



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

“AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DEL PERÚ”

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” DE ICA

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN GESTIÓN AMBIENTAL



**“CONTAMINACIÓN POR NITRATOS (NO_3) DE LAS
AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO
EN EL DISTRITO DE ICA”**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:

DOCTOR EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Mag. EDWIN GUILLERMO AURIS MELGAR

ICA - PERÚ

2010

Gracias a Dios por darme la fuerza para seguir adelante y darme la sabiduría y el entendimiento para cumplir mis metas; a las estrellas que guiaron mi camino en la tierra y ahora lo hacen desde el cielo, verdaderos forjadores de lo que ahora soy: JUANA ROSA MELGAR DE AURIS Y FERMIN FLORENTINO AURIS SANTIAGO, "MIS PADRES".

INDICE

	Pág.
CARÁTULA	1
DEDICATORIA	2
INDICE	3
RESUMEN ESPAÑOL	6
RESUMEN INGLES	7
RESUMEN ITALIANO	8
TITULO	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2.1. Delimitación del Problema	12
2.2. Formulación del Problema	12
2.3. Justificación	13
2.4. Importancia	13
III. HIPOTESIS Y VARIABLES	14
3.1. Hipótesis	14
3.2. Variables	14
3.3. Operacionalización de variables	15
IV. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
4.1. Objetivos generales	16
4.2. Objetivos específicos	16

V. MARCO TEORICO	17
5.1. Antecedentes de la Investigación	17
5.2. Marco teórico	23
5.2.1. La contaminación del agua por nitratos (NO ₃ ⁻)	23
5.2.2. Los nitratos en el suelo	28
5.2.3. Los nitratos en el agua	28
5.2.4. Los nitratos en aguas subterráneas	29
5.2.5. Los nitratos fuente de agroquímicos y pecuarios	32
5.2.6. Calidad del agua y Limite Máximo Permisible	37
5.2.7. Marco conceptual	43
5.2.8. Marco filosófico	47
VI. ESTRATEGIA METODOLOGICA	51
6.1. Ubicación del Campo Experimental	51
6.2. Tipo, Nivel y Diseño de Investigación	52
6.3. Población y Muestra	53
6.4. Diseño Experimental	55
6.5. Conducción del Experimento	57
6.6. Indicadores Evaluados	60
6.6.1. Concentración de nitratos	60
6.6.2. Profundidad	60
6.6.3. Conductividad Eléctrica	61
6.6.4. Potencial Hidrógeno	62
6.6.5. Temperatura	62
6.7. Técnicas de Recolección de Información	62
6.8. Técnicas de Análisis e Interpretación de Datos	63

VII. CONTRASTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
7.1. Resultados	64
7.2. Análisis e Interpretación de resultados	70
7.2.1. Nitratos	70
7.2.2. Profundidad	70
7.2.3. Conductividad Eléctrica	71
7.2.4. Potencial Hidrógeno – pH	71
7.2.5. Temperatura	71
7.3. Discusión de resultados	72
VIII. CONCLUSIONES	76
IX. SUGERENCIAS	78
X. FUENTES DE INFORMACIÓN	79
XI. ANEXOS	86

RESUMEN

El Valle de Ica, es una de las zonas más áridas y secas de la costa peruana y como consecuencia las aguas subterráneas constituyen la única fuente de agua potable disponible para la población urbana del Distrito de Ica, y vienen teniendo gran interés en los ambientes técnicos y científicos de nuestra Región y de forma muy especial en los últimos años como consecuencia de la sustentabilidad y la calidad vida.

La razón es el uso creciente que se hace de ellas para satisfacer las necesidades de abastecimiento, riego e industria. Sus propiedades difieren notablemente de las aguas superficiales; y aun cuando su calidad es normalmente superior a la requerida para el uso mencionado, pueden ser vulnerables a la contaminación natural o antropogénica.

La contaminación de aguas subterráneas con nitratos NO_3^- es un tema común de muchas discusiones acerca de la calidad del 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, como es la toxicidad en seres humanos, sobre todo en infantes, y esta enfermedad es conocida como metahemoglobinemia o "enfermedad del niño azul".

El presente trabajo de investigación está orientado hacia la determinación de concentración de nitratos (NO_3^-) de las aguas subterráneas, siendo este la única fuente disponible para el consumo de la población urbana del Distrito de Ica y que deben estar previstos dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y el Límite Máximo Permisible (LMP), instrumentos de gestión ambiental que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en que vivimos.

ABSTRACT

The Valley of Ica, is one of the most arid and dry areas of the Peruvian coast and because groundwater is the sole source of drinking water available for urban population of the District of Ica, and are taking great interest in technical environments and scientists from our region and a very special way in recent years because of sustainability and quality of life.

The reason is the increasing use made of them to meet the needs of supply, irrigation and industry. Its properties differ significantly from surface waters, and even if their quality is usually higher than that required for the use mentioned above, may be vulnerable to natural or anthropogenic pollution

Contamination of groundwater with nitrate NO_3^- is a common theme of many discussions about water quality as it is of importance to both humans and animals. Due to its physical properties, they can not smell or feel and its presence in potentially dangerous concentrations is detected when it takes a health problem, such as toxicity in humans, especially infants, and this disease is called methemoglobinemia or "blue baby disease"

This research is aimed at determining the concentration of nitrate (NO_3^-) of groundwater and this the only source available for consumption by the urban population of the District of Ica and must be provided within the standard Environmental Quality (ACE) and the Maximum Permissible Limit (MPL), environmental management tools that seek to regulate and protect public health and environmental quality in which we live.

ABSTRACT

La valle di Ica, è una delle zone più aride e secche della costa peruviana e perché le acque sotterranee è l'unica fonte di acqua potabile disponibile per la popolazione urbana del distretto di Ica, e sta assumendo grande interesse negli ambienti tecnici e scienziati della nostra regione e molto speciale negli ultimi anni grazie alla sostenibilità e alla qualità della vita.

Il motivo è il crescente utilizzo che ne viene fatto per soddisfare la fornitura, l'irrigazione e l'industria. Le sue proprietà differiscono notevolmente da acque superficiali, e anche se la loro qualità è in genere superiore a quella richiesta per l'uso cui sopra, possono essere vulnerabili all'inquinamento di origine antropica o naturale.

La contaminazione delle acque sotterranee con nitrato NO_3^- è un tema comune di molte discussioni circa la qualità dell'acqua in quanto è di fondamentale importanza sia per gli esseri umani e gli animali. Grazie alle sue proprietà fisiche, non possono sentire l'odore o e la sua presenza in concentrazioni potenzialmente pericolose viene rilevato quando si prende un problema di salute, come la tossicità nell'uomo, in particolare i neonati, e questa malattia si chiama metaemoglobinemia o "malattia di Baby Blue".

Questa ricerca è volta a determinare la concentrazione di nitrati (NO_3^-) delle acque sotterranee e questa l'unica fonte disponibile per il consumo da parte della popolazione urbana del distretto di Ica e devono essere comunicate entro le norme Qualità Ambientale (ACE) e il limite massimo ammissibile (MPL), strumenti di gestione ambientale che cercano di regolamentare e tutelare la salute pubblica e la qualità ambientale in cui viviamo.

TITULO

**“CONTAMINACIÓN POR NITRATOS (NO_3^-) DE LAS
AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO EN EL
DISTRITO DE ICA”**

AUTOR

Mag. EDWIN GUILLERMO AURIS MELGAR

ASESOR

Dr. MARIO GUSTAVO REYES MEJÍA

I. INTRODUCCIÓN

Los grandes depósitos de aguas subterráneas del Valle de Ica, satisfacen las necesidades de abastecimiento, riego e industria, particularmente viene a constituir la principal fuente de agua potable, abastece el 100 % a la población urbana del Distrito de Ica. En nuestro Valle, a pesar de la poca atención dedicada a las aguas subterráneas y a los errores continuados sobre sus posibilidades de los responsables de la planificación hidráulica, la utilización es lo bastante significativa como para merecer una atención preferente a su gestión y que se las defienda de la contaminación. De manera que este recurso ha generado un giro de gran importancia a nivel regional, nacional y mundial, toda vez que este líquido elemento en la actualidad se encuentra en una controversia de pugna de poderes del uso desmedido e incontrolado por las autoridades locales de nuestra región.

Uno de los problemas de contaminación de las aguas subterráneas son los nitratos (NO_3), que son contaminantes móviles en el agua subterránea que no son adsorbidos por las partículas coloidales de los materiales del acuífero y no precipitan como un mineral, (Sanchis E. J., 1991). 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 subsuperficie, específicamente en sedimentos altamente permeables o rocas fracturadas (Freeze y Cherry, 1979). 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 antropogénicas. Los procesos naturales incluyen la precipitación, el intemperismo de los minerales y descomposición de la materia orgánica. Los nitratos provenientes de las actividades humanas o antropogénicas 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).

El único control del nitrato por debajo de la superficie es la reducción del nitrato o desnitrificación. La reducción del nitrato es una reacción natural en la cual el nitrato es reducido a gases de nitrógeno, menos peligrosos, por la acción de bacterias. En donde esta reducción no ocurre, los nitratos que persisten en los abastecimientos de agua son un riesgo, (ATSDR, 1991); así, áreas con alto riesgo incluyen acuíferos bajo agricultura intensiva y la vecindad de campos con alta densidad de tanques sépticos. Por su naturaleza, los acuíferos son lentos para contaminarse pero una vez que sean contaminados, 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).

La contaminación de aguas subterráneas con nitratos NO_3^- es un tema común de muchas discusiones acerca de la calidad del agua, y siendo esta de suma importancia para la salud, existen reglamentaciones que definen qué se entiende por agua potable; es decir, los patrones que se deben seguir para que el agua sea inocua para la salud humana. Entre esas reglamentaciones hay una muy específica, que se denomina "Norma de Calidad del Agua Potable". Allí se establece que sustancias pueden estar presentes en el agua y las concentraciones máximas permisibles que no significan riesgo para la salud, de manera que todos los países incluido el nuestro establecen este tipo de normas y como parámetro principal de comparación se toman las Guías de la Calidad del Agua Potable (OMS, 2004), siendo en nuestro caso 50 mg/l de concentración de nitratos (NO_3^-) como límite máximo permisible.

Por tanto, el presente trabajo de investigación es determinar la concentración de nitratos (NO_3^-) en los diversos sectores de los pozos de aguas subterráneas que nuestra la población urbana del Distrito de Ica consume.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Delimitación del Problema

La contaminación de las aguas subterráneas con nitratos (NO_3^-) es uno de los problemas a nivel mundial, pues existen reportes que los fertilizantes aplicados al suelo y la mineralización del nitrógeno son la principal fuente de contaminación del agua subterránea. De manera que el exceso de nitratos (NO_3^-) en agua de bebida constituye un riesgo para la salud humana y de los animales. Históricamente nuestra agricultura ha sido un proceso productivo extensivo, con un bajo impacto ambiental. Sin embargo en las últimas décadas ha surgido la necesidad de aumentar la productividad para satisfacer cada vez la creciente necesidad poblacional.

En el Perú, particularmente en la Región Ica, la concentración de nitratos (NO_3^-) en las aguas subterráneas es el resultado de procesos naturales y antropogénicas. Los procesos naturales incluyen la precipitación, el intemperismo de los minerales y descomposición de la materia orgánica, mientras que los procesos antropogénicos están ligados directamente a 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.

En tal sentido en el presente trabajo se determinará la situación actual de contaminación de nitratos las aguas subterráneas de consumo humano correspondiente al Distrito de Ica.

2.2. Formulación del Problema

¿Cuál es grado de concentración de nitratos (NO_3^-) de las aguas subterráneas de consumo humano en el Distrito de Ica?

2.3. Justificación

El estudio del presente trabajo es conocer los niveles de concentración de nitratos (NO_3^-) en las aguas subterráneas de abastecimiento para la población urbana del Distrito de Ica, considerando que la presencia de estas sustancias pueden contaminar los recursos hídricos subterráneos, toda vez que estas pueden provenir de forma natural o antropogénica, por tanto es necesario tener conocimiento sobre los niveles de concentración de nitratos (NO_3^-) a fin de evitar la toxicidad y con ello brindar una buena calidad de vida del poblador iqueño.

2.4. Importancia

La determinación de la concentración de nitratos (NO_3^-) en aguas subterráneas reviste gran importancia, pues la presencia de este, en aguas de bebida constituye un riesgo para la salud humana así como de animales, pues el agua potable debe ser inocua para la salud. Existen reglamentaciones muy específicas y una de ellas es la denominada "Norma de Calidad del Agua Potable". Allí se establece que sustancias pueden estar presentes en el agua y las concentraciones máximas permisibles que no significan riesgo para la salud, de manera que todos los países incluido el nuestro establecen este tipo de normas y como parámetro principal de comparación se toman las Guías de la Organización Mundial de la Salud-OMS para la Calidad del Agua Potable, y el Reglamento de Calidad de Agua Para Consumo Humano aprobado por la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, del Ministerio de Salud del Perú, dicho Reglamento establece deberes, derechos, responsabilidades y atribuciones a las entidades del Estado, proveedores y consumidores, con la finalidad de prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la salud y bienestar de la población.

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

El agua subterránea empleada para consumo humano en el Distrito de Ica, se encuentra contaminada con nitratos superando los Límites Máximos Permisibles (LMP).

3.1.1. Hipótesis específico

- Los niveles de nitratos de las aguas subterráneas de consumo humano son altos.
- La calidad de las aguas subterráneas de consumo humano son buenas

3.2. Variables

A. Variable Independiente (x)

(X₁) = Nitratos (procesos naturales y antropogénicos)

Indicadores:

- Determinación de nitratos
- Cantidad

B. Variable Dependiente (y)

Calidad del agua subterránea.

Indicadores:

- Puntos de abastecimiento de agua de consumo humano
- Profundidad, Conductividad Eléctrica (mhos/cm), Temperatura (T°) y Potencial Hidrógeno – pH.

3.3. Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADOR	INSTRUMENTO	FUENTE
X1: Nitratos (Procesos naturales y Antropogénicos)	- Determinación de nitratos - Cantidad	Laboratorio de Análisis de aguas. Espectrofotometría	Emapica
Y1: Calidad de agua	- Punto de las redes de agua de consumo humano. - pH, C.E. T°	Equipo de Absorción Atómica. Cromatografía	Emapica.

IV. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Objetivo general

Determinar el grado de contaminación de nitratos (NO_3^-) de las aguas subterráneas de consumo humano.

3.2. Objetivos específicos

3.2.1. Determinar los niveles de concentración de nitratos (NO_3^-) de las aguas subterráneas de consumo humano del Distrito de Ica.

3.2.2. Determinar la concentración de sales y pH de las aguas subterráneas de consumo humano del Distrito de Ica.

V. MARCO TEORICO

5.1. Antecedentes de la Investigación

Las aguas subterráneas vienen teniendo gran interés en los ambientes técnicos y científicos de todo el mundo y de forma muy especial en los últimos años como consecuencia de la sustentabilidad y la calidad vida. La razón es el uso creciente que se hace de ellas para satisfacer las necesidades de abastecimiento, riego e industria. En Ica las aguas subterráneas vienen a constituir la principal fuente de agua potable, abastece como agua potable el 100 % de la población urbana, y proporciona más del 70% de las necesidades de riego.

Sasson et al., (1993), manifiesta que las propiedades físicas del aguas con nitratos (NO_3^-), no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones altas son potencialmente peligrosas, es detectada cuando se manifiesta un problema de salud. La contaminación puede provocar toxicidad en seres humanos, sobre todo en infantes, y esta enfermedad es conocida como metahemoglobinemia o "enfermedad del niño azul".

Linaje Alva, et. Al., (2004), la acumulación de nitratos en las aguas subterráneas y superficiales junto con su excesiva presencia en alimentos hortícolas constituye un problema ambiental y sanitario creciente. Una de las causas es la aplicación excesiva o inadecuada de fertilizantes nitrogenados minerales u orgánicos. El fraccionamiento adecuado del nitrógeno, una gestión adecuada de riego y la utilización de inhibidores de la nitrificación son los sistemas más efectivos para evitar las pérdidas de nitratos.

De Las Heras Ibáñez, J. et al., (2000), señala el informe realizado sobre "Contenido de nitratos de las aguas subterráneas de Albacete y

su evolución en el tiempo”, se puede considerar de que no parece existir una contaminación del acuífero por nitratos procedentes de los abonados nitrogenados empleados en los regadíos, ya que los niveles de los sondeos estudiados mantienen sus valores, incluso con tendencia a la baja, en el periodo estudiado. Son muy significativos los datos facilitados por el ITGE de casi 20 años, en los que los niveles parecen no haber variado a lo largo de estos años de explotación intensiva de los regadíos, expresándose también una inexplicable tendencia matemática a la baja. Es fundamental seguir estudiando los niveles de nitratos en los sondeos de abastecimiento, para corregir individualmente cualquier dato que sobrepase los niveles tolerables, así como el control permanente de los niveles generales en el acuífero, para dar la voz de alarma en el momento necesario

Pacheco, J. et al., (2,003), manifiesta que en el estudio realizado sobre “Calidad química y Bacteriológica del agua subterránea en el principal campo de pozos para el abastecimiento de Mérida, Yucatán, México” se concluye que, en el estado de Yucatán, el agua subterránea es vulnerable a la contaminación debido a las características cársticas que permiten la infiltración y el arrastre de los contaminantes. Este estudio evaluó la calidad química y bacteriológica del agua subterránea en un área al sur de la ciudad de Mérida, en la que se encuentra el principal campo de pozos. Se tomaron muestras en 41 pozos durante las temporadas de estiaje y lluvia, determinándose los parámetros de campo y los iones mayoritarios. Los resultados mostraron que la calidad química del agua en la región de estudio, es de buena calidad excepto para los nitratos en los pozos someros en los que se excede el valor establecido en la Norma Oficial Mexicana; respecto a la calidad bacteriológica, en el nivel freático se tuvo contaminación fecal y los pozos profundos ubicados en los alrededores del campo de pozos presentaron contaminación por materia fecal.

Chacón S, Chacón J, (1,980), menciona en los trabajos realizados sobre "Contaminación por nitratos en aguas subterráneas de la Cuenca Superior del río Cañas, Guanacaste", se determinaron que entre los factores que se relacionan con las altas concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas está la permeabilidad moderada del suelo. La región estudiada tiene suelos que en general presentan un drenaje de moderado a bueno. La formación geológica de la región muestra que las rocas del Complejo de Nicoya, que predominan en las zonas altas de la cuenca presentan una gran fracturación abierta, esto hace que a través de ellas el agua llegue más rápidamente al acuífero y es precisamente en las zonas bajas que corresponden al aluvión, y hacia donde fluye el agua, donde se presentaron las más altas concentraciones de nitratos.

También señala que el tipo de construcción de los pozos revela que gran parte de ellos presentan paredes de concreto, lo que evita cualquier contaminación por escorrentía, aunque una gran mayoría no tiene techo que los proteja de la aplicación aérea de productos químico-agrícolas, lo que facilita la contaminación, principalmente si se toma en cuenta que esta es una zona donde la fumigación y fertilización por aire en algunos cultivos es una práctica generalizada.

Costa et al., (2,002), sostiene que la contaminación de aguas subterráneas con nitratos (NO_3^-) es uno de los mayores problemas a nivel mundial, trabajando en monitoreos de la cuenca alta del arroyo El Pantanoso, reportaron que los fertilizantes aplicados al suelo y la mineralización del nitrógeno son la principal fuente de contaminación del agua subterránea. El exceso de (NO_3^-) en agua de bebida constituye un riesgo para la salud humana y de animales. Los (NO_3^-) se reducen a nitritos (NO_2^-) en el tracto intestinal, éstos en la sangre oxidan el hierro de la molécula de hemoglobina, pasando a metahemoglobina, incapaz de transportar oxígeno. A partir de los (NO_2^-

) también se desencadenan reacciones con aminas y amidas de la dieta, formando compuestos de N-nitroso (nitrosaminas y nitrosamidas) que pueden resultar cancerígenos y aún mutagénicos. Por este motivo, la agencia de protección ambiental de E.E. U.U (EPA 1995) estableció para el agua de consumo humano un valor crítico de 10 mg l^{-1} para $\text{NO}_3^- - \text{N}$. En la provincia de Buenos Aires se ha establecido un valor crítico de 50 mg l^{-1} de (NO_3^-) (11.3 mg l^{-1} para $\text{NO}_3^- - \text{N}$).

De Paz Becares, J.M. y Ramos M., C.(2,004), manifiesta que, en la evaluación del trabajo del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por nitrato con un acople sig – modelo de simulación de nitrógeno en suelos agrícolas, en términos generales la lixiviación de nitrógeno en las zonas de riego con aguas superficiales se ve reducida prácticamente a la mitad (zonas próximas a la costa), pero en las zonas de riego con aguas subterráneas esta reducción es sensiblemente menor debido a las altas concentraciones de nitrato de estas aguas.

Aunque los cultivos hortícolas suponen un riesgo potencial mayor a la contaminación por nitratos debido a que se utilizan dosis más altas de fertilizantes nitrogenados y a que extraen nitrógeno de una profundidad de suelo menor, normalmente estos cultivos son regados con aguas con bajos contenidos en nitratos con lo que este riesgo se reduce pudiéndose llegar a igualar las lixiviaciones procedentes de las zonas cítricas en las que se aplican menos cantidades de fertilizantes nitrogenados pero que se suelen regar con aguas subterráneas con altos contenidos en nitrato. El suelo también influye notablemente en los lavados del nitrato, y así, suelos con unas texturas muy arcillosas y poco permeables reducen las cantidades de nitrato lixiviado considerablemente.

