

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS  
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

**TESIS:**

**CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN AGUA CONTAMINADA CON PURINES EN LA  
EXPLOTACIÓN GANADERA TARTAR PECUARIO, BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA.**

Por:

M.V. Rosa Mariela Idrugo Huaripata

Asesor:

M.V. M. Sc. Fernando A. Oblitas Guayán

Cajamarca, Perú

Marzo 2015

COPYRIGHT © 2015 by  
Rosa Mariela Idrugo Huaripata Todos los  
derechos reservados.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS  
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

**TESIS APROBADA:**

**CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN AGUA CONTAMINADA CON  
PURINES EN LA EXPLOTACIÓN GANADERA TARTAR PECUARIO BAÑOS  
DEL INCA - CAJAMARCA.**

Por: Rosa Mariela Idrugo Huaripata

Comité Científico:

Dr. Severino Torrel Pajares  
Presidente del Comité

Dra. Consuelo Plasencia Alvarado  
Primer Miembro Titular

Dr. José Coronado León  
Segundo Miembro Titular

Dr. Fernando Oblitas Guayán  
Asesor

Fecha: Marzo de 2015

A:

Mi madre Julia quien con profundo sacrificio luchó para salir adelante y hacer de mí una persona de bien.

Mi querido y respetado Tío Luis que me alentó a seguir superándome, brindándome siempre su apoyo incondicional.

Lucciana mi amada hija y Ronald mi querido esposo quienes son lo más valioso que tengo y por quienes pienso en ser mejor cada día.

## CONTENIDO

Ítem	Página	AGRADECIMIENTOS	;	Error! Marcador no definido.
LISTA DE ABREVIACIONES				9
RESUMEN				10
ABSTRACT				12
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>				1
1.1. Planteamiento del problema				2
1.2. Justificación de la investigación				4
1.3. Objetivos				6
1.3.1. Objetivo general				6
1.3.2. Objetivos específicos				6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>				7
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación				7
2.2. Relación teórica				10
2.3. Relación conceptual				16
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>				21
3.1. Ubicación del experimento				21
3.2. Diseño de la investigación				21
3.3. Delimitación del universo de estudio				21
3.3.1. Unidad de análisis				21
3.3.2. Toma de muestra				21
3.4. Materiales				22
3.5. Metodología				24
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>				25
4.1. Concentración de nitratos				25
4.2. Concentración de nitratos en aguas superficiales				28
4.3. Concentración de nitratos en aguas subterráneas (de pozo)				30
4.4. Concentración promedio de nitratos en aguas superficiales y Subterráneas (de pozo)				32

4.5.	Concentración promedio de nitratos en mg/L versus pH promedio de las muestras	35
4.6.	Comparación de las concentraciones de nitratos en aguas superficiales, aguas subterráneas y la relación entre puntos de toma de muestra	37
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		40
5.1.	Conclusiones	40
5.2.	Recomendaciones	41
5.3.	Referencia bibliográficas	52

## **ANEXOS**

❖ <b>Imagen Satelital</b>	Ubicación del muestreo	43
❖ <b>Foto 01</b>	Fundo Tartar pecuario.	44
❖ <b>Foto 02</b>	Muestra de agua con purines.	45
❖ <b>Foto 03</b>	Muestra 01 (Entrada de agua al Fundo Tartar)	45
❖ <b>Foto 04</b>	Muestra 02 (Potrero 3)	46
❖ <b>Foto 05</b>	Muestra 03 (Canal puente central)	46
❖ <b>Foto 06</b>	Muestra 04 (Pozo 01)	47
❖ <b>Foto 07</b>	Muestra 05 (Corral de terneros)	47
❖ <b>Foto 08</b>	Muestra 06 (Sala de ordeño)	48
❖ <b>Foto 09</b>	Muestra 07 (Bebedero central)	48
❖ <b>Foto 10</b>	Muestra 08 (Pozo 02)	49

❖ <b>Foto 11</b> Muestra 09 (Salida general de agua con purines)	49
❖ <b>Foto 12</b> Muestra N° 10 (Canal de salida de agua del Fundo Tartar)	50
❖ <b>Foto 13</b> Rotulación para enviar muestras al laboratorio	50
❖ <b>Foto 14</b> Muestras en el laboratorio	51

## **TABLAS**

1. Composición típica de purines en la Unión Europea y en España	12
2. Distribución de la emisión de GEI en agricultura	15
3. Límites máximos permisibles de nitratos	17
4. Concentración de nitratos en la explotación ganadera	
Tartar pecuario, Baños del Inca – Cajamarca	22

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios hacedor de todas las cosas y artífice de nuestras vidas, quien me guió por el sendero correcto e hizo posible lograr todas mis metas.

Al M.V. M. Sc. Fernando Oblitas Guayan, por el asesoramiento dado en la conducción del presente Trabajo de Investigación, haciendo posible la culminación del mismo.

A la Hermana Ana María Mambourg integrante de la “Fundación Alumnos del Perú” por su apoyo económico sin el cual no hubiese sido posible la realización del presente trabajo de investigación

A todos los Maestros en Ciencias de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, quienes impartieron sus valiosos conocimientos y brindaron su apoyo en el transcurso de mi especialización.

Al Dr. Carlos Amorós Delgado, quien colaboró desinteresadamente brindándome las facilidades para la realización del presente trabajo de investigación.

La Autora



## LISTA DE ABREVIACIONES

- EPA: Agencia para la protección del medio ambiente de Norte América.
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación.
- GEI: Gases de Efecto Invernadero.
- IDA: Ingesta Diaria Admisible.
- JEFCA: Comité Mixto FAO/OMS de expertos en Aditivos Alimenticios establecido en 1956. MS: Materia Seca.
- N: Nitrógeno
- NMP: Número más Probable.
- OMS: Organización Mundial de la Salud.

## ***RESUMEN***

### **“CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN AGUA CONTAMINADA CON PURINES EN LA EXPLOTACIÓN GANADERA TARTAR PECUARIO, BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA”.**

*Rosa Mariela Idrugo Huaripata.*

*Cajamarca – Perú, 2015*

La presente investigación se realizó en la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca - Cajamarca de la Universidad Nacional de Cajamarca, con el propósito de evaluar la concentración de nitratos del agua usada tanto para riego como para consumo de animales; así mismo determinar la concentración de nitratos del agua superficial y del agua subterránea (de pozo). Se tomaron 8 muestras de aguas superficiales (canales de irrigación y de drenaje ) y 2 muestras de los pozos de agua subterránea de las instalaciones ya mencionadas (total 10 muestras); una semana después se repitió dicho procedimiento obteniéndose así las otras 10 muestras de agua, haciendo esto un total de 20 muestras, las mismas que fueron transportadas al laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Cajamarca para el análisis correspondiente usando el método de Filtración y Espectrofotometría Ultravioleta; obteniéndose las siguientes concentraciones promedios de nitratos

x

en aguas superficiales y subterráneas de ambos muestreos, respectivamente:

4,69±4,3 mg/L de concentración de nitratos; para aguas superficiales fue de 5,30± 4,85 mg/L de concentración de nitratos; en aguas subterráneas (de pozo) fue de 3,44± 3,39

mg/L de concentración de nitratos. El promedio de concentración de nitratos entre aguas superficiales y aguas subterráneas (de pozo) fue  $4,68 \pm 3,02$  mg/L. Concentración de nitratos para el primer muestreo es  $5,60 \pm 4,39$  mg/L y un pH promedio  $8,67 \pm 0,59$ ; para el segundo muestreo  $3,78 \pm 4,24$  mg/L y un pH promedio de  $8,32 \pm 0,29$ . La mayor concentración de nitratos se presentaron en las aguas superficiales, seguidas de las aguas subterráneas (de pozo) y finalmente el agua procedente del fundo Sta. Dorotea; respecto a los puntos de toma de muestra la mayor concentración de nitrato procede de la salida general de purines de la sala de ordeño, ya que en esa zona se concentran todos los animales.

*Palabras claves: Purines, explotación ganadera, concentración de nitrato, aguas superficiales, aguas subterráneas.*

## **ABSTRACT**

### **“NITRATE CONCENTRATION IN WATER CONTAMINATED WITH SLURRY ON THE FARM LIVESTOCK TARTAR, BATHS INCA- CAJAMARCA”**

**Rosa Mariela Idrugo Huaripata**

**Cajamarca – Perú 2015**

This research was conducted at the farm Tartar livestock, Baños del Inca - Cajamarca National University of Cajamarca, in order to evaluate the nitrate concentration of water used for both irrigation and consumption of animals and humans; likewise determine the nitrate concentration of surface water and groundwater of Tartar livestock farm. 8 samples of surface water (irrigation canals and drainage) and 2 samples from groundwater wells of the facilities mentioned above (total 10 samples) were taken; a week after that procedure thus obtaining the other 10 water samples were repeated, making this a total of 20 samples, they were transported to the Laboratory of Food Science, National University of Cajamarca for proper analysis; yielding:  $4.69 \pm 4.3$  mg / L nitrate concentration; to surface water is  $5.30 \pm 4.85$  mg / L nitrate concentration; groundwater (well) is  $3.44 \pm 3.39$  mg / L nitrate concentration. The average nitrate concentration between surface water and groundwater (well) was  $4.68 \pm 3.02$  mg / L. Nitrate concentration for the first sampling is  $5.60 \pm 4.39$  mg / L and an average pH  $8.67 \pm 0.59$ ; for the second sample  $3.78 \pm 4.24$  mg / L and an average pH of  $8.32 \pm 0.29$ . The highest concentration of nitrate in surface waters presented, followed by underground water (well water) and finally water with lower nitrate concentration was founded from the Sta Dorotea.; for the points sampling the highest concentration of nitrate comes from the overall output of slurry parlor, because in that area all animals are concentrated.

Keywords: Purines, ranching, nitrate concentration, surface water, groundwater.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

La contaminación con altas concentraciones de nitratos de las aguas superficiales y profundas se debe principalmente al vertido directo de excretas a las fuentes de agua, en el caso de la ganadería. Pero desde el punto de vista agronómico la contaminación por nitratos al agua se debe principalmente al exceso o al mal abonamiento de los suelos agrícolas (Fernández y Soria 2012).

La máxima preocupación en torno a la contaminación del agua por nitratos radica en el efecto que puede tener sobre la salud humana a través de su ingesta sea disueltos en el agua o bien en los alimentos. Aunque los nitratos son producto del metabolismo humano normal, el agua con altas concentraciones en nitratos representa un riesgo para la salud, especialmente en los niños. Si se bebe agua con elevadas concentraciones de nitratos, la acción de determinados microorganismos en el estómago puede transformar los nitratos en nitritos, que al ser absorbido en la sangre convierte a la hemoglobina en metahemoglobina. La metahemoglobina se caracteriza por inhibir el transporte de oxígeno en la sangre. Aunque la formación de metahemoglobina es un proceso reversible, puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños (síndrome del bebé azul). Pero también los nitratos pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas compuestos que pueden ser cancerígenos (OMS 2003).

