



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
SUBTERRÁNEA EN EL CENTRO POBLADO MENOR LA
LIBERTAD, DISTRITO DE SAN RAFAEL, PROVINCIA DE
BELLAVISTA, REGIÓN SAN MARTÍN – PERÚ”**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER SCIENTIAE
EN GESTIÓN AMBIENTAL

Ing. ABEL CHONG RENGIFO

TARAPOTO-PERÚ

DICIEMBRE-2010

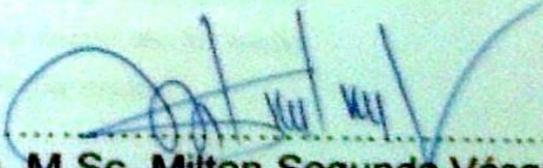
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
TARAPOTO
ESCUELA DE POSGRADO
SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA



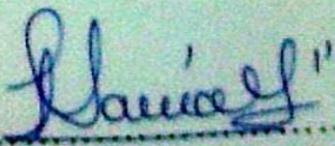
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
SUBTERRÁNEA EN EL CENTRO POBLADO MENOR LA
LIBERTAD, DISTRITO DE SAN RAFAEL, PROVINCIA DE
BELLAVISTA, REGIÓN SAN MARTÍN - PERÚ”

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR

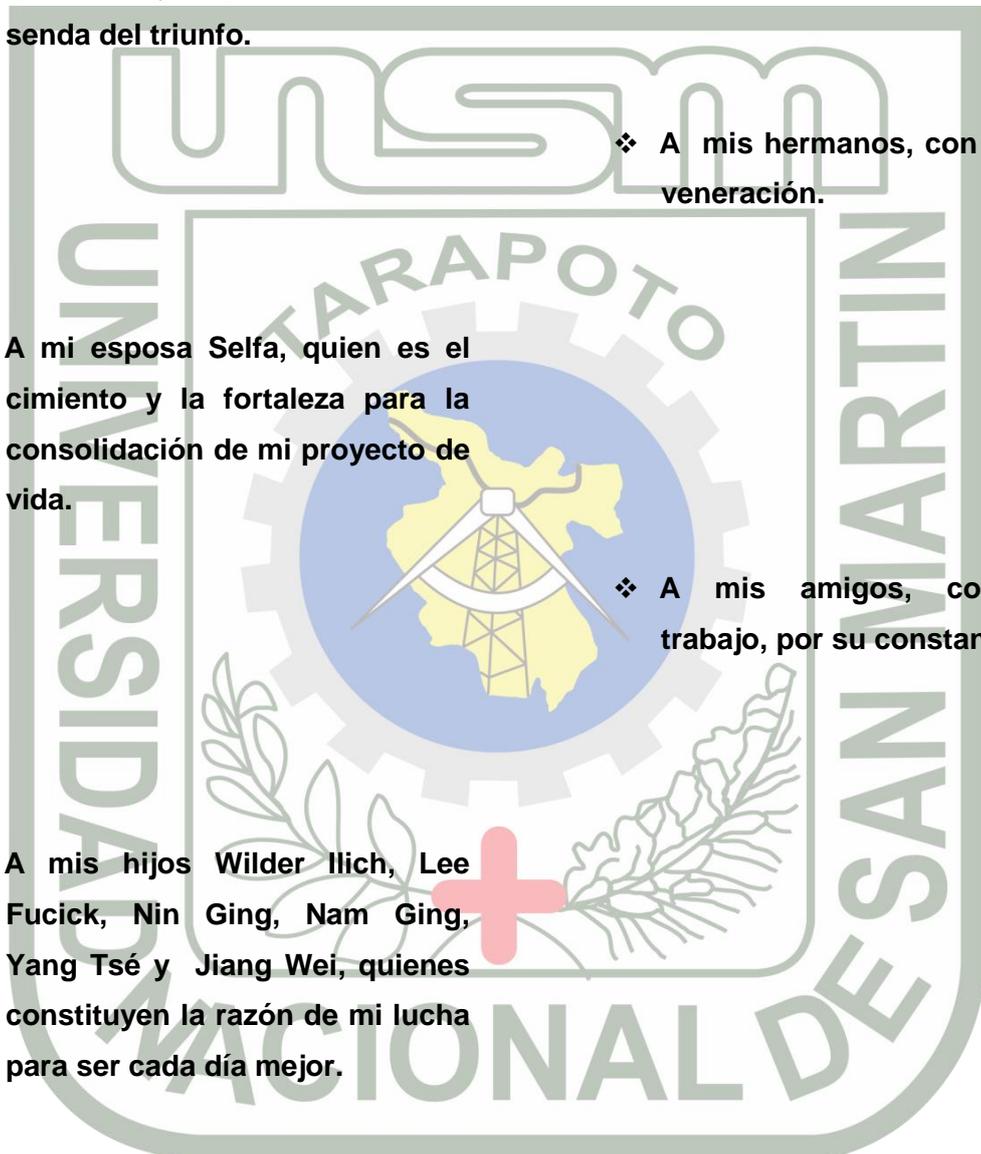

.....
Ing. M.Sc. Milton Segundo Vásquez Ruíz
PRESIDENTE


.....
Ing. M.Sc. Jaime Guillermo Guerrero Marina
SECRETARIO


.....
Ing. M.Sc. Patricia Elena García Gonzáles
VOCAL

DEDICATORIA

- ❖ A mis padres Benjamín y Rosa, quienes me guiaron con humildad y sapiencia hacia la senda del triunfo.
- ❖ A mis hermanos, con gratitud y veneración.
- ❖ A mi esposa Selfa, quien es el cimiento y la fortaleza para la consolidación de mi proyecto de vida.
- ❖ A mis amigos, colegas de trabajo, por su constante aliento.
- ❖ A mis hijos Wilder Ilich, Lee Fucick, Nin Ging, Nam Ging, Yang Tsé y Jiang Wei, quienes constituyen la razón de mi lucha para ser cada día mejor.



AGRADECIMIENTOS

- Al Mblgo. M.Sc. Heriberto Arévalo Ramírez, por su valioso asesoramiento en la presente tesis
- A los habitantes del Centro Poblado Menor La Libertad, por su apoyo mediante las facilidades prestadas.
- Al los responsables del Laboratorio de Referencia Regional del Ministerio de Salud San Martín, en especial a la bióloga Delia Portella Melgarejo, por su apoyo en los análisis Bacteriológicos y Físico-Químicos.
- Al Licenciado Velarde Pezo Perea, por facilitarme los resultados de análisis de suelos del Centro Poblado Menor La Libertad.



RESUMEN

La salubridad humana es una de las principales preocupaciones del hombre, dadas las consecuencias negativas que su descuido acarrea; en este contexto es que las sociedades en su conjunto suman capacidades para realizar un seguimiento a la calidad de las fuentes de agua para consumo humano, logrando, en muchas ocasiones, revertir en forma oportuna, las consecuencias contraproducentes, mediante acciones precisas que conllevaron ingentes esfuerzos humanos y económicos. Sin embargo, existen lugares donde esta salubridad no es prioridad, como suele suceder en las comunidades alejadas de la metrópoli.

Es en estas circunstancias, reconociendo las carencias del C.P.M. La Libertad, que tomamos la decisión de determinar y evaluar la calidad del agua subterránea que consumen, ya que es la única fuente de abastecimiento que les provee del líquido elemento, mediante la red de distribución o directamente del pozo.

Se presumió que el agua del lugar estaba contaminada por residuos fecales que ingresaban al torrente por lixiviación, percolación o directamente, principalmente debido a la cercanía de los silos con los pozos de agua subterránea.- Por esta razón se procedió a realizar las siguientes actividades:

- a) Recojo de 3 muestras de agua de pozo y 3 de la red de distribución en dos oportunidades durante un año, para analizarlas y compararlas mediante exámenes microbiológicos y físico-químicos, cuya metodología estuvo de acuerdo al **“Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21th edition, 2005 (APHA, AWWA, WPCF) “**.
- b) Evaluación del grado de permeabilidad del suelo del C.P.M. para determinar la facilidad o dificultad de drenaje que tiene este suelo y así correlacionar con la rapidez o demora de contaminarse el agua subterránea vía infiltraciones. La metodología de ensayos para determinar el tipo de suelo estuvo de acuerdo al NTP 339. 128 ASTM - D 422 para análisis granulométrico y la NTP 339. 134 ASTM - D 2487 de Clasificación de Suelos, Sistema SUCS
- c) Evaluación de la tasa de morbilidad de este C.P.M. durante los años 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008 referente a las enfermedades que son ocasionadas principalmente por el consumo de agua contaminada por residuos fecales. Datos que fueron facilitados por la Dirección Regional de Salud-San Martín.

