

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



**APLICACIÓN DEL SIG EN LA CARACTERIZACIÓN Y
DETERMINACIÓN DE LA CAUSA DE CONTAMINACIÓN
DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL CENTRO POBLADO
CASTILLO GRANDE**

TESIS

**Para optar al grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS**

HENRY DANTE SÁNCHEZ DÍAZ

TINGO MARÍA - PERÚ

2009

T01

S21

Sánchez Díaz, Henry D.

Aplicación del SIG en la Caracterización y Determinación de la Causa de Contaminación del Agua Subterránea en el Centro Poblado Castillo Grande. Tingo María, 2009

99 h.; 20 cuadros; 12 fgrs.; 64 ref.; 30 cm.

Tesis (Maestro en Agroecología Mención: Gestión Ambiental) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Escuela de Posgrado.

APLICACIÓN - SIG / CONTAMINACIÓN / AGUAS SUBTERRANEAS /
MORBILIDAD POBLACIONAL / METODOLOGÍA / PERMEABILIDAD /
TINGO MARÍA / RUPARUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
ESCUELA DE POSGRADO

Av. Universitaria Km1.5 S/N Telefax (062) 561070 Email: epgunas@hotmail.com

“Año de la unión nacional frente a la crisis externa”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad universitaria, siendo las 6.00 p.m. del día martes veintisiete del mes de octubre de 2009, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNAS, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:


**APLICACIÓN DEL SIG EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA CAUSA DE
CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUTERRÁNEA EN EL CENTRO POBLADO
MAYOR CASTILLO GRANDE**


A cargo del candidato al Grado de Maestro en Agroecología con mención en Gestión Ambiental, Ingeniero Agrícola **HENRY DANTE SANCHEZ DIAZ**. Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el jurado procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**.

Acto seguido, a horas **8.50 p.m.**, el Presidente dio por levantado el acto, procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros integrantes del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.


M.Sc. José Wilfredo Zavala Solórzano
Presidente del Jurado


M.Sc. Edilberto Chuquillín Bustamante
Miembro del Jurado


M.Sc. José Blas Matienzo
Miembro del Jurado


M. Sc. Luis Vivar Luque
Miembro del Jurado

DEDICATORIA

A DIOS, por darme la existencia e iluminarme en todos los momentos difíciles de mi vida y darme las fuerzas necesarias para superarme profesionalmente y permitirme con sabiduría revocar mis conocimientos a la sociedad.

A mis queridos padres

Armando y Basilia QPD y DDG, por brindarme todo su apoyo moral para mejorar cada día con valores y formación Espiritual.

A mis hermanos

Erland, Sonia y Vitalia a quienes quiero mucho y brindaron sus apoyos desinteresados.

A mis hijos y esposa

Henry, Yuri y Elda por brindarme su amor y compañía en todo momento. Mis hijos es la razón de mí existir.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, por acogerme entre sus aulas para llenarme de conocimientos.

Al Blgo. M.Sc. Luis Vivar Luque asesor de mi tesis, por brindarme un poco de su tiempo y disponibilidad en todo momento durante el desarrollo del proyecto.

Al Ing. M.Sc. Carlos Huatuco Barzola, por su contribución desinteresada en el desarrollo del trabajo de investigación.

A los docentes Ing. M.Sc. José Blas Matienzo, Blgo. M.Sc. Edilberto Chuquilín Bustamante e Ing. M.Sc. Wilfredo Zavala Solórzano miembros del jurado, por sus consejos en mejoras del desarrollo de mi tesis.

A la Municipalidad de Castillo Grande, al Ministerio de Salud Leoncio Prado y amigos que de alguna u otra manera pusieron un granito de arena en el presente trabajo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN LITERARIA.....	3
2.1. Aguas subterráneas.....	3
2.1.1. Aguas naturales.....	3
2.1.2. Formación de acuíferos.....	3
2.1.3. Importancia de la explotación de las aguas naturales del Perú.....	4
2.2. Propiedades físicas de los suelos y de las aguas subterráneas...	4
2.2.1. Fisiografía.....	4
2.2.2. La infiltración.....	5
2.2.3. Permeabilidad textural de un suelo.....	7
2.2.4. Tipo de suelo.....	8
2.2.5. Topografía.....	9
2.2.6. Otras características del agua.....	9
2.3. Propiedades químicas del agua.....	11
2.3.1. pH del agua para consumo humano.....	11
2.3.2. Dureza total del agua.....	12
2.3.3. Nitratos.....	14
2.3.4. Cloruros.....	14
2.3.5. Oxígeno disuelto.....	16
2.3.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅).....	16
2.3.7. Demanda química de oxígeno.....	17

2.3.8. Fosfatos.....	18
2.3.9. Sulfatos.....	18
2.3.10. Sólidos suspendidos totales SST o TDS.....	19
2.4. Propiedades microbiológicas de las aguas subterráneas.....	20
2.5. Presencia de microorganismos.....	21
2.5.1. Coliformes totales, fecales y <i>Escherichia-coli</i>	21
2.5.2. El moho en las aguas.....	23
2.6. Riesgos del agua bebida no potabilizada.....	24
2.7. Eliminación de excretas en medios urbanos y semiurbanos.....	25
2.8. Contaminación de las fuentes de abastecimiento según su grado de contaminación.....	26
2.8.1. Contaminación del agua subterráneas.....	26
2.8.2. Grado de contaminación de las aguas.....	28
2.9. Contaminación urbana.....	29
2.10. Protección sanitaria de un pozo con aguas subterráneas.....	30
2.11. Enfermedades transmitidas por el agua.....	30
2.12. Tratamiento de aguas de consumo doméstico.....	32
2.13. Componentes de un SIG.....	33
2.13.1. Importancia de un SIG.....	34
2.13.2. Metodologías de la aplicación de un SIG en la caracterización de las aguas subterráneas.....	34
2.14. Estado del saneamiento ambiental del C.P. Castillo Grande.....	37
2.15. Inventario de los pozos.....	39

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.1. Ubicación política del C. P. Castillo Grande.....	40
3.1.1. Ubicación geográfica.....	43
3.1.2. Límites.....	43
3.1.3. Extensión.....	44
3.1.4. Altitud.....	44
3.1.5. Factores climáticos.....	44
3.1.6. Fisiografía y Zonas de Vida.....	45
3.1.7. Aspectos Socioeconómicos.....	45
3.2. Materiales.....	46
3.2.1. Herramientas y equipos.....	46
3.2.2. Unidades.....	47
3.2.3. Softwares.....	47
3.3. Metodología.....	47
3.4. Las observaciones a registrar.....	48
3.5. Ubicación de los pozos.....	50
3.6. Metodología en la aplicación del SIG en la caracterización de las aguas subterráneas.....	51
3.6.1. Captura.....	51
3.6.2. Almacenamiento.....	51
3.6.3. Procesamiento.....	51
3.6.4. Análisis.....	52
3.6.5. Presentación y difusión.....	52

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1. Características de los pozos registrados.....	53
4.2. Elaboración del plano del C.P. Castillo Grande por sectores.....	57
4.3. Resultados de los indicadores físicos de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande.....	60
4.4. De los indicadores químicos de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande.....	63
4.5. Del análisis de las variables de los agentes contaminantes químicos.....	66
4.6. Del análisis microbiológico de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande.....	69
4.7. Análisis del proceso de salud del poblador de Castillo Grande...	71
4.8. Riesgos del agua de consumo doméstico en el C.P. Castillo Grande	76
4.9. Aplicación del SIG.....	79
4.10. Estado de Saneamiento Ambiental del C.P. Castillo Grande.....	80
4.11. Causas de contaminación de los pozos en el C.P. Castillo Grande.....	81
V. CONCLUSIONES.....	82
VI. RECOMENDACIONES.....	85
VII. ABSTRACT.....	87
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	89
IX. ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Parámetros de velocidad de infiltración.....	6
2.	Permeabilidad media para diferentes texturas de suelo.....	8
3.	Tipos de aguas en función al tipo de olor	10
4.	Tolerancia de las bacterias del suelo al pH.....	11
5.	Interpretación de la dureza del agua.....	13
6.	Parámetro indicativo de DBO ₅	17
7.	Tratamientos recomendados según nivel de contaminación fecal.....	22
8.	Fuentes y contaminantes orgánicos en las aguas.....	29
9.	Dificultad en el tratamiento de aguas de consumo.....	32
10.	Servicios básicos del C.P. Castillo Grande según números de viviendas.....	38
11.	Establecimientos y servicios que influyen en la salud del C.P. Castillo Grande.....	38
12.	Hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI) por tipo de indicador C.P. Castillo Grande.....	46
13.	Métodos e instrumental utilizados para el análisis de las variables e indicadores.....	49
14.	Coordenadas UTM de los pozos muestreados.	50
15.	Características de los pozos muestreados.....	54

16.	Sectores de pozos muestreados para los análisis.....	55
17.	Resultados de los indicadores físicos de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande.....	61
18.	Indicadores químicos de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande.....	64
19.	Análisis de variables químicos de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande.....	67
20.	Resultados de los análisis microbiológicos del agua subterránea del C.P. Castillo Grande.....	70

INDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Perfil de zonas de humedad en el proceso de infiltración.....	5
2. Curvas de infiltración según la textura del suelo.....	6
3. Catastro urbano del C.P. Castillo Grande.....	41
4. Plano de ubicación del C.P. Castillo Grande.....	42
5. Plano de sectorización del C.P. Castillo Grande.....	56
6. Plano de ubicación de los pozos muestreados en el C.P. Castillo Grande.....	58
7. Mapa de pendientes del C.P. Castillo Grande.....	59
8. Morbilidad general por grupo etareo y sexo en el C.P. Castillo Grande.....	72
9. Atendidos por enfermedades transmisibles en el C.P. Castillo Grande.....	73
10. Primeras causas de morbilidad en niños.....	74
11. Causas de morbilidad en la adolescencia.....	75
12. Mapa de contaminación de las aguas subterráneas en el C.P. Castillo Grande.....	78

RESUMEN

El Centro Poblado Castillo Grande, se ubica en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento Huánuco, cuenta con aproximadamente 11,000 habitantes en 300 ha, para sus necesidades básicas hacen uso de las aguas subterráneas sin un estudio de salubridad. En el lugar el 35% de sus viviendas son inadecuadas, el 81,1% con hacinamiento, el 96,5% sin desagüe, el 43,5% de niños sin educación.

La investigación tiene cuatro etapas: evaluaciones preliminares, campo, laboratorio y reporte de resultados. Al mismo tiempo se han realizado diversos análisis: físicos, químicos y microbiológicos según métodos como el APHA, AWWA, WPCF. etc. y los estándares de la OMS (1995) y el MINAM (2008).

El revestimiento de los pozos es de concreto, sin tapa y poco profundos, dentro de los resultados en primer lugar tenemos los físicos: con buena infiltración y buena permeabilidad propia de los suelos francos y arenosos, topográficamente el terreno es plano. En segundo lugar los factores químicos: con aguas duras (299,26 mg/l), el DBO₅ (7,7 mg/l) y el DQO (19 mg/l) elevados para tratamientos de desinfección simple hasta tratamientos avanzados. Sin contaminación por cloruros y sulfatos, pero existe contaminación por nitratos y STS por su concentración de 50 mg/l y 379 mg/l respectivamente. En el análisis microbiológico, la contaminación por coliformes

es general, con valores de 3 a 200 NMP/100ml. Esto se corrobora con los análisis del proceso de salud del poblador de Castillo Grande (Red de Salud Leoncio Prado) aquejando principalmente las infecciones respiratorias y las EDAS (Enfermedades Diarreicas Agudas).

Toda la información se ha recopilado en una base de datos mediante un software SIG y como resultado se obtuvo un Mapa de Contaminación a tres niveles: Contaminación Baja (56.09%), media (43.44%) y alta (0.47%).

Las causas principales de contaminación son: el nivel freático alto, presencia de letrinas cercanas y por encima de los pozos de abastecimiento de agua potable, inundaciones constantes y también la presencia del asfaltado en la Av. José Carlos Mariátegui; la crianza de animales en los alrededores de los pozos de abastecimiento como pjaras y galpones, falta de alcantarillado y presencia de agentes externos (peces, residuos inorgánicos).

Dadas todas las condiciones naturales (medio) y la forma de vida del poblador de Castillo Grande contribuyen al deterioro ambiental; por lo tanto podemos decir que las aguas del C.P. Castillo Grande están contaminadas y no son recomendadas como potable.

I. INTRODUCCIÓN

Las fuentes naturales de agua que disponemos son: el agua de lluvia, ríos, lagos, mares y aguas subterráneas, que se encuentra en muchas rocas y piedras durísimas y también en la atmósfera en forma de nubes o nieblas.

El agua es un bien ampliamente utilizado para distintos usos, así pues dependerá de su calidad según el fin al que pueda ser destinada. Es aquí la necesidad de regular con nuevas directivas aquellos Límites máximos permisibles (LMPs) que se han de cumplir en las aguas (sedimentos y biota) en función del uso que se le de, al mismo tiempo, incorporarlo a nuestro ordenamiento jurídico en materia de medioambiente y concretamente la relativa a calidad de aguas. Su peligrosidad viene determinada por su dispersión y distribución en los ecosistemas, dando lugar a la contaminación de distintos medios: agua, sedimentos, alimentos y como consecuencia al hombre.

Castillo Grande es un Centro Poblado, jurisdicción del distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, cuenta con aproximadamente 10,000 habitantes y con tendencia a crecer demográfica y físicamente, la gran mayoría de las viviendas no cuenta con agua potable (90%). Siendo el agua un líquido

elemento y de imprescindible importancia para el consumo doméstico, no se puede concebir que una ciudad con esta cantidad de habitantes y en una época de sorprendentes avances tecnológicos no cuente con este servicio y consuma agua sin tratamiento con niveles prohibidos de microorganismos como bacterias, coliformes, algas, etc. (EPA, 2008; MINAM, 2008).

El agua obtenida en los acuíferos subterráneos, es de vital importancia para el consumo humano y crea una necesidad de contar con sistemas de infraestructura de agua potable y alcantarillado; hoy en día el poblador del C.P. Castillo Grande, hace uso de este recurso sin un estudio de pre-factibilidad, análisis químico, físico y microbiológico correspondiente.

El presente proyecto pretende aliviar o mitigar estos grandes problemas que se podría ocasionar por el consumo de las aguas ya que la salud del poblador no se puede poner en riesgo.

Se ha planteado los siguientes objetivos:

- Efectuar el análisis de dureza, así como el análisis físico, químico y microbiológico del agua subterránea en el Centro Poblado Castillo Grande.
- Aplicar el SIG en la caracterización y determinación de la causa de contaminación del agua subterránea en el Centro Poblado Castillo Grande.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aguas subterráneas

2.1.1. Aguas naturales

Son aquellas que se localizan en la tierra y que el hombre dispone para su vida, y necesariamente para sus actividades. Las aguas naturales disponibles en el medio ambiente son: aguas meteóricas, superficiales y subterráneas. Las aguas subterráneas: Son las aguas que se filtran en el terreno pudiendo aflorar en forma de manantiales. Se puede captar por medio de galerías filtrantes, pozos pocos profundos y pozos profundos. También esta agua sufre modificaciones al atravesar las capas terrestres (CORDERO, 2008). Por otra parte PIMIENTA (1980), sostiene que las aguas subterráneas han sido ejecutadas sin importar su rentabilidad; este proceder es completamente ilógico.

2.1.2. Formación de acuíferos

CUSTODIO (1976), refiere que los acuíferos que se presentan con mayor frecuencia están formados por depósitos no consolidados de materiales sueltos tales como: Arenas, gravas, mezcla de abonos, etc. Pudiendo ser su origen geológico muy distinto: fluvial, como

los que forman los materiales aluviales de los ríos o las terrazas de los mismos; de limo, si se tratara de depósitos sedimentarios ocasionados por la acumulación de partículas transportadas por la gravedad.

2.1.3. Importancia de la explotación de las aguas subterráneas en el Perú

CONCYTEC (1986), hace mención que las aguas subterráneas son esencialmente apreciadas por:

- Su pureza
- Su ubicuidad
- Constituir fuente de aprovisionamiento en las regiones desérticas.
- Conocer información a partir de un inventario nacional como alrededor del 70% de la industria del Perú se encuentra en Lima; cerca del 90% de ellas se abastecen de agua subterránea.
- La evaporación es menor en las aguas subterráneas.

2.2. Propiedades físicas de los suelos y de las aguas subterráneas

2.2.1. La fisiografía

Tiene por objeto en su sentido más amplio, la descripción de los aspectos naturales del paisaje terrestre: relieve, modelado, vegetación, suelos, hidrología, etc. La fisiografía, entonces reviste en una gran medida, las características de un inventario estático del relieve o de las unidades espaciales investigadas.

La fisiografía está definida como la descripción de la naturaleza a partir del estudio del relieve y la litosfera, en conjunto con el estudio de la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera (VILLOTA, 1992).

2.2.2. La infiltración

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores (Figura 1). Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración (VÉLEZ y VÉLEZ, 2002). La velocidad de infiltración nos da la capacidad del suelo de absorber agua. Al principio (cuando el suelo está más seco) la velocidad de penetración en el suelo es más rápida pero si seguimos aportando agua, llega un momento en que esta velocidad es más o menos constante.

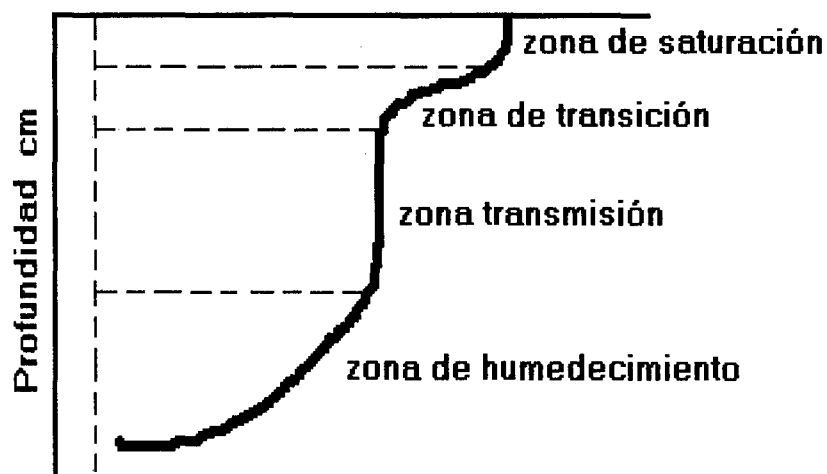


Figura 1. Perfil de zonas de humedad en el proceso de infiltración

Existen unos parámetros establecidos según experiencias anteriores de organismos gubernamentales nacionales como FONCODES (1999) y publicaciones El RIEGO (2008), quienes muestran la velocidad de infiltración según características del suelo y el tiempo.