En la explotación ganadera Tartar pecuario Baños del Inca - Cajamarca las aguas superficiales y profundas (de pozo) contaminadas con purines son vertidas directamente al canal de regadío y a los potreros, situación que motivó el presente estudio.

## **1.1. Planteamiento del problema**

Las deyecciones, agua de lavado del potrero, desperdicios de pienso y agua de bebida, procedentes de animales estabulados en explotaciones ganaderas, producen el denominado estiércol líquido o purines (EDIPORC 2008).

La agricultura y la ganadería han sido desde siempre actividades complementarias. En esta coyuntura, las deyecciones ganaderas eran un recurso valioso para el abono de las tierras de cultivo que de hecho era la única fuente de nutrientes hasta la revolución verde y que permitía cerrar el ciclo de la materia orgánica. La profunda transformación del sector ganadero, con la aparición de la ganadería intensiva, ha hecho que ambas actividades productivas se desligaran cada vez más, transformando en algunas ocasiones lo que antes era un recurso en un residuo (Magrí y Bonmatí 2007).

La ganadería tanto en establos como en el campo han concentrado la cría de animales en determinadas zonas geográficas, de forma que los purines aportan al terreno mayor cantidad de nutrientes, particularmente nitrógeno, de las que puede absorber, el exceso de aplicación de nitrógeno a terrenos agrícolas o el vertido de los purines insuficientemente tratados a cauces que producen la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas a límites que atentan contra la salud (Angulo 2004).

La producción agropecuaria utiliza el 70% de los recursos hídricos superficiales; una parte de esa agua es consumida por la ganadería, principalmente como agua de bebida para los animales. Existe un importante riesgo de contaminación biológica del agua asociada a dicha actividad, debido a que los patógenos eliminados a través de las deyecciones animales pueden ser transportados a las vías de agua, a través del escurrimiento superficial. Los patógenos pueden alcanzar el agua también por vía directa, a través del ingreso de los animales infectados a los cursos de agua. (Chagas et al. 2006).

Por norma general los purines se vierten en balsas de desecación y en menor medida en fosas sépticas. La existencia de estos residuos depositados "a cielo abierto" producen fuertes olores lo cual da lugar a un sin número de quejas por parte de las personas que viven en las zonas cercanas. A las molestias por olores y a tenor de las denuncias habrá que añadir el riesgo de contaminación de suelos y acuíferos por los vertidos incontrolados de estos residuos (San Martín 2008).

Los compuestos nitrogenados agregados al suelo, como los fertilizantes, abonos y residuos orgánicos son degradados mediante la acción microbiana produciendo, entre otros compuestos inorgánicos, nitratos, los cuales son esenciales para la nutrición vegetal, pero a su vez pueden ser contaminantes del medio ambiente. Los nitratos son altamente solubles y no son retenidos por las cargas negativas de los coloides del suelo, de modo que se mueven libremente con el agua de drenaje, a través del perfil, hacia los acuíferos. Altos niveles de nitratos en el suelo pueden conducir a niveles relativamente altos de nitratos en el agua de consumo, lo cual afecta adversamente la salud humana (Picone et al. 2003).

El consumo de agua con nitratos produce metahemoglobinemia, una enfermedad mortal para los lactantes, y más recientemente se ha asociado con el desarrollo del linfoma no-Hodgkin (Picone et al. 2003), de aquí la importancia de monitorear los niveles de nitratos en los pozos o en cualquier otra fuente de suministro de agua. La concentración límite de nitratos para el agua de consumo humano, fijada por el Servicio de Salud Pública de EE.UU. en el año 2009 es de 10 mg N-NO<sup>-3</sup> L<sup>-1</sup> mientras que, el Código Alimentario Argentino del año 2007 especifica un valor límite de 45 mg NO<sup>-3</sup> L<sup>-1</sup>; y en tanto en el Perú el Reglamento de Calidad de Agua para consumo Humano DS N° 031- 2010-SA establece como Límite máximo permisible 50mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>.

La explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca – Cajamarca se encuentra ubicada a una altura de 2667 m.s.n.m.; cuenta con pasturas compuestas por una asociación de rye-grass trébol. En el fundo Tartar existen dos pozos de agua subterránea la misma que es

usada tanto para consumo animal y para consumo humano; los purines que se generan en el predio no reciben ningún tipo de tratamiento previo.

## **1.2. Justificación de la investigación.**

La presente investigación está orientada a contribuir al conocimiento en la calidad de las aguas superficiales y profundas de la explotación ganadera Tartar pecuario de la UNC, Baños del Inca relacionado a las concentraciones de nitrato ya que como se sabe los purines de este fundo son vertidos directamente a los canales de agua de regadío y a las aguas que discurren alrededor del predio, la presente investigación trata de determinar cuál es la concentración de nitratos, y si ésta, puede alcanzar niveles tóxicos o no para los animales que son abastecidos y consumen aguas provenientes de pozos subterráneos y en algunas ocasiones aguas superficiales, tomando en cuenta los límites mínimos y máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Por otro lado, esta situación se puede presentar también en humanos, debido a que los nitratos presentes en las aguas se reducen a nitritos, lo cual pasa a formar metahemoglobina disminuyendo así la capacidad de oxigenación en la sangre, lo que se manifiesta por la coloración azulada de la piel y llegando al coma o la muerte de los niños expuestos; en los animales cuando los rumiantes consumen altos niveles de nitratos los microorganismos del rumen lo reducen gradualmente a nitrito. Si el nitrito no es reducido rápidamente a amonio, puede pasar a sangre en cantidades excesivas. El nitrito en sangre convierte a la hemoglobina en metahemoglobina impidiendo el transporte de oxígeno a los tejidos. La metahemoglobina le confiere a la sangre un color marrón achocolatado característico. Si la proporción de metahemoglobina es muy alta (mayor al 65%) el animal no obtiene suficiente oxígeno y puede morir en pocas horas. (Kidd 2002).



La disponibilidad de agua subterránea a nivel nacional es de 2 739 millones m<sup>3</sup>, es decir 0,13 % de la disponibilidad total de recurso hídrico a nivel nacional. Las aguas subterráneas son de origen aluvial y se alimentan por la infiltración de las aguas de los ríos, percolación en canales de irrigación y recirculación de aguas de regadío (Vinelli 2003).

Por lo general, se cree que el agua subterránea es pura y segura para beber ya que pasa por un proceso de filtración y limpieza a través del subsuelo y lecho rocoso. Sin embargo, este proceso no asegura necesariamente su pureza. La contaminación del agua subterránea puede ser tanto una consecuencia natural como ocasionada por la actividad humana, o también contaminada con purines procedentes de los animales estabulados y/o criados en forma extensiva como es el caso del presente estudio. Entre los indicadores de contaminación de agua subterránea más importantes se encuentra el nitrato. En agua no contaminada, el nitrato está presente en concentraciones bajas (menos de 5 mg/L) y varía según las condiciones geoquímicas, el procedimiento de evacuación de desechos humanos y/o animales, el grado de utilización de fertilizantes y las descargas de compuestos nitrogenados (OMS 2003).

Con el presente estudio se obtuvo información relevante sobre la contaminación generada por los purines, sobre el agua superficial, subterránea y de consumo, de la explotación ganadera Tartar pecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca, y la misma se podría extrapolar a otros establos lecheros, con manejo similar de sus purines, la información obtenida es de suma importancia y utilidad para otros investigadores y estudiantes que trabajen sobre este tema y la incidencia sobre la salud humana y animal.

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Evaluar la concentración de nitratos en el agua, contaminada con purines de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca -Cajamarca.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de nitratos del agua superficial de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca -Cajamarca.
- Determinar la concentración de nitratos en el agua subterránea de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca -Cajamarca.
- Comparar las concentraciones de nitratos de las aguas superficiales y las aguas subterráneas y determinar qué relación hay entre los puntos de toma de las muestras.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.

Los nitratos de la dieta pueden provenir de vegetales, carnes curadas, peces y el agua. En el caso de la concentración de nitratos en aguas superficiales, esta es generalmente baja (0 a 18 mg/L), pero puede ser mayor debido a la actividad agrícola o la contaminación causada por desperdicios humanos y animales. Para las aguas subterráneas, bajo condiciones anaeróbicas, la concentración de nitratos es menor y depende fuertemente del tipo de suelo o de la situación geológica. En Estados Unidos, el nivel natural nacional encontrado no excede el rango de 4 - 9 mg/L para nitratos y 0,3 mg/L para nitritos (Lynda 2000).

La ingesta diaria admisible de una sustancia es la cantidad máxima de dicha sustancia que puede ser ingerida por un individuo al día durante toda su vida sin que le produzca ningún efecto adverso sobre su salud. Por debajo de la Ingesta Diaria Admisible (IDA) no hay riesgo para la salud; el comité conjunto de la FAO/OMS (JECFA) en el año 2002 estableció los siguientes valores:

<b>ION</b>	<b>INGESTA DIARIA ADMITIDA (IDA)</b>
<b>NITRATO (NO<sup>-3</sup>)</b>	0 – 3,7 mg/kg de peso corporal
<b>NITRITO (NO<sup>-2</sup>)</b>	0 – 0,07 mg/kg de peso corporal

*Fuente: Comité Científico de la Alimentación Humana (CCAH)*

Por lo tanto, para una persona que pese 70 kg, la ingesta diaria admisible de nitratos y nitritos no debería ser superior a 259 mg/día (para nitratos) y 4,9 mg/día (para nitritos), respectivamente (Agencia de Protección de la Salud y Seguridad Alimentaria s.f.)

Piconé (2003) realizó un estudio sobre la evaluación de nitratos y bacterias coliformes en pozos de la cuenca alta del arroyo pantanoso se encontró que, de los 39 pozos examinados, 13 presentaron concentraciones de nitratos que excedieron en 0,2 a 6,5 mg N-NO<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> de agua al valor crítico de 10 mg N-NO<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> de agua establecido por la Agencia de Salud Pública de EE.UU. para consumo humano. En las muestras restantes, los niveles de nitratos fluctuaron desde 0 hasta 9,6 mg N-NO<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> de agua. Las concentraciones altas de nitratos se registraron en pozos ubicados en áreas que tuvieron uso agrícola intensivo, con aplicación de fertilizantes a largo plazo. Con respecto a la presencia de bacterias coliformes, 6 de las muestras analizadas presentaron igual o menos de 3 Número Más Probable (NMP) de bacterias coliformes por 100 mL de agua, que es uno de los criterios establecidos para aguas de consumo humano por el Código Alimentario Argentino. Este resultado fue obtenido en pozos bien construidos y ubicados lejos de los corrales de encierre de los animales. Las muestras restantes presentaron valores superiores a 3 NMP de bacterias coliformes por 100 ml de agua, desde 4 hasta 1100 NMP de coliformes 100 ml de agua, sugiriendo un alto riesgo sanitario.