De los resultados obtenidos se pudo concluir que las aguas del C.P.M. no son aptas para el consumo humano, por encontrarse contaminadas a través de residuos fecales. También se pudo determinar que el suelo de esta comunidad es granular, de alto coeficiente de

permeabilidad, lo que nos llevó a colegir, que por tal motivo los residuos fecales llegan más fácilmente al torrente por infiltración.

Respecto a la tasa de morbilidad, se verificó que cada año se van incrementando las enfermedades producidas principalmente por el consumo de aguas contaminadas por residuos fecales, lo que nos puso en alerta, ya que este resultado es la consecuencia del descuido en que se vive en dicho C.P.M.

Finalmente, se debe poner énfasis en el tratamiento primario de estas aguas mediante cloro residual, haciendo un monitoreo constante de su calidad, ya que éste es un agente químico muy eficaz para eliminar bacterias termotolerantes, principales causantes de las enfermedades presentadas en las tasas de morbilidad.- Además, es pertinente advertir a los pobladores, que el agua, antes de ser consumida, debe ser hervida.



SUMMARY

The human health is one of the major concerns of man, due to the negative consequences that its neglect brings, in this context, the society as a whole add capabilities to monitor the quality of water sources for human consumption, obtaining in many cases that the counterproductive consequences can be reversed in a timely manner through specific actions that entail enormous human and economic efforts. However, there are places where the sanitation is not a priority, as often happens in remote communities of the metropolis.

It is in these circumstances, recognizing the shortcomings of CPM La Libertad that we took the determination to establish and evaluate the quality of groundwater they consume, since it is the only source of supply which provides the fluid element through the distribution network or directly from the well.

It was assumed that the local water was contaminated by fecal waste that entered to the stream through leaching, percolation or directly, mainly due to the proximity of the silos with groundwater wells. - For this reason, we proceeded to perform the following activities:

- a) Pick 3 samples of well water and 3 of the distribution network twice a year to analyze and compare them using microbiological and physical-chemical tests, whose methodology was according to **"Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21th edition, 2005 (APHA, AWWA, WPCF)."**
- b) Evaluation of the permeability degree in CPM soil in order to determine the ease or difficulty of soil drainage and thus correlate with the speed or delay of contaminated groundwater via infiltration. The test methodology to determine the soil type was according to the NTP was 339. 128 ASTM - D 422 for sieve analysis and the NTP 339. 134 ASTM - D 2487 of Soil Classification, SUCS System.
- c) Evaluation of the morbidity rate of the CPM during the years 2004, 2005, 2006, 2007 and 2008 relating to diseases that are caused primarily by the consumption of contaminated water by fecal waste. Data that were provided by the Regional Health Authority-San Martín.

It was concluded from the results that the water of the CPM is not suitable for human consumption because it was contaminated by fecal waste. It was also determined that the

soil of this community is granular, with high permeability coefficient, which led us to infer, that, therefore, fecal wastes easily reach the stream via infiltration.

Regarding the morbidity rate, it was verified that diseases caused primarily by the consumption of water contaminated by fecal waste are increasing each year , which alerted us, this result is consequence of neglect that exists in that CPM.

Finally, emphasis should be placed in the primary treatment of this water through residual chlorine with constant monitoring of its quality, since this is a very effective chemical agent to eliminate thermo tolerant bacteria, main causes of the diseases presented in the morbidity .- It is also pertinent to warn people that water need to be boiled before consuming.



ÍNDICE DE CONTENIDO

Pág.

CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivos.....	2
1.1.1	General.....	2
1.1.2	Específicos.....	2

CAPÍTULO II

2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1.	El agua como recurso de derecho humano.....	4
2.2.	Calidad de vida en relación al derecho de contar con agua de calidad.....	6
2.3.	Efectos en la salud por el consumo de agua contaminada.....	7
2.4.	Tratamientos del agua para consumo humano.....	8
2.5.	Normativa legal respecto a la calidad del agua y/o uso del agua.....	9
2.5.1	Constitución Política del Perú de 1993.....	9
2.5.2	Ley General del Ambiente N° 28611.....	10
2.5.3	Ley Marco para el crecimiento de la Inversión Privada D.L N° 757....	11
2.5.4	Ley Orgánica de Gobiernos Regionales Ley N° 27867.....	11
2.5.5	Ley Orgánica de Municipalidades Ley N° 27972.....	11
2.5.6	Ley General de Salud D.L. N° 26842.....	12
2.5.7	Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.....	12
2.5.8	Ley de Recursos Hídricos N° 29338.....	13
2.6.	Parámetros de evaluación del agua para consumo, límites máximos y mínimos permisibles.....	14
2.7.	Resultados de investigaciones anteriores o similares a nivel Internacional, Nacional y/o Regional.....	16

CAPÍTULO III

3.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1.	Localización geográfica.....	17
3.2.	Descripción de la zona de estudio.....	18
3.3.	Características edafoclimáticas y/o fisiográficas de la zona.....	18
3.4.	Materiales y equipos.....	20
3.4.1.	Materiales.....	20
3.4.2.	Equipos.....	20
3.5.	Método.....	20
3.5.1.	Tipo de investigación.....	20

3.5.2.	Diseño de investigación.....	20
3.5.3.	Método de análisis de datos.....	21
3.5.3.1.	Fuentes de información.....	21
3.5.3.2.	Población y muestra.....	21
3.5.4.	Muestreo.....	22
3.5.4.1.	Método de análisis bacteriológico.....	27
3.5.4.2.	Análisis físico químico.....	31
3.5.4.3.	Análisis de suelos.....	40
3.5.4.3.1.	Nomenclatura SUCS.....	40
3.5.4.3.2.	Ensayos Standard.....	41
3.6.	Materia prima.....	45
CAPÍTULO IV		
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	46
4.1.	Exámenes bacteriológicos.....	46
4.2.	Exámenes físico-químicos.....	50
4.3.	Examen de suelos.....	60
4.4.	Morbilidad C.P.M. La Libertad.....	62
CAPÍTULO V		
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
5.1.	Conclusiones.....	64
5.1.1.	Microbiológico del agua.....	64
5.1.2.	Físico-químico del agua.....	64
5.1.3.	Morbilidad respecto del agua.....	65
5.1.4.	Suelo respecto a la permeabilidad.....	66
5.2.	Recomendaciones.....	66
5.2.1.	Inmediatas.....	66
5.2.2.	Mediano plazo.....	67
CAPÍTULO VI		
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	68
CAPÍTULO VII		
7.	ANEXOS.....	71
	ANEXO N° 01: Resultados de análisis bacteriológicos	71
	ANEXO N° 02: Resultados de análisis físico-químicos.....	72
	ANEXO N° 03: Resultados de tipos de suelos C.P.M. La Libertad.....	72
	ANEXO N° 04: Permeabilidad según el tipo de suelo.....	77
	ANEXO N° 05: Abertura real de tamices para análisis granulométrico.....	77

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01: Relación entre el volumen de agua y el número de habitantes, expresados en % en los continentes	5
Cuadro 02: Enfermedades transmitidas por la contaminación del agua.....	8
Cuadro 03: Límites máximos permisibles para aguas de consumo poblacional y recreacional, parámetros físico-químicos y microbiológicos.....	14
Cuadro 04: Límite máximo permisible de alcalinidad para aguas de consumo poblacional.....	15
Cuadro 05: Límite máximo permisible de cloro para aguas de consumo poblacional.....	15
Cuadro 06: Límite máximo permisible de parámetro microbiológico para agua de consumo poblacional y recreacional.....	15
Cuadro 07: Frecuencia de muestras y número de muestras en redes de distribución.....	21
Cuadro 08: Lectura de turbidez.....	34
Cuadro 09: Alícuotas de acuerdo al % de dilución	37
Cuadro 10: Clasificación de suelos SUCS.....	44