Cuadro 1. Parámetros de Velocidad de Infiltración

Características del suelo	Velocidad de infiltración mm/h
Arena gruesa gredosa	50
Arena fina gredosa	25-33
Muy arenoso	20-25
Arenoso	15-20
Limo-arenoso	10-15
Limo-arcilloso/greda-caliza compacta- arcilla no expansiva	8-10
Arcilloso/arcilla expansiva	< 8

Fuente: EL RIEGO (2008), FONCODES (1999)

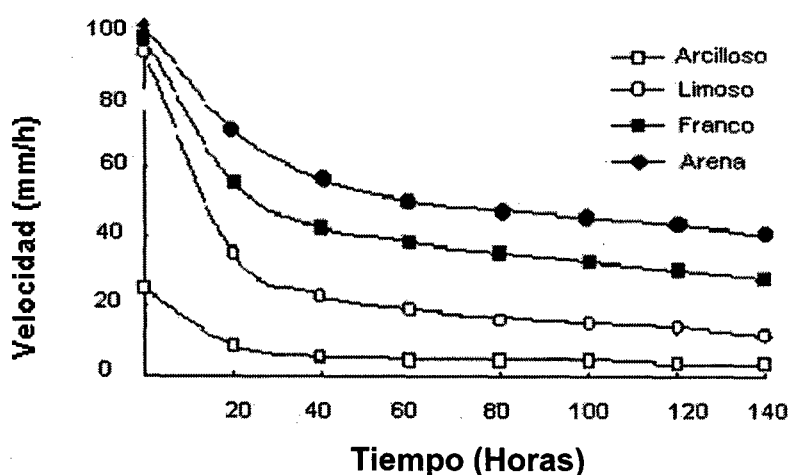


Figura 2. Curvas de infiltración, según la textura del suelo

2.2.3. Permeabilidad y textura de un suelo

CASTAÑÓN (2003), define a la permeabilidad como la capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado. La velocidad con la que el fluido atraviesa el material depende de tres factores básicos:

- La porosidad del material
- La densidad del fluido considerado, afectada por su temperatura
- La presión a que está sometido el fluido.

LUQUE (1981), indica que la porosidad mide la capacidad de una formación para contener agua de acuerdo a los niveles texturales del suelo. Las arcillas aunque tengan más cantidad de poros, rinden poco agua a los pozos en comparación con las arenas y gravas. En la grava la tasa de infiltración puede ser muchos mayores a pesar de tener menor número de poros, creando dificultades cuando de las aguas subterráneas más superficiales se utilizan para consumo humano.

FAO (2009), indica que las sales de sodio presentes en el agua pueden afectar a la estructura del suelo, reduciendo la velocidad de infiltración del agua en el terreno y la capacidad de aireación. Si la velocidad de infiltración se reduce mucho puede ser

difícil el suministro adecuado de agua dándose además la formación de costras, crecimiento excesivo de hierbas, deficiencia de oxígeno, entre otros problemas.

Cuadro 2. Permeabilidad media para diferentes texturas de suelo

Clase textura del suelo	Valores (cm/h)
Arenosos	5.0
Franco Arenosos	2.5
Franco	1.3
Franco arcillosos	0.8
Arcilloso Limoso	0.25
Arcilloso	0.05

Fuente: FAO (2009)

2.2.4. Tipo de suelo

El tipo de suelo (textura, capacidad de infiltración, conductividad hidráulica) determina la cantidad de agua que percola y que llega al acuífero. Suelos arcillosos y limosos tienen baja capacidad de infiltración y una alta capacidad de retención y por tanto incrementan el tiempo de paso del agua por la zona no saturada (ACON y ASOCIADOS, 1991).

2.2.5. Topografía

La topografía indica la posibilidad de que un agente contaminante tienda a moverse como escorrentía superficial o que por el contrario tienda a permanecer sobre el sitio; aumentando el tiempo disponible para que infiltre y pase a formar parte del agua subterránea (FALLAS, 2000). La fisiografía es la descripción de los rasgos físicos de la superficie terrestre y de los fenómenos que en ella se producen. La topografía es representada en el modelo por la gradiente del terreno (pendiente). A mayor pendiente, el agua se moverá más rápidamente (mayor escorrentía superficial y erosión) y por tanto existe menor tiempo para que el agua infiltre y percole.

2.2.6. Otras características del agua

MWD (2001), presenta algunas características o propiedades del agua:

- **Agua turbia;** se enturbia cuando penetra el aire y forma burbujas diminutas. Las burbujas no hacen daño y desaparecen si se hacen reposar por unos minutos.
- **Color del agua;** puede cambiar por varios factores pudiendo ser de acuerdo a la fuente y el arrastre de minerales o contaminantes que hacen en su recorrido, así tenemos:

- ✓ Anaranjado, roja, marrón o amarilla; debido al óxido de los minerales pueden volver al agua anaranjado y roja, dependiendo del material con que tenga contacto.
- ✓ Verde o azul; las algas son plantas que viven en el agua y le dan un color verde azulado y con mayor frecuencia en los meses calurosos donde el agua se calienta y se desarrollan nutrientes para la planta.

DIGESA (2008), toma como muestra subjetiva una tabla de tipo de olor del agua, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Tipos de aguas en función al tipo de olor

Tipo de Olor	Tipo de agua
Inodoro	Típico de aguas dulces y frescas
Olor metálico	Típico de aguas subterráneas
Olor a sulfuro	Típico de ARN, de MO (Sist. Anaeróbicos)
Olor vegetal	Típico de aguas poco profundas, de humedales y estuarios
Olor pítrico	Típico de lixiviados de RS. Y aguas procedentes de PTARs*

Fuente: DIGESA (2008)

* Planta de Tratamiento de aguas residuales

Por lo general, la determinación que se realiza es la del olor (el olfato humano es más sensible que el paladar), debido a que el sabor depende de este (OMS, 1995a).

2.3. Propiedades químicas del agua

CUSTODIO (1976), refiere que las características físicas y químicas del agua subterránea dependen de varios factores. Los tres principales son: ambiente climático, ambiente geológico y acción del hombre o contaminación.

2.3.1 pH del agua para consumo humano

Cuadro 4. Tolerancia de las bacterias del suelo al pH

Microorganismos	pH que permite el crecimiento		
	Mínimo	Óptimo	Máximo
<i>Escherichia coli</i>	4.4	6 a 7	9
<i>Proteus vulgaris</i>	4.4	6 a 7	8.4
<i>Enterobacter aerogenes</i>	4.4	6 a 7	9
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5.6	6 a 7	8
<i>Clostridium sporogenes</i>	5	6 a 7.6	8.5 a 9
<i>Nitrosomonas</i>	7	8 a 8.8	9.4
<i>Nitrobacter</i>	6.6	7.6 a 8.6	10
<i>Lactobacillus acidophilus, etc</i>	4	5.8 a 6.6	6.8

Fuente: COYNE (1999)

NASA (2008), sostiene que los sistemas de agua pública deben cumplir con el requisito de un nivel de pH de 6.5 a 8.5. El ACUARIO DE ATICUS (2005) menciona que el amoniac, nitrito y nitrato (NH_3 , NO_2 , NO_3) de los excrementos de los peces así como restos de plantas y comida en el agua, recibe combinaciones de nitrógeno que son desintegradas en varias fases ya sea por la respiración de los peces, o por la materia fecal metabolizada por las bacterias, en primer lugar se forma el amoniac, que es tóxico, o el amoniac no tóxico en una proporción que depende del pH; mientras que con valores superiores a 7 aumenta la formación de amoniac, con valores de pH más bajos se forma el amonio no tóxico.

2.3.2 Dureza total del agua

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1994b), respalda que en química el agua dura (por contraposición al agua blanda), es aquella que posee una dureza total superior a 120 mg CaCO_3/l . Es decir que contiene un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio. Son éstas las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales metálicas.

La mayoría de los suministros de agua potable tienen un promedio de 250 mg/l de dureza. Niveles superiores a 500 mg/l son indeseables para uso domestico (BOLAÑOS *et al.* 2007).

Por ejemplo, el riesgo de que se rompan los electrodomésticos aumenta y acciones tan habituales como el aseo personal o lavar la ropa se complicarán, obligando a gastar más jabón para conseguir buenos resultados. Como el agua dura contiene una cantidad apreciable de iones calcio y magnesio en disolución, una vez que éstos entran en interacción con el jabón se originan 'precipitados' en forma de sales insolubles, lo que provoca que se pierda poder de lavado (LENNTECH, 1998).

Las características físicas y químicas de las aguas subterráneas dependen de varios factores, los tres primeros son: ambiente climático, ambiente geológico y la acción del hombre o contaminación (CUSTODIO, 1976).

Cuadro 5. Interpretación de la dureza del agua

Dureza (mg CaCO ₃ /l)	Tipo de agua
0-75	agua suave
75-150	agua poco dura
150-300	agua dura
> 300	agua muy dura

Fuente: MWD (2001).

2.3.3 Nitratos

GONZALES *et al.* (1984), estudian el contenido en nitratos de las aguas subterráneas, analizan su origen, las afectaciones posibles a la salud del ser humano (de los niños especialmente), así como los puntos que presentan contenidos notables. Afirma que por su incidencia en la calidad de las aguas subterráneas, el nitrato debe ser tenido en cuenta en todo estudio para el abasto a la población. El ACUARIO DE ATICUS (2005), sostiene que el nitrato sirve como una sustancia nutritiva para las plantas, sin embargo en concentraciones elevadas es perjudicial para plantas, peces y el hombre, porque fomenta el crecimiento de las algas. Los nitritos no deben rebasar 0.25 mg/l, mayores a 25mg/l se considera contaminada.

INHEM (1996), sostiene que desde hace algún tiempo los nitratos en aguas subterráneas vienen siendo objeto de estudio, debido al riesgo que estos pueden ocasionar para la salud si se encuentran en grandes concentraciones, puede ocasionar para la población y en especial para los niños. FICHES (2002), lo define como metahemoglobinemia creando nitros aminas cancerígenas muy perjudiciales.

2.3.4 Cloruros

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1994a), indica que los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de

agua y de drenaje. Cuando el cloruro está presente como una sal de calcio ó de magnesio, el típico sabor salado de los cloruros puede estar ausente aún a concentraciones de 1000 ppm.

La OMS (1993b), sustenta que la piel absorbe del agua algunas moléculas pequeñas de cloro tales como cloroformo o tri y tetracloroetano e hidrocarburos tales como tolueno. Un estudio reciente realizado por la EPA (1999), determinó que la absorción e inhalación de la piel pueden ser tan importantes como la ingestión. En vista de los márgenes significativos de seguridad incorporados en las guías para agua potable y su definición para la exposición a largo plazo, esto parece estar cubierto adecuadamente en las guías para aguas de baño.

ROESKE *et al.* (2004), afirma que por muchas décadas el cloro ha probado ser un agente extremadamente confiable para una desinfección segura, ya que durante mucho tiempo el cloro no ha podido ser reemplazado por un desinfectante más conveniente, igualmente un grupo de investigadores del Instituto Municipal de Investigaciones Médicas (IMIM) de Barcelona y del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que aseveran que al menos 600 personas podrían estar muriendo cada año en nuestro país por esa causa. Y ello a pesar de que los niveles en el agua de esos compuestos químicos están dentro de los parámetros permitidos por la actual normativa europea.

RODRÍGUEZ (1998), indica que el cloro residual es importante que se encuentre en niveles seguros para el consumo humano. Si este se encuentra en exceso, el cloro puede resultar tóxico para el consumo con el riesgo que se produzcan trihalometanos, que son compuestos carcinógenos para el humano.

2.3.5 Oxígeno disuelto

OMS (1993), revela que si bien el oxígeno disuelto no tendrá un efecto directo sobre los usuarios, puede influir en la actividad microbiológica y el estado de oxidación química de varios metales tales como Fe. El oxígeno disuelto será importante para evitar la formación de cantidades indeseables de sulfuro de hidrógeno. Una concentración de oxígeno disuelto de más de 80% de saturación es suficiente para obtener aguas oxigenadas.

2.3.6 Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO₅)

RIVERA *et al.* (1995), sostienen que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es la cantidad de oxígeno usado por la actividad respiratoria de los microorganismos que utilizan la materia orgánica del agua residual para crecer y para metabolizar a partir de ella y de otros microorganismos sus componentes celulares. Es necesario distinguir entre el ensayo de la DBO y otros ensayos que se le realizan a las aguas contaminadas como los ensayos del TOC (Carbón Orgánico Total) y de la DQO (Demanda Química de Oxígeno). Los resultados de estos ensayos

guardan ciertas relaciones entre sí, pero tienen significados diferentes. La DBO_5 se mide como mg/l o ppm de O_2 consumidas durante un período de 5 días a $20^\circ C$ en la oscuridad. La DBO_5 es la medida por excelencia utilizada por las agencias reguladoras en todo el mundo para medir el impacto de la contaminación causada por las aguas residuales (Cuadro 6). Para el MINAN (2008) para ser catalogada A1 de buena calidad el DBO_5 debe ser menor a 3 mg/l y el DQO menor a 10 mg/l.

Cuadro 6. Parámetro Indicativo de DBO_5

Estado	DBO_5 mg/l
Agua pura	0 – 20
Agua levemente contaminada	20 – 100
Agua medianamente contaminada	100 – 500
Agua muy contaminada	500 – 3000
Agua extremadamente contaminada	3000 – 15000

Fuente: FINDLATER *et al.* (1990); RIVERA (1995).

2.3.7 Demanda Química de Oxígeno

FINDLATER *et al.* (1990), lo definen como la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la totalidad de la materia oxidable, tanto orgánica como mineral. Se mide en ppm o mg/l. Guarda cierta relación con la DBO_5 , siendo esta última una fracción de la primera que oscila entre el 2 y el 70%. En desechos poco biodegradables como la gasolina y los Hidrocarburos, se dan las relaciones más bajas. En Aguas poco contaminadas deberá ser inferior a 50 ppm.

2.3.8 Fosfatos

ALHAIJAR *et al.* (1989), estudian la contaminación de las aguas subterráneas por el uso de detergentes con constituyentes de PO_4 y CO_3 , en los sistemas sépticos de disposición. El modelo muestra que las concentraciones de fósforo total en el agua subterránea no sobrepasan el 0.1 mg/l mientras que las concentraciones de nitrógeno total de los sistemas sépticos llegan a concentraciones de 39 y 69 mg/l. La fórmula del detergente tiene un efecto substancial en la contaminación de aguas subterráneas por nitrógeno proveniente de los sistemas sépticos. Al final de la década de los 80, más de 140 millones de personas de América Latina y el Caribe utilizaban las aguas subterráneas como fuente prioritaria.

MORENO *et al.* (1992), sustentan que la contaminación con detergentes aunque también con estiércol y heces, producen eutrofización de los cuerpos de agua.

2.3.9 Sulfatos

LENNTECH (2008), indica que el sulfato (SO_4) se encuentra en casi todas las aguas naturales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia. Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua. Las bacterias que atacan y reducen

los sulfatos hacen que forme sulfuro de hidrógeno gas (H_2S). Lo máximo de sulfato sugerido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en las directrices para la calidad del agua potable establecidas en Génova 1993 es de 500 mg/l. Las directrices de la Unión Europea son más recientes, completas y estrictas que las de la OMS, sugiriendo un máximo de 250 mg/l de sulfato en el agua destinada al consumo humano. Las personas que no están acostumbradas a beber agua con niveles elevados de sulfato pueden experimentar diarrea y deshidratación. Los niños son a menudo más sensibles al sulfato que los adultos. Como precaución, aguas con un nivel de sulfatos superior a 400 mg/l no deben ser usadas en la preparación de alimentos para niños.

2.3.10 Sólidos suspendidos totales SST o TDS

RODIER (1981), define a los SST como la cantidad de Sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento. Se mide en ppm. Los sólidos totales deberán ser inferiores a 500 ppm, sin especificar si son solamente los sólidos suspendidos totales o si incluyen los sólidos disueltos totales.

Según MENENDEZ (2008), los TDS como tales son difíciles de eliminar siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de estas partículas consiguiendo que se agrupen en flóculos de mayor tamaño para así poder separarlos mediante filtración. Ciertos sistemas de

tratamiento de agua como la ozonización ya suponen de por sí un buen método floculante ya que se produce la oxidación del hierro, manganeso y aluminio, óxidos que son los que verdaderamente ejercen un fuerte poder floculante en el agua, aumentando la eficacia del filtro y mejorando la transparencia del agua.

2.4. Propiedades microbiológicas de las aguas subterráneas

LEWIS *et al.* (1986), sostienen que cuando las aguas subterráneas llegan a ser contaminadas no pueden depurarse por sí mismas, debido a que las corrientes de las aguas freáticas son lentas y no turbulentas. También hay poca descomposición por bacterias aeróbicas, debido a que las aguas subterráneas no tienen suministro de oxígeno de la atmósfera y además las poblaciones de bacterias aeróbicas y anaeróbicas degradadoras son muy pequeñas. Otro factor que contribuye a que la gente no tenga conciencia del problema de la contaminación de las aguas subterráneas; sus corrientes no se ven, por lo que la contaminación se va acumulando y cuando se descubre su peligrosidad ya es demasiado tarde. Por esto, algunos ambientalistas consideran que la contaminación de las aguas subterráneas, a largo plazo, emergerá como uno de los problemas más graves de los recursos acuíferos, en la medida en que los niveles de contaminación sean rebasados.

El mismo autor analiza los riesgos de contaminación de la napa freática por sistemas fecales, la mayoría de los contaminantes sólidos en suspensión son removidos o eliminados cuando el agua

superficial contaminada se infiltra a través del suelo en los mantos acuíferos. Por otra parte, ningún tipo de suelo puede retener la infiltración de virus y muchas sustancias químicas orgánicas.

2.5. Presencia de microorganismos

2.5.1. Coliformes totales, fecales y *Escherichia Coli*

REFAI (1981), sustenta que al grupo de los coliformes también pertenecen ciertas especies que habitan en el intestino o en medios no intestinales, como el suelo, el agua y el grano. La potabilidad del agua es de gran importancia en cuanto a salud pública, ya que ésta puede servir como vehículo de microorganismos patógenos, es decir, productores de enfermedades llamadas comúnmente "de origen hídrico" tales como salmonelosis (Tifoidea y Paratifoidea), shigelosis, cólera, hepatitis, etc. Estos microorganismos son todos de origen entérico.