Auge M. (2001), sostiene que la contaminación de productos orgánicos sintéticos, muchos de los cuales son incoloros inodoros e insípidos a

las concentraciones en que se suelen encontrar, solo ha empezado a preocupar desde hace unos veinte años. Anteriormente no se hacían análisis rutinarios de ellos, pero ya hay muchas referencias sobre contaminación en muchos acuíferos. En un estudio reciente de la EPA se realizó una toma de datos muy amplia de pozos de abastecimiento doméstico y de pozos rurales. En este estudio se encontró que más del 10% de los pozos de abastecimiento, y más del 4% de los rurales contenían pesticidas o sus metabolitos en, o por encima de los límites de alerta. En Estados Unidos aunque existe discrepancia en cuanto a la extensión de la contaminación por pesticidas, hay preocupación sobre los efectos de una exposición prolongada a los agroquímicos, sobre todo entre los agricultores.

CEDEX 1992 a y b, y Várela (1,993), manifiestan que en España no se hacen análisis de productos orgánicos de forma sistemática, y solo se han publicado o aparecen referencias de determinaciones en puntos aislados. El estudio más amplio que conocemos es el realizado por el CEDEX en relación con un convenio con la DGOH para estudiar la contaminación de origen agrícola en diversas cuencas españolas, en las que se han encontrado pozos con concentraciones elevadas de varios contaminantes orgánicos.. Desgraciadamente la metodología empleada para la toma de muestras y elección de pozos a analizar carecía de los datos hidrogeológicos mínimos necesarios para poder interpretar adecuadamente los resultados, por lo que solo se les puede otorgar un valor orientativo. La contaminación puntual de los acuíferos españoles con productos tóxicos, con mucha probabilidad no es todavía grave en líneas generales, aunque con seguridad existen más zonas o manchas de contaminación que las detectadas o se sospecha que puedan existir, como es de temer por la absoluta falta de control y de estudios sobre el medio ambiente en general y sobre la contaminación de las aguas subterráneas en particular.

Zuluaga, J. et al., (2,002), menciona que en el análisis de los resultados del trabajo "Monitoreo de la calidad del agua de riego superficial y subterránea en el Cinturón Verde de Mendoza" permite realizar una clara distinción entre la calidad del agua de origen subterráneo, que se presentó como superior a la de origen superficial, mostrando además menores variaciones estacionales. Se observa una mayor susceptibilidad a la salinización y a la contaminación por nitratos, fosfatos y Cadmio en las napas surgentes respecto a las más profundas.

Leanza, L. J. et al., (2,005), manifiestan respecto al trabajo realizado sobre la "Presencia de nitratos en el agua subterránea del norte Bonaerense" que la presencia de nitratos en agua potable es un importante riesgo sanitario, esencialmente para los lactantes; que estudios anteriores realizados en la ciudad de Campana, localidad del norte bonaerense, dieron como resultado un alto contenido de este contaminante, y que posteriormente fue remediado por la empresa responsable de la distribución de agua potable, el objetivo ha sido evaluar el contenido de nitratos en el agua de red de la ciudad de Zárate, localidad vecina a la ciudad de Campana y utilizar la experiencia anterior para eventuales medidas correctivas.

La metodología utilizada consistió en la toma de muestras de distintos sectores de la ciudad de Zárate, de manera tal de cubrir toda el área en estudio. Los análisis se basaron en la reacción del ión nitrato con brucina en solución de ácido sulfúrico que desarrolla color amarillo, con posterior lectura en espectrofotómetro. Se determinó que el 64 % de las muestras analizadas está por encima de 45 mg/l, límite admitido por la legislación vigente, concluyendo que el agua potable de la localidad de Zárate se encuentra parcialmente contaminada por concentraciones elevadas de nitratos, no siendo recomendada su utilización para el uso alimenticio, fundamentalmente en los lactantes. En virtud de ello se proponen medidas correctivas de acción inmediata y mediata.

5.2. Marco teórico

Generalidades

5.2.1. La Contaminación del agua por nitratos (NO_3^-)

Los nitratos actualmente constituyen la principal "fuente de contaminación difusa" de las aguas superficiales y subterráneas. La contaminación difusa tiende a adquirir cada vez mayor protagonismo en la degradación de los recursos hídricos, ya que cuanto mayor es el grado de depuración y limitación de los vertidos puntuales, mayor es el peso relativo de este tipo de contaminación, sobre todo si se tiene en cuenta que en determinadas cuencas hidrográficas la aportación de nitrógeno de origen difuso representa más del 50% del total de la cuenca. Generalmente, la contaminación de las aguas subterráneas carece de diagnóstico precoz, debido a las heterogeneidades inherentes al sistema subsuperficial y a que resulta difícil de detectar preventivamente, lo que implica como consecuencia que recién se la conoce cuando afecta a los abastecimientos, es decir, demasiado tarde, (Vargas, et al., 2002).

Problemática de la contaminación por nitratos (NO_3^-)

En las últimas décadas las distintas actividades asociadas al sector agropecuario han sufrido una importante transformación, especialmente en los países más desarrollados. Se han intensificado las actividades agrícolas y se ha pasado de las típicas explotaciones ganaderas extensivas, ligadas al suelo, a las explotaciones ganaderas intensivas, sin suelo. Los cambios en los sistemas de producción agropecuaria han generado indudables logros socioeconómicos aunque como contrapartida han venido generando importantes problemas de carácter medioambiental. Una parte muy importante de estos problemas medioambientales derivan de la contaminación difusa

que genera las actividades agrícolas, un tipo de contaminación muy compleja y muy difícil de acometer. Pero también una parte importante de esta contaminación procede de los residuos generados en las nuevas prácticas de ganadería extensiva. Agricultura y ganadería constituyen las principales "fuentes de contaminación difusa" de las aguas, (CEDEX., 1992 a).

La contaminación de las aguas causada por la producción agrícola y ganadera intensiva (sedimentos, nutrientes, agentes patógenos, fertilizantes y plaguicidas) es un fenómeno cada vez más acusado que se manifiesta, especialmente en un aumento de la concentración de **nitratos** en las aguas superficiales y subterráneas con la consiguiente pérdida de la calidad de las mismas, llegando incluso a generar procesos de eutrofización en embalses, lagos, estuarios, etc. Es por ello que en el control de la contaminación por nitratos se hace necesario una modificación de todas las prácticas que generan este tipo de contaminación. Una aplicación adecuada de fertilizantes y plaguicidas proporcionará menor contaminación de las aguas superficiales y principalmente de las aguas subterráneas, donde el problema se agudiza por la mayor dificultad que entraña cualquier corrección. Pero sin lugar a dudas son las aguas subterráneas las que se ven más afectadas por este tipo de contaminación ya que a ellas se incorporan los nitratos por infiltración/lixiviación cuando no son absorbidos por el terreno. Los suelos y las aguas superficiales también se ven afectadas, aunque en menor medida, (CEDEX, 1993).

La contaminación difusa tiende a adquirir cada vez mayor protagonismo en la degradación de los recursos hídricos. Además, cuanto mayor es el grado de depuración y limitación de los vertidos puntuales, más destaca el efecto que este tipo de contaminación produce, sobre todo si se tiene en cuenta que en determinadas cuencas hidrográficas la aportación de nitrógeno de origen difuso

representa más del 50% del N total de la cuenca. Es por ello, por lo que muchos países se han visto obligados a iniciar cambios en su ordenamiento legislativo, configurando normativas que regulen las explotaciones agrícolas y ganaderas, así como la eliminación de los residuos ganaderos. No obstante, existen importantes diferencias entre los países desarrollados y los no desarrollados. Por ejemplo, los primeros en la década 1990-2000 disminuyeron el consumo de fertilizantes a un ritmo medio del 2,3% anual, mientras que los segundos (los no desarrollados) incrementaron el consumo de los mismos una media de 4,5% al año. Un ejemplo alarmante lo constituye Argentina con un incremento del 27% anual (según la FAO). Sólo en algunos de los países más desarrollados se realiza una aplicación "sostenible" de los fertilizantes en las actividades agrícolas.

En Europa existe un importante problema de contaminación de suelos y aguas por nitratos relacionado con las prácticas agrícolas tradicionales (por ejemplo: Holanda, Francia, Alemania, etc.) en las que se aplican entre 2.000 y 2.500 kg/ha/año de fertilizantes y que se ha visto notablemente acentuado con la producción agrícola intensiva. Es por ello que el Consejo Europeo aprobó normas sobre los métodos de producción agrícola compatibles con las exigencias de protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural.

Para hacer frente a la problemática que supone la contaminación por nitratos muchos países se han visto obligados a iniciar cambios en su ordenamiento legislativo, configurando normativas que regulen las explotaciones agrícolas y ganaderas, así como la eliminación de los residuos ganaderos.

La máxima preocupación en torno a la contaminación del agua por nitratos estriba en el efecto que puede tener sobre la salud humana la ingesta de nitratos, bien disueltos en el agua o bien en los alimentos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004) 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 nitrato. 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 de N y nuestro país de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano elaborado por DIGESA en año 2,005 ha fijado como límite máximo permisible para nitratos (NO_3^-) 50 mg/l.

En las últimas décadas ha tenido lugar un notable incremento de la demanda de agua debido en parte a la mejora de la calidad de vida y en parte al mayor desarrollo industrial y agrícola. Como contrapartida a esto se ha ido produciendo una notable modificación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua.

De forma más detallada, **los diferentes compuestos del nitrógeno** pueden proceder de la atmósfera, del suelo y de las aguas.

➤ **En la atmósfera**

Origen	Compuestos	Procedencia
Antrópico	NO (óxido nítrico) NO ₂ (dióxido de nitrógeno) NO ₃ ⁻ (nitrato)	Quema de combustibles fósiles y otros tipos (p. ej., biocombustibles). Industrias, Automóviles
	NH ₄ ⁺ (amonio)	Industria
Natural	NO ₂ (dióxido de nitrógeno)	Descargas eléctricas + N ₂
	NH ₃ (amoniac)	Volatilización del NH ₄ ⁺ . Volcanes

➤ **Suelo y aguas superficiales y subterráneas**

Origen	Compuestos	Procedencia	
Antrópico		Contaminación atmosférica (lluvia ácida)	
		Fertilizantes nitrogenados	Origen natural: nitrato de Chile
			Origen artificial
		NO_3^-	Residuos orgánicos de concentraciones ganaderas
		NH_4^+	Lodos depuradoras
			Compost
		NO_x	Vertidos de aguas residuales
			Vertidos efluentes, actividades industriales
Natural		Vertederos no controlados (lixiviado)	
		NH_4^+	Origen natural y presentes en el agua de lluvia
		NH_3	
		NO_3^-	Nitrificación
NO_x			

- **Amonio** (NH_4^+): deposición del amonio presente en la lluvia y procedente de la quema de combustibles fósiles (automóviles e industria).
- **Amoniaco** (NH_3^+): deposición del amoniaco presente en la lluvia y procedente de actividades volcánicas y de la volatilización del NH_4^+
- **Nitrito** (NO_2^-): nitritos presentes en el suelo como resultado del proceso de nitrificación por el que el amonio se transforma en nitrito y luego a nitrato.
- **Nitrato** (NO_3^-): Su procedencia es diversa: contaminación atmosférica; fertilizantes nitrogenados (de origen natural y sintéticos); residuos orgánicos en concentraciones ganaderas estabuladas; lodos depuradoras; compost; vertidos de actividades industriales; vertederos no controlados.

5.2.2. Los nitratos en el suelo

En el suelo gracias a la acción bacteriana la materia orgánica se transforma, descompone o degrada hasta mineralizarse dando lugar a un conjunto de compuestos estables, amorfos y coloidales conocidos como humus. El humus está constituido por huminas (fracción insoluble), ácidos húmicos (material orgánico de color oscuro insoluble en ácidos) y ácidos fúlvicos (material sobrante en la solución una vez que se han extraído los ácidos húmicos por acidificación, soluble en álcalis y ácidos). El **humus** influye en la capacidad del suelo para retener y poner a disposición de la planta tanto aniones como cationes. Los ácidos fúlvicos y húmicos condicionan la capacidad de intercambio catiónico y por tanto marcan la disponibilidad de nitrógeno en forma amoniacal en el medio, mientras que las huminas condicionan la capacidad de intercambio aniónico y por tanto la disponibilidad de nitrógeno en su forma nítrica, (Ramos, C. y Kücke, M., 1999).

Independientemente del origen de la fuente de contaminación, la cantidad de nitrato que se incorpora a las aguas subterráneas está controlada por un complejo conjunto de procesos biológicos, químicos e hidrológicos que se desarrollan en el medio subterráneo. Y para explicar dichos procesos se hace necesario conocer las relaciones entre las distintas fases del ciclo del nitrógeno.

5.2.3. Los nitratos en el agua

La presencia de nitratos en las aguas de abastecimiento público es debida a la contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados.

Se puede hablar de dos tipos de fuentes de contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados: la contaminación

puntual y la dispersa. El primer caso se asocia a actividades de origen industrial, ganadero o urbano (vertido de residuos industriales, de aguas residuales urbanas o de efluentes orgánicos de las explotaciones ganaderas, lixiviación de vertederos, etc.), mientras que en la contaminación dispersa o difusa, la actividad agronómica es la causa principal.

Si bien las fuentes de contaminación puntual pueden ejercer un gran impacto sobre las aguas superficiales o sobre localizaciones concretas de las aguas subterráneas, las prácticas de abono con fertilizantes (orgánicos o inorgánicos) son generalmente las causantes de la contaminación generalizada de las aguas subterráneas.

Determinados procesos de potabilización de aguas naturales destinadas al abastecimiento de la población, tal como pasa en la desinfección, comportan la oxidación de los compuestos nitrogenados (como el amonio y los nitritos) que se convierten en nitratos. Por tanto, en las aguas de consumo público, la presencia de nitratos es consecuencia del contenido de este compuesto en las aguas naturales y de la transformación de los otros compuestos nitrogenados en nitratos, a causa de la necesaria desinfección, (Auge, M. 1997).

5.2.4. Los nitratos (NO_3^-) en aguas subterráneas

Los problemas de calidad más habituales en las aguas subterráneas son la presencia de elevadas concentraciones de compuestos nitrogenados en áreas de desarrollo agrícolas y de cloruros y sodio, asociados a la intrusión marina en los acuíferos costeros.

Los mecanismos por los que un agente contaminante puede alcanzar un acuífero y propagarse en él son múltiples, y en ocasiones muy complejos. La contaminación de un acuífero desde la superficie del

terreno se puede deber a los residuos o líquidos vertidos en cauces secos, a la existencia de vertederos incontrolados o a la acumulación de sustancias contaminantes. No obstante, las aguas subterráneas cuentan con el poder depurador del terreno, en especial en determinados tipos de acuíferos (detríticos con porosidad intergranular y elevado contenido en minerales de arcilla o materia orgánica en la Zona No Saturada) que pueden atenuar o reducir a niveles aceptables el deterioro de la calidad de las aguas. La magnitud del problema va a depender de numerosos factores entre los que destacan el tamaño de la zona afectada, la cantidad de contaminante implicado, su solubilidad, toxicidad y densidad, así como la composición mineral y de las características hidrogeológicas del terreno por el cual se mueve.

Las aguas subterráneas pueden sufrir la **contaminación directa** alcanzando la zona saturada sin haber atravesado otro medio físico y la **contaminación difusa** alcanzando la zona saturada tras haber circulado por la zona no saturada, (Donoso, G., (1994)).

Los mecanismos de propagación de la contaminación en el acuífero más frecuentes son:

a) Mecanismos de propagación desde la superficie:

- Contaminación de un acuífero por lixiviados de residuos depositados en superficie.
- Contaminación por actividades agrícolas (fertilizantes, pesticidas, etc.)
- Contaminación por flujo inducido de aguas superficiales contaminadas hacia un pozo.

b) Mecanismos de propagación desde la zona no Saturada

- Contaminación por aguas residuales domésticas (fosas sépticas...)
- Contaminación por embalsamiento superficial de residuos (balsas de infiltración de industrias, depósitos en excavaciones naturales o artificiales...)

c) Mecanismos de propagación originados en la zona no saturada

- Pozos de inyección (sondeos utilizados para inyección directa y eliminación de aguas residuales, industriales, procedentes de actividades mineras...)
- Progresión de intrusión marina por alteración del régimen de flujo (avance de la cuña de agua salada tierra adentro, al disminuir el flujo de agua dulce hacia el mar).

En función del tipo de contaminante se pueden diferenciar:

Contaminantes conservativos

Su estructura química se mantiene a lo largo del tiempo a pesar de su interacción con los materiales del medio. Como ejemplo están los metales pesados (Hg, Pb, Zn, Ag, etc.). A pesar de no verse alterados, no siempre son capaces de llegar al agua subterránea pues procesos tales como la adsorción en la superficie de arcillas o materia orgánica o la formación de complejos insolubles pueden fijarlos o retrasar su avance.

Contaminantes no conservativos

Son aquellos cuya estructura química se modifica al interaccionar con el medio o por autodegradación como en el caso de los contaminantes orgánicos o biológicos, (Sanchis E. J., 1991).

5.2.5. Los nitratos fuente de agroquímicos y pecuarios

En las últimas décadas el sector agrícola ha experimentado un desarrollo notable, especialmente en los países desarrollados. La importancia concedida en la planificación a la producción de alimentos ha sido un objetivo compartido por numerosos países desde el final de la Segunda Guerra Mundial hasta épocas recientes. En zonas como la Europa comunitaria la política agrícola ha potenciado una agricultura intensiva fomentando durante años el uso de agua, de fertilizantes sintéticos de alto rendimientos y el cultivo de especies vegetales de rápido crecimiento y de creciente rentabilidad para el agricultor, (Ramos, C. y Kücke, M., 1999).

Por tanto, el desarrollo de la agricultura moderna con el importante aumento en la producción y calidad de los productos obtenidos ha discurrido parejo al avance en el empleo de abonos sintéticos y plaguicidas. Como contrapartida, la incorporación de estas sustancias al medio natural provoca su contaminación, y en ocasiones un deterioro de la calidad del medio, (CEDEX, 1993).

La aplicación de fertilizantes nitrogenados sirve como suplemento necesario para las necesidades de nutrientes en el crecimiento de las plantas, sólo parcialmente cubiertas por el contenido natural de las sustancias en el suelo. Durante ese crecimiento, las plantas absorben una parte de los nutrientes presentes en el suelo en compuestos solubles, en concreto el nitrógeno en estado mineral, esencialmente en forma nítrica. El abonado tiene por objeto reponer aquellos elementos

químicos que han sido retirados en la cosecha o por efecto del lavado del suelo.



Agricultura intensiva

En ocasiones, un aumento en la concentración de esos nutrientes añadidos al suelo se traduce en un incremento de la cantidad total de nutrientes absorbida por la planta, obteniéndose así un mayor rendimiento en las cosechas. Pero llegado a un punto, la proporción de nutrientes absorbido con respecto al volumen aplicado comienza a decrecer. El exceso no absorbido si se encuentra en el suelo en forma soluble (caso de los nitratos) puede ser arrastrado hacia el acuífero por el movimiento descendente del agua en la zona no saturada.

La capacidad contaminante de una actividad agrícola se ve determinada por una serie de factores.

FACTORES	Tipo de fertilizante empleado
	Tipo de plaguicidas
	Forma de riego
	Método de laboreo
	Características del suelo
	Características del cultivo
	Clima

En zonas cultivadas el excedente de fertilizante que no es utilizado por las plantas es lixiviado hacia la zona saturada (zona de las aguas subterráneas). Este excedente puede llegar a ser de varios cientos de kg/ha/año, siendo las pérdidas por lixiviado particularmente elevadas en las zonas de cultivos hortícolas. Las concentraciones de nitratos en el penacho contaminante pueden llegar a superar los 500 mg/l bajo la zona radicular.

De entre estos distintos aportes de compuestos nitrogenados al terreno, el de mayor importancia por el volumen que puede llegar a acumular y por la amplitud de su distribución espacial es el asociado con la percolación de las aguas de riego, en especial en zonas de cultivo intensivo. Las cifras disponibles muestran que son determinadas prácticas de abonado y de riego las que explican una acumulación progresiva de nitratos en las aguas subterráneas.

La agricultura intensiva en regadío se caracteriza por el empleo de grandes volúmenes de agua de riego y una particular agresividad en las prácticas de abonado. La introducción de cultivos con un mayor potencial de cosecha, junto con la extensión de la superficie cultivada en regadío y un incremento mayor en los precios de mercado de algunos productos (caso de los productos hortícolas) comparado con los precios de los fertilizantes, ha provocado un apreciable aumento en las tasas de aplicación de estos últimos, (Ongley, E.D. 1997).

Además de los problemas asociados a las prácticas de abonado intensivo, hay que hacer referencia a la eficiencia del riego (relación entre agua consumida y agua aplicada), que varía entre 0,6 y 0,8 en términos generales. Si a ello añadimos que el rendimiento en la utilización de fertilizantes difícilmente supera el 0,5 ya que más de la mitad no es utilizado por el cultivo es importante conseguir una mejora en las prácticas agrícolas actualmente vigentes.