En un estudio sobre la contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sur este de Uruguay, se encontró que las aguas superficiales tuvieron siempre concentraciones de nitratos muy inferiores a 10 mg N L<sup>-1</sup> de agua que es el nivel crítico por debajo del cual el agua se considera apta para el consumo humano. Las aguas subterráneas tuvieron concentraciones de nitratos entre 1 a 93 mg N L<sup>-1</sup> siendo la variable más asociada con este resultado la distancia entre pozos a las fuentes localizadas siendo los pozos más cercanos los más contaminados (Perdomo et al. 2001).

Otro estudio sobre efectos en el sistema suelo-planta después de tres años de aplicación de purín de cerdo como fertilizante en un cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) mediante el cual los autores dan una alternativa de gestión de los residuos pecuarios (purines) en donde

buscan encontrar la dosis adecuada para la aplicación correcta de purines de cerdo como fertilizante minimizando sus efectos contaminantes, para lograr esto los autores realizaron una experiencia, que duró 3 años, cultivando brócoli, se realizó en 4 parcelas (630 m<sup>2</sup>) con distintas aplicaciones de purín de cerdo: sin purín y tres dosis de 4,86 L/m<sup>2</sup>, 11,05 L/m<sup>2</sup> y 14,86 L/m<sup>2</sup>, parcelas control, B, C y D respectivamente. Tras la experiencia, el suelo presentó incrementos importantes en N, P, K y carbono orgánico, especialmente después de sucesivas aplicaciones y en dosis altas, además, se observó un ligero aumento del pH y un descenso de la conductividad eléctrica; los oligoelementos experimentan un aumento sin exceder los límites establecidos por la legislación. La planta presenta aumentos en N, P y K tras sucesivas aplicaciones de purín y en dosis altas, al igual que ocurre con el contenido en oligoelementos y NO<sup>-3</sup>; sin embargo, estos valores se encuentran dentro de rangos normales, no sobrepasando lo establecido por la legislación. La producción aumenta al incrementar la dosis de purín y en aplicaciones sucesivas, sobrepasando la media de producción del Valle del Guadalentín (Llona y Faz 2005).

Debido a sus propiedades físicas, no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones potencialmente peligrosas, es detectada cuando se manifiesta un problema de salud. A menudo es difícil precisar el origen de la contaminación, debido a que puede provenir de muchas fuentes. La entrada de los nitratos a las aguas subterráneas es un resultado de procesos naturales y del efecto directo o indirecto de las actividades humanas. Los procesos naturales incluyen la precipitación, el intemperismo de los minerales y descomposición de la materia orgánica. Los nitratos provenientes de las actividades humanas incluyen: la escorrentía de terrenos cultivados, efluentes de lagunas y tanques sépticos, fertilización excesiva con nitrógeno, deforestación y el cambio en la materia orgánica del suelo como resultado de la rotación de cultivos (Heaton 1985).

## **2.2. RELACIÓN TEÓRICA**

### **2.2.1 Contaminación por explotaciones ganaderas**

De los residuos de los animales proceden compuestos nitrogenados, fosfatos, bacterias, cloruros, y en algunos casos metales pesados. Normalmente no ocasionan problemas importantes, salvo en el caso de grandes instalaciones. Resultan especialmente graves las granjas porcinas (los residuos líquidos se denominan purines) (Sánchez 1997).

Desde el punto de vista ambiental, la época de aplicación de purines tiene una alta incidencia. Las pérdidas de nutrientes tienen mayor probabilidad de producirse en invierno debido al alto riesgo de escurrimiento y lixiviación de nitratos en este periodo. En una encuesta realizada en predios lecheros de la Décima Región determinaron que los efluentes de lecherías son a menudo en otoño e invierno y generalmente utilizando altas dosis. Este manejo incrementa el riesgo de pérdidas de N vía lixiviación, los cuales pueden contaminar cursos de agua subterránea (Salazar et. al. 2003).

Las prácticas de ganadería intensiva pueden suponer una fuente de polución nitrogenada debido a la excesiva dosis de estiércoles por unidad de superficie de terreno. Uno de los principales problemas ambientales asociado a la aplicación de purines a los suelos es la posible contaminación con nitratos de las aguas subterráneas o superficiales. Se ha observado que la aplicación a cultivos de maíz de dosis de purines de cerdo 3 veces superiores a las óptimas supone una fuente importante de contaminación debido al lavado de nitratos y al aumento de la salinidad (Valdecantos 1993). Por ello, los manuales de buenas prácticas agrarias inciden especialmente sobre la no aplicación de estos productos en zonas vulnerables a la contaminación por nitratos, en suelos de fácil drenaje, o en otoño cuando el riesgo de precipitaciones fuertes es más elevado (Chambers et al. 2001).

### 2.2.2 Composición de los purines

Por las características del purín en origen, muy variable en función del manejo y tipo de explotación, la composición tanto genérica como de la fracción sólida presenta fuertes cambios en algunos valores (fundamentalmente metales pesados) dentro de la misma granja en cortos espacios de tiempo. La heterogeneidad de la composición es notable debido, entre otras causas, a la tasa de dilución del residuo, finalidad de la cría, la alimentación, tipo de limpieza de los establos y almacenamiento del purín, y la época del año en que se analice. En la tabla 1 se ofrecen los valores promedio de la composición de purines para el conjunto de la Unión Europea y para España en particular. Entre los nutrientes con valor fertilizante, el nitrógeno se encuentra en diversas formas minerales (amoníaco un 60% del nitrógeno total) y orgánicas, que difieren en la tasa de mineralización. La mitad del nitrógeno orgánico aplicado con los purines de cerdo suele mineralizarse durante el primer año y el resto en los años sucesivos. Una fracción elevada del fósforo (60%-80% del total) se encuentra en forma mineral como fosfato bicálcico, compuesto que presenta un comportamiento agronómico idéntico al de fósforo presente en los fertilizantes minerales (superfosfato o fosfato de amonio). En concreto, se ha observado que el estiércol licuado de cerdos contiene alrededor del 80% del total de fósforo en forma mineral. El potasio presente en las deyecciones ganaderas está prácticamente en su totalidad en forma de sales muy disponibles para las plantas, por lo que se puede considerar que tiene la misma eficacia que los fertilizantes minerales (Valdecantos 1993).

**Tabla N° 1 Composición típica de purines en la Unión Europea y en España**

	UNIÓN EUROPEA		ESPAÑA
	Purines Sólidos	Purines Líquidos	Purines Líquidos
Sólidos (%)	25	1 - 13	5 - 7
Materia Orgánica (%)	16,0	3,4 - 7,0	
DBO (mg l-1)	--	--	5.000 - 25.000
N-1K (%)	0,5 - 0,7	0,2 - 1,6	
N-NH4 (%)	0,07 - 0,25	0,21 - 0,36	0,30 - 0,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0,10 - 0,76	0,10 - 1,20	0,10 - 0,30
K <sub>2</sub> O (%)	0,4	0,2 - 0,9	0,10 - 0,30
CaO (%)	0,50	0,14 - 0,67	
MgO (%)	0,25	0,05 - 0,18	
Na <sub>2</sub> O (%)	--	0,08 - 0,09	
Cd (ppm p.s.)	0,7	0,2 - 0,5	
Cr (ppm p.s.)	1,9	2,4 - 18,0	
Cu (ppm p.s.)	346	180 - 574	333 - 666
Hg (ppm p.s.)	--	0,05	
Ni (ppm p.s.)	5,0	3,2 - 17,0	
Pb (ppm p.s.)	2,8	<1,0 - 12,0	
Zn (ppm p.s.)	387	403 - 919	333 - 666
Se (ppm p.s.)	--	0,6	

Fuente: European Commision - DG ENV (2001a) y Hall (1999).

### 2.2.3 Principales contaminantes de la ganadería

Por norma general los purines se vierten en balsas de desecación y en menor medida en fosas sépticas. La existencia de estos residuos depositados “a cielo abierto” producen fuerte olores lo cual da lugar a un sin número de quejas por parte de las personas que viven en las zonas cercanas. A las molestias por olores y al temor de las denuncias habrá que añadir el riesgo de contaminación de suelos y acuíferos por los vertidos incontrolados de estos residuos (San Martín 2008).

### 2.2.4 Principales problemas medioambientales ligados a la explotación porcina.

Los principales problemas medioambientales ligados a la explotación ganadera vienen dados por la producción de purines y de cadáveres de animales, así como por la proliferación de vectores (roedores e insectos), los malos olores y los ruidos. Tampoco podemos dejar de lado la producción de otros residuos, tales como los envases de piensos, medicamentos y productos relacionados. Con todo, casi todos ellos van ligados a la producción de purines (Valdecantos 1993).



### **2.2.5 Contaminación de suelos**

La contaminación se produce por un aporte excesivo de purines que da lugar a un desequilibrio en la composición de los suelos, particularmente en nitrógeno amoniacal, fosfatos, potasio, cobre y zinc. También pueden originar contaminación con agentes patógenos (bacterias, hongos, coccidios, helmintos). Así: El nitrógeno amoniacal contenido en los purines favorece la pérdida de materia orgánica de los suelos y variaciones importantes de su pH. y sensibilidad al mismo. Los purines también pueden originar la contaminación del suelo por bacterias patógenas tales como *Campylobacter*, *Salmonella*, *Escherichia coli* así como por helmintos, coccidios, etc. Todo esto puede tener una grave repercusión sanitaria al contaminarse las aguas o las plantas (forrajes y hortalizas) que posteriormente serán consumidas por animales o personas (Valdecantos 1993).

La evidencia encontrada en relación con la transmisión de infecciones por el uso de aguas residuales y purines no tratados permite jerarquizar los riesgos de los distintos patógenos como altos para los helmintos, más bajos para bacterias y protozoos, y mínimo para los virus entéricos. El empleo racional de los purines requiere conocer previamente la composición del mismo y la del suelo receptor, así como las necesidades del cultivo a abonar, estableciéndose la cantidad adecuada a emplear por unidad de superficie. La maduración durante un tiempo adecuado (90 días) es importante con el fin de controlar la contaminación microbiana (San Martín 2008).