REFAI (1981), indica que los coliformes diferentes del *Escherichia coli* persisten en el suelo o en las superficies más tiempo; por consiguiente, no indican necesariamente la contaminación producida por una fuente fecal, en el sentido de que haya habido un contacto inmediato con las heces. Sin embargo, estos coliformes diferentes del *Escherichia coli* son buenos indicadores de un proceso o de un estado sanitario poco satisfactorio, generalmente preferido de las contaminaciones de origen fecal relativamente recientes. Su hábitat natural es la parte baja del intestino de los animales

vertebrados. Sus características responden a la definición de “Coliformes”, y es además identificado por las reacciones IMViC (Test microbiológico). “Coliformes fecales” es un nuevo término surgido de los intentos para encontrar métodos rápidos y seguros de detectar la presencia del *Escherichia coli* o de variantes estrechamente relacionados sin necesidad de purificar los cultivos o de proceder a los ensayos IMViC. Entre los coliformes, son considerados como fecales aquellos que pueden desarrollarse y fermentar la lactosa a temperaturas superiores a la normal (44 - 45°C). A ellos pertenecen principalmente una gran proporción de *Escherichia coli* de los tipos I Y II, y son por consiguiente útiles para indicar una probable fuente fecal.

Cuadro 7. Tratamientos recomendados según nivel de contaminación fecal.

Tipo de fuente de agua	<i>Escherichia coli</i> / 100 ml.	Tratamiento recomendado
Cuencas protegidas y libre de contaminación fecal	< 20	Desinfección
Cuencas no protegidas y con contaminación fecal.	> 20 – 2000	Filtración y desinfección
Alta contaminación fecal	> 2000 – 20000	Filtración, desinfección más la adición de un tercer proceso
Muy alta contaminación fecal	> 20000	No recomendada como fuente de agua

Fuente: OMS (1995b)

2.5.2. El moho en las aguas

PROGRAMA IMPACT (2004), refiere que el moho se encuentra en la muestra del agua subterránea, pero generalmente no se encuentra en ningún suministro municipal de agua potable, debido a la naturaleza cerrada del sistema de distribución.

En la misma publicación sostiene que el moho produce pequeñas esporas que flotan en el aire y comienzan a crecer cuando se depositan en una superficie húmeda. El moho puede crecer alrededor de una tubería con fugas, pero es poco probable que ocasione un sabor a tierra, el moho no está presente en el agua potable debido al cloro, y al hecho que el agua está fluyendo hacia afuera, alejándose de la tubería. El moho se considera un problema en el aire y en el agua que está en contacto con el aire.

PROGRAMA IMPACT (2004), se hace referencia a los tipos de moho (conocido en inglés como mold) son, organismos microscópicos, encontrados por dondequiera, adentro y afuera. Los diferentes tipos de moho pueden ser encontrados en plantas, comidas, hojas secas, y otro material orgánico. El moho es necesario para el quebramiento de materiales muertos. Las esporas de moho son muy pequeñas y ligeras, y esto les facilita transportarse por el aire. Crecimientos de moho puede ser visto en la forma de descoloración, transcurriendo de blanco a anaranjado y de verde a café y negro. Cuando el moho está presente en grandes cantidades, puede causar

síntomas alérgicos, episodios de asma, infecciones, y otros problemas respiratorios para las personas, similar al polen de plantas y puede causar los siguientes síntomas:

- Problemas respiratorios, tal como dificultad en respirar
- Congestión en la nariz y seno frontal (en la cavidad o concavidad)
- Sensibilidad a la luz, ardor en los ojos, ojos llorosos, ojos rojos, visión borrosa tos seca, y constante y con mucho esfuerzo
- Garganta adolorida
- Irritación de la nariz y garganta
- Falta de aire
- Irritación de la piel
- Problemas del sistema nervioso, (dolores de cabeza constantes, problemas de memoria, y cambios de humor)
- Dolencias y fiebres

2.6. Riesgos del agua bebida no potabilizada

GERMAN *et al.* (1998), refiere que la potabilización del agua evita un 20% de la mortalidad infantil en los países subdesarrollados y reduce la mayoría de los contagios de las epidemias clásicas.

EPA (1999), indica que los organismos internacionales y nacionales son los que regulan la calidad del agua y de las fuentes de ésta, estos organismos han establecido estándares que incluyen varios

componentes: químicos, físicos y biológicos, a la vez pueden estar presentes en cantidades mínimas y máximas, limitando de esta manera los posibles efectos sobre la salud humana.

FONCODES (1999), indica también los suelos de grano fino y cuando las fuentes de contaminación están rodeadas por una capa orgánica madura, esa distancia puede ser de solo 3 m., mientras que en las aguas subterráneas de corriente rápida una nueva fuente puede causar contaminación hasta en 25 m. Por lo general la contaminación avanza desde la fuente en la dirección de la corriente con una disposición vertical, horizontal limitada y a veces imprevisible. En la mayor parte de los casos; la cifra mínima habitualmente utilizada es de 15 m entre la fuente de contaminación y cualquier punto de toma situado aguas abajo, dará resultados satisfactorios. Cuando este punto no está situado aguas debajo de la fuente de contaminación sino aguas arriba o a un lado, la distancia puede ser menor siempre que las aguas subterráneas no se extraigan a tal velocidad que la corriente se oriente hacia el punto de extracción. Esto es especialmente útil para las comunidades densamente pobladas que utilizan aguas freáticas poco profundas para su abastecimiento.

2.7. Eliminación de excretas en medios semiurbanos y rurales

IPET (1998), manifiesta que las áreas que carecen de redes cloacales, la eliminación de excretas se realizan mediante letrinas,

siendo la más difundida la de un pozo excavado a mano cubierto con una losa a la turca y por lo menos de dos metros de altura con techo inclinado, puerta y ventilación protegida por malla. El pozo negro es usado cuando la vivienda tiene una provisión suficiente de agua, ya que la eliminación de excretas se realiza mediante una instalación de cañerías internas que junta a todos los desagües, conduciéndoles a un pozo cavado en el terreno denominado pozo negro.

En la ciudad de Tingo María, según expedientes técnicos a partir del año 2000, los reportes de análisis de aguas realizados en diferentes lugares de la ciudad, la contaminación se produce porque el poblador de estos lugares conducen su agua potable por canalización de quebradas y pozos de agua (napa freática).

2.8. Contaminación de las fuentes de abastecimiento según su grado de contaminación

2.8.1. Contaminación del agua subterránea

PRO-AGUA (2008), sostiene que el concepto de contaminación se incluye a todo proceso natural o antrópico que genere un deterioro apreciable en la calidad física, química y biológica del agua subterránea. Es preciso señalar que la contaminación del agua subterránea está estrechamente ligada a los procesos de deterioro ambiental, en este sentido considerando que formamos parte de un mismo ecosistema, será muy difícil sino imposible preservar la calidad

del agua, si el resto de los recursos naturales que están relacionados como la vegetación o el suelo, siguen siendo deteriorados o utilizados inapropiadamente; por lo que hay que tener muy en cuenta, que pueden transcurrir varios años desde que un contaminante liberado en la superficie de la tierra por encima de un acuífero sea detectado en la misma agua del acuífero, sino a una determinada distancia del sitio de contaminación. Desafortunadamente, esto significa que la contaminación normalmente ocurre antes de que pueda ser detectada. Aún si se detuviera la liberación del contaminante, podrían pasar muchos años más para que el acuífero se purifique en forma natural. De todas maneras, aunque el agua podría ser tratada para remover solo alguno de los contaminantes, esta tarea resultaría muy costosa puesto que además requeriría de equipos sofisticados, las actividades humanas en el C.P. Castillo Grande originan fuentes de contaminación de las aguas subterráneas.

El agua subterránea tiende a ser dulce y potable (puede ser bebida sin riesgo). La circulación subterránea tiende a depurar el agua de partículas y microorganismos, pero en ocasiones estos llegan al acuífero por contaminación debida a los usos humanos, como fosas sépticas o residuos agrícolas. Los contaminantes también pueden provenir de tanques de almacenamiento de agua, pozos sépticos, lugares con desperdicios peligrosos y vertederos. Actualmente, los contaminantes del agua subterránea que más preocupan son los compuestos orgánicos industriales, como disolventes, pesticidas,

pinturas, barnices, o los combustibles como la gasolina (Componentes orgánicos más conocido y quizás uno de los que genera mayor preocupación). Altos niveles de nitrato en el cuerpo pueden limitar la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, causando asfixia en bebés. En el tubo digestivo el nitrato se reduce produciendo nitritos, que son cancerígenos.

2.8.2. Grado de contaminación de las aguas

INHEM (1996), sustenta que la contaminación del agua se puede clasificar en cuatro niveles:

Grado I; aguas superficiales y subterráneas con poca contaminación, satisfacen las normas de calidad de agua potable, admitiéndose hasta 50 NMP de coliformes x 100 ml., estas aguas solo necesitan desinfección.

Grado II; existen tratamientos completos para su consumo: reducir turbiedad, eliminar color, con alta y variable demanda de cloro, coliformes hasta 5000 NMP x 100 ml.

Grado III; con características similares al grupo anterior, pero con bacterias coliformes entre 5000 y 50000 NMP x 100 ml.

Grado IV; contaminación tan intensa que hace al agua inaceptable para el consumo. Bacterias coliformes en número mayor a 50000 NMP x 100 ml.

2.9. La contaminación urbana

URBIETA (1999), indica que la contaminación del agua está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas.

Cuadro 8. Fuentes y contaminantes orgánicos en las aguas

Fuente o actividad	Contaminante Orgánico
Desechos humanos	Excremento, urea
Desechos alimenticios	Azúcares, almidones, alcoholes, grasas, aceites, etc.
Basura	Papel, género, cáscaras, hojas de té, café molido
Misceláneos	Jabones, detergentes, shampoos
Agricultura	Pesticidas
Actividades industriales	Son los importantes y más variados
Farmacéutica y petrolera	Gama enorme de diferentes contaminantes, cada uno en una concentración pequeña
Otras industrias:	
Procesadoras de papel	Celulosa
faenadora de aves	Sangre
Manufacturas de alimentos	Azúcares

Fuente: GALDAMES (2000)

2.10. Protección sanitaria de un pozo con aguas subterráneas

INHEM (1996), manifiesta que para evitar la contaminación de los mantos de agua subterránea se debe proceder de la siguiente forma:

- El pozo debe perforarse aguas arriba y apartado de los focos de contaminación (más de 20 metros de letrina y corrales de animales).
- Utilizar bomba para la extracción del agua.
- Impermeabilización de las paredes interiores del pozo hasta 3 metros a la superficie.
- Protección de la cobertura superior con tapa de concreto y registro para la limpieza.
- Elevación del borde superior sobre el terreno y declive hacia fuera desde el mismo (piso lateral, zanja de intersección).

2.11. Enfermedades transmitidas por el agua

BRYANT (1998), sostiene que las enfermedades transmitidas por el agua el cólera, fiebre tifoidea, shigella, poliomielitis, meningitis y hepatitis A y E. Los seres humanos y los animales pueden actuar de huéspedes de bacterias, virus o protozoos que causan estas enfermedades. En lugares que carecen de instalaciones de saneamiento apropiadas, las enfermedades transmitidas por el agua pueden propagarse con gran rapidez. Esto sucede cuando excrementos portadores de organismos infecciosos

son arrastrados por el agua o se lixivian en los manantiales de agua dulce contaminando el agua potable y los alimentos. La magnitud de la propagación de estos organismos infecciosos en un manantial de agua dulce determinado depende de la cantidad de excremento humano y animal que éste contenga. Los desechos humanos se evacúan en letrinas abiertas, canales y corrientes de agua, o se esparcen en las tierras de labranza, registrándose casos de enfermedades diarreicas mayormente en los niños.

MCGHEE (2000), sostiene que entre las enfermedades contagiosas que pueden ser transmitidas por el agua se encuentran: infecciones bacteriales, virales y protozoales. Entre las enfermedades bacteriales tenemos la tifoidea, paratifoidea, salmonelosis, shigelosis, disentería basilar, cólera, enfermedad legionaria y la fiebre Pontiac. Las enfermedades virales son la hepatitis, poliomielitis y gastroenteritis (Norwalk) y el rota virus. Los protozoos como la *Giardia* y *Cryptosporidium* pueden producir gastroenteritis y son los más resistentes a los desinfectantes. Ciertos hongos, en especial el *Aspergillus*, son patógenos humanos, mientras que la esquistosomiasis es causada por un gusano que puede ser transmitido a través del agua por un caracol portador.

Los organismos que causan enfermedades infecciosas son normalmente esparcidos por las descargas de los materiales fecales y urinarios de personas enfermas y portadoras, aunque hay

algunos animales, protozoos y bacterias en reservorios en el suelo asociados con la gastroenteritis. Las moscas también pueden contaminar las bebidas y comidas.

2.12. Tratamiento de aguas de consumo doméstico

GERMAN *et al.* (1998), indica que el agua para consumo en muchos lugares se realizan escasos procesos de tratamiento.

Cuadro 9. Dificultad en el tratamiento de aguas de consumo

Procesos	Acciones
Decantador	Sedimentados para luego aplicar sustancias químicas (cloración) puede ser muy contaminador.
Filtración	Mediante lechos de arena elimina los grandes y medianos quistes de protozoos, muy resistentes a la cloración.
Desinfección	Es sinónimo de cloración, la ozonización, el temephos, etc., dejan efectos residuales, la esterilización por rayos ultravioletas solo es aplicable en abastecimientos urbanos.

Fuente: GERMAN *et al.* (1998)

Esta concentración es en función del pH. Para un pH entre 6,5 y 7,4 la concentración de cloro residual combinado no debe superar 1 mg/l. Para un pH entre 7 y 8, no debe superar 1,5 mg/l. Finalmente si el pH está entre 8 y 9, el cloro combinado no puede superar 1,8 mg/l. En general, un valor de referencia para la concentración de cloro residual en agua potable es de 1,5 mg/l (MINSa, 2008).

PELUSO *et al.* (2001), sostiene que existen trabajos que tienen por objeto presentar un modo de efectuar la integración prospectiva del riesgo sanitario en el marco de un SIG a fin de convertirse en herramienta para la gestión de los recursos hídricos.

Este tipo de estudio, además se realiza de modo espacializado y georeferenciado, supera algunas de las críticas a los enfoques tradicionales de suscribir del riesgo. Debido a esto, existe un interés creciente en el desarrollo de modelos que se integren a los SIG, por lo que ya se utiliza ese entorno en modelos de análisis de riesgo sanitario por contaminantes en agua subterránea (PELUSO *et al.*, 2004).

2.13. Componentes de un SIG

YAÑES *et al.* (2007), sostienen que un Sistema de Información Geográfica (SIG), está compuesto por tres elementos: una base de datos con información, un mapa y un software que los interrelaciona. Los SIG facilitan el enlace de información geográfica (dónde están las cosas) con información descriptiva (qué son las cosas). A diferencia de un mapa tradicional (en papel), un SIG puede presentar sobre el mapa de una determinada región de manera interactiva, varias capas que se superponen y que contienen información temática; por ejemplo, sobre recursos naturales, asentamientos humanos, educación, transporte, salud, agricultura, geología, etc.

2.13.1. Importancia de los SIG

YÑES *et al.* (2007), sostienen que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han demostrado ser herramientas de gran utilidad en el manejo de los espacios naturales y el territorio. Por su versatilidad y potencia como herramienta de monitorización del espacio, ha venido imponiéndose progresivamente su implantación en el mundo de la gestión ambiental, de manera que cada vez es más generalizada. Los SIG permiten reflejar sobre mapas cualquier variable referida al territorio y son las herramientas de análisis y elaboración de mapas con un futuro más prometedor.

2.13.2. Metodología de la aplicación del SIG en la caracterización de las aguas subterráneas.

MATEUS *et al.* (2004), revelan que los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha desarrollado una estructura metodológica, en este caso se está aplicando para el manejo de la información geográfica asociada al análisis de las aguas subterráneas.

Captura

MATEUS *et al.* (2004), sostienen que la captura de datos permite disponer de la información necesaria para la realización de proyecto en el futuro, para la captura de datos en campo (puntos de muestreo, verificación de cartografía) se utiliza una combinación de

navegadores con sistema de posicionamiento global (GPS) conectados a agendas digitales equipadas con el software Map Source y Pathfinder Office. Esta integración hardware/software permite capturar y actualizar datos básicos y temáticos en “tiempo real” y ha probado ser la más adecuada para las necesidades y el detalle que requieren los proyectos por grupos de investigación. Para la captura de datos espaciales referentes a muestreos se han creado metodologías y aplicativos tales como la digitalización que permite validar, almacenar, visualizar y estandarizar los datos geográficos y alfanuméricos.

Almacenamiento

MATEUS *et al.* (2004), Indican que cada día aumenta el volumen del sistema de información geográfica y se hace necesario contar con una adecuada organización haciéndolo interoperativo entre los datos, las bases de datos, sistemas y vocabularios en la unidad del sistemas de información geográfica, desarrolla una cultura, estándares, procedimientos y una organización que garantiza al máximo las oportunidades de intercambiar y almacenar la información.

Procesamiento

El procesamiento y la depuración de la información geográfica y de las bases de datos relacionales son quizás la parte más retrasada de los procesos y su adecuada realización en cada una de las

fases; asegura la calidad del producto final. Como insumo secundario para el procesamiento, se debe contar con información cartográfica a escala 1:20.000 a 1:100000.

El software utilizado para el procesamiento de la información geográfica son Arc View, Arc GIS y Arc Info, utilizando un procedimiento de clasificación mixta (supervisada y no supervisada) mezclada con interpretación visual y verificación de campo. La discriminación de las clases depende en este caso de la escala de trabajo y a la experiencia en la determinación de firmas espectrales y patrones de cobertura de estas (RODRÍGUEZ *et al.*, 2004).

Análisis

La utilización de técnicas de interpolación espacial con otras fuentes espaciales y/o utilizando técnicas de modelamiento espacial y estadístico permiten determinar, entre otros vacíos en la información. En el contexto de la Ecología del Paisaje, la percepción remota se ha constituido en una tecnología importante para el análisis, facilitando y ampliando la representación, la interpretación y el análisis de los datos espaciales (COULSON *et al.*, 1991 y TEXEIRA *et al.*, 1992).

Presentación y difusión

Conscientes de la necesidad de difundir la información producida y debido a la creciente demanda por la información espacial

en formatos análogos y digitales. Se definirán parámetros de citación de la información utilizada para la elaboración de mapas a escala (MATEUS *et al.*, 2004).

2.14. Estado de saneamiento ambiental del C.P. Castillo Grande

Vivienda: En general las viviendas en zona urbana del C. P. Castillo Grande son de material noble en un 60% y el 40% son de otro tipo de material rústico.

