suelos Lo Vázquez y Lampa.

En el caso del trigo, no se registraron una cantidad suficiente de datos analíticos como para poder inferir algún comportamiento en relación al pH.

3.5.- Análisis de la conductividad eléctrica en función del tiempo de ensayo

Para este análisis se examinó cada suelo por separado y según el tratamiento aplicado en las columnas de lixiviación. Esto tiene como finalidad ver la tendencia que produce el uso de purines y fertilizante inorgánicos en la conductividad eléctrica del suelo.

Hay que destacar que la conductividad eléctrica se relaciona con el contenido de sustancias ionizadas en el agua (sales disueltas), por lo tanto este parámetro sirve estimar la concentración total de sales presentes en el agua.

Las tablas 19 y 20 muestran los resultados de conductividad eléctrica obtenidos en las columnas con suelo desnudo, en los suelos Lo Vázquez y Lampa, a los 7, 119 y 231 días de ensayo que correspondieron inicio, mitad y final del ensayo de las columnas de lixiviación.

Tabla 19. Comportamiento de la conductividad eléctrica en relación al tiempo de ensayo, para columnas con suelo desnudo en el suelo Lo Vázquez

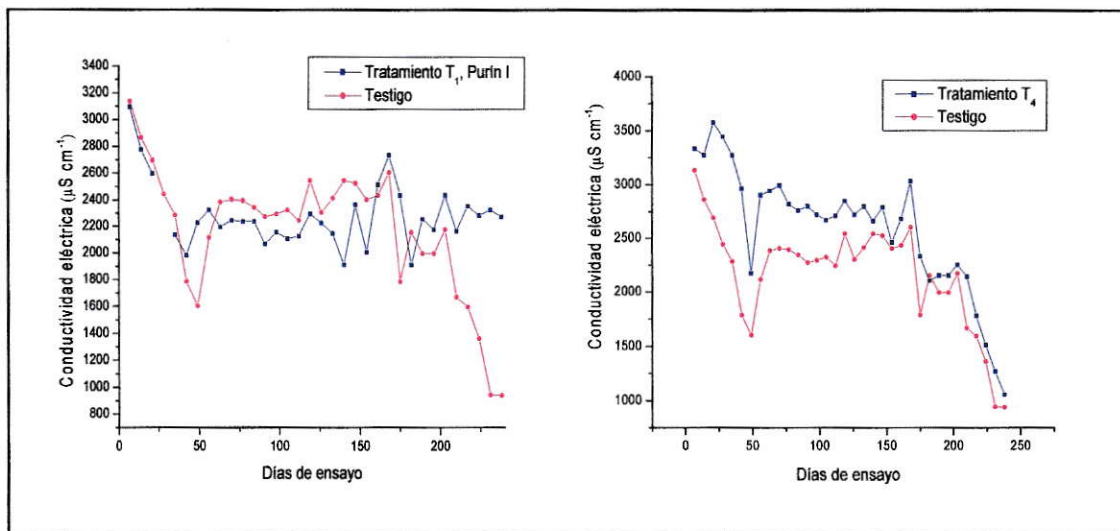
Muestra			Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)		
			7 días	119 días	231 días
T ₁	SD	VAZ	3100	2300	2330
T ₂	SD	VAZ	2710	2390	1870
T ₃	SD	VAZ	2980	2595	1860
T ₄	SD	VAZ	3340	2860	1274
T ₅	SD	VAZ	3140	2550	948

Nota: Conductividad eléctrica inicial del suelo 0,1 dS m⁻¹

Además para este suelo se realizó un análisis gráfico del comportamiento de la conductividad eléctrica en el suelo. La figura 26 representa este comportamiento en las

columnas T₁ (dilución 1:6 purín/ agua) y T₄ (fertilizante inorgánico) comparados con el testigo, en las columnas con suelo desnudo.

Figura 26. Comportamiento de la conductividad eléctrica en las columnas con suelo Lampa



Nota: sólo se colocó estos dos gráficos a modo de ejemplo, debido a que todas las columnas regadas con purín muestran la misma tendencia

De la tabla 19, se infiere que la conductividad eléctrica en el suelo Lo Vázquez tiene el siguiente comportamiento:

- Las columnas con aplicación de purín I muestran una mayor conductividad eléctrica al final del ensayo que la columna con fertilizante inorgánico, esto puede atribuirse a un aporte de sustancias hidrosolubles (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , etc) del purín I al suelo.
- La conductividad eléctrica del testigo es mayor que el aporte del agua de riego ($750\text{--}850$) $\mu\text{S cm}^{-1}$, por lo que se deduce, que no hubo una interferencia en el análisis a causa del agua de riego.

De la figura 26 se infiere que las columnas regadas con purín de cerdo, muestran una leve tendencia a la pérdida de sustancias salinas hidrosolubles al final del ensayo, dado el aumento en la conductividad eléctrica en comparación con el testigo, por el contrario, la columna con nitrato de potasio muestra esta tendencia al inicio del ensayo. Este aporte inicial del nitrato de potasio a la conductividad eléctrica puede estar relacionado con la lixiviación del nitrato por la columna de suelo.

Tabla 20. Comportamiento de la conductividad eléctrica en relación al tiempo de ensayo, para columnas con suelo desnudo en el suelo Lampa

Muestra			Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)		
			7 días	119 días	231 días
T ₁	SD	LMP	4620	2870	3010
T ₂	SD	LMP	5310	2940	2670
T ₃	SD	LMP	5740	2860	2530
T ₄	SD	LMP	5800	3940	2140
T ₅	SD	LMP	4950	3640	1885

Nota: Conductividad eléctrica inicial del suelo $0,7 \text{ dS m}^{-1}$

Nota: dado que en este caso no hubo un testigo real, se hace imposible realizar un análisis gráfico para determinar una tendencia del comportamiento de la conductividad eléctrica en función del suelo y fertilizantes utilizados.

De la tabla 20, se infiere que la conductividad eléctrica en el suelo Lo Vázquez, tiene el siguiente comportamiento:

- Las columnas con purín de cerdo mostraron una disminución muy pequeña de la conductividad eléctrica desde la mitad del periodo del ensayo hasta el final del ensayo, además la conductividad eléctrica de estas columnas es mayor que la producida en la columna con fertilizante inorgánico, por lo que se deduce que

el purín II tiene un mayor aporte de sustancia hidrosolubles salinas al suelo que el nitrato de potasio.

- Comparando la conductividad eléctrica del agua de riego y el testigo, tampoco se denota algún tipo de interferencia en los análisis realizados.

En general, comparando los suelos Lo Vázquez y Lampa, el suelo Lampa es el que presenta mayor conductividad eléctrica que de aquí se deduce que este aporte no corresponde exclusivamente al uso de fertilizante, si no que también existe un aporte natural del suelo, dado que el suelo Lo Vázquez tiene un aporte inicial a la conductividad eléctrica de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$ y el suelo Lampa de $0,7 \text{ dS m}^{-1}$.

Como conclusión, se puede inferir que el uso de purines de cerdo podría generar en el tiempo, un aumento en la conductividad eléctrica en los suelos y en las aguas percoladas, y por ende, un aumento de la concentración de sales en el lixiviado y producir una acumulación de sales en los suelos, por lo que se deduce que la aplicación de este fertilizante debería realizarse en suelos con baja conductividad eléctrica para evitar un posible aumento en la salinidad.

Se debe considerar en este ensayo, que la concentraciones iniciales de sustancias hidrosolubles presente en los purines I y II, como Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y el RAS⁴ (relación de adsorción de sodio), están por debajo de las concentraciones estipuladas en la norma chilena para la calidad de agua de riego (NCh 1333/87 de 1987), por lo que no deberían presentar problemas ambientales en su aplicación en los suelos.

⁴ $\text{RAS} = [\text{Na}] \sqrt{[\text{Mg}] + [\text{Ca}]}$

En cuanto a las columnas con alfalfa, para los suelos Lo Vázquez y Lampa, la conductividad eléctrica tiene el mismo comportamiento que el mostrado en las columnas con suelo desnudo.

Las columnas con trigo y avena, no presentaron una cantidad suficiente de muestras como para determinar algún tipo de tendencia con respecto a la conductividad eléctrica.

CAPÍTULO IV

PROPUESTAS DE TÉCNICAS DE ABATIMIENTO EN EL USO DE PURINES DE CERDO.

4.1.- Contaminación por el uso de fertilizantes nitrogenados

El uso incorrecto de fertilizantes nitrogenados trae como consecuencia, una serie de problemas ambientales debido a que se produce lixiviación de nitratos, que puede afectar principalmente a las aguas, tanto superficiales como subterráneas.

La lixiviación de nitratos, se produce cuando existe un exceso de nitrógeno amoniacal en el suelo, el cual es transformado en nitrato por procesos microbiológicos. Estos procesos provocan una serie de problemas ambientales, debido en gran parte a que los fertilizantes se utilizan para mejorar la productividad en los cultivos, aplicándolos en grandes cantidades al suelo.

Estudios realizados en nuestro país, demuestran que de una cantidad X de fertilizante aplicado, sólo entre 40-50% es recuperado por los cultivos, el resto, se pierde ya sea por volatilización o lixiviación del nitrógeno.

Dada esta situación, se hace necesario buscar medidas que disminuyan o eviten este tipo de contaminación.

En el caso de los purines de cerdo, se podría intentar solucionar el problema de dos formas:

1. Desde la fuente, que corresponde a los planteles porcinos (este punto no será analizado en este seminario de título).
2. Desde el cultivo, que corresponde a los lugares donde es aplicado el purín para uso agrícola.

4.2.- Técnicas de abatimiento desde el cultivo

La eficiencia de uso del nitrógeno (EUN), que puede expresarse como la eficiencia de recuperación de N del fertilizante (ERNF), corresponde a la proporción del N aplicado que es recuperada en el cultivo, descontando el aporte de N natural que tiene el suelo. El tipo de fertilizante, las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua y la época de aplicación, entre otras variables, afectan la eficiencia de uso del nitrógeno.

Existen una serie de alternativas que reducen los problemas ambientales, en el uso de fertilizantes nitrogenados amoniacales, como es el caso del purín de cerdo. Los criterios de mitigación para la aplicación de purín en los cultivos, se muestran a continuación:

4.2.1.- Parcialización de la dosis de N aplicado

Esta medida tiene relación con la época de aplicación del fertilizante, que es uno de los factores que más afecta la eficiencia de uso del N, debido a que puede realizarse

aplicaciones de altas dosis de N en períodos en que el cultivo tiene una baja demanda, esto deja una mayor cantidad de N susceptible a pérdidas. Por esto, la aplicación del fertilizante nitrogenado debe efectuarse en parcialidades, lo más próximo al período de su utilización por el cultivo. Para que esta alternativa tenga un uso eficiente, se hace necesario conocer las dosis y épocas en que el cultivo a utilizar requiere mayor cantidad de nitrógeno.

En el caso de los purines aplicados en el ensayo de columnas de lixiviación, la parcialización del fertilizante dio como resultados que en diluciones de 1:24, generó la menor lixiviación de nitratos y buena productividad de biomasa, de acuerdo a los resultados de ERNF obtenidos en las tablas 11, 13 y 14.

4.2.2.- Formas de aplicación de nitrógeno y modo de riego.

En términos generales, la aplicación de fertilizantes en cultivos bajo riego tradicional, puede causar contaminación de las aguas subterráneas debido a la lixiviación de nitratos provocada por los elevados volúmenes de agua aplicados. Por esto, incrementando la eficiencia y uniformidad del riego, se reduce la cantidad de agua drenada a través del suelo y disminuye la cantidad de NO_3^- y de otros contaminantes lixiviados. En el ensayo, el proceso se vio caracterizado en el riego de las columnas de lixiviación, ya que cuando se producía un aumento en el volumen en el riego, también provocó un aumento en la concentración de nitrógeno total lixiviado, debido al mayor arrastre de nitratos desde el suelo. Este comportamiento se vio en todas las columnas con suelo desnudo (figuras 23 y 24).

Existe una forma más eficiente de riego, denominada fertirriego, el cual tiene como ventaja alcanzar una eficiencia de recuperación de N de más del 80%.

El fertirriego es un método que combina la aplicación de agua de riego con los fertilizantes. Esta práctica incrementa notablemente la eficiencia de la aplicación de los nutrientes, obteniéndose mayores rendimientos y mejor calidad, con una mínima contaminación del medio ambiente.