### **2.2.6 Contaminación de las aguas**

La contaminación llega a las aguas a través de los vertidos directos o más comúnmente debido a infiltración por el terreno. Estas aguas pueden ser perjudiciales para el hombre en caso de ingestión directa o pueden contaminar productos destinados al consumo humano, como verduras, hortalizas, y frutas regadas con la misma (San Martín 2008).

### **2.2.7 Contaminación atmosférica**

Los purines, durante la fase de maduración, dan lugar a la formación y el desprendimiento de gases de diferente índole que, por generarse a “cielo abierto”, van directamente a la atmósfera. Los principales gases originados son el dióxido de carbono, el metano, el amoníaco y el sulfhídrico. Los tres primeros son los de mayor importancia por su capacidad de contribuir al efecto invernadero. El sulfhídrico por su parte, aunque tiene poca importancia a nivel atmosférico, puede ocasionar problema de toxicidad si se acumula en sitios cerrados (San Martín 2008).

### **2.2.8 Otros tipos de contaminación**

No debemos dejar de considerar que las explotaciones ganaderas contribuyen a la proliferación de roedores y de insectos (moscas y mosquitos entre otros), los cuales además de causar molestias pueden contribuir a la diseminación de los microorganismos patógenos presentes en purines, aguas o suelos contaminados (San Martín 2008).

### **Gestión de purines**

#### **La gestión de estiércoles como sistema de reducción de gases de efecto invernadero (GEI).**

Dentro del sector agrario, la ganadería es uno de los subsectores que pueden contribuir a la reducción de las emisiones de GEI mediante el fomento de tecnologías de tratamiento de estiércoles por fermentación anaeróbica. La posterior combustión del biogás producido en estos procesos biológicos, permite reducir las emisiones de metano en función del tipo, tamaño y rentabilidad de la instalación de metanización, la combustión del biogás puede efectuarse directamente en antorcha o, en otros casos, ser aprovechado para la producción de energía térmica únicamente o la producción combinada de energía térmica y eléctrica (San Martín 2008).

Conforme a los datos disponibles del 2006 en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, la contribución del sector agrario a las emisiones de GEI representa el 10,70 % de las emisiones totales y el 26,65 % de las emisiones procedentes de

fuentes denominadas difusas (transporte, residencial, comercial e institucional, agrario, residuos y gases fluorados). Su incremento respecto al año base ha sido del 14,50 %. La distribución de emisiones de GEI de los diferentes sub apartados del epígrafe “Agricultura” del Inventario Nacional del año 2006, se recoge en la siguiente tabla:

**Tabla N° 2 Distribución de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Agricultura.**

<i>AGRICULTURA</i>	<i>EMISIONES GEI AGRICULTURA AÑO 2006</i>	<i>PROPORCIÓN EMISIONES EN AGRICULTURA</i>	<i>PROPORCIÓN EMISIONES TOTAL (433,34 m CO<sub>2</sub>)</i>
SUBAPARTADOS	m CO <sub>2</sub> eq	%	%
FERMENTACIÓN ETÉRICA	13,40	29,00	3,09
GESTIÓN ESTIÉRCOLES	12,74	27,60	2,94
CULTIVO ARROZ MÁS QUEMA	0,60	1,30	0,14
SUELOS AGRÍCOLAS	19,42	42,10	4,48
<b>TOTAL</b>	<b>46,18</b>	<b>100</b>	<b>10,66</b>

*Fuente: Ministerio del medio ambiente, y medio rural y marino, Madrid 2006.*

### **Tratamiento de purines**

El problema fundamental del purín se plantea en la propia explotación ganadera y no fuera de ella, al margen de cuál vaya a ser el destino final del mismo y sea cual sea la tecnología que se aplique después de su salida de la granja, el deseo de todo agricultorganadero es deshacerse de los purines de manera respetuosa con el medio ambiente, y una de las mejores maneras de hacerlo es reutilizables como abono en la misma explotación (García 2005). Para alcanzar este objetivo se deben dar las siguientes condiciones: Los purines deben estar correctamente homogeneizados y ser simultáneamente compactos y fluidos; no deben tener sustancias nocivas para la vegetación y no dañar plantas ni raíces; tanto en su almacenamiento como en su extendido sobre el terreno, los purines deben desprender la menor cantidad posible de gases

nocivos y de sustancias malolientes; los purines deben ser ricos en nutrientes, especialmente en nitrógeno, y esto de forma asimilable y controlable (Schillok 2011).

### **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

#### **Nitratos y Nitritos:**

El nitrato y el nitrito son iones de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato se utiliza principalmente en fertilizantes inorgánicos, y el nitrito sódico como conservante alimentario, especialmente para las carnes curadas. La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares (San Martín 2008).

Las condiciones anaerobias pueden favorecer la formación y persistencia del nitrito. La cloraminación podría ocasionar la formación de nitrito en el sistema de distribución si no se controla debidamente la formación de cloramina. La formación de nitrito es consecuencia de la actividad microbiana y puede ser intermitente. La nitrificación en los sistemas de distribución puede aumentar la concentración de nitrito, que suele ser de 0,2 a 1,5 mg/L (OMS 2006).

**Tabla 3 Límites Máximos Permisibles de Nitratos**

Valor de referencia para el nitrato	50 mg/L para proteger a los lactantes alimentados con biberón contra metahemoglobinemia (exposición a corto plazo)
Valor de referencia para el nitrato y el nitrito en conjunto	La suma de los cocientes entre la concentración de cada uno y su valor de referencia no debe ser mayor a 1.
Presencia	En la mayoría de los países, las concentraciones de nitrato en aguas de consumo procedentes de aguas superficiales no superan los 10 mg/L, aunque los niveles de nitrato en aguas de pozo superan con frecuencia los 50 mg/L; las concentraciones de nitrito suelen ser menores, inferiores a unos pocos miligramos por litro.
Límite de detección	0,1 mg/L (nitrato) y 0,05 mg/L (nitrito) mediante cronografía líquida: 0,01 – 1 mg/L (nitrato) mediante técnicas espectrométricas: 0,005 – 0,01 mg/L nitrito) por un método de espectrometría de absorción molecular; 22 ug/L (nitrato) y 35 ug/L (nitrito) mediante cronografía iónica.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrato: la concentración debería poderse reducir hasta 5 mg/L o menos mediante desnitrificación biológica (aguas superficiales) o intercambio de iones (aguas subterráneas)</li> <li>• Nitrito: la concentración debería poderse reducir hasta 0,1 mg/L mediante cloración (para formar nitrato).</li> </ul>

Fuente: Organización Mundial de la Salud.

### **Purines:**

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española define como purines: “al líquido formado por los orines de animales y lo que rezuma del estiércol”. En realidad, los purines son: una mezcla semisólida de estiércol, orina, pienso, arena, agua, productos de lavado y otros restos, producidos en los establos de explotaciones ganaderas intensivas. Preferentemente el término se aplica a los estiércoles del porcino de las explotaciones intensivas (García 2005).

Los purines son el producto de la fermentación, predominantemente anaerobia, de los excrementos del ganado bovino, porcino y de gallinas ponedoras principalmente, con el agua de lavado de las granjas, en aquellas que tienen la fosa de almacenamiento cerrada o en el

interior, y con el agua de lavado y el agua de lluvia, en las que tienen la fosa abierta o en el exterior, fermentación que se produce dentro de dicha fosa (Carballas 1991).

En los purines de vacunos la cantidad de Nitrógeno total oscila entre 1,5 y 13,0%, con un promedio del 5% de la Materia seca (MS), siendo muy constante el contenido en nitrógeno orgánico (aproximadamente un 2% de la MS) y muy variable el nitrógeno inorgánico, aunque siempre representa más del 50% del N total. Este nitrógeno inorgánico, que se encuentra fundamentalmente como nitrógeno amoniacal, es el responsable de la fertilidad inmediata de los purines ya que se presenta disuelto en la fase líquida de los purines; es utilizable a corto plazo por las plantas o incorporado en el complejo de cambio del suelo, aunque también puede ser perdido por volatilización o lavado, directamente o después de ser oxidado a la forma nítrica. El nitrógeno orgánico, que se encuentra preferentemente en la fase sólida de los purines, no puede ser utilizado inmediatamente y permanece como una reserva cuya disponibilidad dependerá, entre otros factores, de la degradabilidad o tasa de mineralización de los purines (Carballas 1991).

### **Alcalinidad del agua**

La alcalinidad es la capacidad del agua para neutralizar ácidos. La alcalinidad es la suma del contenido de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) en el agua. El contenido de la alcalinidad inferior a 20 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  – indica que las aguas son muy sensibles a la contaminación ya que no presentan capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones de pH (acidificación) (Carballas. 1991).

### **Antecedentes de la determinación del valor de referencia de nitratos**

Las Normas internacionales para el agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 1958 hicieron referencia a los nitratos, afirmando que la ingestión de agua que contenga más de 50-100 mg/L de nitratos (como ión nitrato) puede producir metahemoglobinemia en lactantes menores de un año. En las Normas internacionales de

1963 se redujo este valor a 45 mg/L (como ión nitrato), el cual se mantuvo en las Normas internacionales de 1971. En las Normas internacionales de 1971 se expresó por primera vez preocupación por la posible formación de nitrosaminas in vivo. Dado que las nitrosaminas constituyen un peligro potencial para la salud de las personas, las Normas de 1971 señalaron que podría llegar a ser necesario reducir la concentración de nitratos en el agua si se observa que esta fuente supone una contribución significativa al peligro que representan las nitrosaminas para la salud de las personas. En la primera edición de las Guías para la calidad del agua potable, publicada en 1984, se recomendó un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el nitrógeno en forma de nitrato de 10 mg/L. También se recomendó que el valor de referencia para el nitrito fuese proporcionalmente menor que el del nitrato, y se señaló que la concentración de nitrógeno en forma de nitrito debe ser considerablemente inferior a 1 mg/L cuando el agua de consumo está tratada correctamente. Las Guías de 1993 concluyeron que la gran cantidad de datos epidemiológicos disponibles respaldan el valor de referencia establecido actualmente para el nitrógeno en forma de nitrato de 10 mg/L, pero señalaron que este valor no debe expresarse en función del nitrógeno en forma de nitrato sino en función del propio nitrato, que es la sustancia química que implica un riesgo para la salud. Por consiguiente, el valor de referencia para el nitrato es de 50 mg/L, aunque no se disponía de estudios adecuados sobre la metahemoglobinemia en animales. Por lo tanto, se propuso un valor de referencia provisional para el nitrito de 3 mg/L, aceptando que la potencia relativa del nitrito con respecto al nitrato en cuanto a la formación de metahemoglobina es de 10:1 (en molaridad), (OMS 2006).