Agua: En respecto al abastecimiento de agua potable en el C. P. Castillo Grande se cuenta parcialmente con el tendido de redes respectivas, la captación de agua es en su mayoría a través de pozos (agua no bien tratada o clorada); del mismo modo la población de los diferentes caseríos, no cuentan con el adecuado suministro pues en algunos lo consumen de puquíos o ríos, etc. En la actualidad la matriz del agua están distribuidas en casi un 40% de la población urbano marginal, debiéndose hacer el seguimiento respectivo para la colocación y las instalaciones sanitarias respectivas.

Desagüe: Al igual que la distribución de agua cuenta parcialmente con servicio de desagüe apropiada, satisfaciendo sus necesidades fisiológicas en forma inadecuada lo más usual se observa las letrinas, pozo séptico y/o campo abierto. En la actualidad se han implementado letrinas sanitarias en cinco localidades financiadas por la O.N.G. ADRA-PERU tales como: Jacintillo, Picuruyacu Bajo, Huayna Cápac, Merced de Locro y Yurimaguas.

Basura: En el C.P. Castillo Grande, la recolección de basura y la disposición del mismo son efectuadas por el carro recolector de la Municipalidad del distrito en horarios intermitentes, esto solo en una parte de la zona urbana, en la periferia lo incineran.

Cuadro 10. Servicios básicos del C.P. Castillo Grande según número de viviendas.

Servicios Básicos	Población con el servicio	
	Nº	%
Agua (pozos subterráneos, manantiales)	5740	57
Desagüe	328	33
Letrina	4434	44
Luz (eléctrico)	3580	36

Fuente: MINSA (2007)

Cuadro 11. Establecimientos y servicios que influyen en la salud del C.P. Castillo Grande

Establecimientos y servicios	Cantidad
Tiendas y bodegas	92
Comedores y restaurantes	28
Puestos de comida ambulancia	25
Reservorios de agua existentes	2
Fabricas que elaboren productos alimenticios	1

Fuente: MINSA (2007)

2.15. Inventario de los pozos

ESPINOZA (2002), zonificó en un plano catastral de cada población, tomando como referencia a la ficha de registro (Anexo 6), obteniendo los siguientes datos:

- Número y ubicación de pozos
- Uso del agua y procedencia
- Construcción del pozo
- Modalidad de extracción

En el C.P. Castillo Grande existen 386 pozos y el 94% es para uso de consumo domestico (ESPINOZA, 2002), dándolo actividades de limpieza solo el 6%, el 97% son de concreto simple y el 92% extrae el agua con la técnica del balde (MINSa, 2007), para una población actual de 10082 habitantes.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación política del C. P. Castillo Grande

La ciudad de Castillo Grande es una localidad cuyo origen se remonta a los años en que se forma la ciudad de Tingo María, como consecuencia de la llegada de la vía de penetración, vale decir con la apertura de la carretera central hacia la ciudad de Pucallpa.

Luego de muchos años los esfuerzos de la comunidad organizada mediante el denominado Comité de Desarrollo de Castillo Grande, representados por personas notables de la comunidad; obtienen su anhelo por Resolución Municipal N° 001-93-MPLP/c.; con fecha 21 de enero de 1993, creándose la Municipalidad Centro Poblado Menor de Castillo Grande, de acuerdo al Art. 20 de la Ley Orgánica de la Municipalidad N° 23853, modificada por la Ley N° 23854, que establece que los Consejos de los poblados menores están integrados por un Alcalde y cinco Regidores, para garantizar la buena marcha de la administración municipal y respetarse la voluntad mayoritaria del pueblo (Figura 3).

3.1.1. Ubicación Geográfica

El C.P. Castillo Grande se encuentra ubicado tal como lo muestra el Plano 1 (Figura 4).

Localidad	Castillo Grande
Distrito	Rupa Rupa
Provincia	Leoncio Prado
Departamento	Huánuco
Región	Huánuco

Las coordenadas UTM que limita al C.P. Castillo Grande son:

Zona y latitud	:	18L
Norte	:	8971768 m a 8974883 m
Este	:	388450 m a 390043 m

3.1.2. Límites

El ámbito distrital en estudio comprende exclusivamente parte del distrito de Rupa Rupa, creado por Ley 11843 promulgado el 27 de mayo de 1952; sus límites son:

- **Por el norte:** Se encuentra el distrito de José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado.

- **Por el este:** Sus límites llegan hasta las orillas del caudaloso Río Huallaga (en su margen izquierda), desde la desembocadura del río Monzón y la desembocadura del Río Cuchara.
- **Por el oeste:** Desde los orígenes del Río Cuchara, una línea por las cumbres hasta los orígenes del Río Camote, afluente del Río Monzón por la margen izquierda, siguiendo su curso hasta su desembocadura con el Río Monzón.
- **Por el sur:** Sus límites llegan desde la desembocadura del río Monzón, hasta su desembocadura en el Río Huallaga.

3.1.3. Extensión

El área superficial con que cuenta la futura Ciudad de Castillo Grande es de 300,0 ha. Con una expansión futura de 65 Has más en la zona del aeropuerto.

3.1.4. Altitud

La localidad de Castillo Grande tiene una altitud media de 640 msnm, distantes aproximadamente 5 minutos de la Ciudad de Tingo María.

3.1.5. Factores Climáticos

El clima es generalmente cálido y húmedo, sin variaciones notables, perteneciente a una zona de Selva Alta. La humedad relativa de cerca de 85% y una precipitación anual promedio de 3300 mm anuales, con temperaturas medias anuales,

que oscilan entre los 22 y 32°C y con máxima de 36°C. Presentan intensas precipitaciones fluviales estacionales con mayor frecuencia en los meses de enero a marzo.

3.1.6. Fisiografía y Zonas de Vida

Castillo Grande se encuentra dentro del gran paisaje planicie con unidades fisiográficas como terrazas bajas y medias, desde el punto de vista ecológico en relación a las zonas de vida natural y en base a la clasificación de Holdridge (1982). Castillo Grande está constituida por un bosque muy húmedo sub tropical y ocupa la Región Central del Valle del Huallaga, siendo en su mayor extensión un terreno llano, el cual es interrumpido hacia el Oeste por una gran muralla de una cadena montañosa, que forma parte de la Cordillera Azul, que es ramal importante de la Cordillera Oriental; esta cadena montañosa también la encontramos al norte y nor-este, pero la jurisdicción continúa por detrás de estos cerros, el cual constituye todo lo que corresponde a la región rural.

3.1.7. Aspectos socioeconómicos

La población económicamente activa de la zona urbana marginal, está dedicada al comercio, que se desarrolla en la misma zona de Castillo Grande y en la ciudad de Tingo María. Existe una clase media que representa una minoría y por lo general comprende a los empleados públicos. La población con ingresos son de 15 – 54 años.

Cuadro 12. Hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI)
por tipo de indicador Castillo Grande

Localidad	Hogares con NBI				
	Viviendas inadecuadas	Viviendas con hacinamiento	Sin desagüe	Niños sin educación	Dependencia económica
Castillo Grande	35%	81,1%	96,5%	43,5%	75,6%

Fuente: INEI (2005).

3.2. Materiales

3.2.1. Herramientas y equipos

- Motocicleta.
- GPS (Trimble, Garmin XL12).
- Estación total (Zokkia 630R).
- Cinta métrica de 5 m.
- Carta Nacional digitalizada IGN, 19k (Escala 1/100000)
- Imagen Satelital IKONOS 2002.
- Soga de 6 m.
- Cilindros infiltrómetros.
- Cilindros muestreadores.
- Pozos de agua para muestreo.
- Libreta de registro.
- Equipo de cómputo (2 Duo, 2 Gb de M-RAM).
- Impresora Hp 4200 / Plotter.

3.2.2. Unidades

- Laboratorio de Ingeniería Agrícola – UNAS.
- Laboratorio de Microbiología – UNAS.
- Laboratorio de Suelos – UNAS.
- Laboratorio de Química – UNAS.
- Gabinete de Topografía – UNAS.

3.2.3. Softwares

- Auto CAD 2004.
- Arc GIS 9.2 (ESRI).
- Arc. View 3.3 (ESRI).
- Map Source, y Pathfinder Office
- Hoja de Cálculo Excel.
- Surfer 8 (GOLDEN SOFTWARE).

3.3. Metodología

- Evaluación preliminar:- Consistente en la determinación de las condiciones ambientales del lugar, fuentes de contaminación, usos del agua, legislación y política y tiene como finalidad definir las acciones a tomar.
- Operaciones de campo.- Consistente en la recolección de una pequeña porción del total de la masa y mediciones directas de ciertos parámetros.

- Operación de laboratorio, consiste en el uso de equipos e instrumentos de laboratorio para la determinación de parámetros físico, químicos y bacteriológicos de la calidad del agua.
- Procesamiento y reporte de resultados, consistente en el análisis estadístico de la información obtenida en campo y laboratorio, interpretación de resultados, en relación a los objetivos y evaluación preliminar.

3.4. Las observaciones a registrar

Para las propiedades físicas impero por lo general el trabajo de campo (color, olor), complementado durante la elaboración de los planos el Gabinete de Topografía, para las pruebas de permeabilidad e infiltración se utilizo equipos y accesorios del Laboratorio de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Agronomía - UNAS.

Para los análisis químicos y microbiologías, se consideran los Métodos del American Public Association (APHA), el American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF). La toma de muestras se realizará según la norma ISO 5667-1:1980 UNE-EN 25667-1:1993 (OMS, 1995b; AENOR, 1997). Se muestra en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Métodos e instrumental utilizados para el análisis de las variables e indicadores.

Análisis	Variables / Indicadores	Método	Equipo/Material y unidad
Físicos	Permeabilidad	Permeámetro de carga constante	Laboratorio y Tablas
	Fisiografía	Taquimetría GPS	Teodolito, GPS, Imagen Satelital
	Textura	Triángulo textural	Laboratorio
	Olor y color	Subjetivo	Características Tabla
	Velocidad de infiltración	Campo	Cilindros infiltrómetros
Químicos	Dureza	EDTA	Laboratorio
	DQO	Winkler	Laboratorio
	DBO ₅	Winkler	Laboratorio
	Nitratos	APHA – 4500 NO ₃ ⁻	Laboratorio
	Cloruros	APHA – 4500 Cl	Laboratorio
	Fosfatos	APHA - 4500 P	Laboratorio
	pH	p-achímetro	Laboratorio
	Oxígeno disuelto	Winkler	Laboratorio
Microbiológicos	Coliformes totales	9221 NMP APHA	Laboratorio
	Coliformes fecales	9221 NMP APHA	Laboratorio
	Moho	Subjetivo	Visual campo

Fuente: OMS (1995b); AENOR (1997) y Propia

3.5. Ubicación de los pozos

Tal como aparece en el Plano 3 (Figura 5), se han georeferenciado los pozos para un total de 10 muestras. ESPINOZA (2002) muestra un resumen del inventario de recursos hídricos subterráneos del C.P. Castillo Grande.

Cuadro 14. Coordenadas UTM de los pozos muestreados

Nº de pozos	Coordenadas UTM	
	Metros este	Metros norte
1	389159	8973375
2	388947	8973995
3	389260	8974754
4	389277	8974432
5	389375	8973388
6	389193	8972613
7	388782	8973052
8	389382	8973795
9	389447	8974580
10	389102	8974410

Fuente: propia.

3.6. Metodología de la aplicación del SIG en la caracterización de las aguas subterráneas.

3.6.1. Captura

Se continuó la metodología de MATEUS *et al.* (2004), en la captura de datos en campo se manejo una combinación de navegadores con sistema de posicionamiento global (GPS) conectados a agendas digitales equipadas con el software Map Source y Pathfinder Office. Esta integración hardware/software permitió capturar y actualizar datos básicos y temáticos en “tiempo real” y ha probado ser la más adecuada para las necesidades y el detalle que requieren este proyecto por este grupo de investigación. Para la captura de datos espaciales referentes a muestreos se aplicó digitalización permitiendo validar, almacenar, visualizar y estandarizar los datos geográficos y alfanuméricos.

3.6.2. Almacenamiento

Se realizó con una buena organización entre los datos garantizando la oportunidad de intercambiar y almacenar la información.

3.6.3 Procesamiento

Se contó con información cartográfica digitalizada e impresa a escala 1:100000. Para el procesamiento digital de las imágenes satelitales utilizaron software de información geográfica como

son ArcView 3.3, ArcGIS 9.2, Surfer 8 (adicional) y AutoCAD 2004 a escala de trabajo según como recomienda RODRÍGUEZ *et al.* (2004) para estos modelos de trabajos.

3.6.4. Análisis

Se hizo uso de las técnicas de interpolación espacial con otras fuentes espaciales y/o utilizando técnicas de modelamiento espacial y estadístico (COULSON *et al.*, 1991; TEXEIRA *et al.*, 1992).

3.6.5. Presentación y difusión

Conscientes en presentar la información espacial en formatos análogos y digitales. Se definirá parámetros de citación de la información utilizada y para la elaboración de mapas de acuerdo a la escala (MATEUS *et al.*, 2004).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Características de los pozos registrados

El agua subterránea de Castillo Grande se dispone para sus necesidades de los pobladores, captadas mediante pozos poco profundos (CORDERO, 2008) y han sido ejecutados sin importar su rentabilidad (PIMIENTA, 1980). Estos depósitos no consolidados de gravas y arenas son de origen fluvial y transportado por gravedad (CUSTODIO, 1976). El Cuadro 17 nos muestra algunos indicadores físicos.

El agua subterránea es esencialmente apreciada por su pureza y ubicuidad (CONCYTEC, 1986); pero debido a la forma de vida del poblador de Castillo Grande, en no utilizar sosteniblemente este recurso (cubrir sus pozos) y la no priorización de las autoridades en brindar los servicios básicos, genera un retraso y molestia en la población.

Se ha considerado las dimensiones de los pozos, nivel freático, el tipo de material de revestimiento, las características de uso de los pozos muestreados, etc., como el resumen del inventario de recursos hídricos subterráneos del C.P. Castillo Grande (Anexo 11).

Cuadro 15. Características de los pozos muestreados

Nº Pozo	Diámetro del pozo (cm)	Material revestido	Modo de extracción	Nivel freático (m)	Características
1	100	concreto	balde	1.30	Sin tapa
2	100	concreto	balde	3.00	Con tapa
3	100	concreto	balde	1.50	Sin tapa
4	100	concreto	balde	1.50	Sin tapa
5	50	concreto	balde	0.60	Sin tapa
6	100	concreto	balde	2.50	Sin tapa
7	100	Concreto	balde	3.00	Sin tapa
8	100	Concreto	balde	1.00	Sin tapa
9	100	Concreto	balde	0.50	Sin tapa
10	100	Concreto	balde	0.70	Sin tapa

Fuente: Propia

Para una población de 10082 habitantes; la población femenina representa el 47% (4752 habitantes), la masculina un 53% (5330 habitantes) del total de la población. Ellos se encuentran en condiciones precarias de pobreza y extrema pobreza con una tasa de mortalidad general de 4,1 x 1000 según el MINSA (2007).

En el Cuadro 16, se muestra a las personas que colaboraron y nos permitieron ingresar a sus viviendas para tomar las muestras en los pozos durante la investigación. De los 25 sectores que alberga el C.P. Castillo Grande, solo se eligió 7 como son: AA.VV. Santa Rosa (1), AA.VV. 1º de setiembre (1), AA.VV. Palmeras y Pantoja (1), AA.VV. José

Carlos Mariategui (1), AA.VV. María Parado de Bellido y San Isidro (1), AA.VV. Los Pinos (1) y Monterrico Caracol (4). En este último incidiendo hasta en cuatro oportunidades dado a su gran extensión y posterior expansión urbana, haciendo un total de 10 pozos para muestreo. También se ha considerado para generar los mapas y planos los resultados del inventario de ESPINOZA (2002), con su tamaño de muestra según el Anexo 7 y complementado en las Figuras 5 y 6.

Cuadro 16. Sectores de pozos muestreados para los análisis.

Nº de pozos	Representante / Usuario	Integrantes de la familia	Sector
1	Tadeo Rondan Ruth	3	AA.VV. Santa Rosa
2	Prudencio Jorge, A.	3	1º De Setiembre
3	Callizalla Madani Estela	4	Monterrico – Caracol
4	Paredes Daza Norma	3	Monterrico – Caracol
5	Saldaña Cárdenas M.	8	AA.VV. Palmeras y Pantoja
6	Duran Sacarías	7	José Carlos Mariategui
7	Almirco Hilaria	9	M. P. de Bellido y San Isidro
8	Márquez Gines	8	AA.VV. Los Pinos
9	Garay Herminegildo	7	Monterrico – Caracol
10	Servicio común	6	Monterrico – Caracol

Fuente: propia.

4.2. Elaboración del plano del C.P. Castillo Grande por sectores.

Se ha elaborado un plano general de los 25 sectores del C.P. Castillo Grande. La finalidad es ubicar a los pozos muestreados en sus respectivas zonas catastrales considerando la accesibilidad a los mismos (Figura 6).

4.3. Resultados de los de indicadores físicos de las aguas de subterráneas del C.P. Castillo Grande

Las pruebas de infiltración tomadas en diferentes sectores dan como resultado entre 7,96 a 10,62 mm/h, como promedio 9,14 mm/h en el primer horizonte; de 20,88 a 32,45 mm/h y como promedio 24,22 mm/h en el segundo horizonte. Ajustándose a los parámetros de velocidad de infiltración según Cuadro 1 y Figura 2 (EL RIEGO, 2008 y FONCODES, 1999).

La velocidad de infiltración es determinante en la calidad de agua subterránea, la infiltración es el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo llegando hasta capas inferiores (VELEZ y VELEZ, 2002).

La permeabilidad deja pasar una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado (CASTAÑÓN, 2003). Las arenas y gravas tienen menos cantidad de poros pero con mayor diámetro rinden más a los pozos en comparación con las arcillas (LUQUE, 1981).

En los resultados de permeabilidad de los diferentes horizontes oscilaron entre 0,240 m/día (1 cm/h) a 0,850 m/día (3,6 cm/h) y como promedio 0,295 m/día y 0,619 m/día respectivamente, estos resultados guardan relación según el Cuadro 2.