El fertirriego también permite aplicar los nutrientes en forma exacta y uniforme solamente al volumen radicular humedecido, donde están concentradas las raíces activas. Para programar correctamente el fertirriego se deben conocer la demanda de nutrientes en las diferentes etapas fenológicas del ciclo del cultivo. La curva óptima de consumo de nutrientes define la tasa de aplicación los nutrientes, evitando así posibles deficiencias o consumo excesivos.

Las recomendaciones del régimen de fertirriego para los diferentes cultivos están basadas en la etapa fisiológica, tipo de suelo, clima, variedades y otros factores agrotécnicos. Especial atención debe prestarse al pH, la relación NO_3/NH_4 , la movilidad de los nutrientes en el suelo y la acumulación de sales.

4.2.3.- Uso de fertilizantes que regulan la disponibilidad del N en el suelo

Esta es otra técnica que se podría emplear en la aplicación de purines de cerdo en los cultivos, para reducir la lixiviación de NO_3^- a las napas subterráneas.

Primero se debe considerar, que esta medida tiene como prioridad, desarrollar fertilizantes nitrogenados que permitan aumentar la ERNF y reducir el impacto ambiental. Lo ideal sería contar con fuentes que permitan un aporte de N extendido en el tiempo, evitando la necesidad de hacer aplicaciones repetidas, y que la liberación de N esté en concordancia con las necesidades de las plantas, es decir que coincida con la curva de absorción de N.

Los Inhibidores de la nitrificación (IN) son compuestos que tienen la capacidad para inhibir el proceso de nitrificación, lo que tiene como consecuencia un aumento en la eficiencia del uso del N, al mantener el NH_4^+ proveniente del fertilizante por más tiempo adsorbido en el suelo, y con esto disminuir las pérdidas de NO_3^- por lixiviación. Idealmente un IN debería cumplir con los siguientes requisitos:

- No ser tóxico para las plantas y otros organismos.
- Bloquear la conversión de NH_4^+ en NO_2^- inhibiendo específicamente la actividad o el crecimiento de *Nitrosomonas*.
- No interferir en la conversión del NO_2^- a NO_3^- por *Nitrobacter*.
- Moverse junto con el fertilizante para que se pueda distribuir uniformemente en el suelo.
- Mantener su acción inhibitoria por períodos prolongados de tiempo (semanas a meses).
- Ser relativamente económico.

Uno de los inhibidores más corrientes es la nitrapirina, un compuesto de piridina sustituida.

La nitrapirina inhibe específicamente la primera etapa de la nitrificación, la oxidación de NH_3 a NO_2^- , inhibiendo, por lo tanto las dos fases del proceso. Otros IN son la dicianidimida (DCD) y la 2-etilpiridina, entre otros. Las figura 27 muestra estos tres IN:

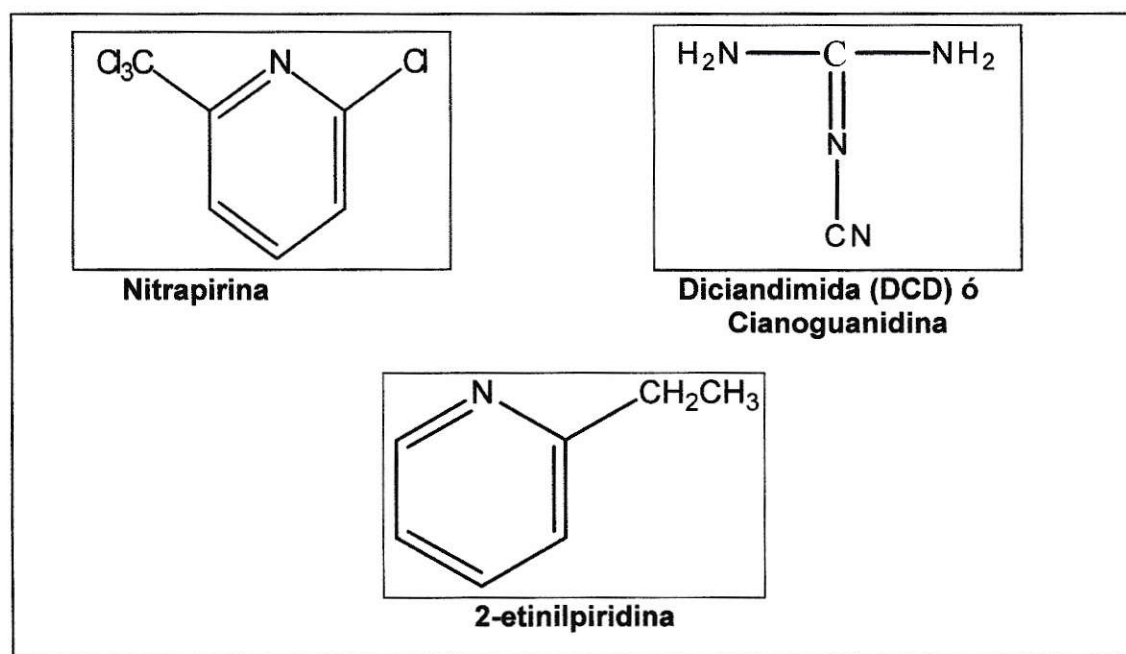


Figura 27. Estructuras de Inhibidores de la nitrificación.

Estos compuestos deben mezclarse en bajas cantidades con las fuentes fertilizantes amoniacales antes de su aplicación en el campo. Numerosos trabajos han demostrado que si el suelo y las condiciones ambientales son favorables para la pérdida de N por lixiviación y desnitrificación, el uso de los IN produce un aumento en la Eficiencia del uso del nitrógeno (EUN), al mantenerse el NH_4^+ por más tiempo en el suelo. En

general, los suelos de textura gruesa (arenosos) y de baja materia orgánica son los que mejor responden a la aplicación de los IN.

El funcionamiento de los IN, se basa en que estos compuestos son tóxicos para las bacterias nitrificantes y cuando se añaden al suelo, pueden inhibir temporalmente la nitrificación. La inhibición no debe ser total y estos productos deben ser selectivos, de forma que sólo actúen sobre los microorganismos nitrificantes, y no sobre otros microorganismos de las plantas.

Algunos de los factores que influyen en el momento de aplicación de los IN son:

- Textura del suelo: al aumentar el tamaño de las partículas del suelo, disminuye la persistencia del producto, debido a pérdidas por lixiviación de éste.
- Contenido de materia orgánica: la persistencia aumenta con dicho contenido, ya que el producto queda retenido en la materia orgánica. También se debe colocar el Nitrógeno fertilizado a una profundidad donde las bacterias denitrificantes esté limitada.
- Temperatura del suelo: al aumentar la temperatura del suelo, por ejemplo en los meses de primavera-verano, disminuye la persistencia del producto, ya que aumenta su velocidad de degradación. Por otro lado, el aumento de la temperatura favorece la actividad de los microorganismos nitrificantes.

Hay que considerar que estos compuestos inhibidores de nitrógeno pueden traer consecuencias tóxicas para el medio ambiente o para la salud humana, debido a que

son muchos los compuestos conocidos que tienen la capacidad de inhibir la nitrificación en el suelo, pero por razones de baja efectividad de la inhibición, costos excesivos, problemas de fitotoxicidad y razones medio ambientales, solamente dos de estos compuestos antes mencionados han tenido cierta presencia en el mercado de fertilizantes, estos compuestos son: Diciandimida (DCD) comercializada en Europa y Nitrapirina (NI) comercializada en Estados Unidos.

Ambos compuestos presentan una serie de desventajas que se describen a continuación:

a. Desventajas de la Diciandimida (DCD):

- Alto costo para la Agricultura.
- Necesita altas dosis para conseguir una inhibición idónea.
- Debido a su elevada solubilidad, es propensa a su lixiviación en el perfil de suelo.
- Posibles problemas toxicológicos

b. Desventajas de la Nitrapirina (NI):

- Alta presión de vapor imposibilita su incorporación a fertilizantes sólidos.
- Sensible a altas temperaturas, Corrosivo y Explosivo.
- Ciertos problemas toxicológicos similares a los órgano clorados, lo que provoca una fuerte oposición a su uso.

Otro compuesto utilizado como Inhibidor de la nitrificación (IN) es la 3,4 dimetilpirazolfosfato (DMPP), este compuesto tiene la ventaja, de que esta incorporada en el fertilizante, lo cual lo hace muy práctico y fácil de usar. La figura 28 muestra la estructura del DMPP.

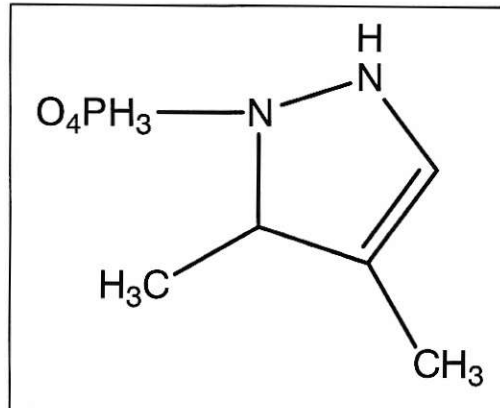


Figura 28. Estructura del DMPP

Esta molécula, posee un gran efecto sobre la inhibición de las nitrosomonas, su efecto es bacteriostático no bactericida y es altamente selectiva, sólo actúa sobre las nitrosomonas. No actúa sobre otras bacterias ni microorganismos del suelo, es inocuo para organismos acuáticos y lombrices de tierra y es degradado biológicamente en el suelo, sin dejar residuos.

Este compuesto se puede combinar con diferentes fertilizantes nitrogenados, tales como: granulares, solubles, líquidos, simples, binarios ó NPK. También se ha estudiado su uso en combinación con purinas (Larraín, 2002).

Las ventajas que tiene el DMPP son:

- Mejora la eficiencia del nitrógeno, pudiendo ajustar las unidades exactamente a las necesidades del cultivo.
- Mejora el desarrollo y calidad de las plantas debido al abastecimiento continuo de Nitrógeno.
- Minimiza las pérdidas por lixiviación por lluvia o riego.

Por estas razones, sería recomendable realizar ensayos para determinar si es factible la utilización de este IN en los purines de cerdo, para disminuir la posible lixiviación de nitratos hacia las aguas subterráneas por el uso de éste fertilizante.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. De este trabajo, se puede concluir que la aplicación de materiales nitrogenados a los suelos, puede producir en el tiempo, la lixiviación de nitratos por la columna de suelo. Siendo en este proceso, el uso de fuentes líquidas como los purines de cerdo, son igualmente influyente que fuentes sólidas como el nitrato de potasio.
2. El comportamiento de la lixiviación de nitrato por la columna de suelo, depende de las características fisicoquímicas del suelo empleado y de las características fisicoquímicas del purín utilizado como fertilizante. Estas características pueden ser el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, en el suelo, y la concentración inicial de nitrógeno y el contenido salino en el purín de cerdo.
3. En cuanto a la producción de biomasa: en el suelo Lo Vázquez (suelo franco), se obtuvo que las columnas tratadas con purín de cerdo aumentaron la masa de alfalfa y trigo. La masa de avena aumentó con el nitrato de potasio. Esto sugiere que en la producción de biomasa, el purín sería beneficioso para la alfalfa y trigo.

4. En el suelo Lampa (suelo franco arcilloso): la producción de biomasa mostró que, en el caso de la alfalfa, la mayor producción fue con el nitrato de potasio. En trigo y avena, la mayor producción de biomasa se obtuvo en las columnas fertilizadas con purín. En este caso se concluye que las gramíneas se vieron favorecidas con el uso de purín de cerdo.

Hay que destacar en cuanto a la eficiencia de producción de biomasa, el nitrato de potasio obtuvo buena producción en los cultivos utilizados en el ensayo, por lo que sería una alternativa a probar, la mezcla de ambos fertilizantes con la finalidad de mejorar la producción en los cultivos.

5. En cuanto a la Eficiencia de Recuperación del Nitrógeno Fertilizante (ERNF), se determinó que el tratamiento T₃ fue el que obtuvo el mejor resultado en la recuperación de nitrógeno por la absorción de las plantas utilizadas en el ensayo, por ende, sería recomendable que en el uso de purín en cultivos, la aplicación del riego sea en una dilución de 1:24 (purín/agua) con éste fertilizante. Esta tendencia se dio para ambos suelos.
6. De los análisis de nitrógeno total en el lixiviado, se concluye que el uso de purín produce una mayor pérdida de NO₃⁻ por lixiviación, comparado con el fertilizante inorgánico, aunque para el tratamiento T₃ esta diferencia no fue significativa. Además, la comparación de los suelos Lo Vázquez y Lampa mostró que no existe una gran diferencia en cuanto a la pérdida de nitrógeno por lixiviación y que en la mayoría de los casos, el tratamiento T₃ es el que tiene el mayor porcentaje de nitrógeno total removido.