### **Calidad del agua para uso y consumo humano**

Se entiende por agua potable la que es apta para beber y para los demás usos domésticos. Debe ser límpida e inodora, fresca y agradable. Debe contener algunos gases, especialmente aire y sales disueltas en pequeñas cantidades. No debe poseer materias orgánicas, gérmenes patógenos ni sustancias químicas (Tolcachier 2011).

## **El concepto de la contaminación**

Por contaminación de agua entendemos la adición de sustancias a un cuerpo de agua que deteriora su calidad, de forma tal que deja de ser apto para el uso que fue designado. La materia extraña contaminante puede ser inerte como los compuestos de plomo o mercurio o viva como los microorganismos. En su sentido amplio, podemos definir contaminación de agua como: hacer que las aguas no sean aptas para algún uso particular. Mientras que para un ama de casa, contaminación de agua puede significar mal sabor, malos olores o que el agua cause enfermedades intestinales, no así lo visualiza un industrial o un agricultor. Para un industrial, contaminación de agua puede significar el que se afecte la tubería de la caldera de su industria y para un agricultor el que el agua contenga cantidades extraordinarias de sal que no permita su uso para riego o para consumo animal. El concepto de contaminación de agua es relativo y está íntimamente relacionado con el uso propuesto del agua (OMS 2006).



## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El presente estudio se realizó en la explotación ganadera Tartar pecuario, de la Universidad Nacional de Cajamarca; ubicado en el distrito de Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca, ubicado en las coordenadas 7° 09' 41" de Latitud Sur y a una Longitud Oeste de 78° 28' 26" y a una altitud de 2 667 msnm, con una precipitación promedio pluvial de 62.5 mm.durante el año 2013

(\*).

#### **3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Y TIPO DE ESTUDIO**

Para la investigación se utilizó correlaciones en espacio y tiempo, interacciones entre los factores de estudio.

#### **3.3 DELIMITACIÓN DEL UNIVERSO DE ESTUDIO**

##### **3.3.1 Unidad de análisis**

Se consideró como unidad de análisis a la explotación ganadera Tartar pecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca, Distrito Baños del Inca, Cajamarca.

##### **3.3.2 Toma de muestras**

Para la colección de muestras de aguas superficiales se tomaron los puntos más vulnerables de los canales de irrigación y de drenaje de las instalaciones de la explotación ganadera Tartar pecuario (8 muestras) ya que son lugares con un grado de arrastre visible de sólido; para el caso de las muestras de aguas subterráneas (de pozo) son lugares accesibles para hacer una toma de muestra de manera adecuada y no tener mucho margen de error (2 muestras) de las instalaciones ya mencionadas (10 muestras); una semana después se repitió dicho procedimiento obteniéndose así las otras 10 muestras de agua, haciendo esto un total de 20 muestras, las mismas que se colectaron en envases de plástico en la cantidad de 1 litro y fueron transportadas al Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Cajamarca.

---

(\*) Fuente: SENAMHI 2013

**Tabla 4: Toma de muestras de agua en la explotación ganadera Tartar pecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca, Distrito Baños del Inca Cajamarca.**

Lugar de Toma de Muestra	Latitud Sur	Longitud Oeste	Primer Muestreo	Segundo Muestreo
			pH	pH
Entrada del agua al fundo	7°9'32.01"	78°28'17.43"	8,1	8,8
Potrero 3	7° 9' 34.60"	78° 28' 21.69"	8,3	8,9
Canal del puente central	7°9'40.84"	78°28'19.31"	9,0	8,3
Pozo 1	7°9'40.31"	78°28'22.90"	9,3	8,2
Corral de terneros	7°9'41.93"	78°28'23.17"	8,1	8,2
Sala de ordeño	7°9'41.16"	78°28'25.30"	9,3	8,2
Bebedero central, Santa Dorotea	7°9'41.42"	78°28'25.70"	9,2	8,2
Pozo 2	7°9'40.94"	78°28'26.38"	8,0	8,2
Salida general de Purines Sala de ordeño	7°9'41.69"	78°28'26.24"	8,1	8,2
Canal de salida del agua del fundo	7°9'45.78"	78°28'27.59"	9,3	8,0
<b>Promedio Total</b>			<b>8,67±</b>	<b>8,32±</b>

### 3.4 MATERIAL

Ubicación del material. El presente trabajo de Investigación se desarrolló entre el periodo de octubre 2012 a abril del año 2013 y se ejecutó en la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca - Cajamarca, cuya actividad principal es la crianza de ganado vacuno lechero de la raza Holstein y Brown Swiss, también se tiene pasturas instaladas con la asociación Rye gras trébol. El agua es captada a través de canales de regadío proveniente de la cuenca del río Chonta que es la principal fuente de agua para irrigar la zona agrícola del entorno a través de un sistema de riego conformado por los canales Remonta I, Remonta II, Huayrapongo y otros catorce canales de regadío; y además es alimentada por aguas superficiales que provienen de otros predios, siendo los días 5 y 20 de cada mes los días de riego.

## **MATERIAL DE CAMPO**

- GPS  
Marca: Garmin. WGS 84.
- Cámara Fotográfica:  
Marca: Panasonic.  
Modelo: Lumix.  
Serie: DCM – FS6.

## **MATERIAL DE LABORATORIO**

- Espectrofotómetro:  
Marca: Thermo scientific Génesys 20.  
Modelo: 4001 / 4.  
Serie: 3SGN269007.
- Cubeta 1cc ( Cuarzo 1 x 1).
- pHmetro

## **Herramientas**

- Depósitos de plástico para muestras.
- Termo para frio (Cooler)

## **Otros**

- Libreta de apuntes
- Plumones marcadores
- Etiquetas adhesivas
- Guantes

## **MATERIAL DE GABINETE**

- Equipo de cómputo
- Impresora
- CD
- Calculadora
- Material de escritorio (papel, lapiceros, lápiz etc.)

### 3.5 METODOLOGÍA

Se extrajeron muestras de agua superficial de los canales de irrigación y de drenaje de las instalaciones de la explotación ganadera Tartar pecuario (8 muestras) y muestras de los pozos de agua subterránea (2 muestras) de las instalaciones ya mencionadas (10 muestras); una semana después se repitió dicho procedimiento obteniéndose así las otras 10 muestras de agua, haciendo esto un total de 20 muestras, las mismas que fueron transportadas al Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Cajamarca. En cada oportunidad de muestreo se procedió a realizar georeferenciación (GPS) de todos los puntos de tomas de muestra.

En el laboratorio fueron procesadas y se analizaron utilizando el Método de Filtración y Espectrofotometría Ultravioleta, se leyó la absorbancia obtenida y mediante fórmula se obtuvo la concentración de nitratos:

$$\text{Ppm (N-NO}_3\text{)} = A/V_1$$

Donde:

A = Microgramos ( $\mu\text{g}$ ) de N-NO<sub>3</sub> leídos en la curva de calibración

V<sub>1</sub> = mL de muestra usados para el análisis

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Concentración de nitratos

**Tabla 01: Concentración de nitratos en la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca - Cajamarca.**

Lugar de Toma de Muestra	Primer Muestreo	Segundo Muestreo
	Nitrato (mg/L)	Nitrato (mg/L)
Entrada del agua al fundo	9,951	2,98
Potrero 3	11,439	1,51
Canal del puente central	11,26	3,40
<b>Pozo 1</b>	<b>1,753</b>	<b>0,32</b>
Corral de terneros	1,523	2,18
Sala de ordeño	1,240	4,66
Bebedero central, Santa Dorotea	2,904	2,94
<b>Pozo 2</b>	<b>9,279</b>	<b>2,39</b>
Salida general de Purines Sala de ordeño	5,171	15,41
Canal de salida del agua del fundo	1,470	2,04
<b>Promedio Total</b>	<b>5,60</b>	<b>3,78</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>±4,4</b>	<b>±4,2</b>

Se evaluó la concentración de Nitratos (mg/L) en diferentes muestras procedentes de las aguas superficiales de la explotación ganadera Tartar pecuario Baños del Inca - Cajamarca, son muestras de diferentes puntos del predio; las muestras de agua subterránea fueron obtenidas de pozos subterráneos siendo una de ellas agua proveniente del fundo Santa Dorotea obtenida en el bebedero principal del establo.

La muestra de agua del pozo 01 tiene menor concentración de nitratos, esto obedece posiblemente a la profundidad del pozo ya que según Giles (2001) La gran mayoría de los

habitantes desconoce la existencia de este importante recurso, a pesar de estar parado sobre él. El acuífero Puelche es una de las mayores reservas mundiales del principal insumo químico de la biosfera: El agua. Lo cual no es poco en un mundo cada vez más sediento. Sin embargo, esta importante fuente de agua subterránea está poco investigada, se encuentra ignorada, descuidada y nadie controla cómo y quién la contamina y sobre-explota.

**1° acuífero o Napa freática:** Se ubica desde 0 hasta los 10 m de profundidad con respecto a la superficie. Posee un techo (nivel freático) que fluctúan con el régimen de lluvias. A veces emerge en forma de lagunas y otras aparecen a los 4 o 10 m de profundidad. En algunas zonas se encuentra agotada y en otras aflorando a veces como repuesta a periodos muy lluviosos, o por cese de la explotación de acuíferos inferiores a la misma. Son aguas en general de mala calidad por su contaminación química y bacteriológica con pozos sépticos domiciliarios. Su techo acompaña la morfología de la superficie.

**2° acuífero o Pampeano:** se encuentra aproximadamente entre los 10 y 40 metros por debajo del nivel del mar, de acuerdo a la costa del terreno. Suele estar semiconfinado a presión. Es el primero con cierto grado de confinamiento ya que se encuentra limitado superior e inferiormente por sedimentos medianamente permeables. Los caudales de extracción que proporciona este acuífero son muy dispares y dependen de su emplazamiento. En cuanto a su calidad las aguas de este acuífero son duras, (muchas veces con exceso de nitratos) y frecuentemente presentan contaminación bacteriológica y de elementos químicos provenientes de residuos industriales que son derivados a pozos filtrantes.

**3° acuífero o Puelche:** se encuentra aproximadamente entre los 40 y 70 metros por debajo del nivel del mar (perforación profunda es más costosa), suele estar semiconfinado a presión. Está compuesto principalmente por arenas finas y medianas. Es la segunda napa semiconfinada y su piso está formado por las denominadas arcillas verdes del Paraná (prácticamente impermeables), las cuales limitan la filtración vertical descendente. Pero su techo posee otro tipo de sedimento (semipermeables) que le permiten la conexión hidráulica con los acuíferos superiores. Por su extensión, su fácil acceso mediante perforaciones, caudales y calidad química de sus aguas se ha convertido en el recurso hídrico subterráneo más explotado principalmente para consumo humano.