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Mapa de ubicación de la zona en estudio	17
Figura 02: Vista satelital del C.P.M. La Libertad	18
Figura 03: Mapa geológico de la zona en estudio.....	19
Figura 04: Plano urbano C.P.M. La Libertad	23
Figura 05: Envases de vidrio esterilizados y cooler	23
Figura 06: Reservorio de 60,000 litros	24
Figura 07: Obtención de muestras por tesista.....	24
Figura 08: Muestras de agua de pozo artesiano	25
Figura 09: Muestras de agua de reservorio	25
Figura 10: Ficha de encuesta de asistencia al Centro de Salud.....	26
Figura 11: Calicata y napa freática en el C.P.M. La Libertad	27
Figura 12: Exámenes bacteriológicos de aguas de pozos artesianos, de muestras recogidas el 07-07-2009.....	46
Figura 13: Exámenes bacteriológicos de aguas de reservorio, de muestras recogidas el 07-07-2009.....	47
Figura 14: Exámenes bacteriológicos de aguas de pozos artesianos, de muestras recogidas el 20-08-2009.....	48
Figura 15: Exámenes bacteriológicos de aguas de pozos artesianos, de muestras recogidas el 20-08-2009.....	49
Figura 16: pH de muestras recogidas el 07-07-2009.....	50
Figura 17: pH de muestras recogidas el 20-08-2009.....	51
Figura 18: Cloro residual de muestras recogidas el 07-07-2009.....	52
Figura 19: Cloro residual de muestras recogidas el 20-08-2009.....	53
Figura 20: Alcalinidad de muestras recogidas el 07-07-2009.....	54
Figura 21: Alcalinidad de muestras recogidas el 20-08-2009.....	55
Figura 22: Dureza Total de muestras recogidas el 07-07-2009.....	56
Figura 23: Dureza Total de muestras recogidas el 20-08-2009.....	57
Figura 24: Turbiedad de muestras recogidas el 07-07-2009.....	58
Figura 25: Turbiedad de muestras recogidas el 20-08-2009.....	59
Figura 26: Demanda bioquímica de oxígeno de muestras recogidas el 26-07-2010.....	60
Figura 27: Ubicación de calicatas en el C.P.M. para el perfil estratigráfico.....	61
Figura 28: Perfil estratigráfico C.P.M. La Libertad.....	62
Figura 29: Evolución de la tasa de morbilidad desde el año 2004 al 2008.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS

ACOPAGRO	= Cooperativa Agraria Cacaotera
AWWA	= American Water Works Association
APHA	= American Public Health Association
ASSHTO	= American Association of State Highway Officials
A.S.T.M	= American Society for Testing and Materials
Ca	= Calcio
CaCl ₂	= Cloruro de calcio
CaCO ₃	= Carbonato de calcio
CDESC	= Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales
CL	= Caldo lactosado
CLT	= Caldo lauril triptosa
CLVBB	= Caldo lactosado verde brillante bilis
CO ₃	= Trióxido de carbono
CPM	= Centro Poblado Menor
CPV	= Censo de Población y Vivienda
DBO	= Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	= Demanda Química de Oxígeno
DIGESA	= Dirección General de Salud Ambiental
DPD #1	= N-N'dietil para-feniléndiamina
EC	= Escherichia coli
ECA	= Estándares de Calidad Ambiental
EDTA	= Ácido Etilen Diamino Tetraacético
EE.UU	= Estados Unidos de Norte América
EIRL	= Empresa Individual de Responsabilidad Limitada
FeCl ₃ .6H ₂ O	= Cloruro férrico
°C	= Grados centígrados
H ₂ SO ₄	= Ácido sulfúrico
HCO ₃	= Bicarbonato
INEI	= Instituto Nacional de Estadística e Informática
INGEMMET	= Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
KH ₂ PO ₄	= Fosfato monopotásico.
LMP	= Límite Máximo Permitido
Mg	= Magnesio
MgSO ₄ .7H ₂ O	= Sulfato de magnesio
MINAM	= Ministerio del Ambiente

Na ₂ SO ₃	= Sulfito de sodio
Na ₂ HPO ₄ ·7H ₂ O	= Fosfato hisódico heptahidratado,
NaOH	= Hidróxido de sodio
NET	= Negro de ericromo T
NH ₄ Cl	= Cloruro de monio
NMP	= Número más robable
NTP	= Norma Técnica Peruana
OD	= Oxígeno disuelto
OH	= Hidroxibenceno
OMS	= Organización Mundial de la Salud
ONU	= Organización de las Naciones Unidas
PNUMA	= Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
pH	= Potencial de hidrógeno
PIDESC	= Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales
Qh-C	= Depósito holoceno coluvial
R2A	= Anticuerpo monoclonal anti-Hb1c humana
SARS	= Síndrome Agudo de Respiración Severo
SCP	= Suero control positivo
SUCS	= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TCSC	= Tejido celular subcutáneo.
WEF	= World Economic Forum
WPCF	= Water Pollution Control Facility
UCV	= Unidad de color verdadero
UFC	= Unidad Formadora de Colonias
UNT	= Unidad Nefelométrica de Turbiedad
UNESCO	= Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es el constituyente vital para la humanidad, por tanto debe cuidarse, mantenerse y protegerse para la supervivencia de la especie, procurando en lo posible evitar carencias a las futuras generaciones. La salubridad humana viene acompañada de los servicios de agua de calidad y es así que se ha convertido en una de las principales preocupaciones del hombre. Su descuido ha hecho que devenga en lamentables consecuencias.

Las enfermedades que se propagan por el agua contaminada emanada de residuos fecales son agentes patógenos biológicos, antes que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Generalmente, estos agentes patógenos son microorganismos que se transmiten en las heces excretadas por humanos infectados o por animales, básicamente domésticos. De modo que estas enfermedades se contraen al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por aquellas heces.

Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchas variedades de microorganismos, tales como: bacterias, virus, protozoos y, helmintos (lombrices) de diferentes tamaños, estructura y composición. Estos agentes patógenos producen disentería (diarrea sangrante), fiebres altas, convulsiones, fiebre tifoidea, salmonelosis, cólera, etc., trayendo como consecuencia un bajo nivel de vida y escaso desarrollo para los niños y adultos de la comunidad que lo padecen.

ANGULO, (2009), indica que, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2003), las enfermedades transmitidas por el agua, causan el 80% de las enfermedades y muertes que se producen en los países en desarrollo y provocan la muerte de un niño cada ocho segundos. La mitad de las camas de hospitales del mundo, están ocupadas por gente que padece enfermedades transmitidas por el agua. Las cifras son dramáticas: cada año, 2,2 millones de habitantes de países subdesarrollados (la mayoría menores de edad) mueren por enfermedades asociadas a la falta de acceso al agua potable, inadecuada salubridad y la precaria higiene; esto significa que, diariamente, 6.000 niños y niñas mueren por estas razones. Las enfermedades y defunciones relacionadas con las aguas costeras contaminadas cuestan a la economía mundial, por sí solas 16.000 millones de dólares por año.

Actualmente el Centro Poblado Menor La Libertad, cuenta con agua de la red que es extraída de un pozo de agua y llevado a un tanque elevado de 60,000 litros, para luego ser distribuida a los pobladores mediante la tubería de distribución, previo tratamiento con cloro

granulado en una proporción de 400 g/60,000 litros, según indica el encargado del agua, Sr. Noel Rojas. El suministro es desde las 06:00 horas hasta las 08:00 horas y de 18:00 horas hasta las 20:00 horas.

Asimismo, la falta de desagüe en este C.P.M. hace que los pobladores realicen sus defecaciones en silos que excavan en el interior de sus terrenos, y que éstos, a su vez, se encuentran muy cerca de los pozos de agua; lo que nos hizo presumir que existe una contaminación por residuos fecales; en este contexto es que los pobladores del Centro Poblado Menor La Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista, departamento de San Martín-Perú, necesitaban conocer la calidad del agua subterránea que consumen, ya que en estos momentos es la única fuente que les provee, mediante la red de distribución o directamente del pozo que tienen en el interior de sus hogares.

En tal sentido, partimos de la hipótesis de que la calidad del agua subterránea en el Centro Poblado Menor La Libertad no cumple los requisitos microbiológicos, ni físico-químicos, debido a la contaminación con residuos fecales y otros que llegan a su torrente por lixiviación, percolación o directamente.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. General

- Evaluar la calidad del agua subterránea en el Centro Poblado Menor La Libertad

1.1.2. Específicos

- Determinar la calidad microbiológica del agua de pozo y de la red de distribución del Centro Poblado Menor La Libertad.
- Determinar la calidad físico-químico del agua de pozo y de la red de distribución del Centro Poblado Menor La Libertad.
- Evaluar el grado de permeabilidad del suelo del C.P.M.
- Evaluar la tasa de morbilidad de la población del C.P.M. vinculado directamente con el consumo de agua.
- Proponer alternativas de mejora en la calidad del agua, que se encuentre contaminada.
- Proponer alternativas de mejora de abastecimiento en tiempos de cambios climáticos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. El agua como recurso de derecho humano

Después del oxígeno, la substancia más importante para la vida humana es el agua dulce. Sin estos elementos los seres humanos no pueden sobrevivir más de tres días. El agua representa el 67% del peso del cuerpo humano y el 90% del volumen corporal.