7. Los resultados permiten sugerir que al momento de utilizar el purín de cerdo como fertilizante, para evitar una mayor pérdida de NO_3^- , se deberían tomar en cuenta alguna de las siguientes sugerencias:
 - a. Considerar la curva de absorción de nitrógeno de la planta a cultivar en el momento de aplicación de purín, debido a que es más recomendable para evitar una pérdida significativa del NO_3^- , realizar estas aplicaciones cuando la planta tenga una mayor demanda de absorción de este nutriente.
 - b. El riego de los cultivos debería ser constante, como se ha demostrado en este trabajo, cuando las tasas de aplicación de agua son constantes, es decir se mantiene la capacidad de campo, se genera una menor pérdida de nitrógeno total en el tiempo.
 - c. Procurar que los suelos donde se vaya a aplicar este fertilizante, tenga características de franco o franco-arcilloso, debido a que en suelos más porosos es más fácil que ocurra una mayor pérdida del N-Nítrico.
 - d. Evitar el uso excesivo de este fertilizante nitrogenado en el cultivo, para evitar una posible disminución del pH del suelo, que traería como consecuencia, una disminución de la productividad del cultivo.
 - e. Utilizar el purín siempre en suelos con cubierta vegetal, de este modo se minimiza el volumen percolado y por ende la pérdida del N-Nítrico.
 - f. Al momento de utilizar el purín, procurar siempre que este se encuentre diluido. Este trabajo muestra que la dilución ideal es 1:24, pero se debe considerar que el purín de cerdo a emplear sea de características similares en concentración de nitrógeno total a los purines utilizados en este estudio, de no ser así, se

debería ajustar los valores de nitrógeno total a las tasas de aplicación del ensayo.

8. Además de estas medidas, se tiene que considerar otras alternativas para el uso de cualquier fertilizante nitrogenado. Estas medidas tienen estrecha relación con la eficiencia del uso de estos fertilizantes en los cultivos.

Por lo antes mencionado, se hace necesario buscar nuevas alternativas que mejoren la eficiencia del uso del purín de cerdo en la agricultura. Una buena opción sería adicionar inhibidores de la nitrificación a esta solución, que ayudarían en la permanencia del nitrógeno en el suelo, dejándolo por más tiempo disponible para la absorción de las plantas. Además esta medida alternativa debe cumplir con el requisito que sea económicamente factible, tanto para el productor de purines como para el agricultor.

9. También hay que considerar que existen factores externos que van a influir en los proceso de lixiviación de nitratos, estos pueden ser, factores de carácter climático, como la pluviosidad de la zona, las oscilaciones de temperatura, y también pueden ser de carácter edáfico del lugar, como el tipo de suelo a utilizar.

La porosidad, la materia orgánica y el CIC del suelo a utilizar, juegan roles importantes para evitar una lixiviación de NO_3^- , ya que una baja porosidad, un alto % de materia orgánica y una alta Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) produciría que la presencia de nitrógeno aplicado en el suelo sea más prolongada en el tiempo.

10. Una situación que se podría producir por la lixiviación de nitratos en suelos, es la acumulación que se podría producir de éste en las aguas subterráneas. Para tratar de evitar que esto ocurra, además de las medidas antes mencionadas, también se tiene que considerar la profundidad en la que se encuentre el acuífero y el tipo de acuífero (libre o confinado), estos dos son parámetros importantes debido a que cuanto más próxima este el acuífero de la superficie o mejor sea el acceso del nitrato al acuífero a través del perfil del suelo , mayor es la probabilidad de que se produzca una acumulación de nitratos en las agua subterráneas, por lo que se debería considerar la geografía de la zona al momento de aplicación del purín de cerdo, para evitar una acumulación de nitratos en las aguas subterráneas.

Además de esto, el tiempo de tolerancia del acuífero hacia el nitrato, depende del volumen de agua, la tasa de cambio de agua del acuífero y de la cantidad de nitrógeno aplicado en el cultivo.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

- **BORMENISZA, ELEMAR; FASSBENDAR, HANS W.** 1987. Química de suelos de América Latina. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. Pp 216, 221.
- **DOMÉNECH, XAVIER.** 2000. Química de suelos. El impacto de los contaminantes. Depto. de química. Universidad Autónoma de Barcelona. Mirogueno Ediciones. Tercera Edición. Pp 131-132, 134-136.
- **DONÉZAR DÍAZ DE ULZURRUM, MIGUEL.** Contaminación y depuración de suelos. Instituto Tecnológico Geomarino de España. 11p.
- **DORRONSORO, CARLOS.** Lección 10. Degradación del suelo. Capítulo 5. Importancia de la degradación del suelo y estado actual. Depto. de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. Unidad docente e investigadora de la facultad de ciencias. REF.: FAO-UNESCO (En línea). <http://edafología.ugr.es/conta/tema10/import.htm>

- **EL PORTAL DEL MEDIO AMBIENTE.** Reportaje Abril 28 de 2003. Radiografía de los suelos de Chile. (En línea).
<http://www.sustentable.cl/portada/reportajes/1309.asp>
- **GARCÍA, INES.** Tema 14. Contaminación de Fertilizantes. Capítulo 1. Introducción. Capítulo 2. Nitrógeno. Ciclo del nitrógeno. Tipos de fertilizantes nitrogenados. Depto. de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. Unidad docente e investigadora de la facultad de ciencias. (En línea). <http://edafología.ugr.es/conta/tema10/import.htm>
- **GISPER, CARLOS; GAY, JOSE.** 2001. Atlas Geográfico Universal Y de Chile. Océano Grupo Editorial. Geografía y Cartografía de Chile. Pp XXXIX, XLIV.
- **GRUPO DE GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS.** Área de geodinámica externa, Depto. de Ciencias Experimentales. Universitat Jaime I Castellon. Lección 21. “Contaminación de origen agrícola”, (En línea). <http://www.agua.uji.es/lecciónRH21.doc>
- **HORATO P., RICARDO I.** 2000. Manual de edafología. Edición Universidad Católica de Chile. Cuarta Edición. Pp 24, 121.
- **INIA,** 2002. Proyecto INIA, FONSAG. Generación de información Local en Aplicación de Purines de Cerdos Al suelo como Apoyo a la Implementación de los Acuerdos de Producción Limpia. Pp 136, 146.

- **INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN INN.** NCh 409 Of. 70, Agua potable, Requisitos. Santiago, Chile.
- **LARRAÍN, PEDRO.** 2002. Revista Chile Riego N°11, El portal del riego en Internet. (En línea). http://www.chileriego.cl/revista/rev11/rev11_8htm
- **MADIGAN, MARTINKO, PARDER.** 2000 Biología de los microorganismos. Brock tercera edición revisada. Prentice Hall. Pp 571, 661.
- **NITRÓGENO.** 2002 Capítulo 3 “Un nutriente esencial para las plantas”. (En línea). <http://www.agropecstar.com/portal/doctos/agronomia3.htm>
- **NOVOA SOTA-AGUILAR, RAFAEL; OPAZO SALGADO, GIOVANNA.** 2001. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para evitar la Contaminación Difusa en Aguas. Centro Regional de Investigación, la Platina. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago. 49p.
- **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS).** 2003. Ambiente saludables para los niños. (En línea).
<http://www.who.int/world-health-day/2003/activities/euro/valencia2.pdf>

- **PORTA CASANELLAS, JAIME; LÓPEZ ACEVEDO REGUERIN, MARTA; ROQUERO DELABURU, CARLOS.** 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Ciclo del Nitrógeno. Pp 754, 760, 762.

- **SCHLESINGER, WILLIAM H.** 1997. Biogeochemistry an analysis of global chance. Cap. 12 "The Global Cycles of Nitrogen and Phosphorus. Academia Press, Second Edition. 384p

- **TECNOLOGÍA.** Tecnologías para mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno en Chile. Facultad de Agronomía y Forestal. P. Universidad Católica de Chile. (En líneas). <http://www.fauf.puc.cl/extension/agroforuc/Revista19/rortega.pdf>

- **VEGA, MIGUEL; BONTOUX LAURENT.** IPTS. Los nitratos en los alimentos: una cuestión de sanidad alimentaría. The IPTS Report. Rev.19. (En Línea). <http://jrc.es/ptsreport/vol19/spanish/HEA1S196.htm>

ANEXO I

TABLAS DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LIXIVIADOS

Nomenclatura utilizada en los análisis de lixiviados del ensayo de invernáculo.

Suelo desnudo		Alfalfa		Trigo-Avena	
Lo Vázquez	Lampa	Lo Vázquez	Lampa	Lo Vázquez	Lampa
T ₁ SD VAZ	T ₁ SD LMP	T ₁ Alf VAZ	T ₁ Alf LMP	T ₁ Tr-Av VAZ	T ₁ Tr-Av LMP
T ₂ SD VAZ	T ₂ SD LMP	T ₂ Alf VAZ	T ₂ Alf LMP	T ₂ Tr-Av VAZ	T ₂ Tr-Av LMP
T ₃ SD VAZ	T ₃ SD LMP	T ₃ Alf VAZ	T ₃ Alf LMP	T ₃ Tr-Av VAZ	T ₃ Tr-Av LMP
T ₄ SD VAZ	T ₄ SD LMP	T ₄ Alf VAZ	T ₄ Alf LMP	T ₄ Tr-Av VAZ	T ₄ Tr-Av LMP
T ₅ SD VAZ	T ₅ SD LMP	T ₅ Alf VAZ	T ₅ Alf LMP	T ₅ Tr-Av VAZ	T ₅ Tr-Av LMP

Nota: SD (Suelo Desnudo), Alf (Alfalfa), Tr-Av (Trigo-Avena), Tn (Tratamientos antes descritos). VAZ (suelo de Lo Vázquez), LMP (suelo de Lampa).

Resultados de lixiviados de Septiembre 06 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	2000	515	8,13	3100	153
T2 SD VAZ	2000	490	8,10	2710	150
T3 SD VAZ	2000	440	8,16	2980	151
T4 SD VAZ	2000	425	8,07	3340	198
T5 SD VAZ	2000	330	8,06	3140	213
T1 Alf VAZ	2000	296	8,13	3370	183
T2 Alf VAZ	2000	390	8,11	3070	160
T3 Alf VAZ	2000	410	8,14	3280	187
T4 Alf VAZ	2000	260	8,16	3440	215
T5 Alf VAZ	2000	370	8,22	2760	155
T1 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	2000	46	8,10	3700	221
T4 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	2000	205	7,90	4620	412
T2 SD LMP	2000	456	7,71	5310	399
T3 SD LMP	2000	286	7,62	5740	468
T4 SD LMP	2000	320	7,52	5800	521
T5 SD LMP	2000	470	7,76	4950	361
T1 Alf LMP	2000	305	7,70	5440	456
T2 Alf LMP	2000	330	7,82	5390	441
T3 Alf LMP	2000	421	7,74	5300	430
T4 Alf LMP	2000	230	7,90	5950	462
T5 Alf LMP	2000	141	7,59	5690	491
T1 Tr-Av LMP	2000	55	7,91	6230	518
T2 Tr-Av LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	2000	17	7,56	5470	499