Estos tres acuíferos están interconectados por la infiltración del agua de lluvia. Esta conexión es la causa de la proverbial pureza del agua subterránea debido a que el agua que llega al Puelche ha atravesado gran cantidad de capas del suelo que actúan como filtros naturales, reteniendo las impurezas orgánicas y buena parte de las sustancias minerales contaminantes que pueda haber tenido.

**4° acuífero o Paraná:** se encuentra aproximadamente entre los 70 y 160 metros por debajo del nivel del mar, suele estar semiconfinado a presión. Está compuesto principalmente por Arenas finas y fósiles marinos.

**5° y 6° acuíferos ú Olivos:** se encuentran aproximadamente entre los 160 y los 410 metros por debajo del nivel del mar, suelen estar semiconfinados a presión.

Los acuíferos están conectados entre sí y con el ciclo hidrológico formando parte de un sistema hidráulico.

Para el caso del presente estudio se obtuvo un promedio de concentración de nitrato en agua derivada de purines de la explotación ganadera Tartar pecuario 1 en el distrito Baños del Inca-Cajamarca es de  $4,6895 \pm$  mg/L, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que la máxima concentración de nitratos permitida en agua para consumo humano es de 50 mg/L; lo que comparado con los límites máximos permisibles es bajo, por lo cual se puede decir que es un agua apta para consumo animal en éste caso, ya que se encuentra bajo el nivel de concentración, según la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de Norteamérica porque ellos consideran al límite máximo permisible de 10 mg/L, éste estándar lo establecieron debido a que en muchas regiones de Norteamérica se excede en gran medida dichas concentraciones en las aguas destinadas para el abastecimiento humano, y se hace necesario reducir la concentración de nitratos en las mismas (Kapoor y Viraghavan 1997).

## 4.2 Concentración de nitratos en aguas superficiales

**Tabla 02: Concentración de nitratos en aguas superficiales de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca Cajamarca.**

Lugar de Toma de Muestra	Primer Muestreo	Segundo Muestreo
	Nitrato(mg/L)	Nitrato (mg/L)
Entrada del agua al fundo	9,951	2,98
Potrero 3	11,439	1,51
Canal del puente central	11,262	3,40
Corral de terneros	1,523	2,18
Sala de ordeño	1,240	4,66
Salida general de Purines Sala de ordeño	5,171	15,41
Canal de salida del agua del fundo	1,470	2,04
Sumatoria total	42,056	32,156
<b>Promedio</b>	<b>6,0</b>	<b>4,6</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>±4,8</b>	<b>±4,9</b>

En la tabla 02 se observa la concentración de nitrato en aguas superficiales de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca, que presenta un promedio de 5,30 mg/L; de igual manera podemos apreciar que el valor más alto de nitratos para el primer muestreo, es el que corresponde al potrero 03. Esto se debe posiblemente a que el potrero 03 se encuentra en el límite del fundo Tartar colindando con el predio vecino perteneciente a la familia Bernal; la forma de eliminar sus excretas en dicho predio es vertiendo las excretas directamente a los canales de regadío, sumándose así los purines del predio vecino con los del potrero 03. Mientras que en el segundo muestreo el valor más alto de nitratos es el correspondiente a la salida general de purines sala de ordeño, en este segundo muestreo se colectaron las muestras después de un día de lluvia muy intensa razón por la cual los valores de nitratos los demás puntos de muestreo son más bajos. En la salida general de purines sala de ordeño la carga de deyecciones y excretas



son más elevadas debido a que se encuentran bajo techo y no se vieron afectadas por la lluvia. Los líquidos cloacales también contienen nitratos y nitritos derivados del amoníaco que se eliminan con la orina (Ponzio 2006), la materia orgánica y las proteínas del alimento balanceado, también hicieron que el resultado fuera más elevado. Este valor se encuentra dentro de los límites máximos permisibles por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que es de 50 mg/L y también está dentro de los rangos permisibles de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de Norteamérica porque ellos consideran al límite máximo permisible de 10 mg/L. Hasta hace muy poco el mayor foco de atención ha sido la contaminación directa de cursos de agua, sin embargo, en la actualidad existe una creciente preocupación por la contaminación difusa, la cual puede provenir de predios ganaderos y predios agrícolas, en general. La contaminación difusa en relación al recurso agua, puede ser definida como la introducción de impurezas a un curso de agua superficial o subterráneo, usualmente a través de vías indirectas y desde fuentes que son difusas en la naturaleza. La contaminación difusa puede ser continua o intermitente, siendo ésta última más común debido a que está relacionada a actividades temporales propias de la agricultura (época de fertilización) o fenómenos esporádicos (altas precipitaciones). Por lo tanto, la contaminación difusa, a diferencia de la contaminación directa, es difícil de controlar y regular (Carpenter et al. 1998).

Los purines contienen notables cantidades de nitrógeno, los mismos que son llevados por las aguas superficiales con acción de las lluvias o las aguas de riego, dando lugar a concentraciones de nitrato que, en ocasiones, las convierten en no aptas para el consumo humano. Así, en muchas zonas existe un grave problema por el vertido incontrolado de purines, produciendo contaminación de las aguas y de los acuíferos por nitratos, inutilización de terrenos y malos olores. El principal factor de riesgo que supone la aplicación de purines reside en su elevado contenido en amonio. Durante la nitrificación, el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) se transforma primero en nitrito ( $\text{NO}^-2$ ), y éste a su vez en nitrato ( $\text{NO}^-3$ ), mediante la acción de bacterias aerobias del suelo (Ongley 1997).

### 4.3 Concentración de nitratos en aguas subterráneas (de pozo).

**Tabla 03: Concentración de nitratos en aguas subterráneas (de pozo) en la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca - Cajamarca.**

Lugar de Toma de Muestra	Primer Muestreo	Segundo Muestreo
	Nitrato (mg/L)	Nitrato (mg/L)
Pozo 1	1,753	0,32
Pozo 2	9,279	2,39
Sumatorio total	11,032	2,71
Promedio	5,516	1,355
Desviación Estándar	±5,32	±1,46

En esta tabla podemos ver la concentración de nitratos en aguas de los pozos subterráneos de la explotación ganadera Tartar pecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca, el mismo que presentó un promedio de 3,4355 mg/L.

La concentración baja de nitratos en las aguas de los pozos de la explotación ganadera Tartar pecuario obedece probablemente a la ubicación y profundidad de los mismos, el pozo 01 se encuentra al costado de un canal principal que abastece con agua de regadío y tiene una profundidad de 20 metros.

El pozo 02 se encuentra ubicado a un costado de la sala de ordeño a una profundidad de 10 metros.

Ponzio (2006) La concentración de nitratos en aguas subterráneas es un tópico común de muchas discusiones acerca de la calidad de agua, ya que es de importancia tanto para humanos como para animales. Debido a sus propiedades físicas, no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones potencialmente peligrosas, es detectada cuando se manifiesta un problema de salud. A menudo es difícil precisar el origen de la contaminación debido a que puede provenir de muchas fuentes. La entrada de los nitratos a las aguas subterráneas es un resultado de procesos naturales y del efecto directo o indirecto de las

actividades humanas. Los procesos naturales incluyen la precipitación, el intemperismo de los minerales y la descomposición de la materia orgánica.

Estos valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles y podemos decir que son bastantes bajos en relación a los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que fija el límite de nitrato en el agua de consumo humano en 50 mg/L de nitrato (como N). En cambio, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Norteamérica (EPA) sitúa este límite en 10 mg/L de nitratos. Por su parte, la Comunidad Europea y siguiendo sus directrices, el Ministerio de Sanidad español fijan los niveles máximos permitidos de nitratos en 50 mg/L (Miliarium 2008).

Los nitratos son la forma de nitrógeno más soluble y son altamente móviles, por tanto, la posibilidad de que se produzcan pérdidas por lixiviación son importantes. La cantidad de nitratos que se lixivian hacia el subsuelo dependerá del régimen de pluviosidad y del tipo de suelo. Cuando se efectúen sobre fertilizaciones nitrogenadas con fertilizantes orgánicos o inorgánicos, los nitratos no aprovechados por los cultivos, se acumulan y quedan disponibles para ser transportados por el agua percolante contaminando las aguas y acuíferos subterráneos. En ausencia de contaminación, la concentración de nitratos en agua es normalmente baja (0-18 mg/L) (Anton y Lizaso 2003).

#### 4.4 Concentración promedio de nitratos en aguas superficiales y subterráneas

**Tabla 04: Concentración promedio de nitratos en aguas superficiales y subterráneas de pozo en la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca - Cajamarca.**

Lugar de Toma de Muestra	Nitrato (mg/L)
Entrada del agua al fundo	6,4630
Potrero 3	6,4720
Canal del puente central	7,3310
Pozo 1	1,0360
Corral de terneros	1,8505
Sala de ordeño	2,9485
Bebedero central, Santa Dorotea	2,9215
Pozo 2	5,8345
Salida general de Purines Sala de ordeño	10,2820
Canal de salida del agua del fundo	1,7530
<b>Sumatoria total</b>	<b>46,8920</b>
<b>Promedio</b>	<b>4,6892</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>± 3,0198</b>

Los datos en la tabla nos reflejan un aspecto bimodal en el P<sub>1</sub> (entrada del agua al fundo) y el P<sub>2</sub> (potrero 3). Siendo el promedio de nitratos registrado en (mg/L) de  $4,6892 \pm 3,0198$ .

En cuanto a los mayores promedios obtenidos en Pozos: el Pozo 02 con 5,8345 mg/L de nitrato, y en aguas superficiales con 10,2820 mg/L de nitrato correspondiente a la salida general de purines de la Sala de ordeño. En Chile, la Norma Oficial 409/1. Of 84 establece el nivel crítico de nitratos para el agua potable: 44,3 miligramos por litro (mg/L). Sin embargo, hace la salvedad de que “El Ministerio de Salud puede aceptar un contenido mayor de estas sustancias”, sin explicar cuánto mayor ni de acuerdo a qué criterios (Claret et al. 2005).

El agua subterránea tiene el mismo origen que el resto del agua dulce: La lluvia. Todos los suelos son permeables en mayor o en menor medida, debido a que las capas de suelo que reciben el agua no son uniformes, las que tienen alto contenido de arenas son muy permeables, las que presentan mucha arcilla presentan menor infiltración. Una parte de la lluvia se infiltra y es absorbida pero no en forma pareja sino estratificada en mantos o capas sucesivas (Ponzio 2006).