ANGULO, (2009), indica que según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2003), el agua cubre el 75% de la superficie terrestre; el 97,5% del agua es salada, sólo el 2,5% es dulce. Los casquetes de hielo y los glaciares contienen el 74% del agua dulce del mundo. La mayor parte del resto se encuentra en las profundidades de la tierra o encapsulada en la tierra en forma de humedad. Sólo el 0,3% del agua dulce del mundo se encuentra en los ríos y lagos. Para uso humano se puede acceder al menos, del 1% del agua dulce superficial y subterránea del planeta. En 25 años, es posible que la mitad de la población del mundo, tenga dificultades para encontrar agua dulce en cantidades suficientes para consumo y para riego. En la actualidad, más de 80 países, (el 40% de la población mundial), sufren una escasez grave de agua. Las condiciones pueden llegar a empeorar en los próximos 50 años, a medida que aumente la población y que el calentamiento mundial perturbe los regímenes de precipitaciones. Un tercio de la población mundial vive en zonas con escasez de agua, en las que el consumo supera el abastecimiento. Desde 1950, se ha triplicado con creces el uso del agua en el mundo. Durante los últimos 25 años, la disponibilidad de agua en el mundo disminuyó un 50%. Si continúa la tendencia actual, en los próximos 20 años, los seres humanos utilizarán un 40% más de agua que en la actualidad. Según proyecciones, para el año 2025, se predice que 3,500 millones de personas (casi la mitad de la población total), sufrirán problemas con el agua. Asimismo, la cantidad de gente que vive en países con estrés por falta de agua, se incrementará de 470 millones actuales a 3.000 millones en el año 2025. Es preciso remarcar que la mayor parte de esa gente vive en países subdesarrollados. Para lograr los objetivos de suministro de agua dulce, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), asegura que utilizará la campaña de una década de duración para llamar a los gobiernos a cumplir con las promesas realizadas en la Cumbre del Milenio del año 2000, donde los líderes prometieron reducir el número de personas que carecen de acceso de agua potable para el año 2015. Para ello habrá que abastecer de agua a 1.500 millones de personas más en África, Asia, América Latina y el Caribe. Casi 200 millones de personas en África sufren una

grave escasez de agua. En el 2025, aproximadamente 230 millones de africanos tendrán problemas por insuficiencia de agua.

En el siguiente Cuadro 01 se podrá apreciar el porcentaje de agua dulce en relación a la cantidad de habitantes en el mundo.

Cuadro 01: Relación entre el volumen de agua dulce y el número de habitantes, expresados en % en los continentes

Continente	Agua % dulce	Habitantes %
Asia	36	60
África	11	12
América del Norte y Central	15	8
América del Sur	26	6
Australia	4	1
Europa	8	13

Fuente: ANGULO, (2009).

En el 2005, el Perú contaba con un volumen de 1,913 km³ /año de agua dulce, de los cuales el 84% es agua superficial y el 16% agua subterránea. De esta cantidad solo es usado por la población el 1% (FAO, 2005).

FOSTER *et al.* (1997), citado por Torres (2002), manifiesta que dentro de los recursos hídricos para consumo humano se encuentran las aguas superficiales, que por su disponibilidad inmediata son cosmopolitamente utilizadas, y las subterráneas que cumplen un rol trascendental, en numerosos casos vital, para el suministro de agua potable de muchas áreas urbanas y rurales en todas las regiones del mundo. Es por ello que la importancia de los recursos hídricos subterráneos para el abastecimiento de agua es incuestionable.

Tan importante es este recurso que según indica ANGULO, (2009), en Estados Unidos, la situación es también crítica, dado que la mitad de la población (200 millones de personas), dependen del agua subterránea para el uso doméstico. Los acuíferos estadounidenses se encuentran contaminados y han mermado su capacidad, a pesar de tener aún reservas para unos 40 años. Merece resaltarse el caso del acuífero Ogallala, cuyo volumen ha disminuido en unos 60 metros, debido a la sobreexplotación para irrigar las grandes extensiones de cereales; presenta, además, altos niveles de contaminación por el uso de agrotóxicos, desechos químicos y residuos sólidos. Canadá posee 9% del agua dulce y renovable del mundo; este recurso es, en su mayoría subterráneo, y su volumen es cerca de 37 veces mayor que el del agua de lagos y ríos de todo el país. Más de un cuarto de la población de este país, se abastece de agua subterránea para uso doméstico. Sin

embargo, como en el resto de países, existen serios problemas de contaminación, debido a la presencia de petroquímicos, pesticidas, aguas servidas y nitratos, que ponen en riesgo la salud de la población por la alta toxicidad que se genera. En el caso de América Latina, el acuífero Guaraní, con una reserva promedio de 45.000 kilómetros cúbicos, podría cubrir las necesidades de agua de 360 millones de personas indefinidamente, por tratarse de una reserva renovable de acuerdo con los estudios realizados por el Proyecto de Protección Ambiental y Desarrollo Sustentable del Acuífero Guaraní. Sin embargo, en América Latina existen problemas de disponibilidad y calidad de agua, como señala el Informe del Banco Mundial sobre Salud y Medio Ambiente: En la mayoría de los casos el problema del agua en la región obedece a la falta de un marco jurídico, institucional y normativo adecuado, a las enormes distorsiones en los precios y a los servicios subsidiados que benefician a los sectores más prósperos de la sociedad en detrimento de los pobres. **(Banco Interamericano de Desarrollo, 2003).**

2.2. Calidad de vida en relación al derecho de contar con agua de calidad

En las "Guías para la Calidad del Agua Potable" **OMS (1995)** se define: "*Agua Potable es la adecuada para el consumo humano y para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal*". Esto indica que el agua que se suministre para consumo humano debe cumplir con los requisitos de calidad físico, químico, bacteriológica establecidos y que no afecte a la salud y/o al bienestar del consumidor.

ANGULO, (2009), sostiene que El Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC), establece el contenido mínimo del derecho a la salud, que incluye el derecho a entornos saludables, precisando lo siguiente: el mejoramiento de todos los aspectos de la higiene ambiental e industrial entraña, en particular, la necesidad de velar por el suministro adecuado de agua limpia potable y la creación de condiciones sanitarias básicas; la prevención y reducción de la exposición de la población a sustancias nocivas, tales como radiaciones y sustancias químicas nocivas u otros factores ambientales perjudiciales que afectan directa o indirectamente a la salud de los seres humanos. La Observación General N° 14 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (CDESC, 2000), sobre el derecho a la salud, interpreta éste, como un derecho inclusivo que no sólo abarca la atención de salud oportuna y apropiada, sino también los principales factores determinantes de la salud, como el acceso al agua limpia potable y a condiciones sanitarias adecuadas, condiciones sanas en el trabajo y el medio ambiente", detallando las obligaciones fundamentales de los Estados en la esfera del derecho a la salud, en la cual el Comité establecía que esas obligaciones implicaban garantizar el acceso a un hogar, a vivienda y a condiciones sanitarias básicas, así como a un suministro adecuado de agua

limpia potable. La Observación General N° 15, enfatiza en la necesidad de proteger las fuentes de agua para consumo humano, lo que implica no sólo cuidar los alrededores inmediatos, sino controlar que la agricultura y la industria no las contaminen; además, quienes realizan estas actividades deben incluir medidas de saneamiento, que son uno de los principales mecanismos para proteger la calidad del agua para el consumo que se extrae de esas fuentes.

2.3. Efectos en la salud por el consumo de agua contaminada.

Como se indicó inicialmente, el agua contaminada tiene efectos nocivos para la salud humana, y por tanto debe ser una de las principales prioridades de las autoridades en fomentar el cuidado y monitoreo, ya que de lo contrario obtendremos una masificación de las enfermedades producidas por el consumo de agua sin calidad.