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Septiembre 12 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	300	105	8,24	2780	130
T2 SD VAZ	300	75	8,19	2580	119
T3 SD VAZ	300	110	8,12	2760	125
T4 SD VAZ	300	120	8,1	3280	196
T5 SD VAZ	300	120	8,09	2870	137
T1 Alf VAZ	300	75	8,02	3300	169
T2 Alf VAZ	300	77	8,29	2840	141
T3 Alf VAZ	300	76	8,26	3000	148
T4 Alf VAZ	300	61	8,3	3410	213
T5 Alf VAZ	300	85	8,2	2800	131
T1 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	300	51	8,06	4720	378
T2 SD LMP	300	114	7,98	4120	277
T3 SD LMP	300	100	7,82	4860	384
T4 SD LMP	300	132	7,8	5460	457
T5 SD LMP	300	108	7,95	4080	269
T1 Alf LMP	300	110	7,74	5140	403
T2 Alf LMP	300	80	7,94	4540	357
T3 Alf LMP	300	108	7,96	4520	352
T4 Alf LMP	300	57	7,97	6220	570
T5 Alf LMP	300	54	7,86	5470	429
T1 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Septiembre 20 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	300	73	8,26	2600	137
T3 SD VAZ	300	90	8,13	2760	162
T3 SD VAZ	300	90	8,13	2760	162
T4 SD VAZ	300	65	8,14	3580	254
T5 SD VAZ	300	90	8,15	2700	146
T1 Alf VAZ	300	36	8,14	3390	223
T2 Alf VAZ	300	34	8,29	2810	160
T3 Alf VAZ	300	22	8,24	2530	184
T4 Alf VAZ	300	28	8,23	3500	253
T5 Alf VAZ	300	33	8,28	3050	200
T1 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	300	34	8,27	3830	254
T2 SD LMP	300	92	8,10	3530	285
T3 SD LMP	300	80	8,03	4450	348
T4 SD LMP	300	115	8,01	4760	461
T5 SD LMP	300	98	8,06	3700	298
T1 Alf LMP	300	70	8,10	4690	395
T2 Alf LMP	300	35	8,14	4540	423
T3 Alf LMP	300	51	8,13	4500	376
T4 Alf LMP	300	32	7,95	5460	559
T5 Alf LMP	300	11	8,13	5210	480
T1 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Septiembre 26 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	300	16	NHR	NHR	102
T2 SD VAZ	300	21	8,00	2240	97
T3 SD VAZ	300	20	8,17	2510	143
T4 SD VAZ	300	21	8,03	3450	217
T5 SD VAZ	300	15	8,12	2450	122
T1 Alf VAZ	300	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Alf VAZ	300	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf VAZ	300	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf VAZ	300	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	300	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	300	8	NHR	NHR	66
T2 SD LMP	300	23	8,28	3100	200
T3 SD LMP	300	30	8,21	3310	167
T4 SD LMP	300	36	7,98	4590	391
T5 SD LMP	300	39	8,18	3350	216
T1 Alf LMP	300	15	7,93	4500	363
T2 Alf LMP	300	3	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	300	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf LMP	300	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	300	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Octubre 03 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	300	9	7,87	2140	71
T2 SD VAZ	300	16	8,32	2360	90
T3 SD VAZ	300	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 SD VAZ	300	15	8,13	3280	219
T5 SD VAZ	300	7	8,06	2290	97
T1 Alf VAZ	600	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Alf VAZ	600	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf VAZ	600	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf VAZ	600	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	600	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	2600	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	2600	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	2600	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	2600	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	2600	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	300	4	8,57	NHR	91
T2 SD LMP	300	13	8,16	3180	200
T3 SD LMP	300	12	8,40	3000	126
T4 SD LMP	300	20	8,06	4400	368
T5 SD LMP	300	12	8,23	3480	235
T1 Alf LMP	600	5	8,05	4260	354
T2 Alf LMP	600	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	600	3	NHR	NHR	621
T4 Alf LMP	600	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	600	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	2600	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	2600	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	2600	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	2600	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	2600	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Octubre 10 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	11	8,38	1986	66
T2 SD VAZ	500	13	8,35	1942	69
T3 SD VAZ	500	5	8,07	NHR	78
T4 SD VAZ	500	12	8,21	2970	179
T5 SD VAZ	500	7	8,52	1790	48
T1 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	3000	190	7,33	2540	60
T2 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	6	8,75	1970	8
T2 SD LMP	500	12	8,38	3040	189
T3 SD LMP	500	10	8,42	3030	171
T4 SD LMP	500	18	8,29	4100	331
T5 SD LMP	500	12	8,14	3100	196
T1 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Octubre 17 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	34	8,35	2230	86
T2 SD VAZ	500	18	8,19	2140	86
T3 SD VAZ	500	11	8,24	1782	39
T4 SD VAZ	500	17	8,28	2180	169
T5 SD VAZ	500	8	8,15	1606	29
T1 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf VAZ	1000	3	NHR	NHR	NHR
T4 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	3000	48	8,12	3010	84
T2 Tr-Av VAZ	3000	62	7,68	3950	68
T3 Tr-Av VAZ	3000	11	8,24	3710	195
T4 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	120	7,88	3560	104
T2 SD LMP	500	19	8,32	2990	176
T3 SD LMP	500	28	8,30	3270	160
T4 SD LMP	500	11	8,31	4430	339
T5 SD LMP	500	17	8,36	3430	229
T1 Alf LMP	1000	5	8,06	3120	352
T2 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Octubre 24 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	46	8,36	2330	92
T2 SD VAZ	500	48	8,35	2270	93
T3 SD VAZ	500	34	8,23	2450	100
T4 SD VAZ	500	38	8,20	2910	174
T5 SD VAZ	500	37	8,21	2120	83
T1 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	3000	155	7,98	3270	116
T2 Tr-Av VAZ	3000	7	NHR	NHR	45
T3 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	54	8,41	2600	78
T2 SD LMP	500	43	8,17	3340	213
T3 SD LMP	500	75	8,18	3380	186
T4 SD LMP	500	35	8,14	4220	310
T5 SD LMP	500	20	8,29	3400	221
T1 Alf LMP	1000	11	8,26	3430	216
T2 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	1000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Octubre 31 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	48	8,31	2200	86
T2 SD VAZ	500	52	8,22	2140	85
T3 SD VAZ	500	38	8,11	2530	123
T4 SD VAZ	500	41	8,17	2950	157
T5 SD VAZ	500	50	8,15	2390	92
T1 Alf VAZ	2000	20	8,35	3680	159
T2 Alf VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	3000	195	7,93	3660	135
T2 Tr-Av VAZ	3000	120	8,09	2890	60
T3 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	47	8,33	2740	89
T2 SD LMP	500	49	8,13	3240	188
T3 SD LMP	500	46	8,18	3280	171
T4 SD LMP	500	39	8,05	4270	322
T5 SD LMP	500	17	8,21	3430	216
T1 Alf LMP	2000	150	7,74	4980	373
T2 Alf LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Noviembre 07 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	45	8,05	2250	66
T2 SD VAZ	500	52	8,13	2220	69
T3 SD VAZ	500	47	8,03	2610	97
T4 SD VAZ	500	41	7,98	3000	153
T5 SD VAZ	500	53	7,88	2410	87
T1 Alf VAZ	2000	150	7,58	2690	80
T2 Alf VAZ	2000	130	7,12	3540	130
T3 Alf VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	3000	135	7,52	3200	111
T2 Tr-Av VAZ	3000	15	8,07	2520	48
T3 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	33	8,12	2990	86
T2 SD LMP	500	49	7,84	3610	160
T3 SD LMP	500	43	7,96	3530	151
T4 SD LMP	500	43	7,84	4630	330
T5 SD LMP	500	23	7,97	3890	226
T1 Alf LMP	2000	280	7,26	5400	310
T2 Alf LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Noviembre 14 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	55	8,33	2240	74
T2 SD VAZ	500	56	8,38	2210	82
T3 SD VAZ	500	56	8,35	2560	109
T4 SD VAZ	500	54	8,38	2830	145
T5 SD VAZ	500	55	8,26	2400	95
T1 Alf VAZ	3000	795	7,08	2960	115
T2 Alf VAZ	3000	695	7,15	3120	101
T3 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	4000	625	7,39	3460	85
T2 Tr-Av VAZ	4000	740	7,44	2540	66
T3 Tr-Av VAZ	4000	375	7,64	2350	58
T4 Tr-Av VAZ	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	4000	170	7,00	2880	18
T1 SD LMP	500	85	8,08	2790	59
T2 SD LMP	500	52	8,07	2880	106
T3 SD LMP	500	55	8,11	3020	113
T4 SD LMP	500	53	7,99	4110	272
T5 SD LMP	500	26	8,06	3530	207
T1 Alf LMP	3000	510	7,64	4790	216
T2 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	3000	130	7,60	4810	290
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	13	7,81	3750	246
T1 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Noviembre 21 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	45	8,06	2240	98
T2 SD VAZ	500	50	7,96	2170	116
T3 SD VAZ	500	48	7,95	2550	85
T4 SD VAZ	500	48	7,89	2770	152
T5 SD VAZ	500	46	7,98	2350	97
T1 Alf VAZ	3000	840	7,04	3260	95
T2 Alf VAZ	3000	650	7,34	3120	55
T3 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	4000	830	7,68	3310	62
T2 Tr-Av VAZ	4000	795	7,34	2660	68
T3 Tr-Av VAZ	4000	610	7,60	2500	24
T4 Tr-Av VAZ	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	4000	695	7,53	2830	8
T1 SD LMP	500	79	8,20	2770	44
T2 SD LMP	500	45	8,16	2860	111
T3 SD LMP	500	46	8,17	2970	112
T4 SD LMP	500	42	8,18	2730	316
T5 SD LMP	500	26	8,26	3750	263
T1 Alf LMP	3000	495	7,78	4480	174
T2 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	3000	150	7,96	4360	298
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	130	7,79	5640	399
T1 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Noviembre 28 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	49	8,15	2070	84
T2 SD VAZ	500	44	8,18	2080	90
T3 SD VAZ	500	45	8,17	2780	121
T4 SD VAZ	500	37	8,24	2810	167
T5 SD VAZ	3000	43	7,68	2280	104
T1 Alf VAZ	3000	1030	6,86	2920	117
T2 Alf VAZ	3000	1000	6,80	2640	82
T3 Alf VAZ	3000	1029	6,69	2510	35
T4 Alf VAZ	3000	1033	7,10	3320	40
T5 Alf VAZ	4000	1029	6,80	2980	26
T1 Tr-Av VAZ	4000	940	7,20	3540	90
T2 Tr-Av VAZ	4000	1014	6,94	2520	79
T3 Tr-Av VAZ	4000	1020	7,07	2360	41
T4 Tr-Av VAZ	4000	1027	6,79	4240	29
T5 Tr-Av VAZ	4000	1032	6,88	2210	16
T1 SD LMP	500	81	8,35	2350	34
T2 SD LMP	500	36	8,38	2320	41
T3 SD LMP	500	41	8,36	2400	57
T4 SD LMP	500	39	8,21	3760	253
T5 SD LMP	500	27	8,36	3510	247
T1 Alf LMP	3000	995	7,48	3840	74
T2 Alf LMP	3000	400	7,73	5100	256
T3 Alf LMP	3000	1013	7,42	4950	208
T4 Alf LMP	3000	21	8,17	3960	275
T5 Alf LMP	3000	1019	7,34	6030	270
T1 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	4000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Diciembre 05 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	45	7,99	2160	116
T2 SD VAZ	500	49	7,83	2190	111
T3 SD VAZ	500	46	7,71	2440	109
T4 SD VAZ	500	38	7,67	2730	151
T5 SD VAZ	500	41	8,12	2300	109
T1 Alf VAZ	3000	920	8,11	2790	133
T2 Alf VAZ	3000	1010	8,20	2030	80
T3 Alf VAZ	3000	910	7,36	2300	37
T4 Alf VAZ	3000	1030	7,82	2570	27
T5 Alf VAZ	3000	1040	8,20	2330	19
T1 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	17	8,15	2010	27
T2 SD LMP	500	34	8,06	2360	17
T3 SD LMP	500	43	8,16	2520	46
T4 SD LMP	500	41	8,01	3710	238
T5 SD LMP	500	27	7,83	3630	221
T1 Alf LMP	3000	1010	7,76	3070	39
T2 Alf LMP	3000	575	7,55	5040	291
T3 Alf LMP	3000	1000	7,49	3710	125
T4 Alf LMP	3000	34	7,99	2040	76
T5 Alf LMP	3000	660	7,83	3480	176
T1 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Diciembre 12 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectodo mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	54	8,09	2110	177
T2 SD VAZ	500	59	8,16	2170	116
T3 SD VAZ	500	46	8,14	2530	122
T4 SD VAZ	500	41	8,11	2680	156
T5 SD VAZ	500	4	8,03	2330	103
T1 Alf VAZ	3000	822	6,91	2760	135
T2 Alf VAZ	3000	600	7,05	2060	90
T3 Alf VAZ	3000	10	NHR	NHR	34
T4 Alf VAZ	3000	315	7,54	2690	32
T5 Alf VAZ	3000	12	NHR	NHR	27
T1 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	65	8,28	2470	23
T2 SD LMP	500	47	8,19	2360	21
T3 SD LMP	500	58	8,13	2540	53
T4 SD LMP	500	51	7,95	3730	236
T5 SD LMP	500	29	8,05	3600	235
T1 Alf LMP	3000	870	7,47	2930	21
T2 Alf LMP	3000	9	8,22	2950	154
T3 Alf LMP	3000	890	7,41	3240	78
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	71	7,83	2850	68
T1 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Diciembre 19 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectodo mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	77	8,26	2130	90
T2 SD VAZ	500	100	8,22	2170	95
T3 SD VAZ	500	46	8,24	2440	141
T4 SD VAZ	500	48	8,27	2720	179
T5 SD VAZ	500	41	8,18	2250	121
T1 Alf VAZ	3000	550	7,58	3000	114
T2 Alf VAZ	3000	420	7,87	2280	46
T3 Alf VAZ	3000	600	7,52	2270	9
T4 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	62	8,48	2390	12
T2 SD LMP	500	53	8,27	2570	28
T3 SD LMP	500	42	8,47	2460	27
T4 SD LMP	500	53	8,13	3460	180
T5 SD LMP	500	22	8,41	2960	152
T1 Alf LMP	3000	475	7,89	2750	20
T2 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	3000	585	7,89	2640	51
T4 Alf LMP	3000	20	8,34	3330	202
T5 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Diciembre 26 de 2002