La contribución exacta de la agricultura a la eutrofización del agua superficial y a la contaminación de las aguas subterráneas es difícil de cuantificar. No tenemos datos en referencia a este tema en el Perú, sin embargo la agricultura europea se calcula que puede ser la causante del 60% del total del flujo fluvial de nitrógeno al mar del Norte, y del 25% de la carga total de fósforo (FAO/CEPE, 1991). En Checoslovaquia, la agricultura aporta el 48% de la contaminación del agua superficial. En Noruega y Finlandia se han señalado situaciones, localmente significativas, de eutrofización de las aguas superficiales como consecuencia de factores agrícolas. Los altos niveles de utilización de nitrógeno y fósforo son considerados como los causantes de la proliferación de algas en el mar Adriático. Algo semejante ha ocurrido en las aguas costeras de Dinamarca. En los Países Bajos se ha registrado una contaminación sustancial de las aguas subterráneas por nitrato (FAO/CEPE, 1991). El 50% de los pozos poco profundos que abastecen de agua a más de 1 millón de residentes en Lituania no son aptos para el consumo humano por la presencia de una gran variedad de contaminantes, entre los que figuran plaguicidas y compuestos nitrogenados (FAO, 1994b). En los años 60, el lago Erie (uno de los Grandes Lagos de América del Norte) fue declarado, por la prensa, como "muerto" debido a los altos niveles de nutrientes acompañado por un crecimiento excesivo de algas, mortandad de peces y sedimentos de fondo anaeróbicos.

Actividades pecuarias

En referencia a las actividades ganaderas, en el pasado, las deyecciones ganaderas se aplicaban directamente a los terrenos agrícolas como fertilizante, siendo esta cooperación ganadería-agricultura beneficiosa para ambos y también para el medioambiente. Pero en la actualidad existe un fuerte desequilibrio entre estas dos actividades, lo que provoca que haya un excedente de residuos

ganaderos y una progresiva contaminación en los alrededores de las granjas de ganado de producción intensiva. El incremento en la producción de ganado vacuno, porcino y avícola se ha logrado merced al desarrollo de mejores razas animales y a la alimentación intensiva, en áreas de explotación estabulada, con la consiguiente generación de residuos orgánicos, (Agüero V.J. y Pujol M. R. 2002).

Desde el punto de vista del impacto ambiental ocasionado por la gestión de los residuos ganaderos hay que destacar la diferencia entre los producidos por la ganadería extensiva, de impacto medio-bajo, y que en general, no precisa de intervenciones de control ya que se valoriza como abono agrícola, y la ganadería intensiva, de mucho mayor impacto y cuyo control es necesario para evitar deterioros ambientales.

Por otro lado, el vertido de los residuos ganaderos da lugar a emisiones de metano, amoníaco y dióxido de carbono así como a la aparición de olores. La contaminación difusa por nitratos es otro punto importante a considerar.

Tipos de residuos ganaderos	Estiércol	Residuos excretados por el ganado o las mezclas de desechos y residuos excretados por el ganado, incluso transformados.
	Purines	Deyecciones líquidas excretadas por el ganado.
	Lisier	Abono producido por el ganado vacuno o porcino en alojamientos que no usan mucha paja u otro material de cama
	Agua sucia	Desechos con menos de 3% de materia seca, generalmente formado por estiércol seco, orina, leche u otros productos lácteos o de limpieza. Normalmente se engloba dentro del tipo de lisier.

5.2.6. Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP)

Mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM se aprueba el Marco Normativo del Plan de Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y el Límite Máximo Permisible (LMP), que son instrumentos de gestión ambiental que consisten en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en que vivimos, permitiéndole a la autoridad ambiental desarrollar acciones de control, seguimiento y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas.

Los ECA son indicadores de calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Los LMP miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva (minería, hidrocarburos, electricidad, etc.), que al exceder causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Una de las diferencias es que la medición de un ECA se realiza directamente en los cuerpos receptores, mientras que en un LMP se da en los puntos de emisión y vertimiento. Sin embargo, ambos instrumentos son indicadores que permiten a través del análisis de sus resultados, establecer políticas ambientales (ECA) y correcciones el accionar de alguna actividad específica (LMP).

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora

del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible. Son expresiones de la Organización Mundial de la Salud – OMS, cuya finalidad principal de las Guías para la calidad del agua potable es la protección de la salud pública.

El agua de consumo inocua (agua potable), según se define en las Guías, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal.

Existen diferentes factores que afectan la calidad de agua en un ecosistema y parámetros que se usan para caracterizar su condición. Entre estos parámetros se encuentran la **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)** que genera condiciones anaeróbicas, mal olor, mortandad de peces; **Nutrientes (P, N)** que ocasionan **eutrofización** de lagos y ríos; **Metales pesados**; **micro-contaminantes orgánicos** que causan bio-acumulación y toxicidad; y **Contaminación biológica** que conlleva riesgos para la salud humana, (Pardón, M. 2009).

En el siguiente cuadro se resume los diversos factores que afectan la calidad del agua, como son las actividades humanas más importantes y aspectos como el clima (El Niño 1983, 1998) y las características geológicas (arsénico en Puno y fluor en Arequipa).

Cuadro N° 01

Aspectos que afectan la Calidad del Agua. Determinantes de la Contaminación

- Aumento del desarrollo del sector industrial.
- Crecimiento de la población y de la urbanización, causando un aumento en los residuos domésticos e industriales.
- Deforestación, que causa un aumento de la erosión y lavado de suelos.
- Intensificación de la agricultura, que lleva a un sobre-riego, aumento en el uso de fertilizantes y plaguicidas.
- Trabajos de ingeniería, tales como la construcción de represas y la destrucción de los humedales.
- Minas.
- Clima.
- Características naturales del ecosistema y geología.

Adaptado de Pieter van der Zaag, UNESCO-IHE

Calidad de agua de bebida

La calidad de agua de bebida es un campo vasto de conocimientos. Voy a concentrarme en la calidad de agua de bebida y haré alrededor del mismo el caso para el control de la contaminación y sus instrumentos socio-técnicos. Comenzaré diciendo que el término "agua de bebida" en un sistema de abastecimiento tiene a su vez múltiples usos incluyendo el consumo doméstico (bebida, preparación de alimentos, aseo e higiene), producción industrial, recreación, seguridad, etc. Pero los parámetros que nos hemos dado para el conjunto igual pueden ser resumidos en una calidad de agua orientada a la salud y el bienestar del consumidor. Esta calidad se define por parámetros biológicos, químicos, físicos y organolépticos. La OMS emite periódicamente lineamientos o Guías de Calidad de Agua basadas en la mejor evidencia epidemiológica disponible. Es luego responsabilidad de los países adaptar estas Guías a las condiciones socio-técnicas y económicas de cada realidad nacional.

En tal sentido el Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), elabora el Reglamento de Calidad del Agua Para Consumo Humano en el año 2,005, cuya Finalidad es asegurar la calidad del agua para consumo humano, y establece deberes, derechos, responsabilidades y atribuciones a las entidades del Estado, proveedores y consumidores, con la finalidad de prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la salud y bienestar de la población. Entre sus objetivos está con arreglo a la Ley General de Salud, Ley N° 26842, el presente Reglamento lo siguiente:

- a) Gestión de la calidad del agua para consumo humano;
- b) Vigilancia sanitaria del agua para consumo humano;
- c) Autorización y registro sanitario de los sistemas de tratamiento del agua para consumo humano y de los insumos físicos, químicos y bioquímicos utilizados en éstos;
- d) Control de calidad del agua para consumo humano;
- e) Requisitos físicos, químicos, microbiológicos, hidrobiológicos y parasitológicos; y
- f) Transparencia de información sobre la calidad del agua para consumo humano.

En la Quinta Disposición Transitoria del Reglamento de Calidad del Agua Para Consumo Humano **deroga** la Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946 que aprobó el Reglamento de los Requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos que deben reunir las Aguas de Bebida para ser Consideradas Potables. A continuación se señala en las siguientes tablas los límites máximos permisibles de la calidad de aguas para consumo humano.

TABLA N° 01

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS**

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1. E. Coli o Bacterias Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
2. Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por Tubos múltiples = < 3 /100 ml
Reglamento de Calidad del Agua Para Consumo Humano (DIGESA 2,005)

TABLA N° 02

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1. Olor	—	Aceptable
2. Sabor	—	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6.5 a 8.0
6. Conductividad (25°C)	mmhos/cm	2,000
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1,000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁻ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniaco	mg N L ⁻¹	1.5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0.3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0.5
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0.2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	1.0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3.0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Reglamento de Calidad del Agua Para Consumo Humano (DIGESA 2,005)

TABLA N° 03

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

PARÁMETROS INORGANICOS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1 Antimonio	mg Sb L-1	0.005
2 Arsénico	mg As L-1	0.050
3 Bario	mg Ba L-1	0.700
4 Boro	mg B L-1	0.300
5 Cadmio	mg Cd L-1	0.003
6 Cianuros	mg CN- L-1	0.100
7 Cromo total	mg Cr L-1	0.050
8 Flúor	mg F- L-1	1.000
9 Mercurio	mg Hg L-1	0.001
10 Niquel	mg Ni L-1	0.020
11 Nitratos	mg NO ₃ L-1	50.00
12 Nitritos	mg NO ₂ L-1	3.00
13 Plomo	mg Pb L-1	0.010
14 Selenio	mg Se L-1	0.010

PARÁMETROS INORGANICOS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1. Trihalometanos totales	mgL-1	0.100
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL-1	0,01
3. Aceites y grasas	mgL-1	0,5
4. Alacloro	mgL-1	0.020
5. Aldicarb	mgL-1	0.010
6. Aldrin y dieldrin	mgL-1	0.00003
7. Benceno	mgL-1	0.010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL-1	0.0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL-1	0.002
10. Endrin	mgL-1	0.0002
11. Gamma HCH (lindano)	mgL-1	0.002
12. Hexaclorobenceno	mgL-1	0.001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL-1	0.00003
14. Metoxicloro	mgL-1	0.020
15. Pentaclorofenol	mgL-1	0.009
16. 2,4-D	mgL-1	0.030

Reglamento de Calidad del Agua Para Consumo Humano (DIGESA 2,005)

La finalidad de las Guías es apoyar el desarrollo y la ejecución de estrategias de gestión de riesgos que garanticen la inocuidad del abastecimiento de agua por medio del control de los componentes peligrosos del agua. Estas estrategias pueden incluir normas nacionales o regionales desarrolladas basándose en la información científica que proporcionan las Guías. Las Guías describen los requisitos mínimos razonables que deben cumplir las prácticas seguras para proteger la salud de los consumidores, y determinan «valores de referencia» numéricos de los componentes del agua o los indicadores de la calidad del agua. Para definir límites obligatorios es preferible considerar los valores de referencia en el contexto de las condiciones locales o nacionales de tipo medioambiental, social, económico y cultural.

5.2.6. Marco conceptual

Acuífero

Acuífero es una formación geológica que es capaz de almacenar y transmitir el agua subterránea través de ella en cantidades significativas, de modo que este agua puede surgir a la superficie de manera natural, a través de manantiales, áreas de resumen, caudales fluviales o directamente al mar, o de forma artificial por pozos, galerías y otro tipo de captaciones, (International Glossary of Hydrology 1998).

Agua subterránea

Parte de la precipitación que se filtra a través del suelo hacia los estratos porosos y en ocasiones los satura de agua. Se mueve lentamente hacia los niveles bajos, generalmente en ángulos inclinados (debido a la gravedad) y, eventualmente, llegan a los manantiales, los arroyos, lagos y océanos, (International Glossary of Hydrology 1998).

Antropogénico

Son aquellas que son producidas o transmitidas por el hombre en su continua actividad. Entre las principales fuentes antropogénicas provocadoras de contaminación están:

- a) Las Industriales (mineros, Petroleros, curtiembres, frigoríficos, mataderos etc.) que emiten desechos sólidos, emisiones al aire, a la hidrosfera, de óxido de nitrógeno y de azufre, el monóxido de carbón.
- b) Las fuentes comerciales dedicadas al empaque de envolturas, que originan desechos sólidos
- c) Las fuentes agrícolas (los agroquímicos como plaguicidas, pesticidas, herbicidas), utilizados en este sector para eliminar elementos que afectan al cultivo y aumentan la producción pero luego terminan contaminando los alimentos y al propio hombre, (International Glossary of Hydrology 1998).

Cárstico

Recibe este nombre el conjunto de acciones y procesos de modelado condicionados por la presencia de rocas carbonatadas, fundamentalmente calizas, que, siendo solubles bajo determinadas condiciones, dan lugar a morfologías y paisajes peculiares. y templadas. La caliza es un tipo de roca muy especial. A pesar de ser una roca sedimentaria su origen, en el que tiene que estar presentes el agua y los seres vivos, le dan una coherencia tal que la hace muy resistente a los agentes erosivos que atacan eficazmente a otras rocas sedimentarias. La caliza, por el contrario, en lugar de fragmentarse, se disuelve en agua. Producto de esa disolución se forma el relieve kárstico (o cárstico). En realidad el relieve cárstico no sólo se desarrolla sobre calizas, sino también sobre dolomías (un tipo de caliza), yesos,

sal gema, y cualquier roca carbonatada, (International Glossary of Hydrology 1998).

Contaminación

Cambio perjudicial en las características físicas, químicas y biológicas de nuestro aire, tierra y agua, que puede afectar o afectara nocivamente la vida humana y la de especies beneficiosas, (International Glossary of Hydrology 1998).

Escorrentía

Corriente de agua que rebosa su depósito o cause normal o artificial, (International Glossary of Hydrology 1998).

Eutrofización

Enriquecimiento del agua, la cual causa un crecimiento excesivo de plantas acuáticas e incrementan la actividad de microorganismos anaeróbicos. Como resultado los niveles de oxígenos disminuyen rápidamente y el agua se asfixia, haciendo la vida imposible para los organismos acuáticos aeróbicos, (International Glossary of Hydrology 1998).

Intemperismo

Intemperismo o meteorización es la alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, la humedad y al efecto de la materia orgánica; puede ser intemperismo mecánico o de desintegración, y químico o de descomposición, pero ambos procesos, por regla general interactúan, (International Glossary of Hydrology 1998).

Lixiviación

Proceso de lavado del suelo por la filtración del agua o arrastre de sustancias solubles o dispersables (arcilla, sales, hierro, humus, etc.) que se produce en el suelo con la percolación de las aguas, (International Glossary of Hydrology 1998).

Metahemoglobinemia

La Metahemoglobinemia se define como un producto de la oxidación de la hemoglobina que no está disponible para unirse al oxígeno molecular en forma reversible; ocurre Metahemoglobinemia cuando las concentraciones de metahemoglobina en los eritrocitos circulantes son mayores a las cifras normales. Frecuentemente el cuadro clínico de esta patología se caracteriza inicialmente por cianosis cuando la cifra de metahemoglobina alcanza de un 20 a un 30% se acompaña de diarreas, taquicardia, cefalea, fatiga, lipotimias, náuseas, anorexia y vómitos, cuando esta cifra está entre el 55 y el 60% ocurren letargo y estupor; concentraciones mayores del 70% son mortales, (OMS, 2004).

Nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-)

Nitratos y nitritos son compuestos iónicos que se encuentran en la naturaleza, formando parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato (NO_3^-) es la forma estable de las estructuras oxidadas del nitrógeno, y a pesar de su baja reactividad química puede ser reducido por acción microbológica. El nitrito (NO_2^-), es oxidado con facilidad por procesos químicos o biológicos a nitrato, o bien reducido originando diversos compuestos, (ATSDR. 1991).

Nivel freático

Superficie que separa la zona del subsuelo inundada con agua subterránea de la zona en la que las grietas están rellenas de agua y aire, (International Glossary of Hydrology, 1998).

5.2.7. Marco filosófico

El agua es un bien indispensable para el desarrollo de toda civilización, ya que posibilita la expansión demográfica y los progresos de la producción, que van desde la agricultura hasta la electrónica.

El agua es la necesidad más urgente para el ser humano. A pesar de ello, son muy pocas las poblaciones que disponen de este elemento en cantidad suficiente, ya que su distribución en el mundo es despareja. Las aguas pluviales no se reparten equitativamente, sino que se concentran en zonas templadas y en los trópicos húmedos. Ayuda a que la vegetación prospere en algunos países y deja que sólo los desiertos prosperen en otros. Mientras existen regiones donde hay altas precipitaciones anuales de agua, otras están constantemente al borde de la sequía, pero aún aquellos países favorecidos con recursos hídricos enfrentan el problema de la escasez potencial.

De tal manera que, a medida que se industrializa un país y crece su desarrollo económico, aumenta no sólo la demanda de agua, también el grado de contaminación que se produce en la misma. La recuperación de las aguas de ríos, lagos y subterráneas, cuando han sido contaminadas, es muy difícil y económicamente muy costosa, especialmente en los acuíferos; por ello una vez contaminadas se reduce de forma drástica la cantidad de agua disponible para el consumo. Por ello es tan importante centrarse muchas veces en medidas preventivas para impedir que eso ocurra.

El agua cubre aproximadamente el 71% de la superficie de la corteza terrestre, de ella sólo una pequeña fracción es agua dulce, menos del 3%, de ese pequeño porcentaje sólo el 0,003% es agua dulce fácilmente disponible para el ser humano como humedad del suelo, aguas subterráneas utilizables, vapor de agua y lagos o ríos. Las aguas subterráneas representan una fracción importante de la masa de agua presente en cada momento en los continentes, con un volumen mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar millones de kilómetros. Aunque cada ser humano necesita únicamente 2 litros al día para sobrevivir se necesitan enormes cantidades de agua para suministrarnos alimento, refugio y el resto de nuestras necesidades personales.

El agua es el elemento principal y esencial de cualquier ecosistema ya que el correcto desarrollo de la vida en el planeta está íntimamente relacionado con él, a pesar de esto el agua es uno de los recursos peor gestionados: la despilfarramos y contaminamos. En países en los que debido a sus características climáticas tienen escasez de agua, la contaminación y sobreexplotación de las aguas pueden hipotecar el futuro de todos sus habitantes, por ello es de vital importancia que su administración proteja la calidad de sus reservas y garantice los suministros, dando prioridad al agua para consumo humano.

El agua se caracteriza por tener propiedades especiales que permiten la vida en el planeta y paradójicamente, estas cualidades que la hacen tan preciada la hacen a la vez vulnerable, ya que gracias a algunas de sus propiedades es muy fácil que ciertos contaminantes se disuelvan en ella o queden fuertemente unidos, lo que dificulta la labor de tratamiento del agua contaminada. La contaminación del agua es un cambio en la calidad, de tipo químico, biológico o físico, que tiene un

efecto perjudicial sobre los organismos vivos o hace que el agua sea inadecuada para los usos deseados.

Esto es lo que ocurre particularmente con las aguas subterráneas, aunque es cierto que debido a su emplazamiento no es tan fácil contaminarlas, una vez contaminadas es muy difícil tratarlas. El agua dulce disponible continuamente se recoge, purifica, recicla y distribuye gracias al ciclo hidrológico impulsado por la energía solar, pero a mediada que lo sobrecargamos con residuos no degradables o de lenta degradación, y retiramos más rápidamente los suministros de aguas subterráneas de lo que tardan en rellenarse, el ciclo se ve interferido, convirtiéndose entonces en un recurso no renovable.

Las aguas subterráneas se trasladan desde puntos de alta presión y elevación a otros de más baja presión y menor altura, cuyo movimiento es bastante lento, del orden de 1 metro por año, y rara vez de más de 30 centímetros al día, por lo que no es difícil conducir, debido a una mala gestión, a la sobreexplotación de los mismos. Forman grandes depósitos que en nuestro caso de estudio constituye la única fuente de agua potable disponible.

Decenio Internacional para la Acción: “El agua, fuente de vida” 2005–2015. Todos los años, el 22 de marzo (Día Mundial del Agua) pone de manifiesto el esfuerzo permanente por promover el acceso al agua potable y a los servicios de saneamiento. La celebración de este día constituye un trampolín para concienciar al público sobre la importancia del agua, avivar el debate y centrarse en los peligros derivados de un acceso inadecuado al agua potable y a las instalaciones de saneamiento. El decenio 2005-2015 será crucial: ha llegado el momento de intensificar las acciones y reforzar los esfuerzos para promover este tema. La Asamblea General de las Naciones Unidas ha proclamado el periodo de 2005 a 2015 Decenio Internacional

para la Acción, "El agua, fuente de vida", que dará comienzo el 22 de marzo de 2005, Día Mundial del Agua. Este Decenio contribuirá a que los objetivos mundiales "se centren con más ímpetu en los asuntos relacionados con el agua, al tiempo que se trata de asegurar la participación de la mujer en los programas de desarrollo relativos al agua y se promueve la cooperación en todos los ámbitos".

VI. ESTRATEGIA METODOLOGICA

Estudio de Nitratos (NO_3) de Aguas Subterráneas de Consumo Humano del Distrito de Ica

6.1. Ubicación del Campo Experimental

El área estudiada comprende el Distrito de Ica, perteneciente a la cuenca del Río Ica que abarca 7,187.50 km², comprendida entre los paralelos 14° 57' 00" y 13° 30' 00" de Latitud Sur y entre los meridianos 75° 06' 00" y 75° 00' 00" de Longitud Oeste. El río Ica nace en la Región de Huancavelica a 4,500 m.s.n.m. en la laguna de Parinacocha y recorre terrenos de geografía muy compleja. Es el único río en la costa peruana que fluye cerca de la desembocadura con dirección al sur.