ANGULO, (2009), afirma que el agua necesaria para cada uso personal o doméstico, debe ser salubre, y por tanto, no ha de contener microorganismos o sustancias químicas o radioactivas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. Además el agua debería tener un color, un olor y un sabor aceptables para cada uso personal o doméstico. El consumo de agua contaminada puede producir enfermedades infecciosas y otras causadas por agentes tóxicos; la diarrea, la tifoidea y el cólera son causas principales de muerte y enfermedad en países en desarrollo. Patógenos como la *Giardia* sp y el *Cryptosporidium* sp, protozoarios transmitidos regularmente a través del agua, pueden causar problemas crónicos de digestión y conducir a la malnutrición, colocando a niños y niñas en mayor riesgo y vulnerabilidad ante otro tipo de infecciones.

FRERS, (2006), sostiene que las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades provocadas por el consumo del agua contaminada con restos fecales de humanos o animales y que contiene microorganismos patogénicos. El estudio de la relación agua/salud y la prevención de enfermedades es de suma importancia. Sin embargo, la visión general de las enfermedades transmitidas por el agua es complicada por un gran número de razones. Existe información disponible para ciertas aguas, saneamiento y enfermedades relacionadas con la higiene (incluyendo salmonelosis, cólera, sigelosis), pero otras como la malaria, esquistosomiasis u otras infecciones más recientes como legionelosis o SARS CoV necesitan de un mayor análisis e investigación.

El problema que acarrear muchos grupos de enfermedades en algunas ocasiones se puede atribuir al agua. El agua es un importante transmisor de enfermedades.

En el Cuadro 02 apreciaremos en forma breve lo que provoca el agua contaminada por microorganismos:

Cuadro 02: Enfermedades transmitidas por la contaminación del agua

Tipo de microorganismo	Enfermedad	Síntomas
Bacterias	Cólera	Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente
Bacterias	Tifus	Fiebres. Diarreas y vómitos. Inflamación del bazo y del intestino.
Bacterias	Disentería	Diarrea. Raramente es mortal en adultos, pero produce la muerte de muchos niños en países poco desarrollados
Bacterias	Gastroenteritis	Náuseas y vómitos. Dolor en el aparato digestivo. Poco riesgo de muerte
Virus	Hepatitis	Inflamación del hígado e ictericia. Puede causar daños permanentes en el hígado
Virus	Poliomelitis	Dolores musculares intensos. Debilidad. Temblores. Parálisis. Puede ser mortal
Protozoos	Disentería amebiana	Diarrea severa, escalofríos y fiebre. Puede ser grave si no se trata
Gusanos	Esquistosomiasis	Anemia y fatiga continuas

Fuente: FRERS, (2006)

2.4. Tratamientos del agua para consumo humano.

El agua para que sea de consumo humano requiere de un tratamiento previo para asegurar que estén libres de contaminantes y así asegurar un agua de calidad.

PAICO, (2007), indica que las técnicas de purificación del agua se han desarrollado extensamente durante el pasado siglo. La desinfección del agua destinada a consumo humano ha significado una reducción en el número de enfermedades transmitidas por el agua, como son el cólera y tifoidea. En los países subdesarrollados normalmente no hay suficiente agua limpia o sistemas de colección y tratamiento de aguas residuales. Una gran

parte de la población de estos países muere o enferma a causa de patógenos existentes en el agua que beben. El mayor impacto se genera en grupos más vulnerables como los niños, personas mayores o parte de la población con un sistema inmunológico débil (ej. pacientes de SIDA o sometidos a trasplantes de órganos). La gran mayoría de estos microorganismos patógenos se pueden eliminar mediante la aplicación de técnicas de tratamiento del agua, como son las floculación-coagulación, sedimentación y filtración. Para garantizar la seguridad del agua potable los sistemas de desinfección del agua se aplican generalmente en una etapa final del tratamiento del agua. Existen diferentes desinfectantes, que pueden matar o desactivar los microorganismos patógenos. Por ejemplo la aplicación de cloro o sustancias que contienen cloro, peróxido, bromo, plata-cobre, ozono y UV. Todos estos sistemas de tratamiento tienen ventajas y desventajas y se aplican para la desinfección del agua dependiendo de las circunstancias particulares. Además, la desinfección del agua es también muy importante en aguas destinadas a otros usos que no son agua para consumo humano, como por ejemplo, el agua de las piscinas, el agua utilizada en las torres de enfriamiento, etc. Las piscinas contienen gran cantidad de contaminantes incluyendo microorganismos, algunos generados por los propios usuarios. A principios de los setenta se descubrió que los métodos de desinfección pueden producir subproductos indeseados. A partir de entonces se comenzó a investigar acerca de los efectos de estos subproductos para la salud. En la actualidad existen límites y estándares legales sobre la concentración máxima de estos subproductos en el agua potable.

2.5. Normativa legal respecto a la calidad del agua y/o uso del agua.

La estrategia de implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para el caso de los recursos hídricos (ECA – AGUA) y el uso del agua se sustenta en las siguientes normativas:

2.5.1. Constitución Política del Perú de 1993

Nuestra Constitución Política de 1993 establece en el Título I, Capítulo I de los derechos fundamentales de la persona, artículo 2º, inciso 22 que toda persona tiene derecho “A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida”.

Así también en el Título III, Capítulo II del ambiente y los recursos naturales, el artículo 66 indica que “Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento.-Y en el artículo 67 “El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales”.

2.5.2. Ley General del Ambiente N° 28611.

En el Título Preliminar, artículo I del derecho y deber fundamental, indica que “Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país”. El artículo IV del derecho de acceso a la justicia ambiental sostiene que “Toda persona tiene el derecho a una acción rápida, sencilla y efectiva, ante las entidades administrativas y jurisdiccionales, en defensa del ambiente y de sus componentes, velando por la debida protección de la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, así como la conservación del patrimonio cultural vinculado a aquellos. Se puede interponer acciones legales aun en los casos en que no se afecte el interés económico del accionante. El interés moral legitima la acción aun cuando no se refiera directamente al accionante o a su familia”.

El Capítulo I, artículo 31 define que “El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental”.

El artículo 32° del Límite Máximo Permisible (LMP) sostiene que “Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La

implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia”.

Finalmente, el artículo 33° de la elaboración de ECA y LMP indica que “La Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y LMP y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga, las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo.-La Autoridad Ambiental Nacional, en el proceso de elaboración de los ECA, LMP y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental debe tomar en cuenta los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o de las entidades de nivel internacional especializadas en cada uno de los temas ambientales. La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con los sectores correspondientes, dispondrá la aprobación y registrará la aplicación de estándares internacionales o de nivel internacional en los casos que no existan ECA o LMP equivalentes aprobados en el país”.

2.5.3. Ley Marco para el crecimiento de la Inversión Privada, D. L. N° 757.

En el Título VI de la Seguridad Jurídica en la conservación del medio ambiente, artículo 49 indica que “El Estado estimula el equilibrio racional entre el desarrollo socio-económico, la conservación del ambiente y el uso sostenido de los recursos naturales, garantizando la debida seguridad jurídica a los inversionistas mediante el establecimiento de normas claras de protección del medio ambiente. En consecuencia, el Estado promueve la participación de empresas o instituciones privadas en las actividades destinadas a la protección del medio ambiente y la reducción de la contaminación ambiental”.

2.5.4. Ley Orgánica de Gobiernos Regionales Ley N° 27867

Esta ley en su Título I, artículo 10 asigna una competencia compartida entre los gobiernos regionales con el gobierno central en lo que respecta a la “Gestión sostenible de los recursos naturales y mejoramiento de la calidad ambiental”.

2.5.5. Ley Orgánica de Municipalidades Ley N° 27972

En Título V, Capítulo II, el artículo 80 en Saneamiento, Salubridad y Salud establece una de las funciones específicas exclusivas de las municipalidades provinciales, que es la de “Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial”.

2.5.6. Ley General de Salud D.L N° 26842.

En el Título Preliminar indica que “La protección de la salud es de interés público. Por tanto, es responsabilidad del Estado regularla, vigilarla y promoverla.- Toda persona tiene derecho a la protección de su salud en los términos y condiciones que establece la ley. El derecho a la protección de la salud es irrenunciable”.

En el Capítulo III de la protección de ambiente para la salud, artículo 104° establece que “Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente”.- Asimismo, el artículo 105° indica que “Corresponde a la Autoridad de Salud competente, dictar las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos para la salud de las personas derivados de elementos, factores y agentes ambientales, de conformidad con lo que establece, en cada caso, la ley de la materia”.