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	270	8,01	2300	109
T2 SD VAZ	500	295	7,46	2390	121
T3 SD VAZ	500	205	7,71	2595	137
T4 SD VAZ	500	200	7,89	2860	159
T5 SD VAZ	500	180	7,31	2550	120
T1 Alf VAZ	3000	690	7,18	2500	55
T2 Alf VAZ	3000	640	7,52	2160	22
T3 Alf VAZ	3000	630	6,80	1990	27
T4 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	250	7,47	2870	14
T2 SD LMP	500	230	7,75	2940	34
T3 SD LMP	500	210	7,79	2860	27
T4 SD LMP	500	230	7,51	3940	194
T5 SD LMP	500	125	7,68	3640	193
T1 Alf LMP	3000	610	7,41	2810	23
T2 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	3000	920	7,34	2440	36
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Enero 02 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	101	7,99	2230	113
T2 SD VAZ	500	79	8,17	2220	127
T3 SD VAZ	500	49	8,04	2460	138
T4 SD VAZ	500	52	8,15	2730	179
T5 SD VAZ	500	50	8,18	2310	118
T1 Alf VAZ	3000	1019	7,43	2650	71
T2 Alf VAZ	3000	1020	7,08	2220	70
T3 Alf VAZ	3000	1035	6,91	2050	22
T4 Alf VAZ	3000	735	6,93	1920	30
T5 Alf VAZ	3000	965	6,67	2040	22
T1 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	55	8,07	2430	22
T2 SD LMP	500	65	8,15	2480	32
T3 SD LMP	500	62	8,50	2330	22
T4 SD LMP	500	77	7,93	3300	149
T5 SD LMP	500	34	7,99	3000	156
T1 Alf LMP	3000	1620	7,31	2550	53
T2 Alf LMP	3000	530	7,36	5660	287
T3 Alf LMP	3000	1790	7,67	2370	58
T4 Alf LMP	3000	220	7,56	3660	106
T5 Alf LMP	3000	480	7,42	3860	93
T1 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Enero 09 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	50	7,86	2150	85
T2 SD VAZ	500	54	7,69	2120	97
T3 SD VAZ	500	41	8,15	2390	123
T4 SD VAZ	500	43	7,89	2810	147
T5 SD VAZ	500	40	8,15	2420	105
T1 Alf VAZ	3000	340	7,93	3200	88
T2 Alf VAZ	3000	215	7,96	2550	73
T3 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Alf VAZ	3000	31	7,92	2020	13
T5 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	22	8,11	2260	36
T2 SD LMP	500	38	8,31	2310	20
T3 SD LMP	500	36	8,08	2380	13
T4 SD LMP	500	32	8,27	2450	57
T5 SD LMP	500	33	8,02	3000	147
T1 Alf LMP	3000	380	7,76	2480	16
T2 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	3000	1008	7,85	2470	43
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Enero 16 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	32	8,38	1915	95
T2 SD VAZ	500	29	8,23	2050	96
T3 SD VAZ	500	30	8,25	2660	123
T4 SD VAZ	500	19	8,20	2670	171
T5 SD VAZ	500	24	8,27	2550	119
T1 Alf VAZ	3000	52	8,08	2420	31
T2 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf VAZ	3000	695	8,19	1940	27
T4 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	46	8,75	2040	11
T2 SD LMP	500	42	8,55	2440	20
T3 SD LMP	500	32	8,63	2270	28
T4 SD LMP	500	31	8,70	2370	25
T5 SD LMP	500	38	8,59	2430	34
T1 Alf LMP	3000	58	8,38	1704	27
T2 Alf LMP	3000	7	NHR	NHR	119
T3 Alf LMP	3000	82	7,82	2470	35
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Enero 23 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	47	8,08	2370	125
T2 SD VAZ	500	44	8,00	2080	129
T3 SD VAZ	500	25	8,07	2290	111
T4 SD VAZ	500	24	8,03	2800	115
T5 SD VAZ	500	24	7,90	2530	111
T1 Alf VAZ	3000	375	8,07	2580	14
T2 Alf VAZ	3000	775	7,84	2880	55
T3 Alf VAZ	3000	370	7,77	2140	7
T4 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	5	NHR	NHR	14
T2 SD LMP	500	11	8,38	2150	21
T3 SD LMP	500	11	8,56	2170	24
T4 SD LMP	500	15	8,07	2490	27
T5 SD LMP	500	24	8,15	2790	99
T1 Alf LMP	3000	69	7,87	1890	27
T2 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	3000	690	8,22	2430	56
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Enero 30 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	500	62	7,88	2010	99
T2 SD VAZ	500	57	7,84	2260	116
T3 SD VAZ	500	37	8,19	2130	77
T4 SD VAZ	500	34	8,03	2470	151
T5 SD VAZ	500	35	8,10	2410	135
T1 Alf VAZ	3000	140	8,02	3840	223
T2 Alf VAZ	3000	990	7,17	2860	121
T3 Alf VAZ	3000	690	7,69	2570	58
T4 Alf VAZ	3000	345	7,91	3050	44
T5 Alf VAZ	3000	210	7,82	3140	39
T1 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	500	69	7,94	2220	18
T2 SD LMP	500	60	8,31	2500	97
T3 SD LMP	500	43	8,02	2150	21
T4 SD LMP	500	39	8,35	2300	15
T5 SD LMP	500	18	8,38	2340	50
T1 Alf LMP	3000	1009	7,35	2870	38
T2 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	3000	1525	7,52	2440	67
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	62	8,57	2180	40
T1 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Febrero 06 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	1000	140	7,97	2520	138
T2 SD VAZ	1000	155	8,09	2450	145
T3 SD VAZ	1000	45	8,30	2400	152
T4 SD VAZ	1000	49	8,17	2690	202
T5 SD VAZ	1000	52	8,14	2440	153
T1 Alf VAZ	3000	850	6,98	4350	278
T2 Alf VAZ	3000	565	7,64	2880	109
T3 Alf VAZ	3000	260	7,87	2110	46
T4 Alf VAZ	3000	640	7,31	2800	57
T5 Alf VAZ	3000	475	7,32	2730	22
T1 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	1000	150	8,42	2110	34
T2 SD LMP	1000	85	8,38	1890	12
T3 SD LMP	1000	46	8,51	1884	32
T4 SD LMP	1000	105	8,43	2280	62
T5 SD LMP	1000	29	8,56	2290	93
T1 Alf LMP	3000	640	7,68	2920	40
T2 Alf LMP	3000	95	7,72	5250	205
T3 Alf LMP	3000	1342	7,50	2360	61
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	99	8,22	1780	16
T1 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	NHR	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Febrero 13 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	3000	1020	7,70	2740	195
T2 SD VAZ	3000	1018	7,00	2440	172
T3 SD VAZ	3000	1000	7,02	2640	197
T4 SD VAZ	3000	1034	7,00	3040	231
T5 SD VAZ	3000	1027	7,50	2610	174
T1 Alf VAZ	3000	180	7,45	4210	220
T2 Alf VAZ	3000	210	7,76	3230	127
T3 Alf VAZ	3000	19	8,05	1980	25
T4 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	1500	38	7,99	2510	36
T2 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av VAZ	1500	70	7,45	2830	87
T4 Tr-Av VAZ	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	1500	25	8,07	2430	9
T1 SD LMP	3000	1034	7,54	4100	155
T2 SD LMP	3000	1028	7,57	3990	174
T3 SD LMP	3000	1013	7,55	4360	200
T4 SD LMP	3000	1032	7,43	3740	241
T5 SD LMP	3000	1026	7,35	4920	363
T1 Alf LMP	3000	220	7,83	2420	13
T2 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	3000	1019	7,34	2200	35
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T2 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T4 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Febrero 20 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	1000	320	7,68	2440	149
T2 SD VAZ	1000	270	7,99	2140	137
T3 SD VAZ	1000	170	NHR	NHR	NHR
T4 SD VAZ	1000	160	8,09	2080	148
T5 SD VAZ	1000	200	7,86	2070	134
T1 Alf VAZ	3000	89	8,07	3530	172
T2 Alf VAZ	3000	100	7,87	2790	127
T3 Alf VAZ	3000	180	7,29	1750	20
T4 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	1500	290	7,87	4970	280
T2 Tr-Av VAZ	1500	450	7,57	3830	228
T3 Tr-Av VAZ	1500	510	8,00	3310	151
T4 Tr-Av VAZ	1500	250	7,92	3980	64
T5 Tr-Av VAZ	1500	160	8,05	2700	143
T1 SD LMP	1000	290	7,76	3290	181
T2 SD LMP	1000	360	7,61	3450	162
T3 SD LMP	1000	230	7,60	3190	209
T4 SD LMP	1000	210	8,10	3530	179
T5 SD LMP	1000	190	7,64	4260	272
T1 Alf LMP	3000	200	7,42	2490	24
T2 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	3000	840	7,34	2180	47
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	1500	28	7,83	11440	910
T2 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Tr-Av LMP	1500	31	8,04	6230	240
T4 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av LMP	1500	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Febrero 27 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	1000	320	7,91	1914	158
T2 SD VAZ	1000	395	7,97	2140	126
T3 SD VAZ	1000	285	8,27	2450	141
T4 SD VAZ	1000	260	7,90	2340	157
T5 SD VAZ	1000	200	8,11	1790	132
T1 Alf VAZ	3000	900	7,47	3450	125
T2 Alf VAZ	3000	280	7,66	3470	129
T3 Alf VAZ	3000	420	7,73	1873	27
T4 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av VAZ	1500	390	7,51	5050	378
T2 Tr-Av VAZ	1500	310	8,04	4070	277
T3 Tr-Av VAZ	1500	470	7,67	3200	146
T4 Tr-Av VAZ	1500	28	8,01	4060	42
T5 Tr-Av VAZ	1500	84	8,09	2770	113
T1 SD LMP	1000	290	8,04	2140	139
T2 SD LMP	1000	260	7,71	2610	162
T3 SD LMP	1000	180	7,97	2690	148
T4 SD LMP	1000	250	8,05	3320	163
T5 SD LMP	1000	180	7,89	3510	238
T1 Alf LMP	3000	210	7,63	2320	28
T2 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T3 Alf LMP	3000	735	7,88	1940	84
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 Tr-Av LMP	1500	74	7,84	9790	783
T2 Tr-Av LMP	1500	205	6,9	10000	777
T3 Tr-Av LMP	1500	43	7,82	5950	480
T4 Tr-Av LMP	1500	270	8,21	6560	608
T5 Tr-Av LMP	1500	43	7,84	7350	529