Cuadro 17. Resultados de los de indicadores físicos de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande

Muestra pozo N°	Permeabilidad (m/día)		Clase textural por capas		Velocidad de infiltración (mm/h)*		Fisiografía
	1 ^{er} Hz**	2 ^{do} Hz	1 ^{er} Hz	2 ^{do} Hz	1 ^{er} Hz	2 ^{do} Hz	
1	0,312	0,600	Franco-arenoso	Arenoso	9,52	21,17	Planicie fluvial reciente con terrazas bajas
2	0,288	0,600	Franco-arenoso	Arenoso	8,86	22,32	
3	0,312	0,600	Franco-arenoso	Arenoso	8,02	26,13	
4	0,288	0,600	Franco-arenoso	Arenoso	8,22	23,88	
5	0,240	0,312	Franco-arenoso	Arenoso	10,62	32,45	
6	0,287	0,850	Franco-arenoso	Arenoso	7,96	22,32	
7	0,312	0,600	Franco-arenoso	Arenoso	8,12	24,15	
8	0,314	0,720	Franco-arenoso	Arenoso	9,88	25,00	
9	0,300	0,800	Franco-arenoso	Arenoso	10,16	20,88	
10	0,298	0,512	Franco-arenoso	Arenoso	10,00	23,88	
μ	0,295	0,619			9,136	24,220	
σ	0,022	0,150			1,015	3,331	
C.V.	7,530	24,300			11,110	13,750	

Fuente: Propia (Anexo 9)

μ = promedios; σ = Desv. Est.; C.V = Coef. Var.

*Datos del segundo horizonte apoyados por cuadro 1

** Hz (Horizonte del Suelo)

Desde el punto de vista textural, el suelo del C.P. Castillo Grande en su gran mayoría es franco arenoso en el primer horizonte, estos a su vez tienen mediana infiltración y su capacidad de retención en zonas saturadas es moderada, incrementándose el tiempo del paso del agua por la zona no saturada, coincidiendo con ANCON y ASOCIADOS (1991).

La fisiografía y la hidrósfera describen la naturaleza del lugar (VILLOTA, 1992). Castillo Grande se encuentra dentro de un paisaje fluvial en una planicie fluvial reciente con terrazas bajas, facilitando de esta manera las inundaciones en algunos sectores (Figura 7).

Debido a su topografía plana al no exceder la pendiente en un 3%, los agentes contaminantes no se transportan por escorrentía superficial, por el contrario tienden a permanecer sobre el sitio, aumentando el tiempo disponible de infiltración y formar parte de las aguas subterráneas, tal como lo indica FALLAS (2000).

El agua de los pozos es clara debido a que permanecen estables, pero el color es verde azulado muy claro en un 90% por la presencia de algas (MWD, 2001). La manera subjetiva como se ha clasificado el olor es en relación al Cuadro 3, dando como resultado un olor vegetal y metálico típico de las aguas subterráneas y poco profundas (DIGESA, 2008).

4.4. De los indicadores químicos de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande

En el Cuadro 18, muestra los resultados de los análisis de dureza que oscila entre 274.20 mg/l y 314.29 mg/l, con un promedio entre las 10 muestras de 299.26 mg/l, interpretándola como aguas duras y muy duras según la MWD (2001). BOLAÑOS *et al.*, (2007) resalta que se pueden considerar deseables para consumo humano por no exceder al límite máximo de 500 mg/l. Pero existe un riesgo material y económico como romperse los electrodomésticos, incremento del aseo personal en el aumento del uso del jabón, etc. La razón es que ésta agua dura contiene una cantidad apreciable de iones calcio y magnesio en disolución originando “precipitados” en forma de sales insolubles provocando que pierda el poder del lavado (LENNTECH, 1998). Para la MINAM (2008), el agua es categorizada potable A1 al no exceder la dureza a 500 mg/l, requiriendo solo tratamiento.

Los indicadores de DBO_5 está en el rango de 5 mg/l a 10 mg/l, haciendo un promedio de 7.7 mg/l entre las 10 muestras, para RIVERA *et al.* (1995), el parámetro indicativo de DBO_5 es de una agua pura; pero en el D.S. 002 – 2008 publicado por el MINAM (2008), entre sus normas describe los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua de uso poblacional potabilizada indica: que el agua con DBO_5 menor o igual a 3 mg/l necesita solo desinfección,

aguas con DBO_5 hasta 5 mg/l requieren un tratamiento convencional y aguas con DBO_5 menor a 10 mg/l requieren un tratamiento avanzado. Mayores a 30 mg/l son consideradas de uso recreacional.

Por los resultados obtenidos, la presencia de microorganismos utiliza la materia orgánica del agua para metabolizar sus componentes celulares.

Cuadro 18. Indicadores químicos de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande

Muestra Pozo N°	Dureza mg/l CaCO_3	DBO_5 mg O_2 /l	DQO mg O_2 /l	Oxígeno disuelto mg/l , (%)
1	311,43	6	10	8 , (80)
2	274,20	5	10	8 , (80)
3	302,86	8	20	6 , (60)
4	285,72	9	20	7 , (70)
5	314,29	10	30	6 , (60)
6	300,23	7	20	7 , (70)
7	312,25	10	30	8 , (80)
8	311,88	8	20	8 , (80)
9	288,80	5	10	7 , (70)
10	290,96	9	20	7 , (70)
μ	299,260	7,700	19,000	7,200
σ	13,766	1,889	7,3790	0,788
C.V.(%)	4,600	24,530	38,830	10,960

Fuente: Propia (Anexo 10)

μ = Promedios; σ = Desv. Est.; C.V = Coef. Var.

DBO_5 : Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

Los resultados de DQO según Cuadro 18, oscilan entre 10 mg/l a 30 mg/l, con un promedio entre las 10 muestras de 19 mg/l. El DBO₅ tiene relación con el DQO (RIVERA *et al.*, 1995), por la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la totalidad de la materia oxidable, tanto orgánica como mineral. El DQO para aguas poco contaminadas debe ser inferior a 50 ppm (FINDLATER *et al.*, 1990); no concordando con MINAM (2008), al sostener que el agua para ser considerada de uso poblacional potabilizada indica: aguas con DQO menor o igual a 10 mg/l el agua necesita desinfección, aguas con DQO hasta 20 mg/l necesita tratamiento convencional y aguas con DQO hasta 30 mg/l necesitan tratamiento avanzado. Aguas con DQO mayores a 30 mg/l son consideradas de uso recreacional. Esto hace indicar que el agua del C.P. Castillo Grande, tiene actividad microbiana y que necesariamente para uso doméstico tiene que tener un tratamiento convencional.

La concentración del oxígeno disuelto, está en el rango de 6 mg/l (60%) a 8 mg/l (80%), con un promedio entre las 10 muestras de 7,2 mg/l (7.2%); Según la OMS (1993), el oxígeno disuelto tiene influencia en la actividad microbiana y el estado de oxidación de varios metales como el Fe., al mismo tiempo evita las cantidades indeseables de sulfuro de hidrógeno y una concentración superior del 80% es suficiente para obtener aguas oxigenadas. El MINAM (2008), dentro de sus parámetros para aguas con concentración de oxígeno disuelto ≥ 6 mg/l, solo debe hacerse una desinfección y puede ser categorizada como A1 (Anexo 1).

4.5. Del análisis de las variables de los agentes contaminantes químicos.

En el Cuadro 19, da como resultado la concentración de nitratos en los 10 pozos muestreados y no exceden a los 50 mg/l. Para GONZALES *et al.* (1984), el nitrato en las aguas subterráneas debe de tomarse en cuenta en estudios para el abasto de la población.

Los nitratos fomentan el crecimiento de las algas y para ser considerada contaminada la concentración no debe de exceder a 25 mg/l según GONZALES *et al.* (1984). El agua con exceso de nitrato lo considera cancerígenas (FICHES, 2002). Para el MINAM (2008), los nitratos no deben de exceder a 10 mg/l, de lo contrario necesitan tratamiento previo de desinfección, tratamiento convencional hasta tratamiento avanzado (Anexo 1). Estos excesos pueden haberse obtenido por deyecciones cercanas (presencia de letrinas) a la fuente de agua como indica el Cuadro 8.

Según ALHAIJAR *et al.*, (1989), una agua contaminada por fosfatos la concentración debe de exceder a 0,1 mg/l, para MORENO *et al.* (1992) a 0,2 ppm y para MINAM (2008) a 0,15 mg/l (Anexo 1). Pero las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande no contiene fosfatos (0), no existiendo contaminación alguna, tal como se muestra los resultados de análisis en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Análisis de variables químicas de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande

Muestra Pozo N°	Nitratos mg/l	Sulfatos mg/l	Fosfatos mg/l	pH	Cloruros mg/l	STS mg/l
1	50	0	0	7,4	44,47	506
2	50	0	0	7,39	74	444
3	50	0	0	7,12	44,47	360
4	50	0	0	7,16	59,3	250
5	50	0	0	7,9	44,47	288
6	50	0	0	7,4	44,47	440
7	50	0	0	7	44,47	510
8	50	0	0	6,8	44,47	320
9	50	0	0	7,2	74	386
10	50	0	0	6,9	59,3	286
μ	50	0	0	7,230	53,340	379,000
σ	0	0	0	0,316	12,458	93,5100
C.V.(%)	-	-	-	4,368	23,355	24,673

Fuente: Propia (Anexo 10)

μ = promedios; σ = Desv. Est.; C.V = Coef. Var.

STS: Sólidos totales en suspensión

El análisis de pH según el Cuadro 19, da como resultado valores entre 6,8 a 7,9 y con un promedio en las 10 muestras de 7,23; lo que indica que es un agua pública sin problemas, al considerar el rango de pH entre 6,5 a 8,5 ACUARIO DE ATICUS, (2005); NASA (2008) y MINAM (2008).

Los valores de cloruros registrados en los análisis y mostrados en el Cuadro 19, dan como resultado un rango de 44,47 mg/l a 74 mg/l y con un promedio en las 10 muestras de 53,34 mg/l. Para MINAM (2008), no existe riesgo de contaminación al no exceder a 250 mg/l, tampoco existe un sabor salado al no exceder la concentración a 1000 ppm tal como lo indica el AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1994). Para ROESKE *et al.* (2004), el cloro es muchas veces confiable hasta la fecha al no ser reemplazado con otro desinfectante más conveniente. Para la OMS (1993), las aguas con exceso de concentraciones de cloro son perjudiciales al contacto con la piel y al ser inhalado por seres vivos. Esto hace indicar que las concentraciones de aplicación de niveles de cloro para desinfección de las aguas deben ser moderadas.

El Cuadro 19, muestra los resultados de concentraciones de sólidos totales en suspensión (STS) con valores entre 250 mg/l a 510 mg/l y un promedio en las 10 muestras de 379 mg/l. Según RODIER (1981), la cantidad de SST o STS debe ser inferior a 500 ppm (500 mg/l), esto

indicaría que dos de los pozos (1 y 7) muestreados estarían contaminados. MENENDEZ (2008), da como alternativa el uso de agentes coagulantes, filtros, ionizaciones para mejorar la transparencia del agua.

4.6. Del análisis microbiológico de las aguas subterráneas del C.P. Castillo Grande

En el Cuadro 20 se dan los resultados del análisis microbiológico de las 10 muestras tomadas en el C.P. Castillo Grande.

La cantidad de microorganismos de coliformes totales están en el rango de 3 NMP/100ml y 200 NMP/100ml, con un promedio de 30 NMP/100ml. Según el MINAM (2008), la cantidad debe ser 0 y para la OMS (1995a), la concentración de número más probable de microorganismos debe ser menor a 3 NMP/100ml. Los coliformes totales tienen relación con los otros resultados obtenidos de coliformes fecales según se muestra en el Cuadro 20, cuyo rango se encuentra entre 3 NMP/100ml hasta 8 NMP/100ml, estas muestras fueron tomadas en el mes de diciembre (mes de mayor precipitación fluvial en la zona); para el mes de junio (mes de menor precipitación) los niveles están por debajo de 3 NMP/100ml, pero para la OMS (1995b) y el MINAM (2008) ésta concentración debe ser 0.

El MINSA Leoncio Prado (Anexo 8), muestra algunos resultados en sectores aledaños.

Cuadro 20. Resultado de los análisis microbiológico del agua subterránea del C.P. Castillo Grande

Pozo N°	Coliformes totales		Coliformes fecales		Mohos y levaduras	
	NMP/100ml (Jun)	NMP/100ml (Dic)	NMP/100ml (Jun)	NMP/100ml (Dic)	10 ² /ml (Jun)	10 ² /ml (Dic)
1	11	4	<3	4	1	2
2	4	<3	<3	<3	0	4
3	14	4	<3	4	0	1
4	200	5	<3	4	0	2
5	20	<3	<3	7	1	3
6	16	<3	<3	4	0	3
7	4	<3	<3	4	1	3
8	5	<3	<3	5	1	2
9	23	4	<3	8	0	4
10	<3	<3	<3	7	1	1
μ	30,000	3,500	3	5,000	1,000	2,500
σ	60,155	0,707	0	1,700	0,527	1,080
C.V.	200,520	20,200	-	33,993	105,410	43,205

Fuente: Propia (Anexo 10)

 μ = promedios; σ = Desv. Est.; C.V = Coef. Var.

A largo plazo los problemas suelen ser más graves para los acuíferos, en medida que los niveles de contaminación sean rebasados coincidiendo con LEWIS *et al.* (1986). En este caso los análisis mostrados en el Cuadro 20 de coliformes totales han rebasado los niveles permisibles, llegando incluso hasta niveles de 200 NMP/100ml.

Según REFAI (1981), la bacteria *Escherichia coli* es un microorganismo que se puede encontrar en los intestinos de algunos seres vivos como en el suelo, el agua y el grano. Los microorganismos diferentes al *Escherichia coli*, se obtiene por contacto directo con las heces recientes. Para la OMS (1995b), según el rango de contaminación fecal obtenidas en los resultados del Cuadro 20, las aguas requieren filtración y desinfección antes de ser utilizada para consumo directo, tal como muestra el Cuadro 7.

Para el INHEM (1996), sostiene que las aguas con valores menores a 50 NMP/100ml de coliformes solo necesita desinfección, hoy en día los problemas se han agudizado en calidad de agua y las normas actuales ya consideran 0 según el MINAM (2008).

4.7. Análisis del proceso de salud del poblador de Castillo Grande

En el Anexo 2, El MINSA (2007) mediante la Red de Salud de Leoncio Prado, informa que las principales enfermedades transmisibles sujetas a vigilancia por grupo etareo y sexo en el C.P. Castillo Grande, en segundo orden muestran las enfermedades

diarreicas agudas (EDA), equivalentes al 32,3% de todas las enfermedades. Esta se debe a la presencia de microorganismos como coliformes fecales (*Escherichia Coli*, *Proteus vulgaris*, *Enterobacter aerogenes*) (ESPINOZA, 2002). Se corrobora por la tolerancia de las bacterias al pH mostradas en el Cuadro 4.

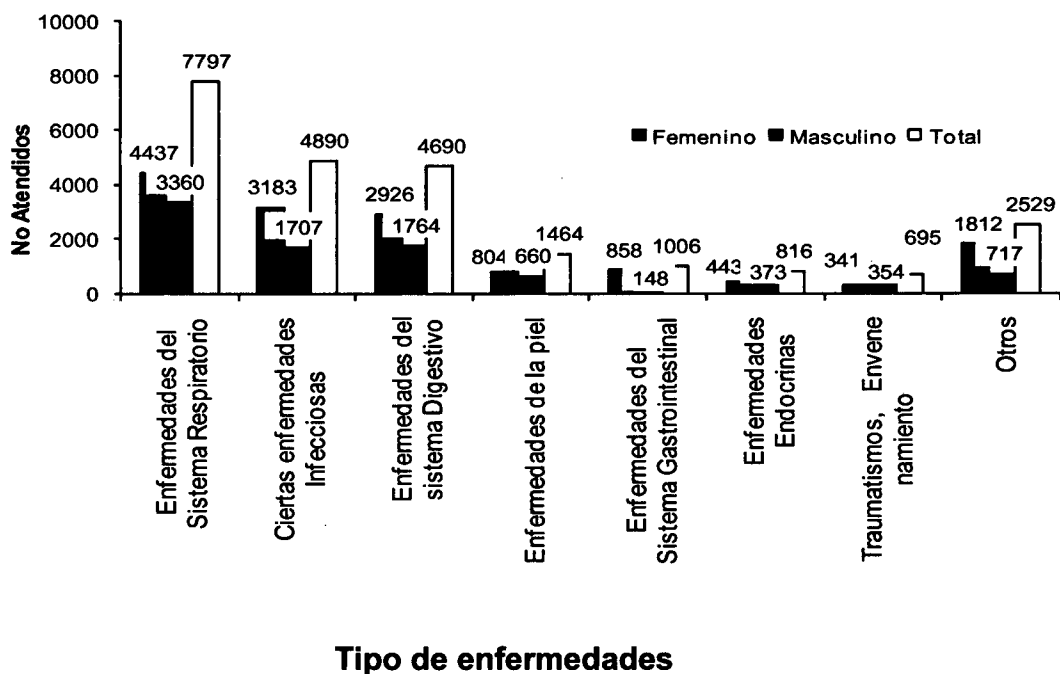


Figura 8. Morbilidad general por grupo etareo y sexo en el C.P. Castillo Grande

Muchas enfermedades transmitidas por el agua en seres humanos y animales pueden propagarse con rapidez cuando los excrementos portadores de organismos infecciosos son arrastrados o se lixivian por el agua dulce, registrándose casos de enfermedades diarreicas mayormente en los niños (BRYANT, 1998 y Mc GHEE, 2002).

En forma general la morbilidad en el 2006 en el C.P. Castillo Grande, predominan las enfermedades de las vías respiratorias con 7797 casos, en segundo lugar las enfermedades infecciosas con 4890 casos, seguidamente las enfermedades del sistema digestivo y las enfermedades de la piel, con 4690 y 1464 casos respectivamente.