En cuanto a la Hidrogeología, la circulación del agua superficial y subterránea está determinada por la tectónica. La cuenca baja, donde se ubica el valle productor de Ica, se encuentra limitada por dos fallas principales, una de dirección NE-SW entre Cerro Prieto y el curso andino del río Ica; y otra que corre paralelo al río en dirección N-S, desde Cerro Prieto hasta su desembocadura en el mar. Los materiales que constituyen niveles acuíferos de mayor importancia son los depósitos aluviales y fluviales, denominados acuíferos porosos no consolidados. En la parte alta de la cuenca, las rocas sedimentarias, volcano-sedimentarias, volcánicas e intrusivas, afectadas por la tectónica (pliegues, fallas y fracturas), conforman los acuíferos fisurados.

6.2. Diseño del Trabajo de Investigación

Es una investigación Descriptiva, que describe ciertas características de la población en estudio, en resumen se diagnostica la forma de determinar la concentración de nitratos (NO_3^-), y complementariamente la concentración de sales, profundidad, pH y temperatura, en los diferentes pozos de abastecimiento de agua potable para el Distrito de Ica, cuya probabilidad de exactitud o de confianza es de 95% a 99%. Se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) a fin de comparar los resultados con el Análisis de Variancia (ANVA), comparando las variancias (S^2) con la prueba de "F" (Fisher). Así como también las pruebas de amplitudes significativas de "DUNCAN", para realizar las inferencias estadísticas o comparar promedios.

6.3. Población y Muestra

Población

El área en estudio comprende 20 sectores que constituye la mayor concentración urbana del Distrito de Ica, asimismo contiene importantes asentamientos industriales. Las diversas fuentes de abastecimiento de agua subterránea, proveniente de los distintos materiales que constituyen niveles acuíferos de mayor importancia que son los depósitos aluviales y fluviales, denominados acuíferos porosos no consolidados y semiconfinados, son captadas por perforaciones múltiples oficiales realizadas por la EPS EMAPICA, las mismas que brindan servicios de agua potable a la población urbana.

Muestra

La localización espacial o geográfico de los puntos de muestreo de aguas subterráneas se ha determinado de acuerdo a las 20 fuentes de abastecimiento de agua potable que brinda EMAPICA S.A. a la población urbana del distrito de Ica. Habiendo planificado el estudio de estas fuentes de abastecimiento de agua subterránea, en donde se ha determinado el experimento que comprende un radio de acción de 47 km² aproximadamente.

El estudio comprende la evaluación de 20 fuentes de abastecimiento cuyos sectores de ubicación, año de perforación y profundidad se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 02

N°	Pozo	Año de perforación	Profundidad (m)
01	ADICSA Sr. de Luren	1,997	68.00
02	Angostura Limón N° 2	2,004	60.00
03	Arenales	1,994	75.00
04	Cachiche	1,965	39.00
05	Huacachina	1,979	33.00
06	Divino Maestro	1,942	60.00
07	José de la Torre Ugarte N° 1	2,000	60.00
08	José de la Torre Ugarte N° 2	2,008	68.80
09	Margen Izquierda	1,996	58.00
10	Parque Industrial	1,978	70.00
11	Picasso Peratta	1,992	78.50
12	Sede Central 1B	2,004	80.00
13	Sede Central 3A	1,939	96.00
14	San Isidro	1,963	48.00
15	San Joaquín N° 1	1,966	72.00
16	San Joaquín N° 2	1,997	75.00
17	Santa María	1,980	62.50
18	Socorro Nuevo	2,004	80.00
19	San Carlos	2,006	60.00
20	Las Casuarinas	2,008	75.00

Se tomaron 40 muestras de aguas subterráneas, de 500 ml. para la determinación de nitratos (NO_3^-) y complementariamente se determinación la Profundidad, Conductividad Eléctrica (mhos/cm), Potencial Hidrógeno (pH) y Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

En base a las fuentes de abastecimiento (pozos) a estudiar se presentan los siguientes tratamientos en estudio:

Cuadro N° 03

TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

CLAVE		FUENTES DE ABASTECIMIENTO	R ₁ (ml.)	R ₂ (ml.)
N°	Literal			
1	P ₁	ADICSA Señor de Luren	500	500
2	P ₂	Angostura Limón N° 2	500	500
3	P ₃	Arenales	500	500
4	P ₄	Cachiche	500	500
5	P ₅	Huacachina	500	500
6	P ₆	Divino Maestro	500	500
7	P ₇	José de la Torre Ugarte N° 1	500	500
8	P ₈	José de la Torre Ugarte N° 2	500	500
9	P ₉	Margen Izquierda	500	500
10	P ₁₀	Parque Industrial	500	500
11	P ₁₁	Picasso Peratta	500	500
12	P ₁₂	Sede Central 1B	500	500
13	P ₁₃	Sede Central 2A	500	500
14	P ₁₄	San Isidro	500	500
15	P ₁₅	San Joaquín N° 1	500	500
16	P ₁₃	San Joaquín N° 2	500	500
17	P ₁₇	Santa María	500	500
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	500	500
19	P ₁₉	San Carlos	500	500
20	P ₂₀	Las Casuarinas	500	500

6.4. Diseño de Investigación

El diseño que se adoptó en el presente trabajo de investigación fue el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 20 tratamientos por 2 réplicas o repetidas, haciendo un total de 40 unidades, cuyo esquema del ANVA se presenta a continuación:

ANVA (Análisis de Variancia)

F.V. (Fuentes e Variación)	G.L. (Grado de Libertad)
Total	39
Tratamientos	19
Error experimental	20

Características del Campo

a) Área de campo

- largo 8.54 km
- ancho..... 5.45 km
- área total..... 47.00 km²

b) Parcelas (Pozos)

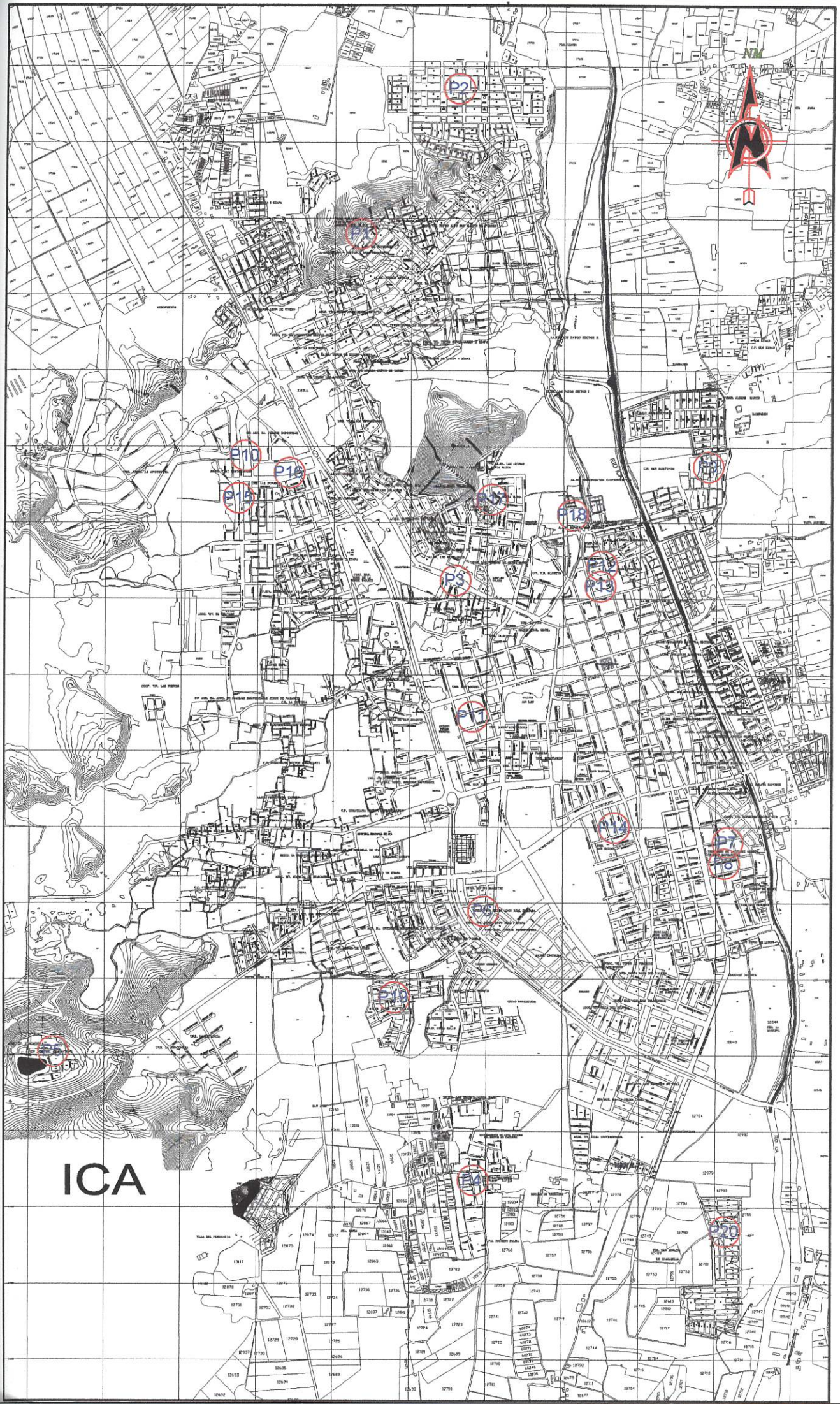
- largo de parcela..... 20 m
- ancho de parcela..... 10 m
- área de parcelas..... 200 m²

c) Réplicas o repetidas

- número de parcela por réplica..... 20 m²
- área por réplica.....4000 m²

Dichas características se mencionan en el croquis experimental adjunto. (Plano Catastral del distrito de Ica).

Croquis (Se adjunta)



ICA

6.5. Conducción del Trabajo de Investigación

El estudio de los nitratos (NO_3^-) de aguas subterráneas de consumo humano del Distrito de Ica se realizó de la siguiente manera:

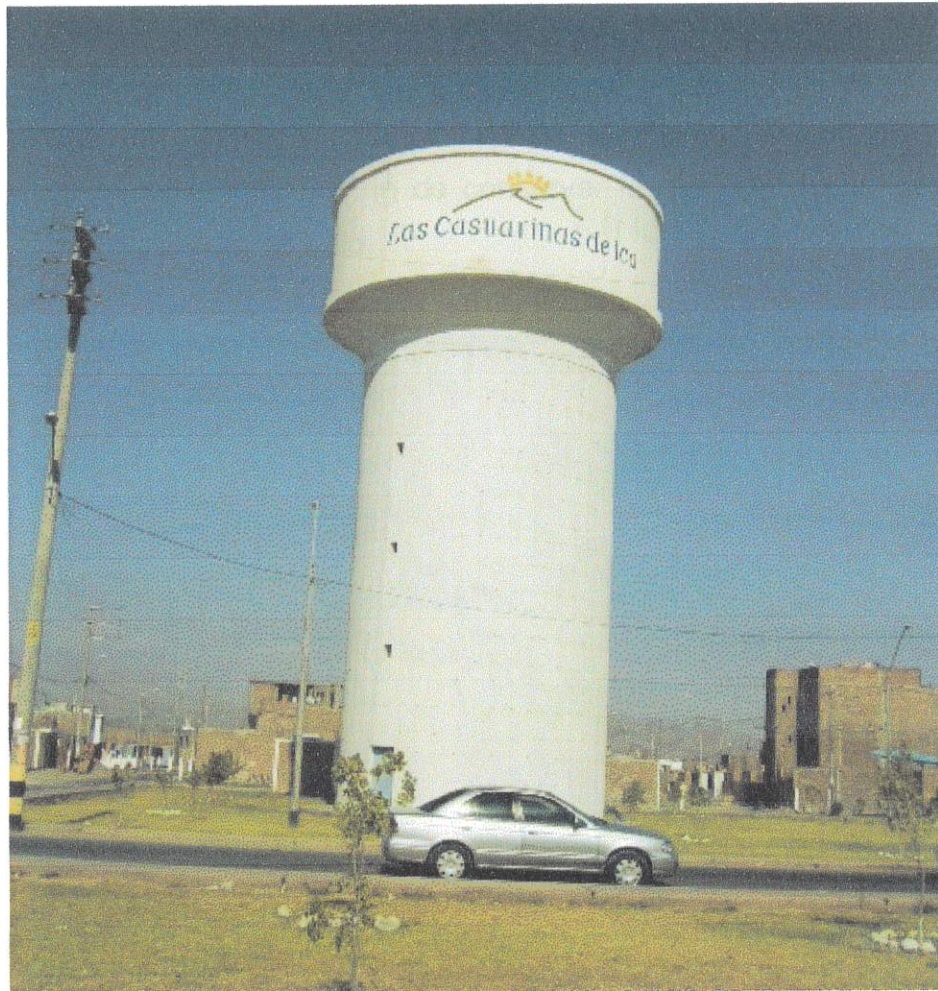
- a) Para el presente trabajo de investigación se ha utilizado el Plano Catastral del Distrito de Ica, en donde se ubicaron las diferentes fuentes de abastecimiento (pozos) de agua potable para la población urbana.



Fuente de abastecimiento Picasso Peratta

- b) Identificado las fuentes de abastecimiento de agua potable, se tomaron 02 muestras de 500 ml cada uno de aguas subterráneas de cada fuente de abastecimiento (20) durante el mes de Julio del presente año (2,010) para los respectivos análisis de nitratos (NO_3^-), así como para las otras

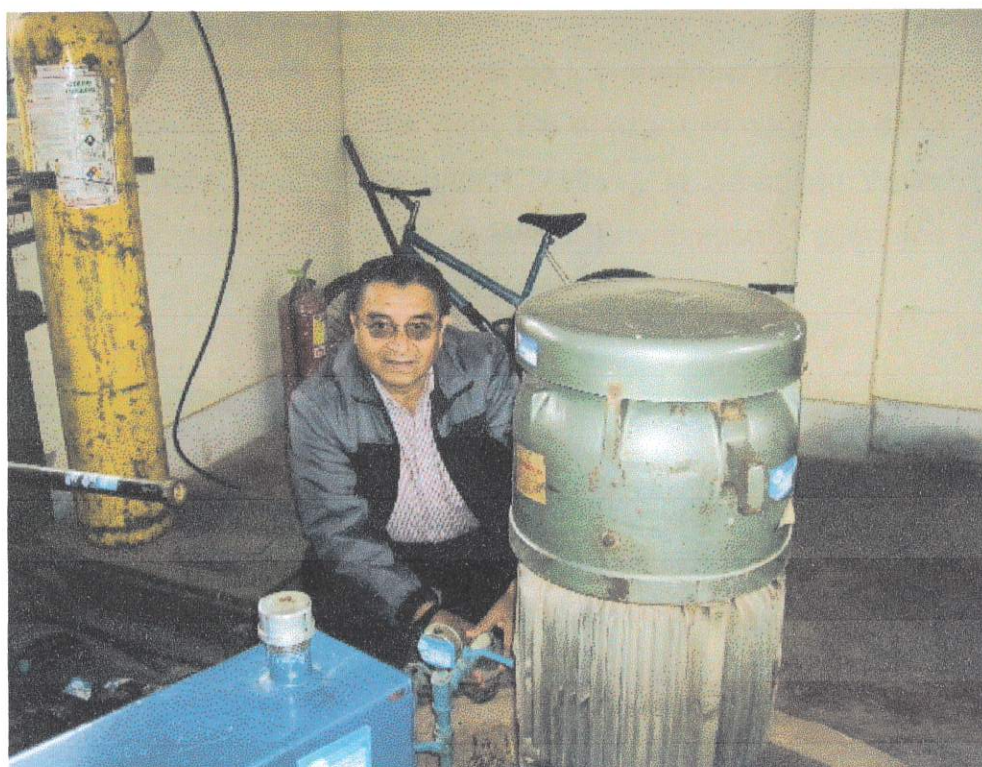
características complementarias como son: Profundidad, Conductividad Eléctrica (mhos/cm), Potencial Hidrógeno (pH) y Temperatura (°C).



Reservorio de Las Casuarinas

- c) La toma de muestra de aguas subterráneas se realizaron por etapas. La primera etapa correspondió a los pozos: ADICSA, Angostura Limón N° 2, San Joaquín N° 1, San Joaquín N° 2 y Parque Industrial. La segunda etapa: Sede Central, Socorro Nuevo, Margen Izquierda y Santa María. La tercera etapa: Arenales, Picasso Peratta, Divino Maestro, San Isidro, José de la Torre Ugarte N° 1 y 2. Y la cuarta etapa: Huacachina, Cachiche, San Carlos y Las Casuarinas.

- d) Las muestras fueron recolectadas en frascos de polietileno calificado, previamente desinfectadas, se tomaron dos muestras de 500 ml. por cada fuente de abastecimiento. Los frascos se llenaron completamente con la muestra de agua y luego cerradas perfectamente con la finalidad de evitar alteraciones en las determinaciones químicas. Estas muestras se analizaron de inmediato (máximo 4 horas de almacenamiento), a fin de conservar la naturaleza primigenia del líquido en estudio.



Fuente de abastecimiento Huacachina

- e) La determinación analítica de la concentración de nitratos (NO_3^-) se realizó en el Laboratorio de Química de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, la metodología empleada ha sido a través del equipo de Espectrofotometría de luz ultravioleta. Las determinaciones de Conductividad Eléctrica (mhos/cm),

Potencial Hidrógeno (pH) y Temperatura (°C), se realizaron el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Plantas de la Facultad de Agronomía, empleando las metodologías de Conductivímetro, Potenciómetro y Termómetro simple con precisión mínima de 0.1°C.

6.6. Indicadores Evaluados

Para la determinación de los indicadores evaluados se ha tomado las recomendaciones de las metodologías Standard Methods que son normas para análisis, evaluación y saneamiento de aguas, que representan la mejor práctica actual de los analistas de aguas en América. Dichas metodologías viene ser el esfuerzo conjunto de la American Public Health Association (APHA), la American Water Works Association (AWWA), y la Water Environment Federation (WEF).

6.6.1. Concentración de nitratos (NO_3^-) de aguas subterráneas

Se evaluó la concentración de nitratos (NO_3^-) de las aguas subterráneas de consumo humano en el Distrito de Ica, de cada uno de los pozos de abastecimiento antes de la cloración y tratamiento como agua potable

6.6.2. Profundidad (m)

Con la finalidad de tener una idea completa de esta característica, se tomó nota de la profundidad de cada uno de los pozos de abastecimiento de agua subterránea, a fin de analizar la relación a la concentración de nitratos (NO_3^-), Conductividad Eléctrica (mhos/cm), Potencial Hidrógeno (pH) y Temperatura (°C).

6.6.3. Conductividad Eléctrica (mhos/cm)

Se evaluó el contenido de Conductividad Eléctrica (mhos/cm) de cada una de las muestras de abastecimiento de agua subterránea, las mismas que se expresan en micromhos/cm.



6.6.4. Potencial Hidrógeno (pH)

Esta característica se realizó para determinar el grado de acidez o alcalinidad de las aguas subterráneas de abastecimiento para consumo humano.



6.5.5. Temperatura (°C)

La Temperatura es un parámetro que nos proporciona información y su control es necesario para determinar con precisión otros parámetros, como es la Conductividad Eléctrica (mhos/cm)

6.7. Técnicas de recolección e información

Existiendo un gran número de técnicas para evaluar las características físicas, químicas y biológicas del agua subterránea,

por tratarse de un estudio con base científica de trabajo descriptivo, de estudio experimental de alto nivel descriptivo y explicativo con 95 % a 99% de confianza, se tomaron los datos de las principales características de importancia para el presente trabajo de investigación, las mismas que han servido para realizar las interpretaciones, discusiones, y conclusiones, debidamente estructurados, no dejando al azar dato alguno, los mismos que merecieron su ordenamiento adecuado, de tal manera que estos puedan ser utilizados por otros investigadores.

6.8. Técnicas de Análisis e Interpretación de Datos

Habiéndose elegido el análisis de variancia como fuente de variación para evaluar la significación de diferencias entre variables y características en estudio, y compararse con la prueba de "F" (Fisher), si hay o no diferencia significativa, luego se aplicó la prueba de significación de "DUNCAN" para dar el orden de mérito de cada tratamiento con 5% de error.

En base a esta prueba se efectuó la debida inferencia o discusión de los resultados de cada característica las mismas que han servido para realizar las conclusiones y sugerencias correspondientes.

Para poder realizar el análisis de variancia con los datos originales donde se obtuvo cero (0.00) para nitratos (NO_3^-), se tubo que realizar la transformación de la raíz cuadrada de $X + 1$ ($\sqrt{X+1}$), así como para la Profundidad (m), Conductividad Eléctrica (mhos/cm), Potencial Hidrógeno (pH) y Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

VII. CONTRASTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de investigación denominado, **“Contaminación por nitratos (NO_3^-) de las aguas subterráneas de consumo humano en el Distrito de Ica”**, fue conducido en el distrito del mismo nombre, de acuerdo al plano catastral del distrito de Ica, según la planificación y programación proyectada, por lo que se puede afirmar que los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango de confiabilidad permisible. Realizado el análisis de la variancia se encontró un coeficiente de variabilidad que fluctuó entre 0.13 a 1.72 %, lo que quiere decir que el estudio fue muy bueno.