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Marzo 06 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectodo mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	1000	325	8,26	2260	140
T2 SD VAZ	1000	270	8,35	2040	134
T3 SD VAZ	1000	215	8,25	2380	153
T4 SD VAZ	1000	170	8,16	2110	151
T5 SD VAZ	1000	250	8,11	2160	136
T1 Alf VAZ	3000	1012	7,38	3520	205
T2 Alf VAZ	3000	1010	7,14	3140	191
T3 Alf VAZ	3000	1017	7,11	2140	34
T4 Alf VAZ	3000	1007	7,06	2780	21
T5 Alf VAZ	3000	1022	6,84	2390	22
T1 Tr-Av VAZ	2000	790	7,01	5160	388
T2 Tr-Av VAZ	2000	650	7,41	3910	251
T3 Tr-Av VAZ	2000	810	7,51	3180	149
T4 Tr-Av VAZ	2000	240	8,14	3460	63
T5 Tr-Av VAZ	2000	360	7,90	2770	130
T1 SD LMP	1000	205	8,06	2520	169
T2 SD LMP	1000	255	8,01	2580	148
T3 SD LMP	1000	210	7,98	2490	167
T4 SD LMP	1000	259	8,16	3300	188
T5 SD LMP	1000	200	7,91	3250	249
T1 Alf LMP	3000	1020	7,28	2870	38
T2 Alf LMP	3000	1021	7,56	6250	385
T3 Alf LMP	3000	1000	7,78	2130	82
T4 Alf LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Alf LMP	3000	100	8,22	2800	20
T1 Tr-Av LMP	2000	370	7,96	8440	738
T2 Tr-Av LMP	2000	700	7,48	8540	664
T3 Tr-Av LMP	2000	300	7,61	6260	508
T4 Tr-Av LMP	2000	670	7,41	7656	615
T5 Tr-Av LMP	2000	105	7,93	6280	476

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Marzo 13 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectodo mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	1000	340	7,39	2180	150
T2 SD VAZ	1000	300	7,44	2040	143
T3 SD VAZ	1000	265	7,81	2280	137
T4 SD VAZ	1000	230	7,69	2160	151
T5 SD VAZ	1000	300	8,17	2000	113
T1 Alf VAZ	3000	1013	7,01	3810	277
T2 Alf VAZ	3000	990	7,03	2960	189
T3 Alf VAZ	3000	900	6,97	2160	34
T4 Alf VAZ	3000	1028	6,98	1482	19
T5 Alf VAZ	3000	1032	6,74	1970	15
T1 Tr-Av VAZ	2000	940	7,00	4910	373
T2 Tr-Av VAZ	2000	650	7,18	3660	220
T3 Tr-Av VAZ	2000	770	7,02	2840	116
T4 Tr-Av VAZ	2000	44	7,84	3130	18
T5 Tr-Av VAZ	2000	105	8,10	2500	107
T1 SD LMP	1000	215	7,85	3150	141
T2 SD LMP	1000	240	7,91	3090	134
T3 SD LMP	1000	280	7,84	3110	167
T4 SD LMP	1000	270	8,06	3930	224
T5 SD LMP	1000	340	7,71	3480	190
T1 Alf LMP	3000	1020	7,46	2690	45
T2 Alf LMP	3000	1026	7,37	4840	273
T3 Alf LMP	3000	1017	7,01	1877	74
T4 Alf LMP	3000	290	7,40	4030	60
T5 Alf LMP	3000	890	7,36	3360	21
T1 Tr-Av LMP	2000	570	7,30	7840	674
T2 Tr-Av LMP	2000	565	7,48	7610	626
T3 Tr-Av LMP	2000	235	7,42	5980	485
T4 Tr-Av LMP	2000	610	7,37	6640	486
T5 Tr-Av LMP	2000	65	7,85	6080	408

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Marzo 20 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	1000	320	7,74	2440	161
T2 SD VAZ	1000	315	7,55	2230	123
T3 SD VAZ	1000	275	7,51	2560	150
T4 SD VAZ	1000	205	7,93	2260	130
T5 SD VAZ	1000	300	7,90	2180	113
T1 Alf VAZ	3000	1012	6,98	4250	247
T2 Alf VAZ	3000	1010	6,92	3050	189
T3 Alf VAZ	3000	450	7,15	2080	34
T4 Alf VAZ	3000	1000	7,01	1460	13
T5 Alf VAZ	3000	730	7,23	1830	7
T1 Tr-Av VAZ	2000	760	7,16	5070	338
T2 Tr-Av VAZ	2000	560	7,22	3630	200
T3 Tr-Av VAZ	2000	630	7,25	3060	130
T4 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	2000	26	8,11	2680	91
T1 SD LMP	1000	340	7,66	3650	186
T2 SD LMP	1000	310	7,83	3370	141
T3 SD LMP	1000	300	7,75	3420	175
T4 SD LMP	1000	360	7,74	3620	176
T5 SD LMP	1000	250	7,90	4140	247
T1 Alf LMP	3000	1021	7,32	3150	35
T2 Alf LMP	3000	740	7,29	5010	251
T3 Alf LMP	3000	1000	7,11	2330	85
T4 Alf LMP	3000	320	7,31	4610	87
T5 Alf LMP	3000	510	7,42	4000	41
T1 Tr-Av LMP	2000	310	7,50	7300	597
T2 Tr-Av LMP	2000	360	7,61	7580	529
T3 Tr-Av LMP	2000	56	7,99	5250	391
T4 Tr-Av LMP	2000	530	7,26	6110	382
T5 Tr-Av LMP	2000	39	7,88	5960	374

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Marzo 27 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	1000	390	7,55	2170	179
T2 SD VAZ	1000	365	7,52	2180	158
T3 SD VAZ	1000	360	7,63	2340	154
T4 SD VAZ	1000	370	7,46	2150	127
T5 SD VAZ	1000	385	7,54	1673	97
T1 Alf VAZ	3000	1005	6,96	3620	266
T2 Alf VAZ	3000	1012	6,94	2640	162
T3 Alf VAZ	3000	130	8,17	2140	21
T4 Alf VAZ	3000	1010	6,91	1107	8
T5 Alf VAZ	3000	610	6,89	1475	10
T1 Tr-Av VAZ	2000	670	7,13	4130	301
T2 Tr-Av VAZ	2000	305	7,64	3500	167
T3 Tr-Av VAZ	2000	500	7,24	2840	104
T4 Tr-Av VAZ	2000	15	8,23	3120	12
T5 Tr-Av VAZ	2000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	1000	400	7,77	3290	172
T2 SD LMP	1000	420	7,73	2790	116
T3 SD LMP	1000	360	7,86	2780	155
T4 SD LMP	1000	410	7,75	2910	158
T5 SD LMP	1000	390	7,74	3430	263
T1 Alf LMP	3000	990	7,28	2450	36
T2 Alf LMP	3000	710	7,41	3970	224
T3 Alf LMP	3000	1015	6,99	1971	59
T4 Alf LMP	3000	260	7,56	4570	57
T5 Alf LMP	3000	630	7,44	3680	22
T1 Tr-Av LMP	2000	270	7,84	6900	542
T2 Tr-Av LMP	2000	120	7,79	6610	487
T3 Tr-Av LMP	2000	33	8,07	4750	345
T4 Tr-Av LMP	2000	530	7,42	4340	311
T5 Tr-Av LMP	2000	18	8,17	5580	360

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Abril 03 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	3000	1011	7,04	2360	193
T2 SD VAZ	3000	1013	6,73	2140	154
T3 SD VAZ	3000	1016	7,18	2150	122
T4 SD VAZ	3000	1022	7,07	1784	88
T5 SD VAZ	3000	1033	7,19	1600	74
T1 Alf VAZ	3000	1020	7,10	3790	212
T2 Alf VAZ	3000	1009	7,68	2540	141
T3 Alf VAZ	3000	1017	7,07	2270	41
T4 Alf VAZ	3000	1021	7,63	1190	12
T5 Alf VAZ	3000	1033	7,43	1430	8
T1 Tr-Av VAZ	3000	1026	6,95	4480	272
T2 Tr-Av VAZ	3000	1026	7,52	2980	144
T3 Tr-Av VAZ	3000	1029	7,02	2520	96
T4 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	3000	311	8,24	2600	48
T1 SD LMP	3000	1026	7,35	3970	195
T2 SD LMP	3000	1018	7,53	3200	151
T3 SD LMP	3000	1021	7,8	3410	173
T4 SD LMP	3000	1017	7,38	2670	124
T5 SD LMP	3000	1014	7,62	3480	194
T1 Alf LMP	3000	1014	7,36	3090	41
T2 Alf LMP	3000	1025	7,54	4290	187
T3 Alf LMP	3000	1000	7,09	1970	54
T4 Alf LMP	3000	1022	7,33	5010	53
T5 Alf LMP	3000	1025	7,60	3450	12
T1 Tr-Av LMP	3000	790	7,57	6790	430
T2 Tr-Av LMP	3000	465	7,62	6830	432
T3 Tr-Av LMP	3000	320	7,53	5900	401
T4 Tr-Av LMP	3000	1023	7,75	4080	245
T5 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Abril 10 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	3000	1025	7,26	2290	153
T2 SD VAZ	3000	1013	6,75	1935	118
T3 SD VAZ	3000	1023	6,71	1953	106
T4 SD VAZ	3000	1022	6,72	1517	49
T5 SD VAZ	3000	1006	6,76	1365	59
T1 Alf VAZ	3000	1015	7,03	3140	174
T2 Alf VAZ	3000	1005	7,14	2240	126
T3 Alf VAZ	3000	1019	6,88	1901	43
T4 Alf VAZ	3000	1000	6,99	1060	14
T5 Alf VAZ	3000	1032	6,85	1159	7
T1 Tr-Av VAZ	3000	1000	7,11	3630	233
T2 Tr-Av VAZ	3000	1014	7,05	2250	56
T3 Tr-Av VAZ	3000	820	7,36	2120	73
T4 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	3000	1010	7,47	3560	190
T2 SD LMP	3000	1025	7,48	3050	136
T3 SD LMP	3000	1014	7,44	3000	131
T4 SD LMP	3000	1027	7,33	2300	56
T5 SD LMP	3000	1024	7,29	2860	116
T1 Alf LMP	3000	1000	7,43	2810	111
T2 Alf LMP	3000	1018	7,21	3350	168
T3 Alf LMP	3000	1026	7,14	1870	11
T4 Alf LMP	3000	1020	7,33	4120	250
T5 Alf LMP	3000	980	7,40	2830	113
T1 Tr-Av LMP	3000	350	7,50	6120	462
T2 Tr-Av LMP	3000	120	7,53	5850	433
T3 Tr-Av LMP	3000	38	7,87	3670	202
T4 Tr-Av LMP	3000	970	7,43	3350	168
T5 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Abril 17 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	3000	1000	6,70	2330	116
T2 SD VAZ	3000	1000	6,68	1870	101
T3 SD VAZ	3000	1010	6,72	1860	94
T4 SD VAZ	3000	990	6,77	1274	43
T5 SD VAZ	3000	1010	6,64	948	28
T1 Alf VAZ	3000	1000	6,92	2880	132
T2 Alf VAZ	3000	1000	6,88	2240	108
T3 Alf VAZ	3000	1000	7,29	2430	111
T4 Alf VAZ	3000	990	6,91	995	17
T5 Alf VAZ	3000	1010	6,84	1074	27
T1 Tr-Av VAZ	3000	850	6,90	3170	186
T2 Tr-Av VAZ	3000	1000	7,62	2060	15
T3 Tr-Av VAZ	3000	760	7,02	1863	55
T4 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T5 Tr-Av VAZ	3000	NHR	NHR	NHR	NHR
T1 SD LMP	3000	1020	7,42	3010	132
T2 SD LMP	3000	1000	7,29	2670	96
T3 SD LMP	3000	1020	7,43	2530	81
T4 SD LMP	3000	1000	7,11	2140	39
T5 SD LMP	3000	1000	6,87	1885	12
T1 Alf LMP	3000	1000	7,30	2900	120
T2 Alf LMP	3000	1000	7,21	3130	145
T3 Alf LMP	3000	990	7,09	1726	0
T4 Alf LMP	3000	1010	7,4	3400	173
T5 Alf LMP	3000	1000	7,32	2400	67
T1 Tr-Av LMP	3000	680	7,39	6090	459
T2 Tr-Av LMP	3000	410	7,46	6330	484
T3 Tr-Av LMP	3000	790	7,44	4790	321
T4 Tr-Av LMP	3000	1000	7,26	2790	108
T5 Tr-Av LMP	3000	NHR	NHR	NHR	NHR