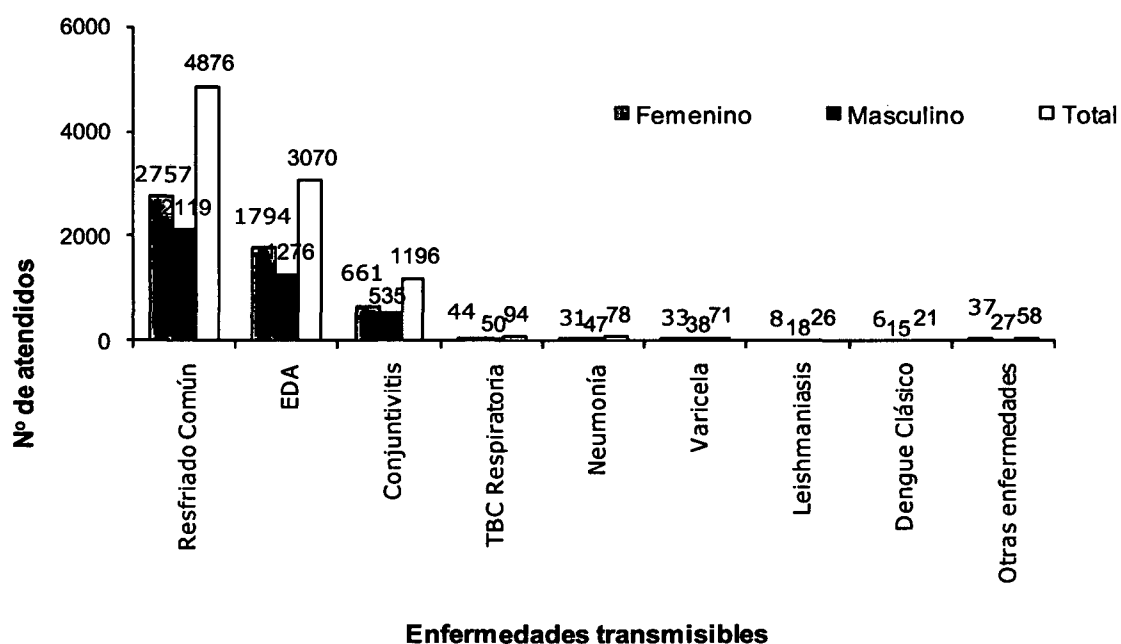
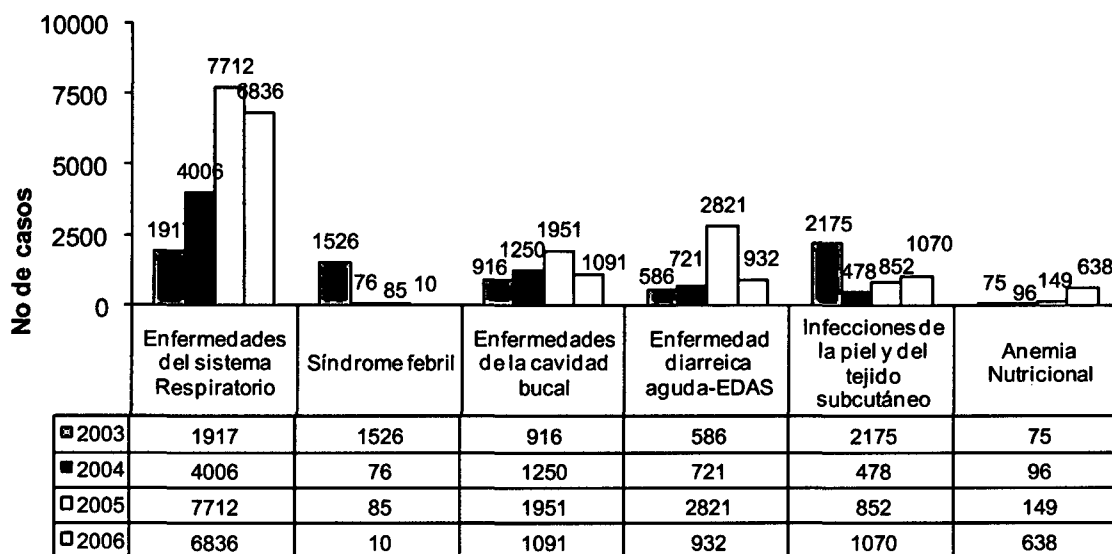


Figura 9. Atendidos por enfermedades transmisibles en el C.P. Castillo Grande.

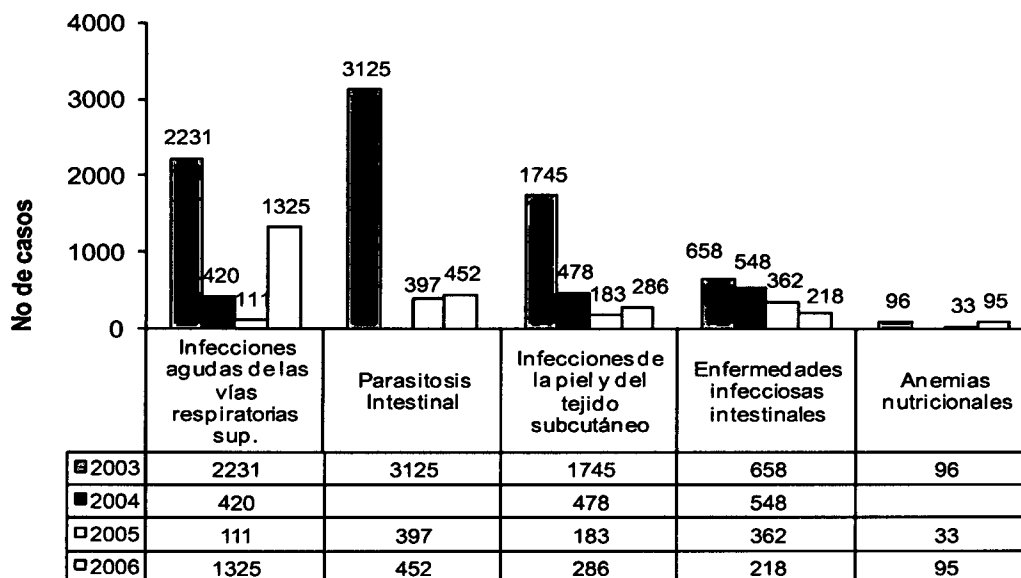
Este resultado de la Red de Salud de Leoncio Prado, tienen coincidencia con los altos índices de Coliformes Fecales obtenidos durante el análisis microbiológicos del agua de pozo.



Causas de morbilidad

Figura 10. Primeras causas de morbilidad en niños

La causas de morbilidad en niños en el 2006 predomina: las IRAS (Infecciones respiratorias agudas) con 6836 casos, ocasionados por la falta de saneamiento básico y por factores climáticos. En segundo lugar la ubicamos con 1091 casos las enfermedades de la cavidad bucal, debido al mal hábito de higiene y al desconocimiento de los padres del cuidado de la salud oral; las enfermedades de la piel ocupa el tercer lugar con 1070 casos y en cuarto lugar las EDAS con 932 casos.



Causas de enfermedad

Figura 11. Causas de morbilidad en la adolescencia

En la etapa de vida del adolescente para el año 2006, predominan las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores con 1325, condicionada por los factores climatológicos; seguido de las parasitosis intestinal con 452 casos, condicionado por los malos hábitos de higiene y a la falta de saneamiento básico, y en tercer lugar las infecciones de la piel con 286 casos.

La cantidad de mohos y levaduras es de 1×10^2 /ml en el mes de junio y en el mes de diciembre alcanza los valores de 4×10^2 /ml. Para PROGRAMA IMPACT (2004), el moho se considera un problema en el aire y en el agua que está en contacto con el aire; esto es común en los pozos del C.P. Castillo Grande. Para el MINSA (2007), la presencia del moho en

grandes cantidades puede causar síntomas alérgicos, episodios de asma, infecciones y otros problemas respiratorios para las personas; esto se visualiza en el Anexo 2 cuyas enfermedades transmisibles en el C.P. Castillo Grande los problemas respiratorios inciden mucho.

4.8. Nivel de contaminación del agua de consumo doméstico en el C.P. Castillo Grande

Para LEWIS *et al.* (1986), los riesgos de la contaminación de la napa freática se produce cuando el agua superficial contaminada se infiltra y no puede depurarse por sí misma, debido a que las aguas no son turbulentas y de corrientes lentas.

Las fuertes precipitaciones traen consigo un aumento considerable en el “arrastre” de microorganismos contaminantes, incrementado más aún por las excesivas temperaturas que fluctúan en la zona; a pesar, que la teoría dice “a menor volumen de agua mayor concentración de microorganismos contaminantes” en la práctica se está demostrando lo contrario en trópico húmedo. La razón es simple los pobladores en su mayoría no tienen alcantarillado (Cuadro 10), la contaminación del agua está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales (URBIETA, 1999); las aguas grises y aguas negras son arrojadas a las calles y si tomamos en consideración la pendiente y la profundidad del nivel del pozo podemos concluir que dichos residuos se almacenan constantemente

en la superficie esperando una fuerte precipitación para que se realice el lixiviado de estas partículas más la infiltración termina en las aguas subterráneas, el Cuadro 11 muestra los establecimientos y servicios que influyen en la salud del poblador del C.P. Castillo Grande. La UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA (1998), incide en la potabilización del agua por que evita un 20% la mortalidad infantil. El IPET (1998), confirma las letrinas en lugares que carecen de redes cloacales; FONCODES (1999), recomienda que la separación entre una letrina y fuente debe ser más de 15 m., también se debe de considerar el desnivel entre ambos (letrina punto más bajo).

La contaminación se da porque el poblador de esos lugares conduce su agua potable por canalizaciones de quebradas y pozos de agua (Conducto abierto). Estos problemas se reducirían si utilizan tuberías de agua potable (Conducto cerrado) más desinfección en reservorios.

La contaminación del agua subterránea está estrechamente ligada a los procesos de deterioro ambiental, el cual formamos parte de este ecosistema y será muy difícil con nuestra cultura, mantener una calidad del agua (PRO-AGUA, 2008).

La Figura 12 muestra el mapa de contaminación del agua subterránea en el C.P. Castillo Grande y dado a los resultados obtenidos, se ha clasificado en tres niveles: Contaminación Baja (56.09%), media (43.44%) y alta (0.47%).

En el C.P. Castillo Grande existen 386 pozos para una población de 10082 habitantes, de los cuales el 94% es para uso de consumo domestico y aplican la técnica del balde para extraer el agua, el revestimiento de los pozos el 97% es de concreto simple, tal como se muestra en el inventario de ESPINOZA (2002).

Mientras tanto los pobladores en su gran mayoría están adoptando procedimientos empíricos para controlar de alguna manera el exceso de mosquitos y zancudos en sus aguas como son la incorporación a sus pozos de pececillos, otros pobladores crían en sus cercanías cerdos y otros animales domésticos no dándose cuenta que estos a su vez incrementan los niveles de coliformes fecales.

Recordemos que la contaminación del agua subterránea es mucho más difícil de detectar y controlar que la contaminación del agua superficial. Además es un proceso muy costoso, debido al tipo de sistemas de monitoreo de la contaminación que se necesitan, al problema de su localización, y que se necesita bombear el agua subterránea a la superficie para limpiarla.

4.9. Aplicación del SIG

Este trabajo tiene por objeto presentar un modo de efectuar esa integración prospectiva del riesgo sanitario en el marco de un SIG a los fines de convertirse en herramienta para la gestión de los recursos hídricos (PELUSO *et al.*, 2004).

Se ha obtenido una base de datos, un Mapa de Riesgos de la contaminación del agua de pozo del C.P. Castillo Grande mediante software que interrelacionan los SIG de manera interactiva para un futuro más comprometedor, concordando con YAÑES *et al.* (2007).

Se aplicó la estructura metodológica de MATEUS *et al.* (2004) durante la captura, almacenamiento, procesamiento, análisis y presentación y difusión. Considerando la escala de trabajo, la experiencia y los patrones de cobertura (RODRIGUEZ *et al.*, 2004 y MATEUS *et al.*, 2004).

La percepción remota en el contexto de la ecología del paisaje, fue de gran importancia en el momento de determinar algunos vacíos de la información, facilitando y ampliando la representación, la interpretación y un mejor análisis de los datos espaciales, concertando con COULSON *et al.* (1991) y TEXEIRA *et al.* (1992).

4.10. Estado de saneamiento ambiental del C.P. Castillo Grande

Castillo Grande tiene captación de agua en su mayoría a través de pozos y parcialmente tiene alcantarillado, pero prolifera letrinas, pozo séptico e incluso a campo abierto. La basura se recoge intermitentemente en algunas partes por el camión recolector de la Municipalidad, los que no tienen la suerte lo incineran. El Cuadro 10, 11 y 12 nos muestra algunas estadísticas a tomar en cuenta.

4.11. Causas de contaminación de los pozos en el C.P. Castillo Grande

Acompañado a los diez pozos de observación se determinaron ocho características más relevantes que contribuyen a la contaminación del agua.

- El nivel freático alto.
- Presencia de Letrinas cercanas y por encima de los pozos de abastecimiento de agua potable.
- Inundaciones constantes propias de la zona y también la presencia del asfaltado en la Av. José Carlos Mariátegui.
- Crianza de animales en los alrededores de los pozos de abastecimiento domestico como pjaras y galpones.
- Falta de alcantarillado.
- Carencia de tapa en los pozos.
- Presencia de agentes externos (peces, residuos inorgánicos).
- La pendiente del terreno no favorable.

V. CONCLUSIONES

1. El agua subterránea utilizada por los pobladores de Castillo Grande poseen valores aceptables de dureza aptos para el consumo humano, por sus pequeñas cantidades de CaCO_3 con un promedio de 299,26 mg/l
2. Las aguas del C.P. Castillo Grande por los elevados niveles de DBO_5 con promedio de 7,7 mg/l, necesita hacerle un tratamiento de desinfección e incluso hasta tratamientos convencionales en algunos casos y por los niveles de concentración de DQO con promedio de 19,0 mg/l las aguas necesitan un tratamiento convencional y avanzado.
3. Existe contaminación por alta concentración de nitratos con valores de 50 mg/l, esto debido a la falta de alcantarillado y presencia de letrinas junto a los pozos de abastecimiento (deyecciones cercanas). Los mohos y levaduras también contribuyen al aumento de concentración de nitratos, debido a falta de higiene detectándose malos olores en algunas épocas del año. En ambos casos en concentraciones muy altas es muy perjudicial al ser humano (Cancerígena).

4. No hay contaminación en las aguas subterráneas por concentración de fosfatos (0) ni sulfatos (0) y tampoco existe riesgo por cloruros, pero sí por STS en un 20% de los pozos. Estas sustancias quedan en la superficie del suelo expuestas a los fuertes vientos e posteriormente inhalados por la población, incrementándose las enfermedades respiratorias.

5. Existe contaminación por coliformes totales y fecales con valores promedios de 30 NMP/100ml y 3,5 NMP/100ml respectivamente, hoy en día se está considerando que toda agua potable los niveles de concentración por coliformes sea 0.

6. Las causas que facilitan la contaminación de las aguas subterráneas en el C.P.M de Castillo Grande son: el nivel freático alto, presencia de letrinas cercanas y por encima de los pozos de abastecimiento de agua potable, inundaciones constantes propias de la zona debido a la topografía del terreno, crianza de animales en los alrededores de los pozos de abastecimiento domestico como pjaras y galpones, falta de alcantarillado, carencia de tapa en los pozos, presencia de agentes externos (peces, residuos orgánicos e inorgánicos, etc.), la alta velocidad de infiltración y permeabilidad de los suelos y la presencia de la pista asfaltada en la Av. José Carlos Mariátegui, impidiendo la escorrentía de las aguas fluviales.

7. Las dos atenciones más frecuentes en el Centro de Salud de Castillo Grande son las respiratorias en un 51,4% y las EDAS en un 32,3% (*Escherichia Coli*, *Proteus vulgaris*, *Enterobacter aerogenes*). Las cuatro primeras causas de morbilidad general son: sistema respiratorio en un 32,6%, enfermedades infecciosas en un 20,5%, enfermedades digestivas en un 19,6% y enfermedades de la piel en un 6,1%.

8. Se ha obtenido mediante un software SIG una base de datos y un Mapa de Contaminación del agua subterránea en tres niveles; Baja (56.09%), media (43.44%) y alta (0.47%), procesando de manera interactiva para un futuro más comprometedor.

9. La mayoría de las muestras de agua dan como “no aptas” para consumir directamente según los límites permisibles establecidos por la OMS (1995) y el MINAM (2008).

VI. RECOMENDACIÓN

1. Tomar en consideración las recomendaciones del INHEM (1996) y FONCODES (1999) para una buena protección de un pozo con aguas subterráneas, tales como: la perforación debe realizarse aguas arriba y apartados de los focos de contaminación entre 15 a 20 metros de separación a las letrinas y corrales de animales, uso de bomba para la extracción del agua, impermeabilizar las paredes de los pozos, utilizar una tapa de preferencia concreto y tener un registro de la limpieza, elevación de bordes sobre el terreno y declive hacia fuera con piso lateral.
2. Hacer un tratamiento previo de las aguas de consumo domestico, en especial las que provienen del subsuelo con procesos de decantación, filtración y desinfección, tal como se muestra en el cuadro 9 según la UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA (1998). Al mismo tiempo estos análisis se deben realizar permanentemente y asistir a la base de datos ya georeferenciados (PELUSO *et al.*, 2001). Mientras tanto colocar tapas a los pozos y asistirle con mantenimientos periódicos y en lo posible extraer el agua por bombeo.

3. Coordinar con instituciones afines al tratamiento de aguas para mitigar el problema de contaminación existente en el C.P. Castillo Grande, mediante capacitaciones permanentes, por ejemplo utilizar métodos convencionales como filtros lentos o filtros de decantamiento o tratar el agua químicamente a través de reservorios.
4. Disponer controles muy estrictos sobre el vertido de aguas residuales y prohibir el depósito de desechos peligrosos en rellenos sanitarios por inyección en pozos profundos.
5. Monitorear los mantos acuíferos cercanos a los rellenos sanitarios y de desechos peligrosos, tanques subterráneos y otras fuentes potenciales de contaminación subterránea mediante el SIG, al mismo tiempo exigir el análisis periódico de las aguas subterráneas como mínimo dos veces al año.
6. Es importante que el suministro de agua potable se brinde simultáneamente con las instalaciones sanitarias apropiadas puesto que estos dos servicios se refuerzan mutuamente y limitan la propagación de infecciones.

VII. ABSTRACT

The Castillo Grande town, is located in the district of Rupa Rupa, province of Leoncio Prado, Huánuco Department. It has approximately 11,000 inhabitants on 300 hectares. Its population makes use of underground water for their basic needs without a health study. At the site, 35% of their housing are inadequate, 81,1 % with overcrowding, 96,5 % with no drainagen, and 43,5 % of children without education.

The investigation has four stages: preliminary assessments, field work and laboratory evaluations and result reports. Laboratory evaluations included several analysis: physical, chemical and microbiological following methods such as the APHA, AWWA, WPCF, etc. and WHO (1995) and MINAM (2008) standards.