Finalmente, el artículo 107° sostiene que “El abastecimiento de agua, alcantarillado, disposición de excretas, re-uso de aguas servidas y disposición de residuos sólidos quedan sujetos a las disposiciones que dicta la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento”.

2.5.7. Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.

Según el Título I, artículo 1°, el Objeto de la presente ley es de “Establecer derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

En el artículo 7° de Competencia del Sector Salud indica que “El Ministerio de Salud está obligado a regular a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), lo siguiente:

- a) Los aspectos técnico-sanitarios del manejo de residuos sólidos, incluyendo los correspondientes a las actividades de reciclaje, reutilización y recuperación.
- b) El manejo de los residuos sólidos de establecimientos de atención de salud, así como de los generados en campañas sanitarias.

El artículo 10º de las Municipalidades Distritales sostiene que “Las municipalidades distritales son responsables por la prestación de los servicios de recolección y transporte de los residuos sólidos” y que “deberán ser conducidos directamente a la planta de tratamiento, transferencia o al lugar de disposición final autorizada por la Municipalidad Provincial, estando obligados los municipios distritales al pago de los derechos correspondientes”.

2.5.8. Ley de Recursos Hídricos N° 29338

En el Título Preliminar, artículo III, en el principio de prioridad en el acceso al agua indica que “El acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso, inclusive en épocas de escasez”. Y en el principio precautorio establece que “La ausencia de certeza absoluta sobre el peligro de daño grave o irreversible que amenace las fuentes de agua no constituye impedimento para adoptar medidas que impidan su degradación o extinción”.

El Título III, artículo 35º en las clases de usos de agua y orden de prioridad, la ley reconoce tres tipos de usos del agua que es el Primario, Poblacional y Productivo.

Artículo 36º.- Uso primario del agua: El uso primario consiste en la utilización directa y efectiva de la misma, en las fuentes naturales y cauces públicos de agua, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias. Comprende el uso de agua para la preparación de alimentos, el consumo directo y el aseo personal; así como su uso en ceremonias culturales, religiosas y rituales.

Artículo 37º. Características del uso primario: El uso primario del agua no requiere autorización administrativa y se ejerce por la sola disposición de la Ley. Es inocuo al ambiente y a terceros, no tiene fin lucrativo y se ejerce en forma gratuita por las personas, bajo su propia responsabilidad, restringido solo a medios manuales y condicionados a que:

1. No altere las fuentes de agua en su cantidad y calidad, y
2. no afecte los bienes asociados al agua.

En el Título IX, artículo 108º en Disposiciones Generales del uso del agua subterránea indica que “La exploración y el uso del agua subterránea están sujetos a las disposiciones del presente Título y las demás que les sean aplicables. El uso

del agua subterránea se efectúa respetando el principio de sostenibilidad del agua de la cuenca”.-Además el artículo 109° de la Exploración del agua subterránea establece que “Toda exploración del agua subterránea que implique perforaciones requiere de la autorización previa de la Autoridad Nacional y, cuando corresponda, de los propietarios del área a explorar, debiéndose tomar en cuenta la explotación sostenible del acuífero”.

2.6. Parámetros de evaluación del agua para consumo, límites máximos y mínimos permisibles.

Según el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, Resolución Suprema-1946, OMS-1996 y DIGESA-2006, los parámetros de evaluación del agua para consumo humano para la categoría 1 (poblacional y recreacional) del tipo de Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, uso A1, para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección se puede verificar en los Cuadros 03, 04, 05 y 06:

Cuadro 03: Límites máximos permisibles para aguas de consumo poblacional y recreacional, parámetros físico-químicos y microbiológicos.

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
		VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS				
pH	unidad	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	5.5 – 9.0
Dureza	mg/L	500	**	**
DBO ₅	mg/L	3	5	10
Turbiedad	UNT	5	100	**
MICROBIOLÓGICO				
Coliformes Totales (35-37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000
Coliformes Termotolerantes (44.5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000

Fuente: Diario Oficial el Peruano. DS. 002-2008-MINAM

UNT : Unidad Nefelométrica de Turbiedad.

NMP/100mL: Número más probable en 100 mL

** : Se entenderá que para esta categoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine.

Cuadro 04: Límite máximo permisible de alcalinidad para aguas de consumo poblacional.

Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables		
Parámetro	Cantidad (ppm)	Observaciones
Alcalinidad	120	Carbonatos

Fuente: Resolución Suprema-Perú (1946)

Cuadro 05: Límite máximo permisible de cloro para aguas de consumo poblacional

Valores guía para los productos utilizados en el tratamiento de agua o en materiales que están en contacto con agua de importancia para la salud en el agua de bebida		
Desinfectante	Valor guía (mg/L)	Observaciones
Cloro	5 (C)	Para la desinfección eficaz, deberá haber una concentración residual de cloro libre >0.5 mg/L después de un tiempo de contacto de por lo menos 30 minutos a pH < 8.0

Fuente: OMS tercera edición (1996)

C = Las concentraciones de las sustancia son o están por debajo del valor guía basado en la salud y pueden afectar la apariencia, el gusto o el olor del agua, resultando en quejas del consumidor.

Cuadro 06: Límite máximo permisible de parámetro microbiológico para aguas de consumo poblacional y recreacional

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO		
Parámetro	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias Heterotróficas	UFC/ mL a 35 °C	500

Fuente: DIGESA (2006)

UFC= Unidad Formadora de Colonias

2.7. Resultados de investigaciones anteriores o similares a nivel Internacional, nacional y/o regional.

TORRES, (2002), realizó el trabajo de tesis denominado “Caracterización física, química y biológica del agua subterránea del Centro Poblado Menor El Milagro, de abril a agosto del 2001” y de acuerdo a los resultados obtenidos que indican la contaminación de su agua subterránea da propuestas para su gestión que son:

- a) Caracterización detallada del acuífero. Para tener en cuenta las características del entorno natural, diagnóstico de actividades contaminantes y no contaminantes, caracterización geológica de la zona, características de la hidrología subterránea, naturaleza, propiedades, concentración y distribución de los contaminantes en el subsuelo.
- b) Propuestas técnicas de mitigación de contaminantes, que comprenden:
 - Contención de contaminantes por técnicas de bombeo
 - Manejo técnico ambiental del relleno sanitario
- c) Estrategias de gestión comunitaria. Es necesaria la participación organizada de los usuarios bajo la forma de comités, cuyo éxito dependerá de lo bien que se logre llevar adelante las acciones internas y externas.
- d) Sistemas de control y monitoreo del estado del agua subterránea. Por su elevado potencial de contaminación debe ser controlado permanentemente por el Ministerio de Salud y monitoreado bimestralmente por la Municipalidad Provincial de Trujillo o SEDALIB.

PERDOMO, et al. (2001), realizaron el estudio de Contaminación de aguas subterráneas con Nitratos y Coliformes en el litoral sudeste del Uruguay y en su principal conclusión establece que desde el punto de vista de su extensión, la importancia de estos resultados radica en que los mayores niveles de Nitratos y Coliformes fueron encontrados en los pozos más utilizados para el consumo humano. La fuente de esta contaminación parece ser localizada, asociada a la presencia de cámaras sépticas, lugares de acumulación de residuos o de concentración animal, y no de la actividad agrícola. Por tanto, cuando sea necesaria la construcción de pozos nuevos para consumo humano, sería conveniente ubicarlos lejos de estos focos de contaminación, así como impedir la concentración de animales en las cercanías.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro Poblado Menor La Libertad, Distrito de San Rafael, Provincia de Bellavista, Región San Martín-Perú; y los exámenes de aguas se realizaron en los Laboratorios de Referencia Regional de Salud Pública-Morales del Ministerio de Salud (julio y agosto del 2009) y QEMISEL (julio 2010); así como los exámenes de suelos en el laboratorio de la empresa V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (octubre 2007).