NHR = No hay resultado

Resultados de lixiviados de Abril 24 de 2003

Tratamiento	Vol. Aplicado mL	Vol.Recolectado mL	pH	CE uS/cm	N Total mg N/L
T1 SD VAZ	3000	1024	7,87	2280	125
T2 SD VAZ	3000	1011	6,87	1790	81
T3 SD VAZ	3000	1024	7,31	1647	71
T4 SD VAZ	3000	1020	7,70	1061	18
T5 SD VAZ	3000	1026	7,62	945	11
T1 Alf VAZ	3000	990	6,95	2410	74
T2 Alf VAZ	3000	1010	8,02	2120	91
T3 Alf VAZ	3000	990	6,97	1760	42
T4 Alf VAZ	3000	1009	7,38	950	0
T5 Alf VAZ	3000	1010	7,40	1000	1
T1 Tr-Av VAZ	3000	1020	7,47	2830	161
T2 Tr-Av VAZ	3000	1015	7,56	1895	43
T3 Tr-Av VAZ	3000	1029	7,70	1624	34
T4 Tr-Av VAZ	3000	1009	7,63	2470	0
T5 Tr-Av VAZ	3000	680	7,90	1850	1
T1 SD LMP	3000	1011	7,61	2440	71
T2 SD LMP	3000	1000	7,48	2290	55
T3 SD LMP	3000	1032	7,93	2260	52
T4 SD LMP	3000	1009	7,95	1757	0
T5 SD LMP	3000	1020	7,73	1970	21
T1 Alf LMP	3000	1017	7,58	2600	88
T2 Alf LMP	3000	1034	7,92	2800	109
T3 Alf LMP	3000	1010	7,28	1710	0
T4 Alf LMP	3000	1021	7,86	2660	95
T5 Alf LMP	3000	1011	7,48	1927	17
T1 Tr-Av LMP	3000	770	8,02	5030	346
T2 Tr-Av LMP	3000	470	8,00	6960	551
T3 Tr-Av LMP	3000	810	7,52	4340	273
T4 Tr-Av LMP	3000	1000	8,08	2210	47
T5 Tr-Av LMP	3000	400	7,51	4710	336

NHR = No hay resultado

ANEXO II

RESULTADOS FOLIARES PARA ALFALFA, AVENA Y TRIGO

1. Resultados foliares de Biomasa y Nitrógeno total para alfalfa: las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos para la alfalfa durante el período de ensayo.

Resultados de biomasa y Nitrógeno total para alfalfa, muestra de Octubre 14 de 2002.

Muestra	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	% N total
T ₁ Alf VAZ	68,08	10,51	3,52
T ₂ Alf VAZ	66,43	12,05	3,01
T ₃ Alf VAZ	57,98	9,68	2,96
T ₄ Alf VAZ	58,90	10,95	3,33
T ₅ Alf VAZ	57,23	9,99	3,65
T ₁ Alf LMP	60,36	7,71	3,91
T ₂ Alf LMP	84,01	15,07	3,58
T ₃ Alf LMP	73,81	11,91	3,4
T ₄ Alf LMP	78,25	15,03	3,35
T ₅ Alf LMP	89,95	16,04	3,28

Resultados de biomasa para alfalfa, muestra de Noviembre 19 de 2002.

Muestra	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)
T ₁ Alf VAZ	71,14	20,27
T ₂ Alf VAZ	67,24	19,72
T ₃ Alf VAZ	77,55	23,08
T ₄ Alf VAZ	72,79	22,16
T ₅ Alf VAZ	71,54	22,56
T ₁ Alf LMP	56,53	18,87
T ₂ Alf LMP	89,39	24,89
T ₃ Alf LMP	60,55	19,57
T ₄ Alf LMP	75,75	25,43
T ₅ Alf LMP	66,08	21,43

Resultados de biomasa para alfalfa, muestra de Diciembre 23 de 2002.

Muestra	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)
T ₁ Alf VAZ	82,93	15,56
T ₂ Alf VAZ	84,19	15,43
T ₃ Alf VAZ	68,83	20,91
T ₄ Alf VAZ	46,39	14,68
T ₅ Alf VAZ	67,67	18,01
T ₁ Alf LMP	69,53	13,11
T ₂ Alf LMP	101,61	19,74
T ₃ Alf LMP	58,18	10,61
T ₄ Alf LMP	135,77	28,16
T ₅ Alf LMP	98,12	19,50

Resultados de biomasa para alfalfa, muestra de Enero 23 de 2002.

Muestra	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)
T ₁ Alf VAZ	50,87	18,75
T ₂ Alf VAZ	61,19	20,39
T ₃ Alf VAZ	76,60	24,79
T ₄ Alf VAZ	67,40	22,42
T ₅ Alf VAZ	64,20	23,02
T ₁ Alf LMP	67,01	19,93
T ₂ Alf LMP	84,77	23,66
T ₃ Alf LMP	45,57	15,19
T ₄ Alf LMP	88,78	27,89
T ₅ Alf LMP	85,13	25,22

Resultados de biomasa para alfalfa, muestra de Febrero 24 de 2003.

Muestra	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)
T ₁ Alf VAZ	54,60	19,29
T ₂ Alf VAZ	46,31	17,33
T ₃ Alf VAZ	48,42	21,80
T ₄ Alf VAZ	46,90	17,93
T ₅ Alf VAZ	47,48	18,84
T ₁ Alf LMP	70,08	19,63
T ₂ Alf LMP	76,85	20,78
T ₃ Alf LMP	37,95	14,12
T ₄ Alf LMP	54,21	23,06
T ₅ Alf LMP	46,63	21,46

Resultados de biomasa y Nitrógeno total para alfalfa, muestra de Marzo 25 de 2003.

Muestra	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	% N total
T ₁ Alf VAZ	56,89	16,52	3,36
T ₂ Alf VAZ	46,61	15,63	3,06
T ₃ Alf VAZ	94,42	22,45	3,85
T ₄ Alf VAZ	47,76	15,62	3,66
T ₅ Alf VAZ	59,26	17,84	2,89
T ₁ Alf LMP	51,98	17,40	3,66
T ₂ Alf LMP	71,08	17,94	3,80
T ₃ Alf LMP	34,31	12,05	3,95
T ₄ Alf LMP	92,09	22,40	3,20
T ₅ Alf LMP	77,06	19,00	3,39

Resultados de biomasa y Nitrógeno total para alfalfa, muestra de Abril 28 de 2003.

Muestra	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	% N total
T ₁ Alf VAZ	32,13	11,65	5,49
T ₂ Alf VAZ	20,62	3,00	5,56
T ₃ Alf VAZ	48,87	14,09	5,46
T ₄ Alf VAZ	29,38	11,68	5,38
T ₅ Alf VAZ	41,04	17,59	5,33
T ₁ Alf LMP	29,02	11,21	6,01
T ₂ Alf LMP	30,24	11,41	5,82
T ₃ Alf LMP	19,38	9,88	5,30
T ₄ Alf LMP	51,57	14,11	5,42
T ₅ Alf LMP	43,27	13,13	5,24

2. Resultados de foliares de Biomasa y Nitrógeno total para Avena: la tabla muestra lo resultado de biomasa obtenido para la avena durante el ensayo.

Resultados de biomasa y Nitrógeno total para avena, muestra de Abril 28 de 2003.

Muestra	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	% N total
T ₁ Tr-Av VAZ	264,12	24,64	2,87
T ₂ Tr-Av VAZ	375,72	35,32	2,36
T ₃ Tr-Av VAZ	262,80	31,57	2,84
T ₄ Tr-Av VAZ	351,62	36,14	2,13
T ₅ Tr-Av VAZ	408,57	38,23	2,15
T ₁ Tr-Av LMP	370,06	34,94	2,65
T ₂ Tr-Av LMP	442,20	39,45	2,39
T ₃ Tr-Av LMP	342,00	23,41	2,81
T ₄ Tr-Av LMP	197,77	16,58	2,97
T ₅ Tr-Av LMP	410,28	37,24	3,09

3. Resultados de foliares de Biomasa y Nitrógeno total para Trigo: la tabla muestra lo resultado de biomasa obtenido para el trigo durante el ensayo.

Resultados de biomasa y Nitrógeno total para trigo, muestra de Enero 05 de 2003.

Muestra	Peso seco PAV (g)	% N total	Peso seco Granos (g)	% N total
T ₁ Tr-Av VAZ	37,70	1,00	26,33	3,43
T ₂ Tr-Av VAZ	33,92	0,69	28,62	3,66
T ₃ Tr-Av VAZ	32,87	0,84	31,30	3,42
T ₄ Tr-Av VAZ	34,49	0,68	25,08	3,21
T ₅ Tr-Av VAZ	27,31	0,57	32,28	2,43
T ₁ Tr-Av LMP	43,70	1,41	34,22	3,02
T ₂ Tr-Av LMP	42,01	0,60	23,80	3,77
T ₃ Tr-Av LMP	42,46	1,04	29,21	3,45
T ₄ Tr-Av LMP	38,16	0,96	30,88	3,87
T ₅ Tr-Av LMP	42,71	0,96	25,86	3,06

ANEXO III

MANUAL DE INSTRUCCIONES EQUIPO GERHARDT MODELO KT 40

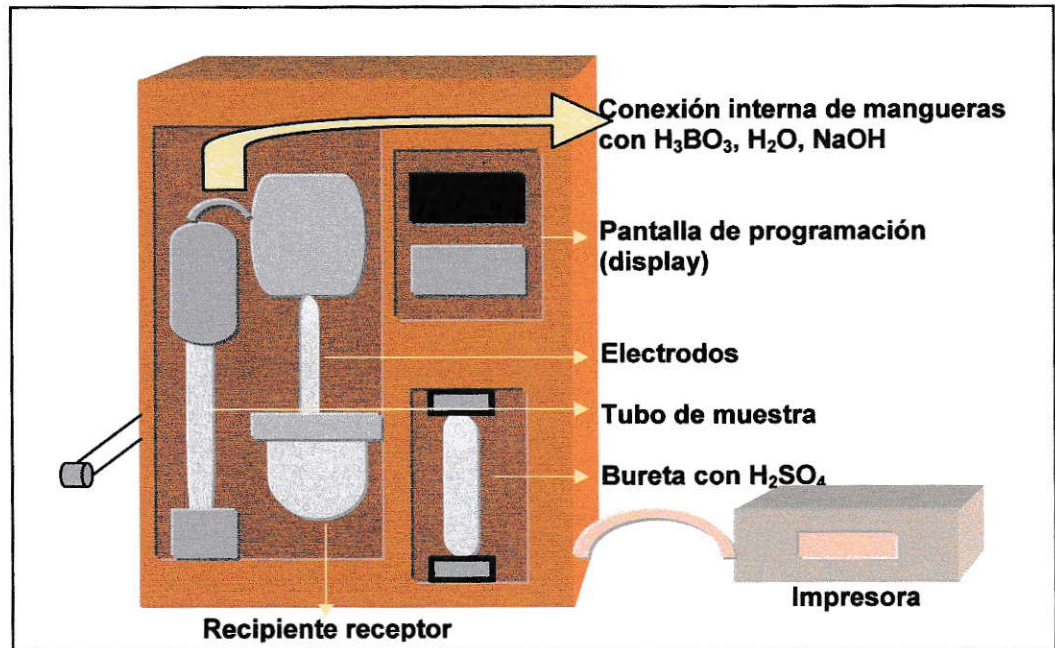
MANUAL DE INSTRUCCIONES

1.- Generalidades del equipo

1.1.-Datos técnicos

- Voltaje	:	220V, 50-60 Hz
- Potencia	:	1500W
- Corriente	:	6,8 A
- Consumo de agua de. Refrigeración	:	aprox. 3 l/min
- Presión del agua pie refrigeración	:	3 bar
- Dimensiones	:	840x745x415 mm

2.- Esquema del Equipo



Esquema del Equipo Gerhardt, para medición de nitrógeno por el método Kjeldahl

3.- Funcionamiento del equipo

3.1.- Encendido del equipo.

Para utilizar este equipo en forma correcta, se debe pasar por una serie de etapas que se describen a continuación:

a. Llenado del generador de vapor

Mantenga la tecla RUN presionada y encienda el equipo con el interruptor principal. Suelte luego la tecla RUN. El proceso de llenado comienza. Lo siguiente aparece en el display:

- Llenado de agua (llenando)
- No hay llenado de agua (No llenando)

El generador de vapor se llena ahora por sí sólo con agua, durante lo cual aparecen los textos arriba mencionados en el display. Después de aproximadamente 10 minutos el proceso de llenado debería estar concluido y en el display aparece solamente "No hay llenado de agua" (No llenando). Al presionar la tecla C el equipo se cambia a su modo normal de trabajo.