En este capítulo, se exponen los resultados obtenidos de cada una de las características en estudio como son los Análisis de Variancia y las Pruebas de Amplitudes Significativas de **“DUNCAN”**, las mismas que han sido realizadas a partir de los datos tomados en el campo motivo del trabajo..

7.1. Resultado Estadísticos de las Características Evaluadas

Cuadro N° 04

Análisis de Variancia (ANVA) de la Concentración de Nitratos-NO₃⁻ (mg/l)

F.V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	F _t ∞		Signif.
					0.05	0.01	
Total	39	201.74	—	—	—	—	—
Tratamientos	19	201.16	10.587	365.07	2.13	3.00	**
Error Experim.	20	0.58	0.029	—	—	—	—

S= 0.17

Sx= 0.12

C.V. = 1.17%

XG = 14.55 mg/l

(**) Diferencia altamente significativa

Cuadro N 05

Prueba de Amplitudes Significativa de "DUNCAN" de la concentración de Nitratos NO₃⁻ (mg/l)

CLAVE		TRATAMIENTOS	NITRATOS (mg/l)	DUNCAN (α0.05)	O.M.
Nº	Literal				
20	P ₂₀	Las Casuarinas	88.00	a	1º
07	P ₇	J. Torre Ugarte N° 1	52.50	b	2º
08	P ₈	J. Torre Ugarte N° 2	40.00	c	3º
02	P ₂	Angostura Limón N° 2	18.00	d	4º
01	P ₁	ADICSA S. de Luren	15.00	e	5º
06	P ₆	Dívino Maestro	13.50	e	5º
17	P ₁₇	Santa María	12.50	e	5º
15	P ₁₅	San Joaquín N° 1	12	f	6º
03	P ₃	Arenales	10.00	f	6º
16	P ₁₆	San Joaquín N° 2	9.50	g	7º
10	P ₁₀	Parque Industrial	8.00	g	7º
09	P ₉	Margen Izquierda	5.00	h	8º
14	P ₁₄	San Isidro	5.00	h	8º
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	1.50	i	9º
04	P ₄	Cachiche	0.50	i	9º
05	P ₅	Huacachina	0.00	j	10º
11	P ₁₁	Picasso Peraita	0.00	j	10º
12	P ₁₂	Sede Central 1B	0.00	j	10º
13	P ₁₃	Sede Central 3A	0.00	j	10º
19	P ₁₉	San Carlos	0.00	j	10º

Nota: Los tratamientos que presentan la misma letra, no son diferentes significativamente entre sí.

Cuadro N° 06

Análisis de Variancia (ANVA) de la Profundidad de los pozos (m)

F.V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	F _t ∞		Signif.
					0.05	0.01	
Total	39	40.09	—	—	—	—	—
Tratamientos	19	33.85	1.781	5.71	2.13	3.00	**
Error Experm.	20	6.24	0.312	—	—	—	—

S= 0.56

Sx= 0.39

C.V. = 0.85%

XG = 65.94 m.

(**)Diferencia altamente significativa

Cuadro N 07

Prueba de Amplitudes Significativa de "DUNCAN" de la Profundidad de los pozos (m)

CLAVE		TRATAMIENTOS	PROFUNDIDAD (m)	DUNCAN (∞ 0.05)	O.M.
N°	Literal				
13	P ₁₃	Sede Central 3A	96,0	a	1°
12	P ₁₂	Sede Central 1B	80,0	a	1°
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	80,0	a	1°
11	P ₁₁	Picasso Peratta	78,5	a	1°
20	P ₂₀	Las Casuarinas	75,0	a	1°
16	P ₁₆	San Joaquín N° 2	75,0	a	1°
03	P ₃	Arenales	75,0	a	1°
15	P ₁₅	San Joaquín N° 1	72,0	b	2°
10	P ₁₀	Parque Industrial	70,0	b	2°
08	P ₈	J. Torre Ugarte N° 2	68,8	b	2°
01	P ₁	ADICSA S. de Luren	68,0	b	2°
17	P ₁₇	Santa María	62,5	b	2°
02	P ₂	Angostura Limón N° 2	60,0	b	2°
06	P ₆	Divino Maestro	60,0	b	2°
07	P ₇	J. Torre Ugarte N° 1	60,0	b	2°
19	P ₁₉	San Carlos	60,0	b	2°
09	P ₉	Margen Izquierda	58,0	b	2°
14	P ₁₄	San Isidro	48,0	c	3°
04	P ₄	Cachiche	39,0	c	3°
05	P ₅	Huacachina	33,0	c	3°

Nota: Los tratamientos que presentan la misma letra, no son diferentes significativamente entre si.

Cuadro N° 08

Análisis de Variancia (ANVA) de la Conductividad Eléctrica (mhos/cm)

F.V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	F _t ∞		Signif.
					0.05	0.01	
Total	39	346.69	–	–	–	–	–
Tratamientos	19	342.16	18.008	79.68	2.13	3.00	**
Error Experim.	20	4.53	0.226	–	–	–	–

S = 0.47

Sx = 0.33

C.V. = 1.72%

XG = 750.25 mhos/cm

(**) Diferencia altamente significativa

Cuadro N 09

Prueba de Amplitudes Significativa de "DUNCAN" de la Conductividad Eléctrica (mhos/cm)

CLAVE		TRATAMIENTOS	C.E. (mhos/cm)	DUNCAN (∞ 0.05)	O.M.
Nº	Literal				
04	P ₄	Cachiche	1,220	a	1º
19	P ₁₉	San Carlos	1,010	b	2º
20	P ₂₀	Las Casuarinas	960	b	2º
11	P ₁₁	Picasso Peratta	940	b	2º
05	P ₅	Huacachina	820	c	3º
15	P ₁₅	San Joaquín N° 1	810	c	3º
16	P ₁₆	San Joaquín N° 2	810	c	3º
06	P ₆	Divino Maestro	780	c	3º
03	P ₃	Arenales	720	d	4º
14	P ₁₄	San Isidro	720	d	4º
17	P ₁₇	Santa María	690	d	4º
12	P ₁₂	Sede Central 1B	690	d	4º
10	P ₁₀	Parque Industrial	680	d	4º
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	640	d	4º
01	P ₁	ADICSA S. de Luren	620	e	5º
09	P ₉	Margen Izquierda	610	e	5º
08	P ₈	J. Torre Ugarte N° 2	595	f	6º
07	P ₇	J. Torre Ugarte N° 1	590	f	6º
13	P ₁₃	Sede Central 3A	570	g	7º
02	P ₂	Angostura Limón N° 2	530	g	7º

Nota: Los tratamientos que presentan la misma letra, no son diferentes significativamente entre si.

Cuadro N° 10

Análisis de Variancia (ANVA) del Potencial Hidrógeno – pH

F.V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	F _t ∞		Signif.
					0.05	0.01	
Total	39	0.008	–	–	–	–	–
Tratamientos	19	0.006	0.0003	3.00	2.13	3.00	*
Error Experim.	20	0.002	0.0001	–	–	–	–

S= 0.01

Sx= 0.007

C.V. = 0.13%

XG = 7.45 pH

(*)Diferencia significativa

Cuadro N 11

Prueba de Amplitudes Significativa de "DUNCAN" del Potencial Hidrógeno (pH)

CLAVE		TRATAMIENTOS	pH	DUNCAN (∞ 0.05)	O.M.
Nº	Literal				
12	P ₁₂	Sede Central 1B	7.58	a	1º
17	P ₁₇	Santa María	7.55	b	2º
07	P ₇	J. Torre Ugarte Nº 1	7.54	b	2º
08	P ₈	J. Torre Ugarte Nº 2	7.54	b	2º
11	P ₁₁	Picasso Peratía	7.53	b	2º
16	P ₁₆	San Joaquín Nº 2	7.49	c	3º
01	P ₁	ADICSA S. de Luren	7.48	c	3º
09	P ₉	Margen Izquierda	7.48	c	3º
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	7.48	c	3º
03	P ₃	Arenales	7.46	d	4º
13	P ₁₃	Sede Central 3A	7.45	d	4º
10	P ₁₀	Parque Industrial	7.42	e	5º
02	P ₂	Angostura Limón Nº 2	7.41	e	5º
04	P ₄	Cachiche	7.40	e	5º
05	P ₅	Huacachina	7.40	e	5º
14	P ₁₄	San Isidro	7.39	f	6º
06	P ₆	Divino Maestro	7.38	f	6º
15	P ₁₅	San Joaquín Nº 1	7.38	f	6º
20	P ₂₀	Las Casuarinas	7.35	g	7º
19	P ₁₉	San Carlos	7.34	g	7º

Nota: Los tratamientos que presentan la misma letra, no son diferentes significativamente entre si.

Cuadro N° 12

Análisis de Variancia (ANVA) de la Temperatura

F.V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	F _{t ∞}		Signif.
					0.05	0.01	
Total	39	1.696	-	-	-	-	-
Tratamientos	19	0.096	0.0051	0.17	2.13	3.00	NS
Error Experim.	20	0.600	0.0300	-	-	-	-

S = 0.17

Sx = 0.12

C.V. = 0.69%

XG = 24.5 °C

(NS) No significativa

Cuadro N 13

Prueba de Amplitudes Significativa de "DUNCAN" de la Temperatura

CLAVE		TRATAMIENTOS	Temperatura (°C)	DUNCAN (∞ 0.05)	O.M.
Nº	Literal				
04	P ₄	Cachiche	25	a	1°
05	P ₅	Huacachina	25	a	1°
06	P ₆	Divino Maestro	25	a	1°
09	P ₉	Margen Izquierda	25	a	1°
10	P ₁₀	Parque Industrial	25	a	1°
12	P ₁₂	Sede Central 1B	25	a	1°
14	P ₁₄	San Isidro	25	a	1°
15	P ₁₅	San Joaquín N° 1	25	a	1°
17	P ₁₇	Santa María	25	a	1°
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	25	a	1°
20	P ₂₀	Las Casuarinas	25	a	1°
01	P ₁	ADICSA S. de Luren	24	a	1°
02	P ₂	Angostura Limón N° 2	24	a	1°
03	P ₃	Arenales	24	a	1°
07	P ₇	J. Torre Ugarte N° 1	24	a	1°
08	P ₈	J. Torre Ugarte N° 2	24	a	1°
11	P ₁₁	Picasso Peratía	24	a	1°
13	P ₁₃	Sede Central 3A	24	a	1°
16	P ₁₆	San Joaquín N° 2	24	a	1°
19	P ₁₉	San Carlos	24	a	1°

Nota: Los tratamientos que presentan la misma letra, no son diferentes significativamente entre si.

7.2. Análisis e interpretación de resultados

Según los cuadros números 04, 06, 08, 10, y 12 del "ANVA" de las características de Nitratos (NO_3^-), Profundidad (m), Salinidad (C.E. mhos/cm), Potencial Hidrógeno (pH) y Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), se encontraron diferencias altamente significativas para: Nitratos (NO_3^-), Profundidad (m) y Conductividad Eléctrica (mhos/cm). En cambio para Potencial Hidrógeno (pH), se encontró diferencia significativa, y para Temperatura no hubo diferencia significativa.

Pero en las Pruebas de Amplitudes Significativas de "DUNCAN" para Nitratos (NO_3^-), para Profundidad (m), Conductividad Eléctrica (mhos/cm) y Potencial Hidrógeno (pH) se encontraron diferencias significativas y para Temperatura no hubo diferencia significativa.

7.2.1. Nitratos (NO_3^-)

Según el tratamiento 20 (Las Casuarinas) ocupó el primer lugar con resultados de 88.00 mg/l, seguido del tratamiento 07 (J. Torre Ugarte N° 1) con resultados de 52.50 mg/l, a continuación el tratamiento 8 (J. Torre Ugarte N° 2) con resultado de 40 mg/l, y el cuarto lugar se encontró el tratamiento 2 (Angostura Limón N° 2) con resultado de 18 mg/l, superando a los demás tratamientos en estudio. Quedando en décimo y últimos lugares los tratamientos: 5 (Huacachina), 11 (Picasso Peratta), 12 (Sede Central 1B), 13 (Sede Central 3A) y 19 (San Carlos), con resultados de 00 mg/l de nitratos respectivamente.

7.2.2. Profundidad (m)

Los tratamientos: 13 (Sede Central 3A), 12 (Sede Central 1B), 18 (Socorro Nuevo), 11 (Picasso Peratta), 20 (Las Casuarinas), 16 (San Joaquín N° 2) y 03 (Arenales), no tuvieron diferencias significativas,

ocupando el primer lugar y superando a los demás tratamientos con resultados de 96.0 m, 80.0 m, 80.0 m, 78.50 m, 75.0 m, 75.0 m, 75.0 m. de profundidad. En el tercer y últimos lugares se encontraron los tratamientos: 14 (San Isidro), 04 (Cachiche) y 05 (Huacachina) con resultados de 48.0 m, 39.0 m y 33.0 m. de profundidad.

7.2.3. Conductividad Eléctrica (mhos/cm)

El tratamiento 04 (Cachiche) ocupó el primer lugar con resultado de 1,220 mhos/cm, superando a todos los tratamiento en estudio. En el segundo lugar se encontraron los tratamientos: 19 (San Carlos), 20 (Las Casuarinas) y 11 (Picasso Peratta) con resultados de 1,010, 960 y 940 mhos/cm, respectivamente. En el séptimo y últimos lugares se encontraron los tratamientos: 13 (Sede Central 3A) y 02 (Angostura Limón N° 2) con resultados de 570 y 530 mhos/cm.

7.2.4. Potencial Hidrógeno (pH),

El tratamiento 12 (Sede Central 1B) con resultado de 7.58 ocupó el primer lugar, seguido de los tratamientos: 17 (Santa María), 07 (J. Torre Ugarte N° 1), 08 (J. Torre Ugarte N° 2) con resultados de 7.55, 7.54, 7.54 y 7.53 de pH respectivamente; y en el séptimo y últimos lugares se encontraron los tratamientos: 20 (Las Casuarinas) y 19 (San Carlos) con resultados de 7.35 y 7.34 de pH.

7.2.5. Temperatura (°C)

De acuerdo a la prueba de significación de "DUNCAN" no se encontraron diferencias significativas en los 20 tratamientos que oscilaron entre 24°C y 25°C respectivamente.

7.3. Discusión de resultados

1. En lo que respecta a la concentración de **Nitratos (NO_3^-)** como contaminante de aguas subterráneas, motivo de investigación del presente trabajo, podemos apreciar que los tratamientos: Huacachina (P_5), Picasso Peratta (P_{11}), Sede Central 1B (P_{12}), Sede Central 3A (P_{13}) y San Carlos (P_{19}), son las mejores fuentes de aguas subterráneas de consumo humano que tiene el distrito de Ica, es decir aguas exentas de nitratos (NO_3^-).

Sin embargo los tratamientos: **Las Casuarinas (P_{20})** y **José de la Torre Ugarte N° 1 (P_7)**, mostraron una contaminación ligera de nitratos (NO_3^-) con resultados de 88.00 mg/l y 52.50 mg/l de nitratos (NO_3^-) cuyos contenidos son de cuidado para la salud humana.

De los veinte puntos muestreados en la zona del distrito de Ica, podemos observar lo siguiente: en dos (2) fuentes de abastecimiento de agua subterránea, se obtuvieron concentraciones superiores a 50 mg/l de nitratos (NO_3^-), en trece (13) fuentes de abastecimiento, se encontraron concentraciones comprendidas entre 0.50 y 40 mg/l nitratos (NO_3^-); y en cinco (5) fuentes de abastecimiento no mostraron la presencia de nitratos (NO_3^-).

De acuerdo al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y el Límite Máximo Permisible (LMP), que son indicadores de calidad ambiental, podemos afirmar que las fuentes de abastecimiento de aguas subterránea del distrito de Ica, no representan riesgo significativo para la salud, el bienestar humano y del ambiente; toda vez que, los parámetros que se controlan actualmente para el caso de nitratos (NO_3^-) es de 50 mg/L.

Aquellas fuentes de abastecimiento de aguas subterráneas con nitratos (NO_3^-) por encima del Límite Máximo Permisible (LMP) como los tratamientos: **Las Casuarinas** (P₂₀) y **José de la Torre Ugarte N° 1** (P₇), pueden causar efectos nocivos para la salud de las personas

2. Con respecto a la **Profundidad**, las fuentes de abastecimiento de aguas subterráneas, tratamientos: **Sede Central 3A** (P₁₃), **Sede Central 1B** (P₁₂), **Socorro Nuevo** (P₁₈), **Picasso Peratta** (P₁₁), **Las Casuarinas** (P₂₀), **San Joaquín N° 2** (P₁₆) y **Arenales** (P₃), no tuvieron diferencias significativas, ocupando el primer lugar y superando a los demás tratamientos con resultados de 96.0 m, 80.0 m, 80.0 m, 78.50 m, 75.0 m, 75.0 m, 75.0 m. de profundidad. En el tercero y últimos lugares se encontraron los tratamientos: **San Isidro** (P₁₄), **Cachiche** (P₄) y **Huacachina** (P₅) con resultados de 48.0 m, 39.0 m y 33.0 m. de profundidad, respectivamente. Estas fuentes de abastecimiento como se observan son los menos profundos de la zona en estudio.

Por todo lo dicho, podemos afirmar que, esta característica no afirma una relación directa entre la profundidad y la concentración de nitratos (NO_3^-), que es el objetivo principal del presente trabajo.

3. Para la característica **Conductividad Eléctrica (mhos/cm)**, la fuente de abastecimiento **Cachiche** (P₄) ocupó el primer lugar con resultado de 1,220 mhos/cm. En el segundo lugar se encontraron los tratamientos: **San Carlos** (P₁₉), **Las Casuarinas** (P₂₀) y **Picasso Peratta** (P₁₁) con resultados de 1,010, 960 y 940 mhos/cm, respectivamente. En el séptimo y últimos lugares se encontraron los tratamientos: **Sede Central 3A** (P₁₃) y

Angostura Limón N° 2 (P₂), con resultados de 570 y 530 mhos/cm, respectivamente.

La Conductividad Eléctrica, es indicadora de la salinidad de las aguas. Este es un parámetro que depende del grado de concentración de sólidos totales disueltos (STD), así como la temperatura y de la capacidad conductora de los materiales disueltos; por tanto, podemos afirmar que los menores contenidos de sales de las fuentes de abastecimiento de agua subterránea de consumo humano, son los tratamientos: **Angostura Limón N° 2 (P₂)**, y **Sede Central 3A (P₁₃)** con 530 y 570 mhos/cm, respectivamente, seguido de **J. de la Torre Ugarte N° 1 (P₇)** y **J. de la Torre Ugarte N° 2 (P₈)**, con 590 y 595 mhos/cm. En cambio los que presentaron una mayor concentración de sales, pero que están dentro del Límite Máximo Permisible (1,500 mhos/cm), fueron los tratamientos: **San Carlos (P₁₉)** y **Cachiche (P₄)** con 1,010 y 1,220 mhos/cm respectivamente.

4. Para la característica **Potencial Hidrógeno (pH)**, el tratamiento, **Sede Central 1B (P₁₂)** ocupó el primer lugar con resultado de 7.58, seguido de los tratamientos: **Santa María (P₁₇)**, **J. Torre Ugarte N° 1 (P₇)**, y **J. Torre Ugarte N° 2 (P₈)** con resultados de 7.55, 7.54, 7.54 y 7.53 de pH respectivamente; y en el séptimo y últimos lugares los tratamientos: **Las Casuarinas (P₂₀)** y **San Carlos (P₁₉)** con resultados de 7.35 y 7.34 de pH respectivamente.

El valor de pH de una muestra de agua expresa su tendencia a aceptar o donar iones hidrógeno en un rango de cero (muy ácido) a catorce (muy básico). Generalmente, las aguas naturales a menudo son ligeramente básicas debido a la

presencia de sales de carbonatos y bicarbonatos o la presencia de elementos alcalinos y alcalinos térreos. Por tanto las fuentes de abastecimiento de agua subterránea del distrito de Ica presentaron un Potencial Hidrógeno (pH) dentro de un rango de 7.34 a 7.58, parámetro calificado de acuerdo al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y el Límite Máximo Permisible (LMP), cuyos valores se encuentran dentro de un rango de 6.5 – 8.5 de pH respectivamente.

De lo citado podemos decir que, las mejores fuentes de abastecimiento de agua subterránea recaen en **San Carlos** (P₁₉) y **Las Casuarinas** (P₂₀) con 7.34 y 7.35 de pH respectivamente, seguido de **San Joaquín N° 1** (P₁₅), **Divino Maestro** (P₆) y **San Isidro** (P₁₄) con 7.38, 7.38 y 7.39 de pH, respectivamente. Estas aguas de consumo humano son de buena calidad y cumplen los parámetros de Estándares de Calidad Ambiental.

5. Para la característica **Temperatura (°C)**, de acuerdo a la prueba de significación de "DUNCAN" no se encontraron diferencias significativas en los 20 tratamientos que oscilaron entre 24°C y 25°C respectivamente.

La temperatura es un parámetro característico de las aguas naturales y refleja las condiciones climáticas y ecológicas de las zonas de influencia de las fuentes de abastecimiento incrementando o disminuyendo la solubilidad, la concentración de oxígeno disuelto y la multiplicación de bacterias. Las aguas en estudio presentan 24 y 25°C de temperatura, datos que proporcionan información para determinar otros parámetros, como por ejemplo, la Conductividad Eléctrica (mhos/cm) y el pH de las aguas subterráneas.