Este C.P.M. se encuentra Ubicado a 237 msnm (INEI-CPV2007) y en las coordenadas $7^{\circ} 01' 59.15''$ Latitud Sur y $76^{\circ} 28' 16.35''$ Longitud Oeste (Image@2009DigitalGlobe), y se muestra en las figuras 01 y 02:

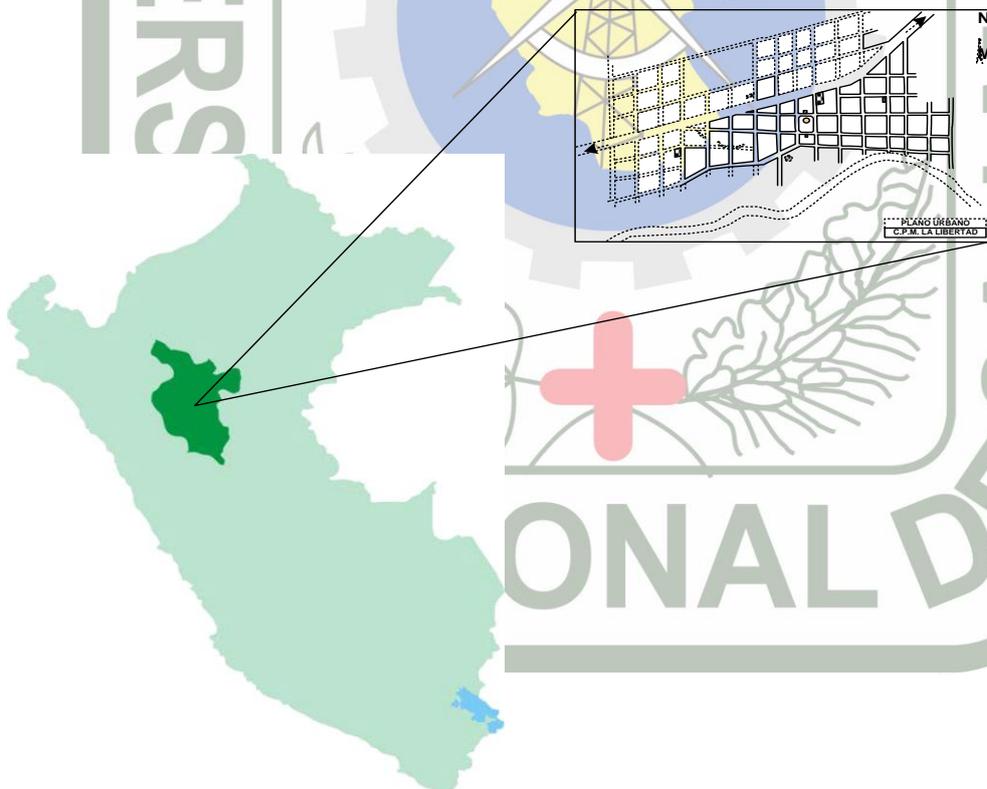


Figura 01: Mapa de ubicación de la zona en estudio

Fuente : Wiki Sumaq Perú (2008)



Figura 02: Vista satelital del C.P.M. La Libertad

Fuente : Google Earth (2009)

3.2. Descripción de la zona de estudio

La zona en estudio está ubicada al margen izquierdo del río Huallaga, distante a 85 km de la ciudad de Tarapoto, a 2 horas de viaje vía terrestre, se encuentra en un terreno plano. Pertenece a la cuenca del río Huallaga y micro cuenca del río Sisa. Esta zona es considerada como “muy pobre” y “pobre” (mapa de pobreza distrital, INEI 2007). El ingreso económico se basa en la agricultura. Sus cultivos principales son el arroz, el maíz, el algodón, y el plátano.

Por su ubicación en la zona baja está expuesta a constantes inundaciones del río Huallaga, originando sustanciales pérdidas económicas de los pobladores, debido a la destrucción de sus cultivos.

3.3. Características edafoclimáticas y/o fisiográficas de la zona

Por la cercanía del C.P.M. con San Hilarión y de acuerdo a los estudios de éste realizados por INDECI (2004), se tiene lo siguiente:

A este espacio le corresponde el Bosque Seco – Tropical, que representa una de las zonas de vida más importantes de la región, principalmente en el Huallaga Central; ocupan mayormente el conjunto de colinas bajas y lomadas, así como las planicies y terrazas aledañas al río. Las formaciones geológicas del área de estudio, corresponde a una llanura

de inundación, están comprendidas en la era cenozoica y en el periodo cuaternario, son depósitos de grava, arena, limos de color gris claro a marrones y cremas, de la serie Holocena y Pleistocena. No obstante, en toda la extensión del área estudiada y en la región en general, existe una cobertura sin consolidar de suelo residual y orgánico producto de la actividad biológica de la flora y fauna, sumada la actividad antrópica, también de acuerdo al mapa geológico desarrollado por INGEMMET (figura 03), esa zona está definida como un Qh-c (depósito holoceno coluvial), que son fragmentos de materiales, roca y suelo, que tapizan el fondo de un valle y proceden de las vertientes. Se hallan reunidos al pie de laderas escarpadas, y como cauce de ríos intermitentes.

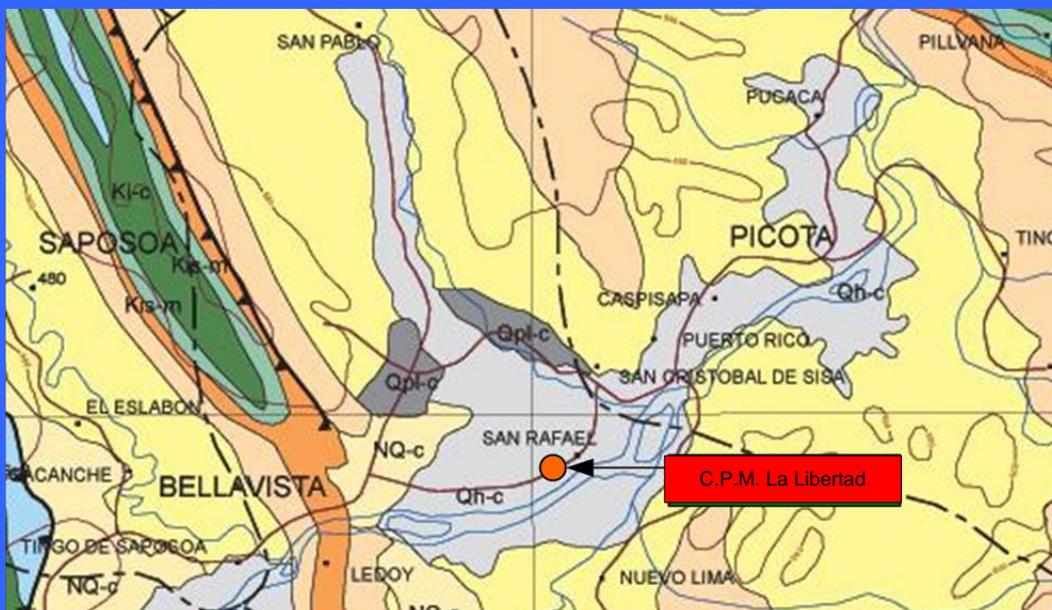


Figura 03: Mapa geológico de la zona de estudio

Fuente : INGEMMET (1995)

Finalmente, de acuerdo a los estudios realizados por V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. concluye, que el suelo de estas dos comunidades son erosionables y de un talud inestable en gran parte, como también no erosionables de un talud estable mínimo, así como la existencia de filtraciones de agua y napa freática (Zona donde se realizó las excavaciones de las calicatas) en gran parte por ser inundable por el río Huallaga que esta próximo. El nivel freático está a partir de 2.20 m en promedio, en las dos localidades.

3.4. Materiales y equipos

3.4.1. Materiales

- Cooler
- Hielo
- Envases de vidrios esterilizados de 475 ml
- Envases de plásticos esterilizados de 600 ml
- Kit de pruebas de Cloro y pH
- Termómetro
- Cinta adhesiva
- Stikers
- Tinta indeleble
- Hilo pabilo
- Materiales de escritorio

3.4.2. Equipos

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Equipos de laboratorios (Laboratorio Referencial MINSA, QEMISEL, y V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L.)

3.5. Método

3.5.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación desarrollado fue descriptivo, sobre la que se buscó especificar y analizar las propiedades y características del agua de consumo en el C.P.M. La Libertad referente a lo microbiológico y físico-químico. Los estudios descriptivos se caracterizan por la selección de una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga **HERNÁNDEZ, et al (1999)**.

3.5.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación fue no experimental de tipo seccional. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlas, **HERNÁNDEZ, et al (1999)**. Los diseños seccionales tienen la ventaja de que se basan en la observación de objetos de investigación tal como existe en la realidad, sin intervenir en ellos ni manipularlas, **SIERRA, (1993)**.

3.5.3 Método de análisis de datos

3.5.3.1 Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas se basaron en datos obtenidos de los mismos pobladores del C.P.M. , DIRES San Martín y la empresa V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L.