Este proceso solo se debe haber en la primera puesta en marcha o al rellenar el generador de vapor, cuando hubo falta de agua. Normalmente el proceso de llenado funciona automáticamente. Durante este proceso el calefactor del generador de vapor no es activado para así proteger al generador de vapor de ser sobrecalentado.

b. Encendido, lavado de bureta y de recipiente receptor

Después de encender el equipo el display pregunta GENERACION DE VAPOR? Si sólo se desea trabajar en los programas WEIGHT y PRG, entonces contestar con NO. El equipo entonces cambia a SELECCIÓN DE PROGRAM. Si la respuesta fuese "YES" la bureta es llenada y el display pregunta ¿CEBADO DE BURETA? y si hay cambio de ácido la respuesta es YES.

El programa de lavado es solamente necesario si la normalidad del titulador es variada o si se quieren eliminar las burbujas de aire.

Una vez terminada la titulación, el recipiente receptor es vaciado (15s) y llenado nuevamente con H_3BO_3 (7s). Los pasos individuales son indicados en el display. Se recomienda que, después del proceso de lavado, que el recipiente receptor sea desmontado y lavado manualmente. Después de montarlo de nuevo presione la tecla H_3BO_3 y automáticamente se adicionan aprox. 60-70 mL de ácido bórico.

c. Programación del equipo

Este equipo funciona con cuatro programas principales:

- a. WEIGHT
- b. SAMPLE
- c. CAL
- d. PRG

Para programarlo se debe considerar que si aparece SELECCION DE PROGRAMA en el display, entonces cualquiera de los programas puede ser llamado. Una vez llamado programa que se quiere utilizar, en el display se indican los subprogramas. Una indicación siempre requiere una respuesta YES/NO. Si se ingresa NO aparece el segundo subprograma y se requiere nuevamente una respuesta YES/NO. Si se contesta YES el programa empieza a correr.

Para ingresar datos lo siguiente debe ser considerado

- Indicación intermitente Respuesta YES/NO
- Indicación con interrogación Respuesta YES/NO
- Ingresar los valores numéricos con ENT (enter)
- RUN o R en el visor : Presione tecla RUN
- Si la tecla C es presionada el programa se devuelve hacia la función previa.
- Datos ingresados pueden ser cambiados.

Al final de un programa en el visor aparece SELECCION DE PROGRAMA.

Observación: Los programas SAMPLE y CAL solamente pueden ser llamados si el generador de vapor está encendido. Es importante primero programar WEIGHT y PRG, ya que CAL y SAMPLE necesitan información de estos programas. Lo siguiente es ingresar los datos en el programa CAL.

SAMPLE es un programa en el cual todas las informaciones para la destilación y cálculo, son elaboradas. Si la información no es, ingresada en el orden arriba indicado, el display preguntará por la información faltante, mostrando un mensaje adecuado.

Para proteger la serie previamente ingresada, al ingresar a través de la balanza, aparece " SERIE YA DEFINIDA " en el display. Mediante el teclado existe la posibilidad de ingresar pesos adicionales a una serie ya definida, mientras estas no hayan alcanzado el límite de muestra/serie.

Ejemplo de impresión:

SERIES 8

Fecha : 7/05/87 14:57:29

Inicio : 7/05/87 14:57:13

Final 7/05/87 14:57:24

Muestra 1: 1,0000g

Muestra 2: 2,0000g

Muestra 3: 3,0000g

Muestra 4: 4,0000g

Muestra 5: 5,0000g

Muestra 6: 6,0000g

Programa de Calibración (**CAL**)

El programa de calibración posee cuatro subprogramas

- (a) TITULADOR
- (b) VALOR DEL BLANCO
- (c) pH

(a) TITULADOR

La normalidad del titulador se ingresa a cada programa de destilación utilizando este programa. Para esto es necesario definir de antemano el programa de destilación. Si esto no se hace el mensaje "PROGRAMA NO DEFINIDO" aparece en el display. El titulador puede ser ingresado directamente a través del TECLADO (si la normalidad es conocida) o a través del proceso de TITULACION.

(b) VALOR DEL BLANCO

En cada análisis se obtiene una inexactitud, causada por la dilución del ácido bórico coma también el use de sustancias químicas. Esta inexactitud, expresada como mL de ácido de titulación es conocida como el valor del blanco. Existe la posibilidad de ingresar este valor del blanco a través del TECLADO o de obtenerlo mediante TITULACION. El procedimiento normal es obtener varios valores del blanco mediante TITULACION e ingresar el valor media a través del TECLADO. Si se elige el programa de destilación automática es necesario definir el tiempo de destilación (aprox. 3,5 minutos). Después de finalizar la destilación la solución es titulada en pasos de 0,01 mL hasta alcanzar el punto pH final.

Procedimiento práctico:

- Presione la tecla CAL
- Responda a la indicación intermitente TITULO con NO, después de lo cual aparece intermitentemente blanco en el display.
- Presione la tecla YES.
- A través del teclado ingrese el programa de destilación deseado y confirme con ENT
- En el display aparece ahora (intermitentemente) TECLADO-VALORIZACION.
- Si el valor en referencia es conocido
 - Presione YES
 - Ingrese el programa deseado y presione ENT
 - Ingrese el valor del blanco (mL de solución) usando el teclado y confirme con ENT después el equipo cambia automáticamente a "SELECCION DE PROGRAMA" o modo de selección.
- Si se desea determinar el valor del blanco
 - Seguir los pasos anteriormente mencionados
 - Después de aparecer "TECLADO-VALORIZACION" en el display, presione NO y luego YES

- Si el programa de destilación no ha sido definido entonces en el display aparece "PROGRAMA INDEFINIDO".
- Solamente entonces ingrese el programa de destilación.
- si no se fijó un tiempo de destilación para el programa de destilación elegido, ingrese el tiempo de destilación deseado, primero en minutos y luego en segundos confirmando cada vez con ENT.
- Con un tiempo de destilación prefijado, éste automáticamente, como también los otros datos, se transfieren al programa de valor del blanco.
- En el display aparece "¿BLANCO? RUN pH XX.XX". Para el inicio presione la tecla RUN durante 2 segundos.
- El programa de valor del blanco corre automáticamente. Todos los pasos del programa
- aparecen en el display.
- Al final del programa aparece el volumen de solución de titulación (en mL.) en el display.
- De manera que el valor usado pueda ser utilizado para cálculos para las demás muestras, que son usadas en este programa, el valor puede ser almacenado con- testando YES a la pregunta ¿ALMACENAR?
- Si usted no desea almacenar este valor entonces responda NO.
- El equipo entonces cambia a SELECCION DE PROGRAMA.

(c) pH

Este programa se divide en dos partes:

- **PARAMETROS ELECTRICOS**

En parámetros eléctricos se muestra los valores del punto cero obtenido y la pendiente. Presionando la tecla C el equipo cambia a SELECCION DE PROGRAMA.

- **CALIBRACION**

Este proceso de calibración sirve para calibrar el electrodo. Para esto se requieren las soluciones tampón suministradas con los valores pH de 4 y 7. El display pide primero la solución pH 7.

Desmunte el panel frontal y la pantalla de plexiglás. Saque los electrodos del recipiente y lávelos con agua destilada. Después introduzca el electrodo en la solución tampón y agítelos durante algún tiempo. Presione la tecla RUN. En cuanto el equipo haya entregado un valor estable la medición termina y el display pide la solución pH 4. Lave el electrodo con agua destilada e introdúzcalo en la solución pH 4. Repita el proceso anterior, pero con esta solución.

Después de esta medición, los valores almacenados son mostrados:

POT. ASI (cero) : xx.xx PEND. : xx.xx

Si el punto cero se desvía más de +/- 50 mV, o si el aumento en voltaje es menor que 50 mV entonces el valor no es aceptado y el display muestra CALIBRACION IMPOSIBLE. Si esto sucede entonces repita la calibración con nueva solución tampón, lave los electrodos, llénelos con HCl/AgCl o reemplace completamente el electrodo. Confirme con la tecla ENT. Cuando la calibración esta finalizada, el display muestra SELECCION DE PROGRAMA.

4.- Medición de Nitrógeno total, método Kjeldahl

Para realizar la medición, primero hay que programar el equipo según que es lo que se quiere analizar.

Este equipo consta con 9 programas diferentes, de los cuales, los programas de 1-5 son procesamientos en serie, y los programas 6-9 son para muestras unitarias. Para la medición de nitrógeno total se utiliza el programa 3, por lo cual, se debe programar desde PROG, y luego WEIGHT donde se define la serie.

Para este caso, las series pueden ser: serie 9 y serie 10, que corresponden a muestra líquidas, (por cada serie se pueden ingresar hasta 20 muestras).

Una vez que el equipo este programado y con las series definidas, se va hacia SAMPLE, se escoge programa 3, serie 9 ó 10 y RUN.

Las especificaciones del programa son las siguientes:

Programa #3

Dilución con agua	:	2 s
Adición de NaOH	:	8 s
Tiempo de destilación	:	30 s
Tiempo de succión receptor	:	30 s
Adición ácido Bórico	:	9 s
Valor del P.F. (punto final, pH)	:	4,78 pH
Unidad (concentración de N)	:	mg N /L
Valor del titulo (concentración del H ₂ SO ₄)	:	0,02 N (por ejemplo)

Y cada resultado obtenido, queda expresado de la siguiente forma:

Programa	:	3
Serie	:	10 (ejemplo)
Valor blanco	:	0,15 mL
Muestra	:	1
Volumen (ácido gastado)	:	0,20 mL
Resultados	:	7,00 mg N /L

4.1.- Preparación de muestra para la medición de nitrógeno con el método Kjeldahl.

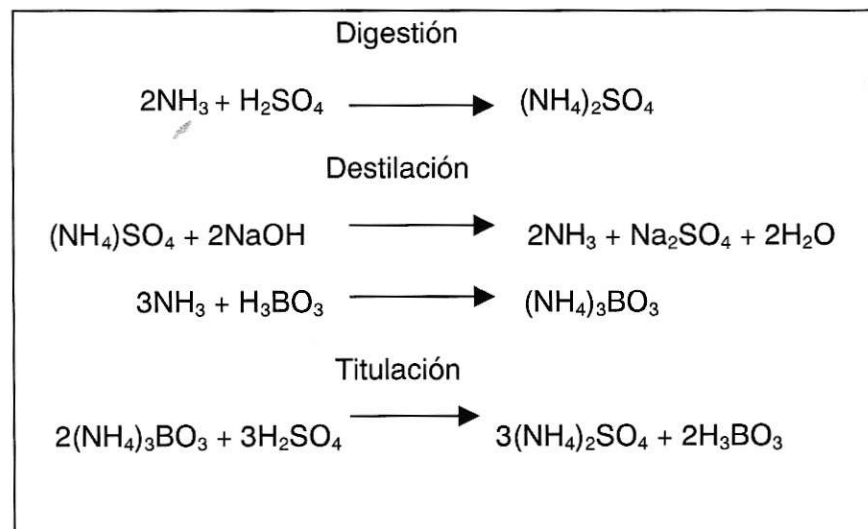
El método Kjeldahl se utiliza preferentemente en suelos ácidos y con baja concentraciones de nitratos, pero también se puede utilizar para la medición de nitrógeno en aguas. Este procedimiento no identifica el N en forma de NO_3^- , puesto que con el calentamiento con ácido sulfúrico éstos se liberan en forma de nitritos. Sin embargo, este método capta todo el nitrógeno orgánico, incluso el amonio absorbido y su determinación se basa en la liberación de N desde los componentes orgánicos por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado, formando sulfato de amonio.

Mediante una destilación con vapor de agua y adición de hidróxido desoído se obtiene amonio, el cual es transportado por el vapor de agua y absorbido en una solución de ácido bórico.

Con la formación de borato de amonio, se genera un cambio de pH, aumentando dependiendo de la concentración de N en la solución, posterior a esto, se titula con ácido sulfúrico diluido hasta que exista la ausencia de ácido bórico libre, regresando a su pH original que varía desde 4,55 a 4,75.

La figura muestra las reacciones químicas involucradas en este proceso.

Reacciones químicas de la medición de N total por el método Kjeldahl



La adición de de ácido salicílico y sulfatos de potasio al catalizador, permite evidenciar la presencia de nitratos y nitritos en la solución de agua o suelo. La muestra es trata con ácido salicílico disuelto en ácido sulfúrico, de modo que los compuestos nitrogenados formados por la reacción del ácido salicílico con los nitratos se reducen a los amino compuestos correspondientes. Este procedimiento se realiza antes del proceso de digestión.