VIII. CONCLUSIONES

1. En cuanto a grado de concentración de nitratos (NO_3^-) como contaminantes de las aguas subterráneas, podemos observar que los tratamientos: **Huacachina** (P_5), **Picasso Peratta** (P_{11}), **Sede Central 1B** (P_{12}), **Sede Central 3A** (P_{13}) y **San Carlos** (P_{19}), son las mejores fuentes de abastecimiento de agua subterránea de consumo humano que no mostraron la presencia de nitratos (NO_3^-). Sin embargo los tratamientos: **Las Casuarinas** (P_{20}) y **José de la Torre Ugarte N° 1** (P_7), mostraron una concentración de cuidado, con resultados de 88,00 mg/l y 52,50 mg/l de nitratos (NO_3^-) respectivamente, cuyos contenidos están por encima del Límite Máximo Permisible (LMP) de las aguas de consumo humano.
2. En cuanto a los niveles de concentración de nitratos (NO_3^-), se aprecia que dieciocho (18) fuentes de abastecimiento de agua subterránea tienen niveles bajos de concentración de nitratos (NO_3^-) (menores de 40 mg/l NO_3^-) y dos (02) fuentes se encuentran con niveles superiores al LMP (LMP es 50 mg/l NO_3^-), **Las Casuarinas** (P_{20}) con 88.00 mg/l de NO_3^- y **José de la Torre Ugarte N° 1** (P_7) con 52.50 mg/l de NO_3^- .
3. En cuanto a los parámetros de Conductividad Eléctrica (sales) y Potencial Hidrógeno (pH), que son indicadoras de la salinidad y de la acidez o alcalinidad de ellas, se aprecia que la concentración de ambos indicadores están dentro del Límite Máximo Permisible (LMP), lo cual determina que son aguas de buena calidad de acuerdo a estos parámetros.
4. En cuanto a la relación de profundidad de los pozos de abastecimiento de aguas subterráneas y concentración de nitratos (NO_3^-) no mostró una relación directa entre estos parámetros.

5. Con respecto a la temperatura, existió una marcada tendencia a mantener sus valores con poca variabilidad, oscilando éstos alrededor de 24°C y 25 °C, respectivamente.

IX. SUGERENCIAS

1. Realizar trabajos de investigación para identificar la procedencia (naturales o antropogénicos) de nitratos de las aguas subterráneas del distrito de Ica.
2. Realizar estudios de evaluación de la calidad de los recursos hídricos y el riesgo de contaminación por nitratos, como consecuencia del transporte y transformaciones químicas que pueden ocurrir en el acuífero del distrito de Ica.
3. Se sugiere para trabajos futuros de vulnerabilidad específica, considerar todos y cada uno de los factores humanos y ambientales relacionados con el contaminante a estudiar.
4. Promover campañas anuales de limpieza de tanques en escuelas, hospitales, centros de salud y domicilios particulares en las zonas urbanas del distrito de Ica.
5. Realizar investigaciones sobre eliminación de nitratos, utilizando las técnicas existentes como son la ósmosis inversa, la electrodiálisis, los procesos biológicos y más recientemente procesos catalíticos.

X. FUENTES DE INFORMACIÓN

Adiscott T.M., (1995). Modelling the fate of crop nutrients in the environment: problems of scale and complexity. Eur. J. Agron. 4:4, 413-417.

Agüero V.J. y Pujol M. R. (2002). Análisis de vulnerabilidad a la contaminación de una sección de los acuíferos del Valle Central de Costa Rica. Proyecto de Graduación. (En red).

ATSDR. (1991). Case Studies in Environmental Medicine N° 16: Nitrate/Nitrite Toxicity. US Dept, of Health & Human Services, Atlanta Georgia, USA.

Auge, M. (1997). Deterioro de Acuífero por sobreexplotación y contaminación. En: Congreso Internacional sobre Aguas, Conferencia Plenaria. Ed. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

Auge M. (2001). Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación con nitratos, presentado en ponencias del taller: Protección de acuíferos frente a la contaminación metodología. (En red). Disponible en: <http://tierra.rediris.es/hidrored/> (2002-05-9).

Bonilla, C., (1996). Simulación del Transporte de Nitrato en un Suelo Cultivado. Tesis de Magister en Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Cancino J, bonilla C, donoso G., (1997). Contaminación de los recursos hídricos en la zona central de chile, VI Jornadas del CONAPHI-CHILE, 1997.

CEDEX., (1992 a) Estudio de la contaminación de origen agrícola en las aguas subterráneas de zonas detríticas. Cuenca del Guadalquivir. Informe parcial N° 1. DGOH-MOPT.

CEDEX., (1992 b) Estudio de la contaminación de origen agrícola en las aguas subterráneas de zonas detríticas. Cuenca del Júcar. Informe parcial N° 3. DGOH-MOPT.

CEDEX (1993). Estudio de la contaminación de origen agrícola en las aguas subterráneas de zonas detríticas. Cuenca del Duero. Informe parcial N° 5. DGOH-MOPT.

Castro de Esperanza, María L. (1987). Curso Taller sobre Control de Calidad Analítica- Parámetros Físicos y Químicos que Influyen en la Calidad y el Tratamiento del Agua. CEPIS, Lima Perú.

Costa J.L., H Massone, E. Suero, M Vidal y F Bedmar., (2002). Nitrate contamination of a rural aquifer and accumulation in the unsaturated zone. Agricultural Water Management.

Chacón S. B y Chacón S. J., (1980). Contaminación por nitratos en aguas subterráneas de la Cuenca Superior del río Cañas, Guanacaste. Escuela de Química, Universidad de Costa Rica.

De Las Heras Ibáñez, J.; Castro Barrilero, E.; Mañas Ramírez, P; Sánchez Tébar, J.C., (2000). Contenido de nitratos de las aguas subterráneas de Albacete y su evolución en el tiempo. Universidad Castilla-La Mancha- Ayuntamiento de Albacete, España.

De Paz Becares, José Miguel* y Ramos Mompó, Carlos., (1998) "Evaluación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por nitrato con un acople sig – modelo de simulación de nitrógeno en suelos

agrícolas". Centro de Investigación de la Desertificación, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias

Davis, S.N y De Wiest, R.J.M. Hidrogeology. First Edition, Wiley. New York. 1966. 563 p.

Donoso, G., (1994). Regulación óptima de problemas de contaminación difusa. Cuadernos de Economía N° 92, PUC.

Embleton T.W., Pallares C., Jones W.W., Summers L., Matsumura M., (1981). Nitrogen fertilization management of vigorous lemons and nitrate pollution potencial of ground water. Proc Inc Soc Citriculture1, 15-19A.

Fontanetto, HM., (2004). ¿Por qué se pierde el nitrógeno en fertilizaciones superficiales? Boletín INTA Informa, Número 290, <http://www.inta.gov.ar/info/intainfo/ant/2004/290.htm>.

Freeze, R.A., Cherry, J.A., (1979). Groundwater. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, USA.

García, R.M., García, M.M. y Cañas, P.R., (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. pp. 19-27.

Galloway F., (2003). *BioScience*, Edición, abril de 2003.

Guevara Vera Antonio (1996). Control de calidad del agua. Métodos de Análisis para la Evaluación de la Calidad del Agua, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. Lima – Perú.

Guías para la calidad del agua potable, (2004). Organización Mundial de la Salud-OMS, Tercera Edición.

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

Hendry, J., (1988). The nitrate problem. *Water Well Journal*. Vol. 42, No. 8, pp. 4-5.

Holy, M. Water and the environment. First Edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 1971. 65 p.

Hurlburt, S., (1988). *Water Well Journal*. Vol. 42, No. 8, pp. 37-42.

International Glossary of Hydrology (1998). UNESCO-WHO Geneva nº. 12: 343 pp.

Linaje Alva Lite, L. Muñoz Guerra., (2004) Fertilización Eco-eficiente del Olivo y Disminución de la Contaminación por nitratos mediante inhibidores de la nitrificación.- Dpto. de Investigación y Desarrollo de COMPO Agricultura, España.

Linzmeir W., Gutser R., Schmidhater U., (2001). Nitrous oxide emission from soil and from a nitrogen-15-labelled fertilizer the new nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpirazole phosphate (DMPP). *Biol. Fertile. Soil* 34, 103-108

Nolan, B.T., (1999). Nitrate behavior in ground waters of the southeastern USA, Reston. *J. Environ. Qual.* 28: 1518-1527.

OMS, (2003): Nitrate and nitrite in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad

del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/56).

ONGLEY, E.D. (1997). Lucha Contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO riego y drenaje N° 55, Roma, Italia.

Organización Mundial de la Salud (OMS), Oficina Regional. (1996). Control de Calidad del Agua-Análisis de Normas de Control de Calidad de las Aguas, Lima Perú.

Ordoñez, R., Gonzales, P., Giráldes, J.V., (1997). Deterioro de la calidad nitrática de los acuíferos de una Cuenca Agrícola en el Valle de Guadalquivir. XV Congreso Nacional de Riegos. 25-27 de Junio de 1997. Lleida.

Pacheco Á. J. y Cabrera S. A., (2003). Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas, Revista Ingeniería, 2003 (47-54)

Pardón, M. (2009). La problemática de la calidad del agua: una perspectiva socio-técnica al control de la contaminación CEPIS/OPS.

Peña, H., (1993). Caracterización de la calidad de las aguas naturales y contaminación agrícola en Chile. En: Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. FAO, Santiago, Chile. 1988.

Piskin, R. Evolution of nitrates contents of ground wáter in Hall Country, Nebraska. Ground Water, 1973.

Ramos, C. y Kücke, M., (1999). Revisión crítica de los métodos de medida de la lixiviación de nitratos en suelos agrícolas. Estudios de la Zona Saturada del Suelo. Eds. Muñoz-Carpena, Ritter y Tascón. ICIA: Tenerife. 25-32.

Rimski-Korsakov H, Rubio G y Lavado RS., (2005). Potential nitrate losses under different agricultural practices in the Pampas Region, Argentina. *Agricultural Water Management* 65: 83-94.

Sanchis E. J., (1991). Estudio de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas de la provincia de Valencia. Origen, balance y evolución espacial y temporal. Tesis doctoral. Ed. Diputación Provincial de Valencia.

Sanchis E. J., (1993). La contaminación por nitratos de las aguas subterráneas. El caso de la comunidad valenciana. Jornadas sobre la contaminación por nitratos de las aguas continentales. Generalitat valenciana. Consellería de medio ambiente. Valencia.

Salas J, Alvarez R y Alvarez CR., (2002). Aporte de nitrógeno al maíz desde los pooles del suelo en la Pampa Ondulada bajo distintos sistemas de labranzas. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Puerto Madryn: 1999.

Sasson, A., (1993). La alimentación del hombre del mañana. UNESCO. Reverté S.A.

Smith. J.U., Bradbury N.J., Adiscot T.M., (1996). Sundial: A PC-based system for simulating nitrogen dynamics in arable land. *Agron. J.* 88: 38-43.

Varshney, P, U.Sunday Tim, y C.E. Anderson., (1992). Risk-Based Evaluation of Groundwater Contamination by Agricultural *Pesticides*. *Groundwater*. Vol 31, N° 3, pp 356-362.

Várela Sánchez, M., (1993). Calidad y contaminación de las aguas subterráneas. Jornadas sobre las aguas subterráneas. Real Academia de Ciencias. Madrid. Preprint.

Wild A., (1992). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Rusell. Ed. Mundi Prensa. 1045 pp

Zuluaga, J. et al. (2002). "Monitoreo de la calidad del agua de riego superficial y subterránea en el Cinturón Verde de Mendoza". Actas del Congreso Nacional del Agua 2002 Vol 1, pág.: 217-218 (ISBN:987-20378-0-9). Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina, agosto de 2002.

XI. ANEXOS

Cuadro N° 06

Análisis de Variancia (ANVA) de la Concentración de Nitratos-NO₃⁻ (mg/l)

F.V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	F.t		Signif.
					0.05	0.01	
Total	39	201.74	--	--	--	--	--
Tratamientos	19	201.16	10.587	365.07	2.13	3.00	**
Error Experim.	20	0.58	0.029	--	--	--	--

S= 0.17

Sx= 0.12

C.V. = 1.17%

XG = 14.55 mg/l

(**) Diferencia altamente significativa

Cuadro N 07

Prueba de Amplitudes Significativa de "DUNCAN"

CLAVE		TRATAMIENTOS	NITRATOS (mg/l)	DUNCAN (α 0.05)	O.M.
Nº	Literal				
20	P ₂₀	Las Casuarinas	88.00	a	1º
07	P ₇	J. Torre Ugarte N° 1	52.50	b	2º
08	P ₈	J. Torre Ugarte N° 2	40.00	c	3º
02	P ₂	Angostura Limón N° 2	18.00	d	4º
01	P ₁	ADICSA S. de Luren	15.00	e	5º
06	P ₆	Divino Maestro	13.50	e	5º
17	P ₁₇	Santa María	12.50	e	5º
15	P ₁₅	San Joaquín N° 1	12	f	6º
03	P ₃	Arenales	10.00	f	6º
16	P ₁₆	San Joaquín N° 2	9.50	g	7º
10	P ₁₀	Parque Industrial	8.00	g	7º
09	P ₉	Margen Izquierda	5.00	h	8º
14	P ₁₄	San Isidro	5.00	h	8º
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	1.50	i	9º
04	P ₄	Cachiche	0.50	i	9º
05	P ₅	Huacachina	0.00	j	10º
11	P ₁₁	Picasso Peratta	0.00	j	10º
12	P ₁₂	Sede Central 1B	0.00	j	10º
13	P ₁₃	Sede Central 3A	0.00	j	10º
19	P ₁₉	San Carlos	0.00	j	10º

Nota: Los tratamientos que presentan la misma letra, no son diferentes significativamente entre si.

TABULACION DE DATOS

Concentración de Nitratos

Clave		R ₁	R ₂	Total Tratam.	\bar{X}
Nº	Liter.				
01	P ₁	14,0	16,0	30	15,0
02	P ₂	16,0	20,0	36,0	18,0
03	P ₃	9,0	11,0	20,0	10,0
04	P ₄	0,4	0,6	1,0	0,5
05	P ₅	0,0	0,0	0,0	0,0
06	P ₆	13,0	14,0	27,0	13,5
07	P ₇	50,0	55,0	105,0	52,5
08	P ₈	39,0	41,0	80,0	40,0
09	P ₉	4,0	6,0	10,0	5,0
10	P ₁₀	7,0	9,0	16,0	8,0
11	P ₁₁	0,0	0,0	0,0	0,0
12	P ₁₂	0,0	0,0	0,0	0,0
13	P ₁₃	0,0	0,0	0,0	0,0
14	P ₁₄	4,0	6,0	10,0	5,0
15	P ₁₅	11,0	13,0	24,0	12,0
16	P ₁₆	9,0	10,0	19,0	9,5
17	P ₁₇	12,0	13,0	25,0	12,5
18	P ₁₈	1,2	1,8	3,0	1,5
19	P ₁₉	0,0	0,0	0,0	0,0
20	P ₂₀	87,0	89,0	176,0	88,0
Total Repet.	-	276,6	305,4	582,0	14,55

TRANSFORMACION DE DATOS

$$\sqrt{X+1}$$

R ₁	R ₂	Total Tratam.	\bar{X}
3.87	4.12	7.99	3.99
4.12	4.58	8.70	4.35
3.16	3.46	6.62	3.31
1.18	1.26	2.44	1.22
1.00	1.00	2.00	1.00
3.74	3.87	7.61	3.80
7.14	7.48	14.62	7.31
6.32	6.48	12.80	6.40
2.24	2.64	4.88	2.44
2.83	3.16	5.99	2.99
1.00	1.00	2.00	1.00
1.00	1.00	2.00	1.00
1.00	1.00	2.00	1.00
2.24	2.64	4.88	2.44
3.46	3.74	7.20	3.60
3.16	3.22	6.48	3.24
3.60	3.74	7.34	3.67
1.48	1.67	3.15	1.58
1.00	1.00	2.00	1.00
9.38	9.48	18.86	9.43
62.92	66.64	129.56	3.24

Cuadro N° 08

Análisis de Variancia (ANVA) de la Profundidad de los pozos (m)

F.V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	F.t		Signif.
					0.05	0.01	
Total	39	40.09	--	--	--	--	--
Tratamientos	19	33.85	1.781	5.71	2.13	3.00	**
Error Experim.	20	6.24	0.312	--	--	--	--

S= 0.56

Sx= 0.39

C.V. = 0.85%

XG = 65.94 m.

(**)Diferencia altamente significativa

Cuadro N 09

Prueba de Amplitudes Significativa de "DUNCAN"

CLAVE		TRATAMIENTOS	PROFUNDIDAD (M)	DUNCAN (∞ 0.05)	O.M.
Nº	Literal				
13	P ₁₃	Sede Central 3A	96,0	a	1º
12	P ₁₂	Sede Central 1B	80,0	a	1º
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	80,0	a	1º
11	P ₁₁	Picasso Peraita	78,5	a	1º
20	P ₂₀	Las Casuarinas	75,0	a	1º
16	P ₁₆	San Joaquín N° 2	75,0	a	1º
03	P ₃	Arenales	75,0	a	1º
15	P ₁₅	San Joaquín N ° 1	72,0	b	2º
10	P ₁₀	Parque Industrial	70,0	b	2º
08	P ₈	J. Torre Ugarte N° 2	68,8	b	2º
01	P ₁	ADICSA S. de Luren	68,0	b	2º
17	P ₁₇	Santa María	62,5	b	2º
02	P ₂	Angostura Limón N° 2	60,0	b	2º
06	P ₆	Divino Maestro	60,0	b	2º
07	P ₇	J. Torre Ugarte N° 1	60,0	b	2º
19	P ₁₉	San Carlos	60,0	b	2º
09	P ₉	Margen Izquierda	58,0	b	2º
14	P ₁₄	San Isidro	48,0	c	3º
04	P ₄	Cachiche	39,0	c	3º
05	P ₅	Huacachina	33,0	c	3º

Nota: Los tratamientos que presentan la misma letra, no son diferentes significativamente entre si.

TABULACION DE DATOS

Profundidad (m)

Clave		R ₁	R ₂	Total Tratam.	\bar{X}
Nº	Liter.				
01	P ₁	67,0	69,0	136,0	68,0
02	P ₂	59,0	61,0	120,0	60,0
03	P ₃	74,0	76,0	150,0	75,0
04	P ₄	38,0	40,0	78,0	39,0
05	P ₅	30,0	36,0	66,0	33,0
06	P ₆	59,0	61,0	120,0	60,0
07	P ₇	59,0	61,0	120,0	60,0
08	P ₈	68,0	69,6	137,6	68,8
09	P ₉	57,0	59,0	116,0	58,0
10	P ₁₀	69,0	71,0	140,0	70,0
11	P ₁₁	78,0	79,0	157,0	78,5
12	P ₁₂	79,0	81,0	160,0	80,0
13	P ₁₃	95,0	97,0	192,0	96,0
14	P ₁₄	47,0	49,0	96,0	48,0
15	P ₁₅	71,0	73,0	144,0	72,0
16	P ₁₆	74,0	76,0	150,0	75,0
17	P ₁₇	62,0	63,0	125,0	62,5
18	P ₁₈	79,0	81,0	160,0	80,0
19	P ₁₉	59,0	61,0	120,0	60,0
20	P ₂₀	74,0	76,0	150,0	75,0
Total Repet.				2637,6	65,94

TRANSFORMACION DE DATOS

$\sqrt{X+1}$

R ₁	R ₂	Total Tratam.	\bar{X}
8.25	8.37	16.62	8.31
7.74	7.87	15.61	7.80
8.66	8.77	17.43	8.71
6.24	6.40	12.64	6.32
5.56	6.08	11.64	5.82
7.74	7.87	15.61	7.80
7.74	7.87	15.61	7.80
8.30	8.40	16.70	8.35
7.61	7.74	15.35	7.67
8.36	8.48	16.84	8.42
8.89	8.94	17.83	8.91
8.94	9.05	17.99	8.99
9.79	9.89	19.68	9.84
6.93	7.07	14.00	7.00
8.48	8.60	17.08	8,54
8.66	8.77	17.43	8.71
7.94	8.00	15.94	7.97
8.94	9.05	17.99	8.99
7.75	7.87	15.62	7.81
8.66	8.77	17.43	8.71
161.18	163.86	325.04	8.13

Cuadro N° 10

Análisis de Variancia (ANVA) de la Conductividad Eléctrica (mhos/cm)

F.V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	F.t		Signif.
					0.05	0.01	
Total	39	346.69	—	—	—	—	—
Tratamientos	19	342.16	18.008	79.68	2.13	3.00	**
Error Experim.	20	4.53	0.226	—	—	—	—

S = 0.47

Sx = 0.33

C.V. = 1.72%

XG = 750.25

(**)Diferencia altamente significativa

Cuadro N 11

Prueba de Amplitudes Significativa de "DUNCAN"

CLAVE		TRATAMIENTOS	C.E. (umhos/cm)	DUNCAN (∞ 0.05)	O.M.
Nº	Literal				
04	P ₄	Cachiche	1,220	a	1º
19	P ₁₉	San Carlos	1,010	b	2º
20	P ₂₀	Las Casuarinas	960	b	2º
11	P ₁₁	Picasso Peratta	940	b	2º
05	P ₅	Huacachina	820	c	3º
15	P ₁₅	San Joaquín N° 1	810	c	3º
16	P ₁₆	San Joaquín N° 2	810	c	3º
06	P ₆	Divino Maestro	780	c	3º
03	P ₃	Arenales	720	d	4º
14	P ₁₄	San Isidro	720	d	4º
17	P ₁₇	Santa María	690	d	4º
12	P ₁₂	Sede Central 1B	690	d	4º
10	P ₁₀	Parque Industrial	680	d	4º
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	640	d	4º
01	P ₁	ADICSA S. de Luren	620	e	5º
09	P ₉	Margen Izquierda	610	e	5º
08	P ₈	J. Torre Ugarte N° 2	595	f	6º
07	P ₇	J. Torre Ugarte N° 1	590	f	6º
13	P ₁₃	Sede Central 3A	570	g	7º
02	P ₂	Angostura Limón N° 2	530	g	7º

Nota: Los tratamientos que presentan la misma letra, no son diferentes significativamente entre si.