The wells' coating is concrete, uncovered, and shallow. Physical analysis resulted of good infiltration and permeability, characteristic of sandy loam soil. Land topograph is flat. Secondly, the chemical factors: hard water (299.26 mg / l), the BOD₅ (7.7 mg / l) and COD (19 mg / l) to simple disinfection and advanced treatments. There is no contamination by chlorides and sulfates, but there is so by nitrates and TSS to exceed its concentration to 50 mg / l and 379 mg / l, respectively. In microbiological analyses, coliform contamination is widespread, with values from 3 to 200 MPN/100ml. This is corroborated by the analysis results reported by Health Network Leoncio Prado, Which indicated the respirated infections and DDA (Acute Diarrheal Diaseases) as principal diaseases.

All information has been compiled in a database using a GIS software and as a result we obtained a map of pollution at three levels: Low Pollution (56.09%), medium (43.44%) and high (0.47%).

The main causes of pollution are: the high water table, presence of latrines above wells drinking water supply and, constant flooding and the presence José Carlos Mariátegui road. Animal husbandry in the near supply wells as herds and sheds, poor sanitation and presence of external agents (fish, inorganic waste).

Given all the natural conditions (environmental conditions) and lifestyle of the Castillo Grande inhabitant contribute to environment deterioration, so we can conclude that water of the Castillo Grande town is contaminated These fore they are' not recommended for human consumption.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

ACON y ASOCIADOS. 1991. Manual descriptivo de la leyenda del mapa de asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica. Convenio MAG/SEPSA. Programa de Zonificación Agropecuaria. Fondo de Preinversión MIDEPLAN/BIB.

ACUARIO DE ATICUS, 2005. El ciclo del nitrógeno. Propiedad intelectual. Argentina, [En línea]: Artículo. (<http://www.acuarioaticus.com.ar/lobasico/ciclonitrogeno.shtml>], documentos, 06 May. 2005).

AENOR, 1997. Environmental Management Certificate. Asociación Española de Normalización y Certificación. ISO 14001. Norma europea EN 45012. Madrid. España.

ALHAIJAR, J. 1989. Gordon detergent formula effect on transport of nutrients to ground water from septic systems. *Fu: Ground water*; 27(2):209-19. 1989.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1994a. Annual book of standards. Determinación de cloruros en agua. Método ASTM D 1125-91.

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1994b. Annual book of standards. Determinación de dureza. Método ASTM D 1126-92.
- APHA, AWWA y WPCF. 2000. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20 th Edition. Washington D.F: APHA 2000: 1-20.
- BOLAÑOS, G.; PÉREZ L. y GARZA, C. 2007. Universidad autónoma de Tamaulipas. [En línea]: Tutoría de Análisis de Agua. (<http://members.tripod.com/Arturobola/dureza.htm>, Journal, Nov. 2007).
- BRYANT, H. y UPADHYAY, U. 1998. Publication of population information program, The Johns Hopkins School of Public Health, 111 Market Place, Suite 310, Baltimore, Maryland 21202-4012, USA Volumen XXVI, Número 1 Septiembre 1998.
- CASTAÑÓN, G. 2003. Ingeniería del riego. Utilización racional del agua. Ed. Spain Paraninfo S.A. 198p.
- CONCYTEC, 1986. Hidrología e hidráulica. III Seminario Nacional de Hidrología. Lima – Perú. 397 p.
- CORDERO, M. 2008. Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, [En línea]: Oaxaca (<http://potabilizacion-del-agua.oaxaka.net/clasificacion-de-las-aguas.html>, documentos, 29 May. 2008).

- COULSON, N.; LOVELADY, N.; FLAMM, O.; SPRADLING, L. y SAUNDERS, M. 1991. "Intelligent geographic information systems for natural resource management". Quantitative methods in landscape Ecology. New York, Springer Verlag. pp. 153-172.
- COYNE, M. 1999. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo. Madrid 397 p.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, R. 1976. Hidrología subterránea. Ed. Omega. Barcelona. 2 vol. 1066 p.
- D'AGOSTINO, M. y CARDINALE, C. 2003. Proyecto social y ambiental. Argentina. 20p. [En línea]: Gota a Gota el agua se Agota, (http://www.gotaagota.net/nuevo/archivos/Contaminacion%20del%20Agua_0.doc, documentos, Nov. 2008).
- DIGESA. 2008. Grupo de estudio técnico ambiental. Abastecimiento de Poblaciones y Uso Recreacional. [En línea]: Digesa (http://www.digesa.minsa.gob.pe/gesta_agua1.asp, documentos, 15 Ago. 2008).
- EL RIEGO. 2008. Todo el riego en Internet. [En línea]: Infiltración. (http://www.elriego.com/informate/abacos/velocidad_infiltracion.htm, documentos, Abr. 2008).
- EPA, 1999. Estándares del reglamento nacional primario del Agua Potable. [En línea]: U.S. Environmental Protection Agency (<http://www.epa.gov/safewater/agua/estandares.htm/>, Journals, Ene. 2007).

- ESPINOZA, E. 2002. Inventario y análisis de pozos de agua subterránea en Castillo Grande y Brisas del Huallaga – Tingo María. Tesis impresa 75 p.
- FAO. 2009. Permeabilidad (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2009. [En línea]:FAO (ftp://ftp.fao.org/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm#top, Journals, 15 Feb. 2009).
- FALLAS, J. 2002. Estimación de la escorrentía media anual para Costa Rica. Universidad Nacional. [En línea]: Una.ac (<http://www.una.ac.cr/ambi/telesig/>, documentos, May. 2002).
- FICHES, S. 2002. Calidad del agua. Selecciones Avícolas, Filières Avicoles: Encarte del N° 641.
- FINDLATER, C.; HOBSON, A. y COOPER, F. 1990. Reed bed treatment systems: Performance evaluation. En: Constructed Wetlands in water Pollution Control. Cooper, P.F. y Findlater, B.C. Editors. Pergamon Press. Great Britain. p 193.
- FONCODES, 1999. Sistema de tratamiento de aguas residuales y disposición de excretas para el área rural. Lima – Perú. 115 p.
- GALDAMES, D. 2000. Fortunecity. Ingeniería Ambiental & Medio Ambiente. [En línea]: Links Ambientales de interés. (<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/medioambiente.html>], documentos, 21 Mar. 2009).

GERMAN, C.; GRACIA, M. y MARCÉN, J. 1998. Riesgos del agua potabilizada. Ponencia Universidad de Zaragoza [En línea]: Congreso Ibérico de Gestión de Aguas (<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n11/ajmar.html>, link, Set. 2008).

GONZÁLEZ, A.; GRILLO, E. y BENÍTEZ, N. 1984 Breve estudio sobre el contenido de nitrato en las aguas subterráneas. Contaminación de aguas subterráneas / Nitratos / Cuba (Matanzas) / **Ub:** INRH-CIDRH/ CEPIS.

INEI. 2005. Avance económico y social. Regional de Huánuco. [En línea]: INEI (<http://www1.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0681/index.htm>., documentos, Set. 2008).

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, EPIDIMIOLOGIA Y MICROBIOLOGIA DE CUBA. 1996. Sistema de abastecimiento de agua. Dra. *Maricel García Melián*, Infanta N° 1158 Cuba, [En línea]: INHEM (<http://www.sld.cu/instituciones/inhem2/curso/clase3.htm>., Journals, 15 Mar. 2008.).

IPET, 1998. Saneamiento salud ambiental. Administración de programas de salud Ambiental. Lima – Perú. 27 p.

JMU. 2004. Instituto Geográfico Agustín Codazzi – Components of a GIS (James Madison University). [En línea]: IGAC (http://www.udabol.edu.bo/biblioteca/arquitectura/arquitectura/si_in_ge.htm#) documentos, May 2003).

LENNTECH. 1998. FAQ de la salud del agua. Lenntech Water treatment & purification Holding B.V. Holanda. [En línea]: Lenntech (<http://www.lenntech.com/home.htm>, documentos, Set. 2008).

LENNTECH. 2008. Agua residual & purificación del aire Holding B.V. Rotterdamseweg 402 M 2629 HH Delft, Holanda, España, México Estados Unidos, Chile, Perú, Argentina [En línea]: Water Treatment Solutions (<http://www.lenntech.com/espanol/sulfatos.htm>, documentos, Ago. 2008).

LEWIS, J.; FOSTER, D. y DRASAR, S. 1986, PNUD; Brazil. Ministerio do Desenvolvimento urbano e medio ambiente. Risco de poluição do lençol freático por sistemas de disposição local de esgotos. Brasília; MDU; 94 p.

LUQUE, J. 1981. Hidrología agrícola aplicada. Editorial Hemisferio Sur S.A. 325 p.

MATEUS, R.D.; SUA, S., y VARGAS, J.C. 2004. Georeferenciación de registros biológicos y gacetero digital de localidades. Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. p 69.

MCGHEE J. 2000. Abastecimiento de agua y alcantarillado. Ingeniería ambiental. Sexta edición. Pág. 169-170.

- MENENDEZ, J. 2008, Tecnología y gestión de recursos hídricos. [En línea]: HIDRITEC (<http://www.hidritec.com/doc-parametros1.htm>), documentos, Jul. 2008).
- MINSA. 2007. Dirección Regional de Salud Huánuco, Red Leoncio Prado, Castillo Grande. (MINISTERIO DE SALUD) ASIS 2007. 94p.
- MINAM. 2008. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 31 de julio. Publicado en EL PERUANO, (2008) Normas Legales 377223. Lima Perú.
- MORENO, J.; COLIN, A. y VAZQUEZ, O. 1992. Remoción de fenoles, detergentes y coliformes presentes. En aguas residuales por medio de irradiación. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química, Toluca, Edo. de México.
- MWD, 2008. Metropolitan water district of southern California. Apariencia, olor y sabor del agua [En línea]: MWD (<http://www.mwd.dsd.ca.us/mwdh20/pages/yourwater/everisthing/spanish/tap01htm>), documentos, Nov. 2008).
- NASA. 2008. Purificando el agua. (National aeronautics and space administration) [En línea]: NASA (<http://education.jsc.nasa.gov/explorers/sp/pdf/p9student.pdf>), documentos, Jul. 2008).

- OMS 1993. Agentes químicos y físicos". Cap 9. Guidelines for drinking water quality. Segunda edición. Volumen 1. Recomendaciones. Ginebra (Organización Mundial de la Salud). [En línea]: CEPIS (<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/normas.html>. documentos, Abr. 2008).
- OMS 1995a. Guías para la calidad de agua potable, Cap. 7. Fundamentos para la Caracterización de las Aguas (Organización Mundial de la Salud). [En línea]: CEPIS (<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/normas.html>. documentos, Abr. 2008).
- OMS 1995b. Temas emergentes relacionados con el agua y las enfermedades infecciosas 19 de septiembre del 2005 (Organización Mundial de la Salud). [En línea]: OMS (http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/, documentos, May. 2008).
- PIMIENTA, J. 1980. La capacitación de aguas subterráneas. Segunda edición, Editores Técnicos Asociados S. A. Barcelona – España. 172 p.
- PELUSO, F.; CAZENAVE, L. y USUNOFF, E. 2004: Análisis real y prospectivo de riesgo sanitario incorporando modelos de transporte de solutos en aguas subterráneas, GeoFocus (Artículos). Nº 4, p. 166-178. ISSN: 1578-5157

- PRO AGUA. 2008. Fuentes de agua de Tarija Potenciado por Joomla Generado, [En línea]: PRO AGUA (<http://www.proagua.org>, documentos, 27 Ago. 2008).
- PROGRAMA IMPACT. 2004 Noticias de información del agua de hoy [En línea]. IMPACT (http://www.tucsonaz.gov/water/docs/0410empnews_s.pdf), documentos, Oct. 2007)
- REFAI, K. 1981. Manuales para la calidad de control de los alimentos 4. Análisis Microbiológico, FAO. Roma.
- RIVERA, F. y CALDERÓN, A. 1993. Tratamiento del agua residual por lechos de raíces. Información Científica y Tecnológica. CONACyT 15(20). pp. 22.
- RIVERA, F.; WARREN, A.; RAMIREZ, E.; DECAMP, O.; BONILLA, P.; GALLEGOS, A.; CALDERON, A. y SANCHEZ, J. 1995. Removal of pathogens from wastewaters by the root zone meted (RZM). WATER Science and Tecnology, 32: 211 – 218.
- RODIER, J. 1981. Análisis de aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega, Barcelona,
- RODRÍGUEZ E. 1998. El uso del cloro en la desinfección del agua Universidad de Puerto Rico, recinto de Río Piedras. Facultad de Ciencias Naturales. Departamento de Matemáticas. 9 p.

- RODRIGUEZ N., ARMENTERAS, D., MORALES, M. y ROMERO, M. 2004. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 155p.
- ROESKE W.; MÜLLER, C. y GÜNZBURG. 2004. Desinfección de agua potable. Un bosquejo de diferentes métodos.
- STANDERS, L. 1998. A manual of Hydrogeology. Prentice-Hall.381 pp.
- TEXEIRA A., MORETTI M. y CHRISTOFOLETTI A. 1992: Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica. Río Claro, UNESP.
- URBIETA J. 1999 La magia de la química-*Allier.Castillo.Fuse*.-Tercer grado- editorial EPSA-Mc Graw Hill-Nueva Edición.
- VÉLEZ, M., VÉLEZ., J. 2002. Unidad de hidráulica. Capítulo 8 Infiltración. Universidad Nacional de Colombia, [En línea]: LTDA. (<http://poseidon.unalmed.edu.co/materias/hidrologia.html>, documentos, Dic. 2008).
- VILLOTA, H. 1992. El sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno. En: Revista CIAF. Vol. 13, No. 1, pp. 55 – 70.
- YÁÑEZ, L.; SORANI, V.; MARTINEZ, L.; BASTIDA, V.; GONZALES, M. y AGUILAR J. 2007. Percepción Remota. [En línea]: UAM (<http://www.google.com.pe/search?hl=es&q=YA%C3%91EZ+-+TRUJILLO+-+SORANI+-+MARTINEZ&btnG=Buscar&meta>, documento, Oct. 2008)

IX. ANEXOS

ANEXO I

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/l	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm ¹⁰⁰	1 500	1 800	**	**	**
D.B.O. ₅	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 6	>= 5	>= 4	>= 5	>= 4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT ⁹⁰	5	100	**	100	**
INORGÁNICOS						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
ORGÁNICOS						
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs						
1,1,1-Tricloroetano -- 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano -- 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Dicloroetano -- 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno -- 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno -- 87-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano -- 127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono -- 56-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano -- 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
BETX						

LAWYER ANDRIAN ALVARADO

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Benceno - 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Etilbenceno - 100-41-4	mg/L	0,3	0,3	**	**	**
Tolueno - 108-88-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xilenos - 1330-20-7	mg/L	0,5	0,5	**	**	**
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno - 50-32-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
Plaguicidas						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	**	**	**
Metamidofós (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paratión	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Organoclorados (COP)*:						
Aldrin - 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrin - 60-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrin - 72-20-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro - 76-44-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	*	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Carbamatos:						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Policloruros Bifenilos Totales (PCBs)						
(PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
Otros						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1 000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0	0	200	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	0	0	Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0	0	0	0
<i>Giardia duodenalis</i>	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad

NMP/100 mL Número más probable en 100 mL

* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

** Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

CATEGORÍA 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1 Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Sub Categoría 2 Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Sub Categoría 3 Otras Actividades (C3)
ORGANOLÉPTICOS				
Hidrocarburos de Petróleo		No Visible	No Visible	No Visible
FISICOQUÍMICOS				
Aceres y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0
DBO ₅	mg/L	**	10,0	10,0
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	≥3	≥2,5
pH	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	**	50,0	70,0
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	**	0,06	0,08
Temperatura	celcius	**delta 3 °C	**delta 3 °C	**delta 3 °C
INORGÁNICOS				
Amoniaco	mg/L	**	0,08	0,21
Arsénico total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cadmio total	mg/L	0,0093	0,0093	0,0093
Cobre total	mg/L	0,0031	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05
Fosfatos (P-PO4)	mg/L	**	0,03 - 0,09	0,1

Anexo 2

Cuadro 2. Enfermedades transmisibles sujetas a vigilancia por grupo etareo y sexo

Enfermedades transmisibles	Femenino	Masculino	Total	%
Resfriado común	2757	2119	4876	51,4
EDA	1794	1276	3070	32,3
Conjuntivitis	661	535	1196	12,6
TBC respiratoria	44	50	94	1,0
Neumonía	31	47	78	0,8
Varicela	33	38	71	0,7
Leishmaniasis	8	18	26	0,3
Dengue clásico	6	15	21	0,2
Otras enfermedades	37	27	58	0,6
TOTAL	5371	4125	9490	100,0

Fuente: MINSA (2007)

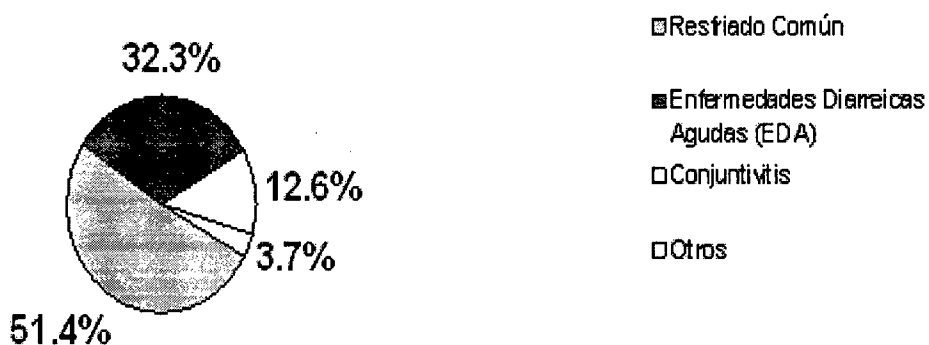


Figura 1. Enfermedades Transmisibles sujetas a vigilancia por grupo etareo y sexo (%)

Anexo 3

Cuadro 3. Morbilidad general por capítulo - grupo etareo y sexo

Tipo de enfermedades por capítulo	Femenino	Masculino	Total	%
Enfermedades del sistema respiratorio	4437	3360	7797	32,6
Ciertas enfermedades infecciosas	3183	1707	4890	20,5
Enfermedades del sistema digestivo	2926	1764	4690	19,6
Enfermedades de la piel	804	660	1464	6,1
Enfermedades del sistema gastrointestinal	858	148	1006	4,2
Enfermedades endocrinas	443	373	816	3,4
Traumatismos, envenenamiento	341	354	695	2,9
Otros	1812	717	2529	10,6
TOTAL	14804	9083	23887	100,0

Fuente: MINSA (2007)

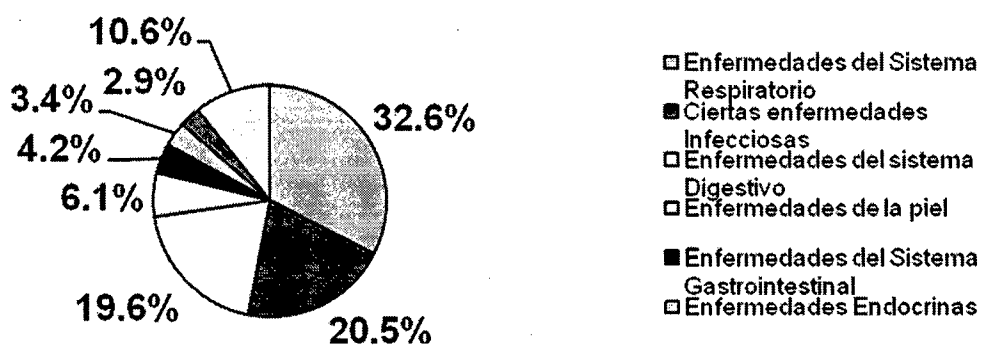


Figura 2. Morbilidad general por capítulo grupo etareo y sexo.