Las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por nitratos, son la agricultura, ganadería, aguas residuales urbanas e industriales, no estando así clasificadas por ningún orden de importancia a la hora de evaluar sus secuelas en la naturaleza. En raras ocasiones el nitrato puede proceder de los minerales del suelo (Álvarez y Cabrera 1995). Los nitratos provenientes de las actividades humanas incluyen: la escorrentía de terrenos cultivados, efluentes de lagunas y tanques sépticos, fertilización excesiva con nitrógeno, deforestación y el cambio en la materia orgánica del suelo como resultado de la rotación de cultivos (Heaton 1985). La escorrentía del agua en los suelos agrícolas es el flujo del agua sobre la superficie del suelo, de modo que no se infiltra en el campo, sino que fluye normalmente hacia terrenos más bajos o cursos de superficiales de agua. Se produce como consecuencia de lluvias o riegos excesivos y puede arrastrar cantidades variables de N (Álvarez y Cabrera 1995). El problema con los nitratos, es que son contaminantes móviles en el agua subterránea que no son adsorbidos por los materiales del acuífero y no precipitan como un mineral. Estos dos factores, permiten que grandes cantidades de nitrato disuelto permanezcan en el agua subterránea. Debido a su naturaleza soluble los nitratos tienden a viajar grandes distancias en la superficie, específicamente en sedimentos altamente permeables o rocas fracturadas (Freeze y Cherry 1979).

Por su naturaleza, los acuíferos son lentos para contaminarse, pero una vez que se han contaminado, difícilmente se autodepuran. La única opción para evitar futuras contaminaciones por nitratos en acuíferos someros susceptibles, es iniciar con el control del uso del suelo (Hendry 1988).

#### 4.5 Concentración promedio de nitratos en mg/L, versus pH promedio de las muestras

**Tabla 05: Datos promedio concentración de nitratos y pH promedio en las muestras de agua de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca - Cajamarca.**

Medidas	Primer Muestreo		Segundo Muestreo	
	Nitrato (mg/L)	pH	Nitrato (mg/L)	pH
Promedio	5,599	8,67	3,78	8,32
Desviación Estándar	± 4,39	± 0,59	± 4.24	± 0,29

En la tabla 05 vemos la concentración de nitrato promedio para el primer muestreo de 5,599 mg/L con una desviación estándar de  $\pm 4,39$  y un pH promedio de 8,67 con una desviación estándar de  $\pm 0,59$  para el caso el segundo muestreo se tiene un promedio de 3,780 con una desviación estándar de  $\pm 4,24$  de concentración de nitrato y un pH promedio de 8,32 con una desviación estándar de  $\pm 0,29$ , en las aguas de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca - Cajamarca. Por lo tanto podemos decir que la mayor concentración promedio de nitrato y el mayor valor promedio de pH se da en el primer muestreo respecto al segundo muestreo, lo que podemos señalar es que a medida que hay más concentración de nitrato en el agua el pH es más elevado. Por regla general el valor del pH para aguas naturales varía entre 7 y 8 (Química del medio ambiente s.f.).

El pH en las aguas de pozo no tratadas tiene como límite entre 6,0 y 8,5 (hasta 9,2). Se recomienda un pH mayor a 7 pues aguas ácidas actúan sobre las cañerías de plomo disolviéndolo y aumentando la concentración de Pb en el agua (Ponzio 2006).

El pH, tanto de los purines como de la gallinaza, es elevado (entre 6,3 y 8,90) por lo que pueden considerarse como correctores de la acidez; sin embargo, a largo plazo pueden acidificar el suelo debido sobre todo a la oxidación del amonio a ácido nítrico (Carballas 1991).

El pH del suelo abonado con purín aumenta por liberación de amonio, aunque este efecto, a largo plazo, puede transformarse en una acidificación como consecuencia de la oxidación del amonio a ácido nítrico; no obstante, este efecto es muy lento en los suelos ácidos porque la nitrificación no está favorecida en este tipo de suelos. El aumento de pH puede llegar a ser peligroso si se alcanzan valores muy elevados (mayores de 8,0) como consecuencia del secado del purín, si tarda en llover después de su aplicación; en este caso se produciría un efecto perjudicial para la actividad biológica del suelo y para el desarrollo de las plantas (Carballas 1991).

#### **4.6 Comparación de las concentraciones de nitratos en aguas superficiales, aguas subterráneas y la relación entre puntos de toma de muestra.**

**Tabla 06: Comparación de las concentraciones de nitratos de las aguas superficiales, aguas subterráneas y la relación entre puntos de toma de muestra de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca- Cajamarca.**

<b>Muestras</b>	<b>Concentración promedio de Nitratos en mg/L</b>
Agua Superficiales	5,3000
Agua de Pozos	3,4353
Agua Procedente de Sta. Dorotea	2,9215

En la tabla 06 podemos ver que la mayor concentración de nitratos proviene de las muestras de aguas superficiales, ya que los purines son arrastrados y distribuidos en el terreno a través del agua de riego. Otra fuente importante de nitratos son las excretas de animales, las cuales contienen grandes cantidades de sustancias nitrogenadas

susceptibles de convertirse a nitritos y posteriormente a nitratos. El problema reviste caracteres más agudos cuando la explotación es intensiva, una práctica común en América del Norte. Así, por ejemplo, un novillo de 450 kg de peso excreta alrededor de 43 kg de nitrógeno por año, por lo que un lote de engorda de 3200 cabezas producirá 1400 toneladas anuales, en una superficie relativamente reducida, esto es, una cantidad equivalente a la que producirían 260,000 personas. Por lo tanto, estos lotes de engorde se constituyen en fuentes de “superficie reducida” de arrastre de nitrógeno. Sólo el 10% de estas excretas vuelve a las tierras cultivadas, pudiendo el resto ser arrastrado o percolado para llegar a las aguas superficiales o mantos freáticos, se ha comprobado que la concentración total de nitrógeno en distintos arrastres de aguas pluviales puede oscilar entre 50 y más de 5500 mg/L, lo cual demuestra la existencia de un problema considerable de contaminación ambiental (García et al. 1994).

Para el caso de las aguas subterráneas (de pozo) del predio en estudio presentaron una concentración promedio de Nitratos de 3,43 mg/L ; siendo éste un promedio menor que las aguas superficiales que a pesar de encontrarse dentro de los Límites máximos permisibles de  $50\text{mg NO}_3\text{L}^{-1}$  establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua para consumo Humano D. S. N° 031-2010-SA. Las concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas variaron estacionalmente y en respuesta a la lluvia y decrecieron con el incremento de profundidad del pozo (Tryon, 1976). En menor concentración promedio se encuentra el agua procedente del Fundo Santa Dorotea con una concentración promedio de 2,92 mg/L de nitratos. Las concentraciones de nitratos en pozos someros (< 3m) en la planicie costera de Carolina del Norte, bajo diferentes tipos de suelo, condiciones de drenaje y tipos de cultivos, fueron monitoreados por Gillivan y colaboradores en 1974. Los niveles de nitratos fueron siempre bajos (1 mg/L o menos) en las aguas subterráneas bajo áreas maderables, pero fueron algo más altos



en campos cultivados, usualmente entre 1 y 5 mg/L aunque ocasionalmente fueron medidos valores de entre 10 y 20 mg/L. Las concentraciones de nitratos en todos los pozos fueron más altas durante los meses de invierno, sin alguna relación con el cultivo. Asimismo, las concentraciones fueron siempre mayores en la porción central del campo experimental, más que en las esquinas, pudiendo ser la desnitrificación la causante de este comportamiento. Hubo poca diferencia de las concentraciones de nitrógeno amoniacal en el agua subterránea bajo campos cultivados con madera o pasto (con concentraciones normalmente en el rango de 0,1 a 1 mg/L), con los niveles más altos encontrados en suelos pobremente drenados. Basados en las características de sedimentos superficiales, se concluye que poca cantidad de los nitratos presentes en el agua subterránea somera se mueve a acuíferos profundos en cualquier área de la planicie costera de Carolina del Norte. Sin embargo, la cantidad de nitratos que se mueve a través de los sedimentos superficiales a los manantiales, probablemente varía con la localización y las características de las capas confinantes (Canter 1990).

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

1. La concentración de nitratos en agua derivada de purines en la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca - Cajamarca es de 4,6898 mg/L.
2. La concentración de nitratos en aguas superficiales de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca - Cajamarca, presentó un promedio de 5,30 mg/L.
3. La concentración de nitratos en aguas subterráneos de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca - Cajamarca; presenta un promedio de 3,4355 mg/L.
4. Al comparar las concentraciones de nitratos en aguas superficiales y en aguas subterráneas de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca – Cajamarca; éstas presentan un promedio de 4,6892 mg/L, y con una desviación estándar  $\pm 3,0198$ .

## 5.2. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos, se recomienda:

- ✓ Muestrear más predios para determinar la concentración de nitratos especialmente en las salidas de aguas.
- ✓ Realizar nuevos estudios que consideren el muestreo en diferentes épocas del año para así poder contrastar con los nuevos resultados.
- ✓ Realizar este trabajo en diferentes partes no solo predios sino también en los vertederos de aguas de las ciudades, para determinar concentraciones de nitrato más estables.

# ANEXOS



**Imagen 01.** Imagen Satelital donde se observan los puntos de muestreo en la explotación ganadera Tartar pecuario , Baños del Inca - Cajamarca





Foto 01: Explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca – Cajamarca (Ubicación del Experimento).



Foto 02: Muestras de aguas con purines de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca – Cajamarca.



Foto 03: Toma de muestra en el punto 1 (Entrada de agua de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca – Cajamarca).





Foto 04: Toma de muestra en el punto 2 (Potrero 3)



Foto 05: Toma de muestra en el punto 3 (Canal del puente central)



Foto 06: Toma de muestra en el punto 4 (Pozo número 1)



Foto 07: Toma de muestra en el punto 5 (Corral de terneros)



Foto 08: Toma de muestra en el punto 6 (Sala de Ordeño)



Foto 09: Toma de muestra en el punto 7 (Bebedero central, agua procedente del Fundo Santa Dorotea).



Foto 10: Toma de muestra en el punto 8 (Pozo 2)



Foto 11: Toma de muestra en el punto 9 (Salida general de agua con purines, sala de ordeño)



Foto 12: Toma de muestra en el punto 10 (Canal de salida de agua de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca – Cajamarca).



Foto 13: Rotulación de muestras para el envío al Laboratorio.