TABULACION DE DATOS

Conductividad Eléctrica (mhos/cm)

TRANSFORMACION DE DATOS

$$\sqrt{X+1}$$

Clave		R ₁	R ₂	Total Tratam.	\bar{X}
Nº	Liter.				
01	P ₁	610	630	1240	620
02	P ₂	520	540	1060	530
03	P ₃	710	730	1440	720
04	P ₄	1215	1225	2440	1220
05	P ₅	810	830	1640	820
06	P ₆	770	790	1560	780
07	P ₇	580	600	1180	590
08	P ₈	590	600	1190	595
09	P ₉	600	620	1220	610
10	P ₁₀	670	690	1360	680
11	P ₁₁	930	950	1880	940
12	P ₁₂	680	700	1380	690
13	P ₁₃	560	580	1140	570
14	P ₁₄	710	730	1440	720
15	P ₁₅	800	820	1620	810
16	P ₁₆	800	820	1620	810
17	P ₁₇	680	700	1380	690
18	P ₁₈	630	650	1280	640
19	P ₁₉	1000	1020	2020	1010
20	P ₂₀	950	970	1920	960
Total Repet.				30,010	750.25

R ₁	R ₂	Total Tratam.	\bar{X}
27.71	25.12	52.83	26.41
22.82	23.26	46.08	23.04
26.66	27.04	53.70	26.85
34.87	35.01	69.88	34.94
28.48	28.83	57.31	28.65
27.76	28.12	55.88	27.94
24.10	24.51	48.61	24.30
24.31	24.51	48.82	24.41
24.51	24.92	49.43	24.71
25.90	26.29	52.19	26.09
30.51	30.84	61.35	30.67
26.09	26.47	52.56	26.28
23.68	24.10	47.78	23.89
26.66	27.04	53.70	26.85
28.30	28.65	56.95	28.47
28.30	28.65	56.95	28.47
26.09	26.48	52.57	26.28
25.12	25.51	50.63	25.31
31.64	31.95	63.59	31.79
30.84	31.66	62.00	31.00
544.35	548.46	1062.81	27.32

Cuadro N° 12

Análisis de Variancia (ANVA) del Potencial Hidrógeno – pH

F.V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	F.t oo		Signif.
					0.05	0.01	
Total	39	0.008	–	–	–	–	–
Tratamientos	19	0.006	0.0003	3.00	2.13	3.00	*
Error Experm.	20	0.002	0.0001	–	–	–	–

S = 0.01

Sx = 0.007

C.V. = 0.13%

XG = 7.45 pH

(*)Diferencia significativa

Cuadro N 13

Prueba de Amplitudes Significativa de "DUNCAN"

CLAVE		TRATAMIENTOS	pH	DUNCAN (α 0.05)	O.M.
N°	Literal				
12	P ₁₂	Sede Central 1B	7.58	a	1°
17	P ₁₇	Santa María	7.55	b	2°
07	P ₇	J. Torre Ugarte N° 1	7.54	b	2°
08	P ₈	J. Torre Ugarte N° 2	7.54	b	2°
11	P ₁₁	Picasso Peratta	7.53	b	2°
16	P ₁₆	San Joaquín N° 2	7.49	c	3°
01	P ₁	ADICSA S. de Luren	7.48	c	3°
09	P ₉	Margen Izquierda	7.48	c	3°
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	7.48	c	3°
03	P ₃	Arenales	7.46	d	4°
13	P ₁₃	Sede Central 3A	7.45	d	4°
10	P ₁₀	Parque Industrial	7.42	e	5°
02	P ₂	Angostura Limón N° 2	7.41	e	5°
04	P ₄	Cachiche	7.40	e	5°
05	P ₅	Huacachina	7.40	e	5°
14	P ₁₄	San Isidro	7.39	f	6°
06	P ₆	Divino Maestro	7.38	f	6°
15	P ₁₅	San Joaquín N° 1	7.38	f	6°
20	P ₂₀	Las Casuarinas	7.35	g	7°
19	P ₁₉	San Carlos	7.34	g	7°

Nota: Los tratamientos que presentan la misma letra, no son diferentes significativamente entre si.

TABULACION DE DATOS

Potencial Hidrógeno - pH

Clave		R ₁	R ₂	Total Tratam.	\bar{X}
Nº	Liter.				
01	P ₁	7.40	7.56	14.96	7.48
02	P ₂	7.32	7.50	14.82	7.44
03	P ₃	7.40	7.52	14.92	7.46
04	P ₄	7.32	7.48	14.80	7.40
05	P ₅	7.32	7.48	14.80	7.40
06	P ₆	7.32	7.44	14.76	7.38
07	P ₇	7.50	7.58	15.08	7.54
08	P ₈	7.50	7.58	15.08	7.54
09	P ₉	7.40	7.56	14.96	7.48
10	P ₁₀	7.40	7.44	14.84	7.42
11	P ₁₁	7.48	7.58	15.06	7.53
12	P ₁₂	7.50	7.66	15.16	7.58
13	P ₁₃	7.40	7.50	14.90	7.45
14	P ₁₄	7.32	7.46	14.78	7.39
15	P ₁₅	7.30	7.46	14.76	7.38
16	P ₁₆	7.42	7.56	14.98	7.49
17	P ₁₇	7.50	7.60	15.10	7.55
18	P ₁₈	7.40	7.56	14.96	7.48
19	P ₁₉	7.30	7.38	14.68	7.34
20	P ₂₀	7.30	7.40	14.70	7.35
Total Repet.				298.10	7.45

TRANSFORMACION DE DATOS

$$\sqrt{X+1}$$

R ₁	R ₂	Total Tratam.	\bar{X}
2.89	2.92	5.81	2.91
2.88	2.91	5.79	2.89
2.89	2.92	5.81	2.90
2.88	2.91	5.79	2.89
2.88	2.91	5.79	2.89
2.88	2.90	5.78	2.89
2.91	2.93	5.84	2.92
2.91	2.93	5.84	2.92
2.89	2.92	5.81	2.90
2.89	2.90	5.79	2.89
2.91	2.93	5.84	2.92
2.91	2.94	5.85	2.92
2.90	2.91	5.81	2.90
2.88	2.91	5.79	2.89
2.88	2.91	5.79	2.89
2.90	2.92	5.82	2.91
2.91	2.93	5.84	2.92
2.89	2.92	5.81	2.90
2.88	2.89	5.77	2.88
2.88	2.89	5.77	2.88
57.84	58.30	116.14	2.90

Cuadro N° 14

Análisis de Variancia (ANVA) de la Temperatura

F.V.	G.L.	S.C.	CM	Fc	F.t		Signif.
					0.05	0.01	
Total	39	1.696	—	—	—	—	—
Tratamientos	19	0.096	0.0051	0.17	2.13	3.00	NS
Error Experim.	20	0.600	0.0300	—	—	—	—

S= 0.17

Sx= 0.12

C.V. = 0.69%

XG = 24.5 °C

(NS)No significativa

Cuadro N 15

Prueba de Amplitudes Significativa de "DUNCAN"

CLAVE		TRATAMIENTOS	Temperatura (°C)	DUNCAN (∞ 0.05)	O.M.
Nº	Literal				
04	P ₄	Cachiche	25	a	1º
05	P ₅	Huacachina	25	a	1º
06	P ₆	Divino Maestro	25	a	1º
09	P ₉	Margen Izquierda	25	a	1º
10	P ₁₀	Parque Industrial	25	a	1º
12	P ₁₂	Sede Central 1B	25	a	1º
14	P ₁₄	San Isidro	25	a	1º
15	P ₁₅	San Joaquín N° 1	25	a	1º
17	P ₁₇	Santa María	25	a	1º
18	P ₁₈	Socorro Nuevo	25	a	1º
20	P ₂₀	Las Casuarinas	25	a	1º
01	P ₁	ADICSA S. de Luren	24	a	1º
02	P ₂	Angostura Limón N° 2	24	a	1º
03	P ₃	Arenales	24	a	1º
07	P ₇	J. Torre Ugarte N° 1	24	a	1º
08	P ₈	J. Torre Ugarte N° 2	24	a	1º
11	P ₁₁	Picasso Peratta	24	a	1º
13	P ₁₃	Sede Central 3A	24	a	1º
16	P ₁₆	San Joaquín N° 2	24	a	1º
19	P ₁₉	San Carlos	24	a	1º

Nota: Los tratamientos que presentan la misma letra, no son diferentes significativamente entre si.

TABULACION DE DATOS

Temperatura (°C)

Clave		R ₁	R ₂	Total Tratam.	\bar{X}
Nº	Liter.				
01	P ₁	22	26	48	24
02	P ₂	22	26	48	24
03	P ₃	22	26	48	24
04	P ₄	23	27	50	25
05	P ₅	23	27	50	25
06	P ₆	23	27	50	25
07	P ₇	22	26	48	24
08	P ₈	22	26	48	24
09	P ₉	23	27	50	25
10	P ₁₀	23	27	50	25
11	P ₁₁	22	26	48	24
12	P ₁₂	23	27	50	25
13	P ₁₃	22	26	48	24
14	P ₁₄	23	27	50	25
15	P ₁₅	23	27	50	25
16	P ₁₆	22	26	48	24
17	P ₁₇	23	27	50	25
18	P ₁₈	23	27	50	25
19	P ₁₉	22	26	48	24
20	P ₂₀	23	27	50	25
Total Repet.				982	24.5

TRANSFORMACION DE DATOS

$$\sqrt{X+1}$$

R ₁	R ₂	Total Tratam.	\bar{X}
4.79	5.19	9.98	4.99
4.79	5.19	9.98	4.99
4.79	5.19	9.98	4.99
4.89	5.29	10.18	5.09
4.89	5.29	10.18	5.09
4.89	5.29	10.18	5.09
4.79	5.19	9.98	4.99
4.79	5.19	9.98	4.99
4.89	5.29	10.18	5.09
4.89	5.29	10.18	5.09
4.79	5.19	9.98	4.99
4.89	5.29	10.18	5.09
4.89	5.29	10.18	5.09
4.79	5.19	9.98	4.99
4.89	5.29	10.18	5.09
4.89	5.29	10.18	5.09
4.79	5.19	9.98	4.99
4.89	5.29	10.18	5.09
96.90	104.90	201.80	5.04

**PARÁMETROS DE CALIDAD Y LÍMITES MÁXIMO PERMISIBLES
(DIGESA 2,005)**

**LIMITES MAXIMO PERMISIBLES (LMP) REFERENCIALES
DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA**

PARÁMETRO	LMP	Referencia
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	6,5 – 8,5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	1500	3
Color, UCV – Pt-Co	20	2
Cloruros, mg/L	250	2
Sulfatos, mg/L	250	2
Dureza, mg/L	500	3
Nitratos, mg NO ₃ -/L (*)	50	1
Hierro, mg/L	0,3	0,3 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Manganeso, mg/L	2,2	0,2 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Aluminio, mg/L	0,2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L (*)	0,1	(2)
Cadmio, mg/L (*)	0,003	(1)
Arsénico, mg/L (*)	0,1	(2)
Mercurio, mg/L (*)	0,001	(1)
Cromo, mg/L (*)	0,05	(1)
Flúor, mg/L	2	(2)
Selenio, mg/L	0,05	(2)

Notas:

- (1) Valores tomados provisionalmente de los valores guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud (1995)
- (2) Valores establecidos en la norma nacional "Reglamento de Requisitos Oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", aprobado por Resolución Suprema del 17 de Diciembre de 1946.
- (3) En el caso de los parámetros de conductividad y dureza, considerando que son parámetros que afectan solamente la calidad estética del agua, tomar como referencia los valores indicados, los que han sido propuestos para la actualización de la norma de calidad de agua para consumo humano especialmente para aguas subterráneas

**Reglamento de Calidad del Agua Para Consumo Humano
(DIGESA 2,005)**

TABLA N° 01

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS**

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1. E. Coli o Bacterias Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
2. Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por Tubos múltiples = < 3 /100 ml

TABLA N° 02

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6.5 a 8.0
6. Conductividad (25°C)	mmhos/cm	2,000
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1,000
8. Cloruros	mg Cl L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniaco	mg N L ⁻¹	1.5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0.3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0.5
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0.2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	1.0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3.0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

TABLA N° 03

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

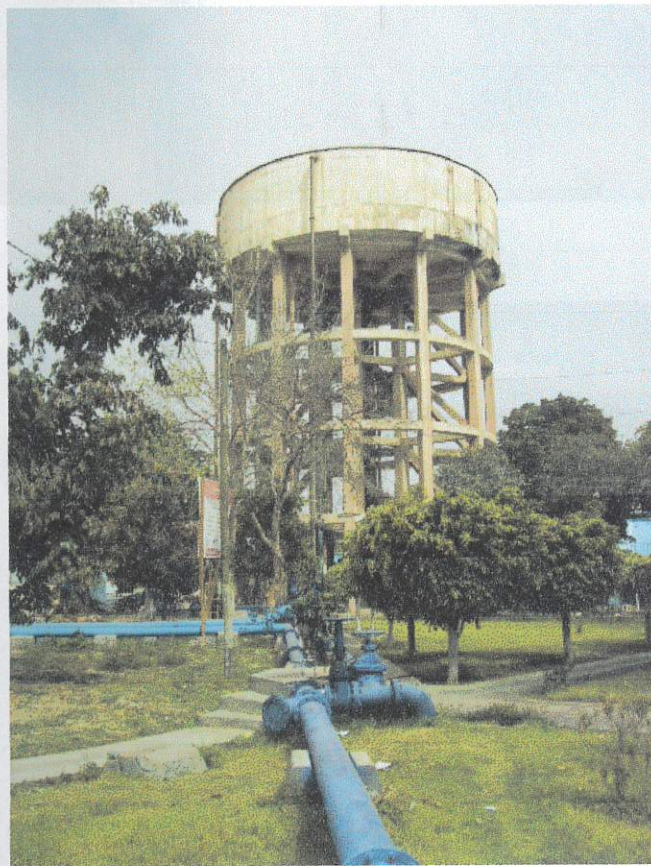
PARÁMETROS INORGANICOS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1 Antimonio	mg Sb L-1	0.005
2 Arsénico	mg As L-1	0.050
3 Bario	mg Ba L-1	0.700
4 Boro	mg B L-1	0.300
5 Cadmio	mg Cd L-1	0.003
6 Cianuros	mg CN L-1	0.100
7 Cromo total	mg Cr L-1	0.050
8 Flúor	mg F L-1	1.000
9 Mercurio	mg Hg L-1	0.001
10 Niquel	mg Ni L-1	0.020
11 Nitratos	mg NO ₃ L-1	50.00
12 Nitritos	mg NO ₂ L-1	3.00
13 Plomo	mg Pb L-1	0.010
14 Selenio	mg Se L-1	0.010

PARÁMETROS ORGANICOS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1. Trihalometanos totales	mgL-1	0.100
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL-1	0,01
3. Aceites y grasas	mgL-1	0,5
4. Alacoloro	mgL-1	0.020
5. Aldicarb	mgL-1	0.010
6. Aldrin y dieldrin	mgL-1	0.00003
7. Benceno	mgL-1	0.010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL-1	0.0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL-1	0.002
10. Endrin	mgL-1	0.0002
11. Gamma HCH (lindano)	mgL-1	0.002
12. Hexaclorobenceno	mgL-1	0.001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL-1	0.00003
14. Metoxicloro	mgL-1	0.020
15. Pentaclorofenol	mgL-1	0.009
16. 2,4-D	mgL-1	0.030

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua – ECA (2008) Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (aprobado el 30 de julio del 2008).

Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aplicados aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

**PRINCIPALES FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
SUBTERRANEA DEL DISTRITO DE ICA**



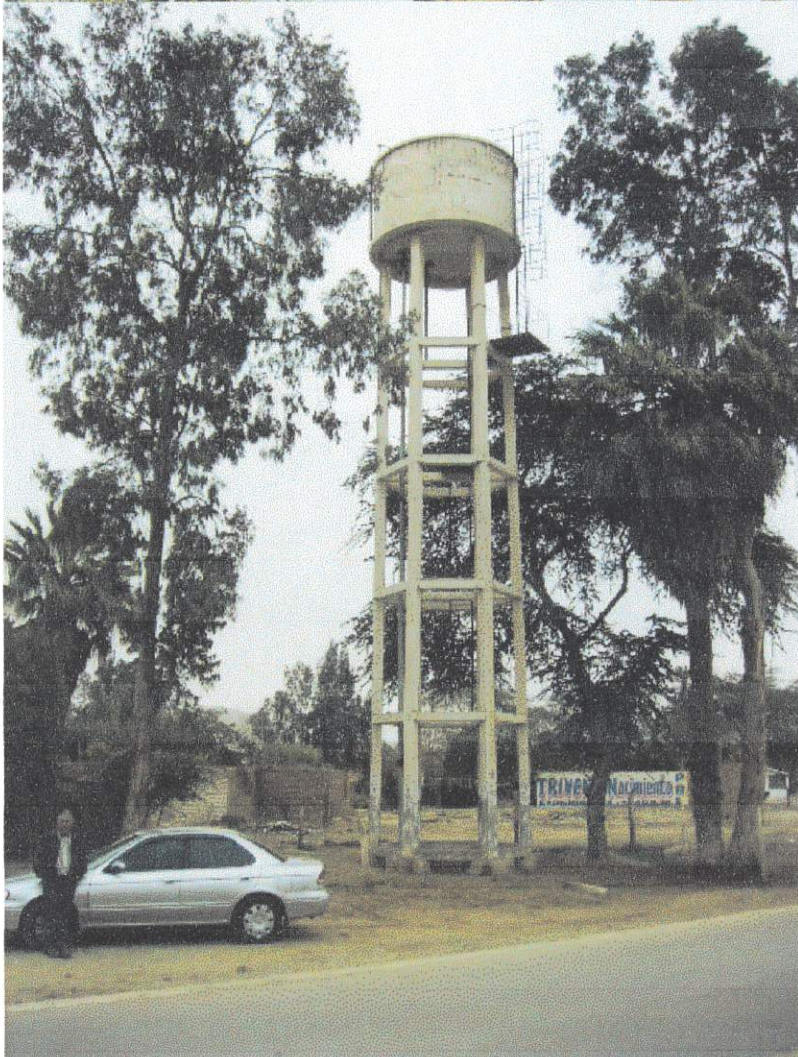
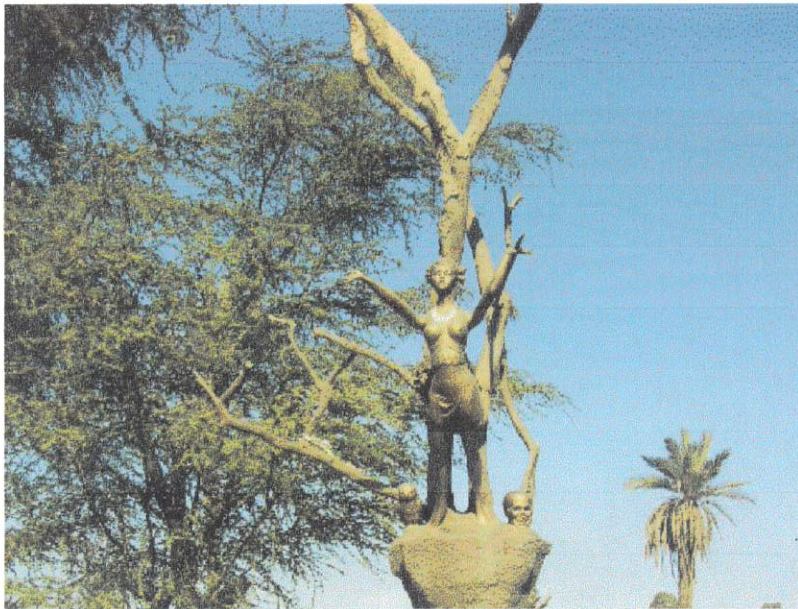
RESERVORIO DE LA SEDE CENTRAL