Anexo 4

Cuadro 4. Primeras causas de morbilidad en niños

Enfermedades transmisibles	2003	2004	2005	2006
1 Enfermedades del sistema respiratorio	1917	4006	7712	6836
2 Síndrome febril	1526	76	85	10
3 Enfermedades de la cavidad bucal	916	1250	1951	1091
4 Enfermedad diarreica aguda-EDAS	586	721	2821	932
infecciones de la piel y del tejido				
5 Subcutáneo	2175	478	852	1070
6 Anemia nutricional	75	96	149	638

Fuente: (MINSA, 2007)

Anexo 5



Figura 3. Pruebas de campo para determinar la velocidad de infiltración



Figura 4. Horizontes del suelo del C.P. Castillo Grande. Dos capas texturales, la superior de FrAo, la inferior Ao.



Figura 5. Cilindros muestreadores del Laboratorio de Ingeniería Agrícola de la UNAS, para las pruebas de permeabilidad de los dos horizontes del suelo.



Figura 6. Preparando las muestras del suelo para análisis textural. Dos muestras del primer horizonte.



Figura 7. Niña de 7 años bebiendo agua de pozo sin tratamiento. Junto a ella su madre (Sra. De Saldaña Cárdenas) con sus labores cotidianas a menos de 3 m.



Figura 8. Aguas grises se viertan en la superficie del suelo a junto al pozo de abastecimiento de agua potable.



Figura 9. Presencia de letrinas cercanas a los pozos de agua de consumo doméstico a menos de 5 m.

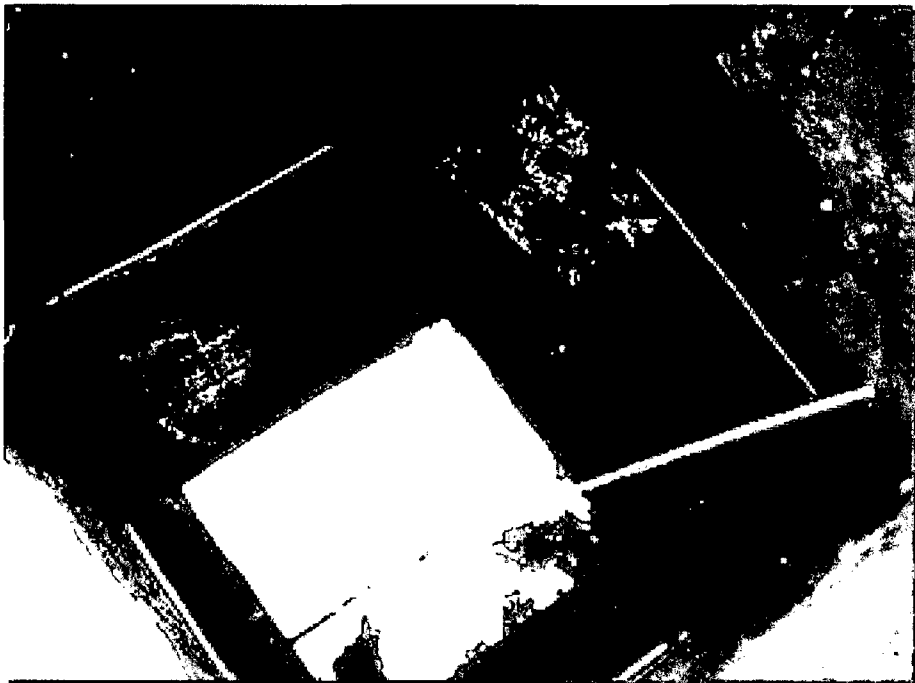


Figura 10. Pozo de abastecimiento de agua potable conteniendo desechos inorgánicos como plásticos y al mismo tiempo utilizado como criadero de peces.

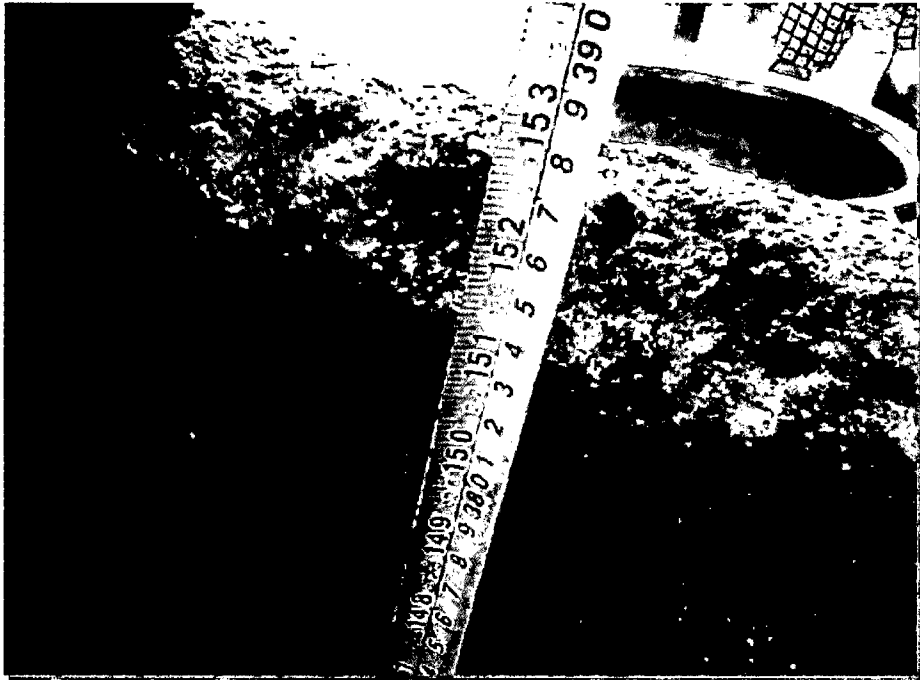


Figura 11. Falta de mantenimiento de los pozos de agua subterránea se ha observado la presencia de moho, algas. No contiene tapa.



Figura 12. Presencia de animales domésticos, basura, inundaciones con aguas negras. Ausencia del servicio de saneamiento básico.

Anexo 6

Ficha de campo para la descripción de la evaluación de muestras e inventario

NUMERO DE MUESTRA.....

FECHA:.....HORA:.....

USUARIO.....SECTOR:.....

REFERENCIA DEL PROPIETARIO SOBRE EL POZO

.....
.....

OTRAS DESCRIPCIONES DEL POZO:

Material de construcción:

Altura de la napa freática

Verano: Invierno:

Profundidad del pozo: Volumen extraído:

Color:
.....

Olor:
.....

Diámetro: Altura nivel del suelo:

Observaciones del investigador:.....
.....

Modalidad de extracción:

Tratamiento por parte del usuario: SI () NO (), que utiliza para desinfectar.

.....

Otras fuentes de agua:

Factores contaminantes cercanos:

Evaluador:

Anexo 7

Calculo del tamaño de la muestra

$$n_{piloto} = 0.04(N)$$

$$Media_{piloto} = \bar{X} = \frac{\sum x_i}{n_o}$$

$$E = 0.05(\bar{X}) \dots\dots\dots \text{Error medio}$$

$$S^2 = \frac{\sum x_i^2 - n\bar{X}^2}{n-1} \dots\dots\dots \text{Desviación estándar}$$

$$n_o = \frac{Z^2 S^2}{E^2} \dots\dots\dots \text{Muestra piloto}$$

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}} \dots\dots\dots \text{Tamaño de muestra}$$

N°	X _i	X _i ²
1	37	1369
2	61	1
3	48	2304
4	25	625
5	3	9
6	32	1024
7	29	841
8	25	625
9	41	1681
10	16	256
11	15	225
12	13	169
13	14	196
14	13	169
15	7	49

Datos muestra piloto

C.P.M. Castillo Grande = 386

Según ESPINOZA (2002) en el Inventario de CPM de Castillo Grande



DIRECCION REGIONAL
DE SALUD

"AÑO DE LAS CUMBRES MUNDIALES EN EL PERU"

REG.: 000322-08-LMAA-DESA HCO



LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE AGUAS

SOLICITANTE : RED DE SALUD LEONCIO PRADO
LOCALIDAD : VARIOS
DISTRITO : DANIEL ALOMIA ROBLES
PROVINCIA : LEONCIO PRADO
DEPARTAMENTO: HUANUCO

FECHA DE MUESTREO: 20-10-08 HORA: 15:15
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 20-10-08 HORA: 19:30
MUESTRA TOMADA POR: NORMA CONTRERAS ORIGEN DE LA FUENTE: Manantial
LUGAR DE RECOLECCION DE LAS MUESTRAS: VARIOS
PRESERVADA: SI () NO (X)

No	NOMBRE DE LA FUENTE Y PUNTO DE MUESTREO	COLIFORMES TOTALES UFC/100ml	COLIFORMES FECALES UFC/100ml
M-1060	SAN PABLO-CAPTACION-QUEBRADA	43	15
M-1061	SAN PABLO-RESERVORIO	21	12
M-1062	SAN PABLO-PILETA PUBLICA	76	32
M-1063	BELLA-CAPTACION	56	50
M-1064	BELLA-RESERVORIO	98	23
M-1065	BELLA-RED DE DISTRIBUCION	80	54
M-1066	LOS LAURELES-CAPTACION	34	11
M-1067	LOS LAURELES-RESERVORIO	76	29
M-1068	LOS LAURELES-RED DE DISTRIBUCION	31	9
M-1069	MONZON BOCATOMA	54	11
M-1070	MONZON RESERVORJO	34	10
M-1071	MONZON VIVIENDA	21	9
M-1072	SAN BENITO-BOCATOMA	84	11
M-1073	SAN BENITO-RESERVORJO	49	12
M-1074	SAN BENITO-VIVIENDA	21	8
M-1075	PISTA LOLI-BOCATOMA	20	2
M-1076	PISTA LOLI-RESERVORIO	34	11
M-1077	PISTA LOLI VIVIENDA	10	10

MINISTERIO DE SALUD
DIRECCION REGIONAL DE SALUD - HUANUCO

OBSERVACION: AGUA ESTUDIADA EN M-1060 AL M-1077: NO SON APTAS PARA CONSUMO HUMANO

José Luis Abanto Alvarez
BIÓLOGO ENCARGADO DE ENTUBOS DE AGUA, 23 DE OCTUBRE DEL 2008

BIOLOGO MICROBIÓLOGO JOSE LUIS ABANTO ALVAREZ
ENCARGADO DEL LABORATORIO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS DE AGUAS Y ALIMENTOS
CBP 4020

DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

Jr. Dámaso Beraún N° 1017 ☎ (064) 513410-513380-517521 Fax (064) 513261



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Laboratorio de Ingeniería Agrícola

Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (064)582341 Fax (064)581158 Aptdo. 156 Calle Aicabas No. 337 Urb. Las Gardenias - Gurzo Telefax 012-754812 Lima

CONSTANCIA

El Jefe del Laboratorio de Ingeniería Agrícola, hace *constar* que los resultados obtenidos para el proyecto de aguas subterráneas (Tesis – CIUNAS), se desarrollaron satisfactoriamente, en lo concerniente a Velocidad de Infiltración y Permeabilidad, Cuyos resultados son:

Muestra pozo N°	Permeabilidad (m/día)		Velocidad de Infiltración (mm/h)	
	1 ^{er} Hz**	2 ^{do} Hz	1 ^{er} Hz	2 ^{do} Hz
1	0.312	0.600	9.52	21.17
2	0.288	0.600	8.86	22.32
3	0.312	0.600	8.02	26.13
4	0.288	0.600	8.22	23.88
5	0.240	0.312	10.62	32.45
6	0.287	0.850	7.96	22.32
7	0.312	0.600	8.12	24.15
8	0.314	0.720	9.88	25.00
9	0.300	0.800	10.16	20.88
10	0.298	0.512	10.00	23.88
μ	0.295	0.619	9.14	24.22

Se expide la siguiente constancia para que el interesado estime conveniente.

Tingo María, Marzo del 2008.

Ing. Luis Lechuga Pardo
Jefe del Laboratorio de Ingeniería Agrícola FA-UNAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARÍA

FACULTAD DE R.N.R.
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA - UNAS

CONSTANCIA


El suscrito hace constar que el Ing. Henry Dante Sánchez Díaz, ha desarrollado los análisis microbiológicos de las aguas de pozo del Centro Poblado Castillo Grande, con fines de Investigación, concernientes a Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Mohos y Levaduras, DBO5 y DQO. Cuyos resultados son:

Pozo N°	Coliformes Totales		Coliformes Fecales		Mohos y Levaduras	
	NMP/100ml (Jun)	NMP/100ml (Dic)	NMP/100ml (Jun)	NMP/100ml (Dic)	10 ² /ml (Jun)	10 ² /ml (Dic)
1	11	4	<3	4	1	2
2	4	<3	<3	<3	0	4
3	14	4	<3	4	0	1
4	200	5	<3	4	0	2
5	20	<3	<3	7	1	3
6	16	<3	<3	4	0	3
7	4	<3	<3	4	1	3
8	5	<3	<3	5	1	2
9	23	4	<3	8	0	4
10	<3	<3	<3	7	1	1

Se expide la presente constancia para los fines que el interesado estime conveniente.

Tingo María, 20 de diciembre 2007




Blgo. M.Sc. Luis Vivar Luque
Jefe del Laboratorio de Microbiología



CONSTANCIA

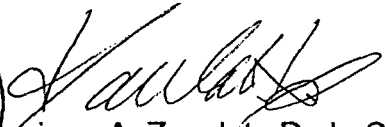
EL QUE SUSCRIBE, JEFE ENCARGADO DEL ALBORATORIO DE QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, HACE CONSTAR QUE :

El Ing. HENRY DANTE SANCHEZ DIAZ, ha realizado sus análisis químicos concernientes en : pH, dureza, sólidos totales, cloruros y fosfatos; de agua de pozo, del Centro Poblado CASTILLO GRANDE, en el año 2007.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Tingo María, 19 de noviembre de 2009




Lauriano A. Zavaleta De la Cruz
Jefe (e) Lab. Química - UNAS

Anexo 11

Cuadro 5. Resumen del inventario de recursos hídricos subterráneos

Uso		Material		Color				Olor			Extracción		Tratamiento	
Domestico	Limpieza	Concreto	Tierra	Claro	Oscuro	Amarillo	Verdoso	Normal	Guardado	Podrido	Balde	Motobomba	Si	No
362	24	374	12	337	29	6	14	369	11	6	356	30	318	68

Fuente: ESPINOZA (2002).

Anexo 12.

Cuadro 6. Normas de calidad del agua para el consumo desde el punto de vista bacteriológico en América Latina.

Parámetro	Unidad	OMS	Argentina	Bolivia	Brasil	Guatemala	Nicaragua	Perú
Año		1995	1994	1997	1990	1998	1994	1999
Origen		Valores agua	Código alimentario	IBNORCA NB512	Portaria 36 -GM	NGO 29001	CAPRE	DIGESA
Microbiológico								
Coli. Fecales o E. Coli	UFC/100 ml.	0	0	0	0	< 2.2	0	0
Coliformes totales	UFC/100 ml.	0	£3	0	0	< 2.2	£4	0
Bac. Heterotróficas	UFC/ml.	-	-	-	-	-	-	500
Químicos de importancia para la salud								
Inorgánicos								
Antimonio	mg/l	0.005	-	0.05	-	-	0.05	0.005
Arsénico	mg/l	0.01	0.005	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05
Bario	mg/l	0.7	-	1	1	1	-	1
Boro	mg/l	0.3	-	-	-	1	-	-
Cadmio	mg/l	0.003	0.005	0.005	0.005	0.01	0.05	0.005
Cianuro	mg/l	0.07	0.1	0.02	0.1	0.05	0.05	0.05
0.07Cobre	mg/l	2	1	0.05	1	1.5	2	1
Cromo	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fluoruro	mg/l	1.5	1.7	1.5	variable	1.7	1.5	1.5
Manganeso	mg/l	0.5	0.1	0.3	0.1	0.5	0.5	0.5
Mercurio	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
Molibdeno	mg/l	0.07	-	-	-	-	-	-
Níquel	mg/l	0.02	-	0.05	-	0.02	0.05	0.05
Nitrato	mg/l	50	45	-	10	45	50	10
Nitrito	mg/l	3	0.1	0.05	-	0.01	1	0.9
Plomo	mg/l	0.01	0.05	0.01	0.05	0.1	0.01	0.05
Selenio	mg/l	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Desinfectantes y productos secundarios								
Monocloramina	mg/l	3	-	-	-	-	4	-
Cloro aplicado	mg/l	5	-	-	-	-	5	-
Cloro residual	mg/l	-	0.2	-	0.2	1	0.5	-
Sustancias que pueden producir en los usuarios								
Color	UCV	15	5	15	5	50	15	15
Olor	Varias	s/n	s/n	-	No obj.	No rechaz.	25°	Acept.
Sabor	Varias	-	s/n	-	No obj.	No rechaz.	25°	Acept.
Turbidez	UNT	5	3	5	1	25	5	3
Temperatura	°C	-	-	-	-	34	30	-
Conductividad	m S/cm	-	-	-	-	-	400	1500
Aluminio	mg/l	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
Amoniaco	mg/l	1.5	0.2	0.05	-	-	0.5	0.05
Cloruro	mg/l	250	350	250	250	600	250	400
Dureza	mg/l	-	400	500	500	500	400	500
Calcio	mg/l	-	-	200	-	200	100	-
Magnesio	mg/l	-	-	150	-	150	50	-
Hierro	mg/l	0.3	0.3	0.3	0.3	1	0.3	0.3
pH	unidad	-	8.5	8.5	8.5	9.2	8.5	8.5
Sólidos disueltos totales	mg/l	1000	1500	1000	1000	1500	1000	-

Fuente: OMS (1995)