Foto 14: Muestras en el Laboratorio para determinar la absorbancia y posteriormente la concentración de nitratos en agua procedente de la explotación ganadera Tartar pecuario, Baños del Inca – Cajamarca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Agencia de protección de la salud y seguridad alimentaria con SUMO cuidado: Los nitratos y los nitritos y el agua de consumo. s.f. (en línea) Junta de Castilla y León - España. Consultado el 22 de Nov. 2014. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/Los%20nitratos%20y%20los%20nitritos%20y%20el%20agua%20de%20consumo.pdf>
2. Angulo AJ. 2004. Tratamiento de aguas residuales: La digestión anaerobia en el tratamiento de efluentes de granjas de porcino (en línea). Revista de Ingeniería Química: 102- 108 p. Consultado 01 Oct. 2011. Disponible en: <http://www.autoprofesional.com/html/files/pdf/amb/iq/409/05articulosen.pdf>
3. Álvarez C, M y Cabrera C, F. 1995. La calidad de las aguas continentales españolas. (estado actual e investigaciones). España, ediciones Geoforma. Logroño.
4. Anton, A y Lizaso, J. 2003. Nitritos, Nitratos y Nitrosaminas. En: Fundisa. Artículos de divulgación.
5. Canter, LW. 1990. Nitrate and pesticides in ground water : an analysis of a computer based literature research. In: Ground Water Quality and Agricultural Practices. Edited by: Deborah M. Fairchild. Lewis Publishers. 153-174 p.
6. Carballas, T. 1991. Utilización de residuos ganaderos en Galicia (en línea). Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia-CSIC) Residuos Ganaderos. Fundación "La Caixa".157- 169 p. Consultado 12 Nov. 2011. Disponible en: <http://www.inia.es/medios/quilamapu/pdf/tadentro/TA60EFA105.pdf>
7. Claret M, M; Perez C, C; Urrutía P, R. y Palacios M, M. 2005. Estudio del Ninhue, 8ª región: Contaminación en agua de pozo destinada a consumo humano. (en línea) 1 – 3 p. Consultado 24 nov 2013. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/quilamapu/pdf/tadentro/TA60EFA105.pdf>

8. Chagas, CI; Morettón, J; Santanatoglia, OJ; Humberto, MP; De Siervi y Mario Castiglioni, M. 2006. Indicadores de contaminación biológica asociados a la erosión hídrica en una cuenca de Pampa Ondulada Argentina. *Contaminación Biológica y Erosión Hídrica Ci. Suelo (Argentina)* 24 (1).
9. Chambers, B; Nicholson, N; & Smith, K. 2001. Making better use of livestock manures on grassland. In *Managing Livestock Manures*, Vol. 2005, pp. 25. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
10. Fernández C, DMA y Soria A, DA. (s. f.). La contaminación de las aguas por nitratos procedentes de fuentes de origen agrario. Comunidad Autónoma de la región de Murcia. (en línea). Consultado el 10 d10 de Nov. 2012.  
Disponible en:  
[http://www.carm.es/web/integra.servlets.BlobNoContenido?IDCONTENIDO=8996&TABLA=PUBLICACIONES\\_TEXTO&IDTIPO=246&RASTRO=c434\\$m1259,20559&CAMPOCLAVE=IDTEXTO&VALORCLAVE=4021&CAMPOIMAGEN=TEXTO&ARCHIVO=Texto+Completo+1+La+contaminaci%F3n+de+las+aguas+por+nitratos+procedentes+de+fuentes+de+origen+agrario.pdf](http://www.carm.es/web/integra.servlets.BlobNoContenido?IDCONTENIDO=8996&TABLA=PUBLICACIONES_TEXTO&IDTIPO=246&RASTRO=c434$m1259,20559&CAMPOCLAVE=IDTEXTO&VALORCLAVE=4021&CAMPOIMAGEN=TEXTO&ARCHIVO=Texto+Completo+1+La+contaminaci%F3n+de+las+aguas+por+nitratos+procedentes+de+fuentes+de+origen+agrario.pdf).
11. Freeze, RA y Cherry, JA. 1979. *Groundwater*. Prentice Hall, Inc. 367-389 p.
12. García, JL. 2005. Tecnologías de la gestión y tratamiento de purines aplicación en la agricultura y otros usos. España. El cerdo no contamina abona. (Conferencia). 13 p.
13. García, RM; García, MM. y Cañas, PR. 1994. Nitratos, Nitritos y compuestos de N-nitroso. Centro panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la salud. Organización Mundial de la Salud. Serie Vigilancia 13. p. 19-27.
14. Giles, J. 2001. Acuífero Puelche: una gran reserva de agua en peligro. (en línea). Edición 77. Argentina. Consultado 27 Nov. 2014. Disponible en: [http://www.ambienteecologico.com/ediciones/2001/077\\_01.2001/077\\_Columnistas\\_SilvinaLauraGutierrez.php3](http://www.ambienteecologico.com/ediciones/2001/077_01.2001/077_Columnistas_SilvinaLauraGutierrez.php3)



Heaton, T. 1985. Isotopic and chemical aspects of nitrate in the ground water of the Springbok Flats. Water, SA. Vol. 11, No. 4, p. 199-208.

15. Hendry, J. 1988. The nitrate problem. Water Well Journal. Vol. 42, No. 8, p. 4-5.

16. Kapoor, A. y Viraghavan, T. 1997. J. Environ. Eng. 371-380. (en línea)  
Consultado 2 Oct. 2012. Disponible en:  
<http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2009/06/02/119366>

17. Kobloch, L. y Blue, B. Babys and Nitrate – contaminated Well Water. En: Environmental Health Perspectives, volumen 108, número 7, Julio 2000, páginas 675- 678 p.

18. Llona, C M. y Faz CA. 2005, Efectos en el Sistema Suelo-Planta Después de Tres Años de Aplicación de Purín de Cerdo como Fertilizante en un Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea L.*). Efectos en el Sistema Suelo Planta. 6 (1):41-51.

19. Magrí, A; Bonmatí, A. 2007. Tecnologías aplicables en el tratamiento de las deyecciones ganaderas: un elemento clave para mejorar su gestión. Residuos 97: 46-69.

20. Miliarium. 2008. Contaminación del agua por nitratos. Miliarium. Com Ingeniería civil y medio ambiente. (en línea). Boletín informativo. Madridi – España. Consultado 26 Nov. 2014. Disponible en:  
<http://www.miliarium.com/Bibliografia/monografias/Nitratos/Welcome.asp>

21. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. 2006. Plan de biodigestión de purines. Madrid – España. (en línea) 4 p. Consultado 26 Oct. 2011. Disponible en: [http://www.marm.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-laproduccionganadera/PLAN\\_BIODIGESTION\\_PURINES\\_63\\_tcm7-5932.pdf](http://www.marm.es/es/ganaderia/temas/requisitos-y-condicionantes-de-laproduccionganadera/PLAN_BIODIGESTION_PURINES_63_tcm7-5932.pdf).

22. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. (en línea). Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. Consultado 18 Oct. 2012. Disponible en:  
<http://es.scribd.com/doc/22228198/Guias-Para-La-Calidad-DelAguaPotable-OMS>
23. Ongley, ED. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. (Estudio FAO). Riego y Drenajes 55.
24. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Criterios de salud ambiental nitratos, nitritos y compuestos de N – nitroso, Servicio de publicaciones y documentación de la OPSOMS, México, 1980, 119p.
25. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Ginebra, Suiza.  
Criterios de Salud ambiental 5 Nitratos, nitritos y compuestos de N – nitroso, Servicio de Publicaciones y Documentación de la OPSOMS, México, 1980, 119 p.
26. Pacheco A, J. y Cabrera S, A. 2003. Fuentes principales de Nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. (en línea). Ingeniería, vol. 7, N° 2. Mayo – Agosto 2003. 47 – 54 p. Universidad autónoma de Yucatán. México.  
Consultado 29 Nov. 2014. Disponible en :  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46770204>
27. Perdomo, CH., Casanova, ON. y Cigana, VS. 2001. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay.  
Rev. Agrociencia (1): 10- 22 p.
28. Picone, LI; Andreoli, YE; Costa, JL; Aparicio, V; Crespo, L; Nannini, J; Tambascio, W. 2003. Evaluación de nitratos y bacterias coliformes en pozos de la cuenca alta del arroyo pantanoso (BS. AS.) INT. Argentina. Rev. de Investigaciones Agropecuarias, RIA, 32(1):99-110 p.

29. Sánchez, FJ. Ongley, ED. 1997. Contaminación de las aguas subterráneas. Lucha contra la contaminación de los recursos hídricos. Revista Riu N<sup>o</sup> 12. 9-12 p.
30. Salazar, F. Impacto ambiental de sistemas pecuarios. Fuente original: Carpenter, S; Caraco, NF; Corell, DL;Howarth, RW; Sharpley, AN; and Smith, VH. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorous and nitrogen. Ecological Society of America, Issues in Ecology n<sup>o</sup> 3. 1-22 p.
31. San Martín,J. 2008. Especial purines. EDIPORC (N<sup>o</sup> 118: 1-11). Junta de Calidad Ambiental Oficina de la Gobernadora de Puerto Rico. S.f. Escrito por Juan San Martín, Calidad del agua. (en línea). Consultado 22 Oct. 2011. Disponible en: <http://www.gobierno.pr/NR/rdonlyres/DA60ADFA-E71241A1-9346-053>.
32. Schillok, P. 2011. Tratamiento de purines para su conversión en abono (en línea). 1 – 13. Consultado 24 Oct. 2011. Disponible en: <http://bentonit.info/images/Articulo%20Purines.pdf>
33. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 2011. 19 ed. New York. Disponible en: <http://www.umass.edu/tei/mwwp/acrobat/sm9010-40intro.pdf>.
34. Tolcachier. s. f. Contaminación del agua (en línea). Libro virtual Intra Med. Medicina ambiental: 1-10 p. Consultado 22 Oct. 2011 Disponible en: [http://www.intramed.net/sitios/libro\\_virtual4/4.pdf](http://www.intramed.net/sitios/libro_virtual4/4.pdf)
35. Tryon, CP. 1976. Ground water quality variation in Phelps County, Missouri. Ground Water. Vol. 14, pp. 214-223.
36. Valdecantos, A; Fuentes, D; Cotrina, J; Casanova, G. Aprovechamiento de los purines. Requisitos para su utilización agraria y forestal. (en línea) p.4. Fuente original: Castillon, P. 1993 Valoración agronómica de las deyecciones

de los animales: En residuos ganaderos Jornadas - técnicas. Fundación la Caixa. 131-140. Consultado el 26 Oct. 2011. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/4318/1/Paper%20Porci%203.pdf>

37. Vinelli R, R. 2003. Estudio de nitratos en aguas subterráneas. (en línea). Tesis PUCP. Lima – Perú. Consultado 28 Oct. 2011. Disponible en: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1463/VINELLI RAMIREZ RINA ESTUDIO NITRATO AGUAS SUBTERRANEA S.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1463/VINELLI_RAMIREZ_RINA_ESTUDIO_NITRATO_AGUAS_SUBTERRANEA_S.pdf?sequence=1)