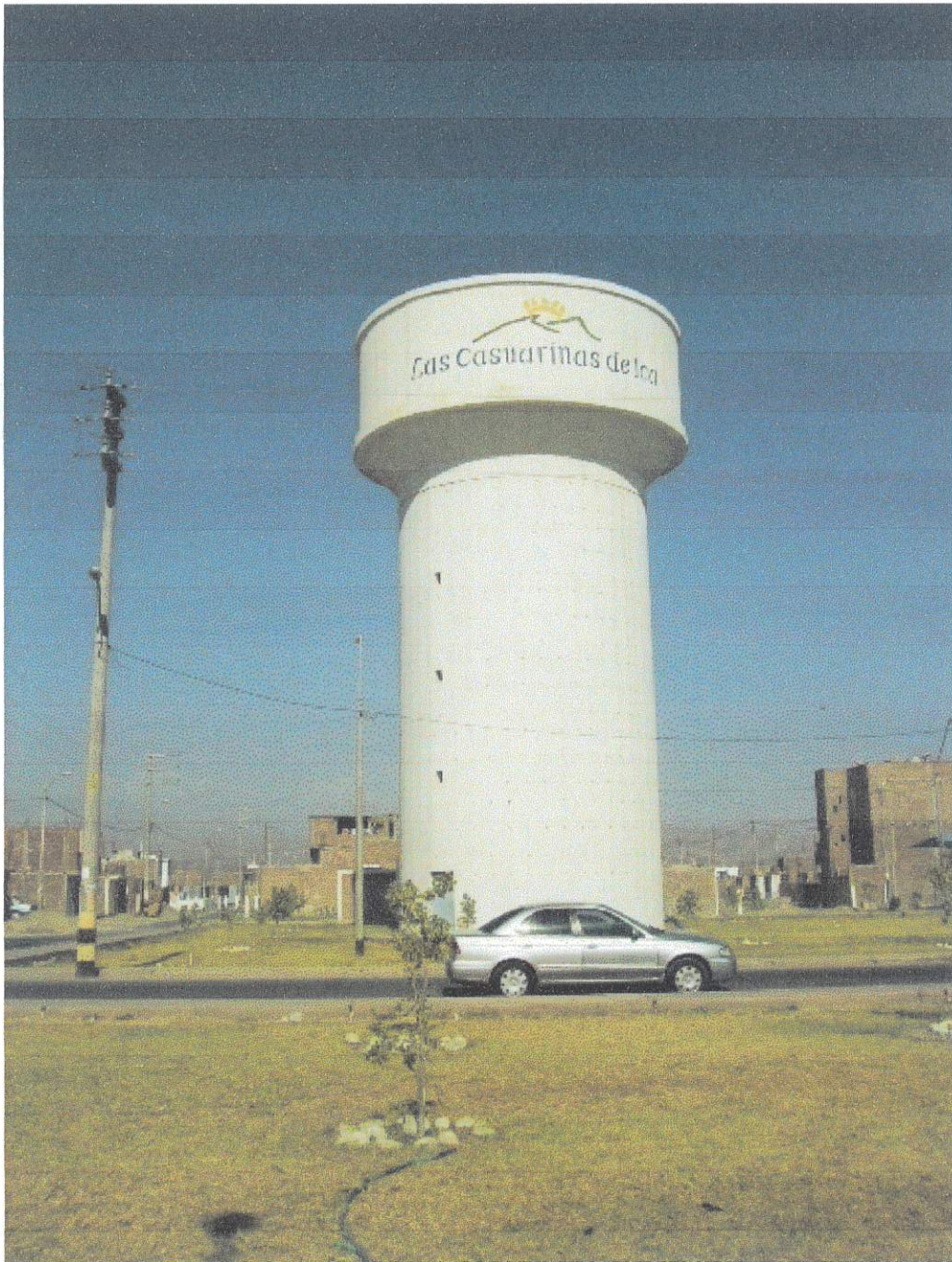
RESERVORIO PICASSO PERATTA



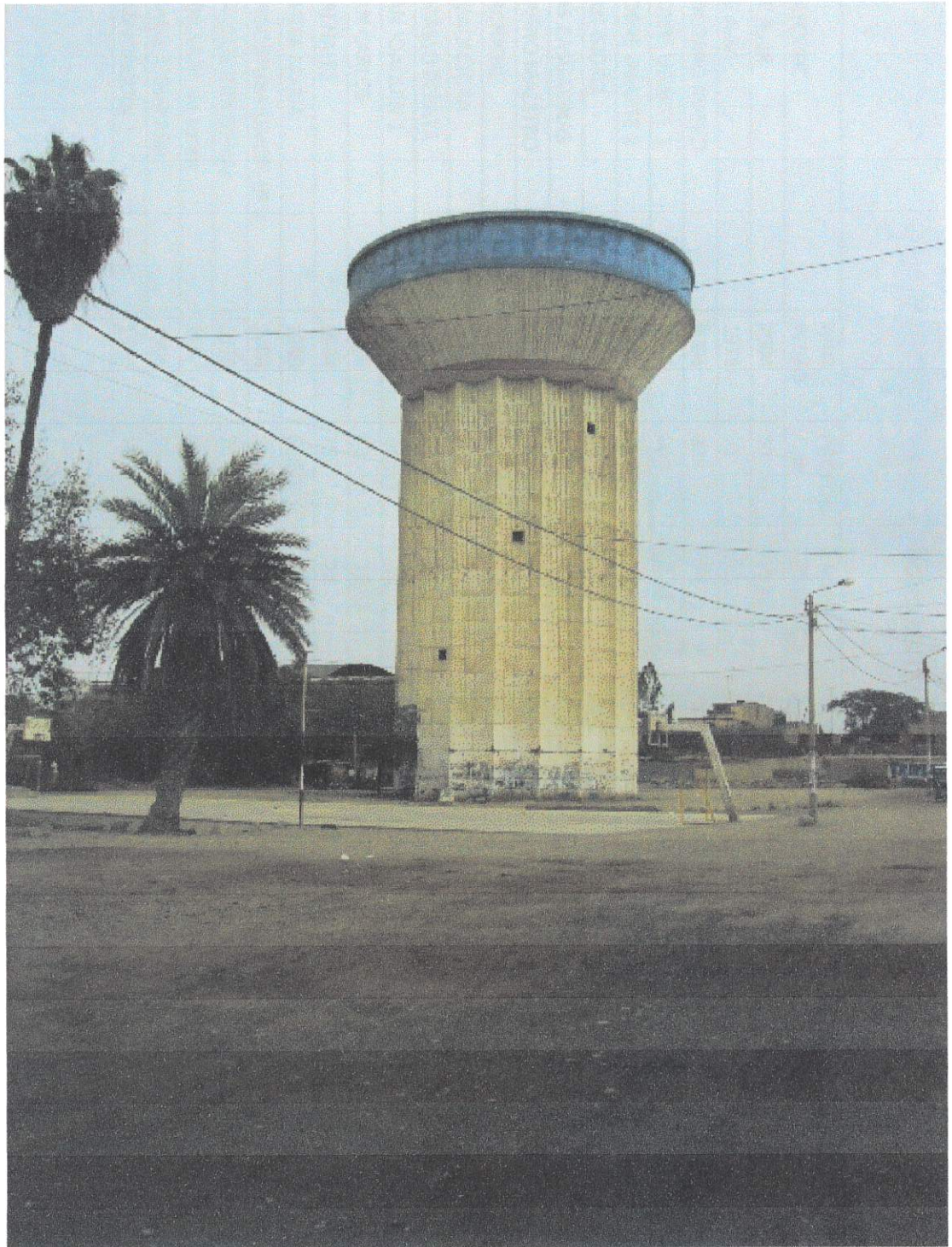
PICASSO PERATTA



CACHICHE



LAS CASUARINAS



JOSÉ DE LA TORRE UGARTE Nº 1

POZOS DEL CERCADO DE ICA

ITE	DESCRIPC	AÑO PERFO	PROFUN m	NIVEL ESTATICO	NIVEL DINAMICO	C.MAX EXPLOT	CAUDAL EXPLOT.	EQUIP	POT HP
1	RC A -1B	2004	80	21,65	28,4		40	EJE-E	70
2	RC A-3A	1978	96	23	53,2	80	50	EJE-E	100
3	SOCORRO NUEVO	2004	80	24	38,5	42	27	SUMERG	36
4	TORRE UGARTE 1	2000	60	22,5	37,3	80	60	EJE-E	75
5	TORRE UGARTE 2	1972	68,80	22	32	100	50	EJE-E	100
6	SAN ISIDRO	1963	48	19,1	26	60	33	SUMERG.	45
7	LAS CASUARINAS	2008	75	22	32	21	12	SUMERG.	40
8	DIVINO MAESTRO	1942	60	23	27,5	60	40	EJE-E	60
9	CACHICHE	1965	39	18	24,5	20	15	EJE-E	20
10	HUACACHINA	1979	33	14,2	18,4	20	12	EJE-E	20
11	PICASSO PERATA	1992	78,50	22	31	100	80	EJE-E	100
12	SAN JOAQUIN 1	1966	72	18	34	40	18	SUMERG.	40
13	SAN CARLOS	2006	60	19,65	31,8	30	14	EJE-E	75
14	ARENALES	1994	75	24	39,2	60	40	EJE-E	75
15	SANTA MARIA	1980	62,50	25,8	39,6	60	30	EJE-E	75
16	ANGOSTURA LIMON N° 2	2004	60	18,5	23	40	17	EJE-E	50
17	PARQUE INDUSTRIAL	1978	70	22,5	40	20	12	SUMERG.	46
18	ADICSA Sr. de Luren	1997	68	19	25,5	40	32	EJE-E	100
19	MARG. IZQUIERDA	1996	58	18,6	25	60	40	EJE-E	125
20	SAN JOAQUIN 2	1997	75	17,7	34,5	72	40	EJE-E	125

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS OPERATIVOS DE EPS EMAPICA S.A.

Nº	Pozo	Año de perforación	Profundidad (m)	Nivel Estático (m)	Nivel Dinámico (m)	Temperatura (°C)	C. E. (mhos/cm)	pH	NO ₃ ⁻ (mg/l)
01	ADICSA Sr. de Luren	1,997	68.00	25.60	31.10	24	620	7.48	15.00
02	Angost. Limón Nº 2	2,004	60.00	22.55	28.50	24	530	7.41	18.00
03	Arenales	1,994	75.00	30.00	40.40	24	720	7.46	10.00
04	Cachiche	1,965	39.00	20.80	25.75	25	1220	7.40	0.50
05	Huacachina	1,979	33.00	19.70	28.00	25	820	7.40	0.00
06	Divino Maestro	1,942	60.00	25.20	35.00	25	780	7.38	13.50
07	J. Torre Ugarte Nº 1	2,000	60.00	23.90	34.10	24	590	7.54	52.50
08	J. Torre Ugarte Nº 2	1,972	68.80	32.00	51.60	24	595	7.54	40.00
09	Margen Izquierda	1,996	58.00	24.30	31.15	25	610	7.48	5.00
10	Parque Industrial	1,978	70.00	25.60	37.30	25	680	7.42	8.00
11	Picasso Peratta	1,992	78.50	26.60	36.50	24	940	7.53	0.00
12	Sede Central 1B	2,004	80.00	23.50	31.40	25	690	7.58	0.00
13	Sede Central 3A	1,978	96.00	24.15	64.75	24	570	7.45	0.00
14	San Isidro	1,963	48.00	28.00	38.20	25	720	7.39	5.00
15	San Joaquín Nº 1	1,966	72.00	23.90	31.40	25	810	7.49	12.00
16	San Joaquín Nº 2	1,997	75.00	24.00	37.40	24	780	7.49	9.50
17	Santa María	1,980	62.50	25.80	37.50	25	690	7.55	12.50
18	Socorro Nuevo	2,004	80.00	29.60	36.80	25	640	7.48	1.50
19	San Carlos	2,006	60.00	22.00	26.00	24	1010	7.34	0.00
20	Las Casuarinas	2,008	75.00	26.45	27.70	25	960	7.35	88.00

ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Se cuenta con once reservorios que cumplen las funciones de reguladores de presiones en las redes de distribución de agua, de los cuales tres son apoyados y ocho son elevados, los que a continuación se detallan.

ITEM	DESCRIPCION	CAPACIDAD m3	TIPO	ESTADO
1	SAN JOAQUIN	1000	ELEVADO	BUENO
2	PICASSO PERATA	1500	ELEVADO	BUENO
3	SAN ISIDRO	350	ELEVADO	BUENO
4	HUACACHINA	375	APOYADO	BUENO
5	SR. DE LUREN	160	APOYADO	BUENO
6	SANTA ROSA	600	APOYADO	BUENO
7	ANGOSTURA	600	ELEVADO	BUENO
8	ANGOSTURA LIMON	350	ELEVADO	BUENO
9	CACHICHE	20	ELEVADO	BUENO
10	TORRE UGARTE	1500	ELEVADO	REGULAR
11	RESERV. CENTRAL	1200	ELEVADO	REGULAR



Área de Control de Calidad

MEMORANDO N°003-2010- ACC- GT-EPS- EMAPICA S.A.

ICA, 06 de Setiembre del 2010

A : OPERADORES DE POZOS

ASUNTO : TOMA DE MUESTRA DE AGUA

REFERENCIA : REG 2894 (CARTA DE SOLICITUD DE FECHA 02/09/10.)

=====

Por medio de la presente me dirijo a ustedes de acuerdo al documento de la referencia.

Brinden las facilidades del caso al Ing° Mag. Edwin Guillermo Auriel Melgar para una toma de muestra de agua, dado que esta realizando un trabajo de investigación concerniente a la calidad de agua subterráneas; con fines de obtener su doctorado en Gestión Ambiental.

Atentamente

EPS EMAPICA S.A.

Ing. ESCOBAR APARECANA VERA
Área de Control de Calidad

C.C. Gt.
Archivo.

RELACION DE POZOS OPERATIVOS
ADMINISTRADOS POR LA EPS EMPICA S.A.

RC-1B (SEDE CENTRAL)
RC 3' (SEDE CENTRAL)
SOCORRO NUEVO
JOSE DE LA TORRE UGARTE N°1
JOSE DE LA TORRE UGARTE N°2
PICASSO PERATTA
SANTA MARIA
DIVINO MAESTRO
SAN ISIDRO
CACHICHE
HUACACHINA
PARQUE INDUSTRIAL
ANGOSTURA LIMON N°2
ARENALES
ADICSA SR. DE LUREN
SAN JOAQUIN N°1 (POZO ANTIGUO)
SAN JOAQUIN N°2 (POZO MARIA EGUREN)
MARGEN DEL RIO ICA
SAN CARLOS (POZO NUEVO)
LAS CASUARINAS





UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUIMICAS
ICA

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" de Ica
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
INFORME N° 0050 de Setiembre del 2010 Análisis Físico Químico de Aguas

I: DATOS
Solicitante : Ing. Edwin Auris Melgar
Para Obras : Tesis de Doctorado Determinación de Nitratos en Agua de consumo Humano
Tipo de Muestra : Agua Subterránea
Localidad: Cercado Ica **Distrito** Ica **Departamento** Ica
Provincia Ica
Nombre de la Fuente : Pozo de la Toma
Fecha de Muestreo : 15.09.10 Hora 08.a.m.m.
Fecha de análisis : 15.09.10
Punto : Pozo

II: RESULTADO DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

Determinación de Nitratos de las aguas subterráneas de consumo humano del Cercado de Ica.

Método Espectrofotométrico a una absorbancia 220 nm - 275 nm.

1. Sede Central 3A	14,00 p.p.m.	11. ADICSA Sr. de Lauren	15,00 p.p.m.
2. Cachiche	0,50 p.p.m.	12. Arenales	10,00 p.p.m.
3. Angostura	18,00 p.p.m.	13. Divino Maestro	13,50 p.p.m.
4. J.T. Ugarte 1	40,00 p.p.m.	14. Margen Izquierda	5,00 p.p.m.
5. J.T. Ugarte 2	52,50 p.p.m.	15. Parque Industrial	8,00 p.p.m.
6. Sede Central IB	0,00 p.p.m.	16. San Isidro	5,00 p.p.m.
7. Picasso Peratía	0,00 p.p.m.	17. San Joaquín N° 1	12,00 p.p.m.
8. San Carlos	0,00 p.p.m.	18. San Joaquín N° 2	9,50 p.p.m.
9. Huacachina	0,00 p.p.m.	19. Santa María	12,50 p.p.m.
10. Las Casuarinas	88,00 p.p.m.	20. Socorro Nuevo	1,50 p.p.m.

Comunidad Nacional "Zorros Benzoys" de la
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura
 Departamento de Ciencias Químicas

C. F. 4883 Y 406010 MINGOIA
 Como control de calidad de Agua y Suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE SUELOS
**Laboratorio de Análisis de Suelos Agua y
Planta**



RESULTADO DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

Determinación de la Conductividad Eléctrica (mhos/cm), pH y Temperatura de las aguas subterráneas de consumo humano del Cercado de Ica.

Métodos utilizados: Conductímetro, Potenciometría y Termómetro.

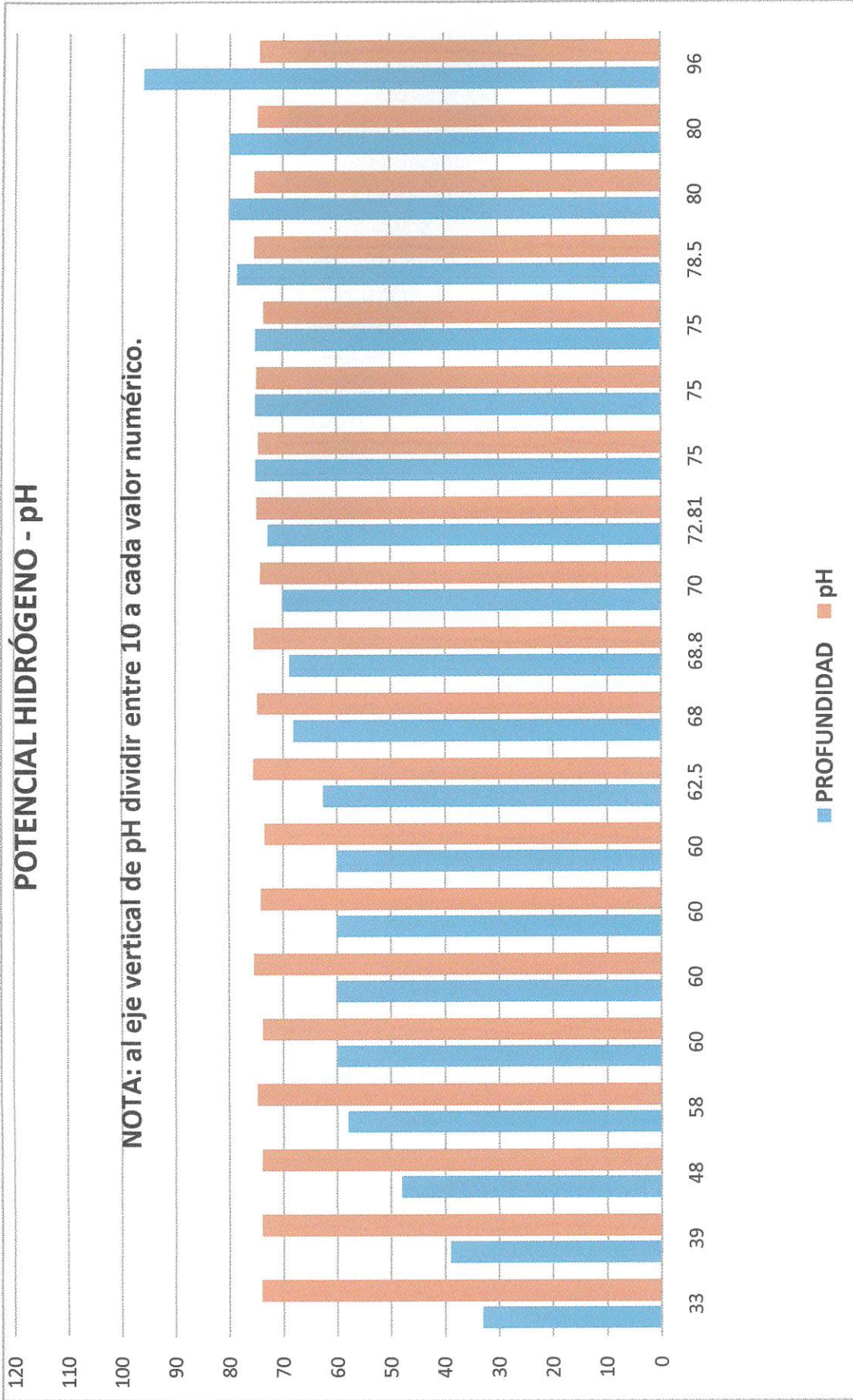
Fecha: 15 de Setiembre del 2010.

Pozos	C.E (mhos/cm)	pH	T (°C)
1. Sede Central 3A	570	7.45	24
2. Cachiche	1,220	7.40	25
3. Angostura Limón N° 2	530	7.41	24
4. J. Torre Ugarte 1	590	7.54	24
5. J. Torre Ugarte 2	595	7.54	24
6. Sede Central 1B	690	7.58	25
7. Picasso Peratta	940	7.53	24
8. San Carlos	1,010	7.34	24
9. Huacachina	820	7.40	25
10. Las Casuarinas	960	7.35	25
11. ADICSA Sr. de Luren	620	7.48	24
12. Arenales	720	7.46	24
13. Divino Maestro	780	7.38	25
14. Margen Izquierda	610	7.48	25
15. Parque Industrial	680	7.42	25
16. San Isidro	720	7.39	25
17. San Joaquin N° 1	810	7.38	25
18. San Joaquin N° 2	810	7.49	24
19. Santa María	690	7.55	25
20. Socorro Nuevo	640	7.48	25

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS AGUA Y PLANTA
[Firma]
ING. FRANCISCO BALLEA
LABORANTE EN SUELOS

POTENCIAL HIDRÓGENO - pH

NOTA: al eje vertical de pH dividir entre 10 a cada valor numérico.



TEMPERATURA (°C)