3.5.3.2 Población y muestra

- **Población:** El Centro Poblado Menor de la Libertad, según el INEI-CPV 2007 cuenta con una población total de 1,574 habitantes (368 familias), y está bajo la jurisdicción de la provincia de Bellavista, registrados en los archivos de la Agencia Municipal de la localidad.
- **Muestra poblacional:**
 - a) Es la muestra aleatoria estratificada de agua que se tomó al azar en forma proporcional al tamaño de la población, que utiliza la Red de Salud del Ministerio de Salud Tarapoto, de acuerdo al Cuadro 07:

Cuadro 07: Frecuencia de muestras y número de muestras en Redes de Distribución

POBLACIÓN SERVIDA POR SECTOR FUENTE	NÚMERO DE MUESTRAS POR VISITA	FRECUENCIA MÍNIMA DE VISITAS	TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO	TOTAL DE MUESTRAS POR MES
< 2000	3	Semestral	6	
2000 - 5000	4	Trimestral	16	
5000 - 10000	5	Trimestral	20	
10000 - 50000	3 a 10	Mensual		1 cada 5000 hab.
50000 - 100000	5 a 10	Quincenal		1 cada 5000 hab.
> 100000	-----	Semanal		1 cada 10000 hab.

Fuente: DIRES SAN MARTÍN, (2008)

El cuadro nos indica que para una población de menos de 2,000 habitantes, el número de muestras por visitas es de 3, y por año de 6 muestras. Para lograr una comparación de las muestras (agua tratada y agua de pozo), las muestras se extrajeron al mismo tiempo y en los mismos lugares.

- b) En lo que corresponde a las muestras de suelo para el estudio, éstos fueron realizados de acuerdo al eje de obras para el proyecto de **“Instalación de Sistema de Alcantarillado en las localidades de San Rafael y La Libertad”**, mediante la excavación de calicatas; realizada por la empresa particular V.P.P. Construcciones

Generales E.I.R.L. A continuación se indican las calicatas realizadas y las profundidades de las mismas:

C.P.M. LA LIBERTAD

- **Calicata N° 01(Jr. Sucre):** Profundidad de calicata 2.2 m.
- **Calicata N° 02(Jr. Bolognesi / Jr. Atahualpa):** Profundidad de calicata 2.5 m.
- **Calicata N° 03(Jr. Sucre / Jr. Comercio):** Profundidad de calicata 5.0 m.
- **Calicata N° 04(Jr. Simón Bolívar / Esquina plaza):** Profundidad de calicata 2.2 m.
- **Calicata N° 05(Jr. Comercio / Jr. Sargento Lores):** Profundidad de calicata 2.5 m.
- **Calicata N° 06(Jr. Porvenir / Jr. Winquer Ikeda):** Profundidad de calicata 2.0 m.
- **Calicata N° 07(Carretera Marginal):** Profundidad de calicata 2.5 m.
- **Calicata N° 08(Jr. Dos de Mayo / Comercio):** Profundidad de calicata 3.2 m.
- **Calicata N° 09(Carretera Marginal/Jr. José Olaya):** Profundidad de calicata 3.5 m.
- **Calicata N°10(Carretera Marginal/Jr.Simón Bolívar):** Profundidad de calicata 4.0 m.
- **Calicata N° 11(Carretera Marginal / Jr. Grau):** Profundidad de calicata 5.0 m.
- **Calicata N° 12(Jr. Alfonso Ugarte/Jr. Winker Ikeda):** Profundidad de calicata 2.5 m.
- **Calicata N° 13(Cámara de Bombeo):** Profundidad de calicata 5.9 m.
- **Calicata N° 14(Línea de Impulsión):** Profundidad de calicata 2.1 m.
- **Calicata N° 15(Pase Subterráneo N° 01):** Profundidad de calicata 2.5 m.
- **Calicata N° 16(Pase Aéreo N° 02):** Profundidad de calicata 2.5 m.
- **Calicata N° 17(Pase Subterráneo N° 02):** Profundidad de calicata 2.0 m.
- **Calicata N° 18(Jr. Agricultura / Micaela Bastida):** Profundidad de calicata 1.5 m.
- **Calicata N° 19(Jr. Agricultura / José Olaya):** Profundidad de calicata 1.8 m.

3.5.4 Muestreo

- a) Las actividades para el recojo de muestras de agua se ejecutaron de acuerdo al método usado por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA-2009) del Ministerio de Salud-Perú y la cual consistió en:

Pre-muestreo:

- Ubicación de las 3 viviendas con pozos de agua subterránea y servicio de agua de reservorio a ser muestreadas. La ubicación de estas viviendas fueron escogidos al azar en cada sector (Norte, Centro y Sur) en dirección y sentido del río Huallaga, que son:

- Muestra 1 (M1): I.E. 0759 Francisco Bolognesi (Jr. Micaela Bastidas s/n).
- Muestra 2 (M2): Domicilio del Sr Reninger Vásquez Chujutalli (Jr. Simón Bolívar s/n).
- Muestra 3 (M3): Domicilio del Sr Wilfredo Limay Mendoza (Jr. Atahualpa s/n)

Y que están señalados en la figura 04 (Plano del C.P.M. La Libertad).



Figura 04: Plano Urbano C.P.M. La Libertad

Fuente : Municipalidad C.P.M. La Libertad, (2008)

- Preparación de materiales de toma de muestra como se ilustra en la figura 05.



Figura 05: Envases de vidrio esterilizados y cooler

Diseño del plan de muestreo:

Determinado la cantidad de muestras a sacar ($n = 3$, de acuerdo a la Red de Salud del Ministerio de Salud-Tarapoto), se planificó la periodicidad de la toma de muestra

en dos oportunidades en un mismo periodo (julio, agosto), para el agua de pozo, y el agua de reservorio del Centro Poblado.



Figura 06: Reservorio de 60,000 litros

Procedimiento del trabajo en campo:

- Obtención de muestra.



Figura 07: Obtención de muestras por el tesista



Figura 08: Muestras de agua de pozo artesiano



Figura 09: Muestras de agua de reservorio

- Aplicación de encuesta a la población, de acuerdo a la ficha de la figura 10.

FICHA DE ENCUESTA : ASISTENCIA AL CENTRO DE SALUD

LUGAR : **FECHA :**

NOMBRE :

Propietario Arrendatario

1) ¿ CUANTAS PERSONAS VIVEN EN ESTE HOGAR?

2) CUANDO ALGUNO DE USTEDES SE ENFERMA, LO PRIMERO QUE HACEN ES:

SE AUTOMEDICAN

ASISTEN AL CENTRO DE SALUD

TESIS DE MAESTRÍA

"Evaluación de la calidad del agua subterránea en el Centro Poblado Menor la Libertad, Distrito da San Rafael, Provincia de Bellavista, Región San Martín, Perú"

Figura 10: Ficha de encuesta de asistencia al Centro de Salud.

Fuente : Elaboración propia, 2009.

Procedimiento del post-muestreo:

- Procesamiento de muestras por parte de los laboratorios a cargo de los exámenes.
- Obtención de resultados

b) Para el caso del muestreo para el suelo se ejecutaron de acuerdo a la metodología práctica de excavación de calicatas, que fueron realizados a cielo abierto y verticales de 1m² hasta llegar a la napa freática, y donde se recolectaron las muestras estratificados, (aprox. 5 kg por capa) así como la de obtener muestras inalteradas y representativas, como también observar filtraciones de agua, etc. Luego, dichas muestras fueron llevadas al laboratorio para los respectivos ensayos.

Dichas excavaciones se hicieron en el eje, donde se excavarán las zanjas para el colocado de las tuberías, estructuras proyectadas y carretera de inspección del proyecto “ **Instalación del Sistema de Alcantarillado en las Localidades de San Rafael y La Libertad** “, realizada por la empresa particular V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L.



Figura 11: Calicata y napa freática en el terreno del Sr. Rusel Pashanaste Isuiza en el C.P.M. La Libertad

Fuente : Elaboración propia, 2010.

3.5.4.1 Método de análisis bacteriológico

El Laboratorio Referencial de Salud Pública-MINSA utilizó el método **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21th edition, 2005 (APHA, AWWA, WPCF)**.

➤ **Bacterias heterotróficas**

Mediante el método de Placa Fluida según la Norma del **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 9215 B; 21st. Ed.2005**

Procedimiento:

- a) Homogenice la muestra no menos de 25 veces. Incline el frasco tomando un ángulo de aproximadamente 45° entre el brazo y el antebrazo.
Para efectuar las diluciones de la muestra proceda con una pipeta esterilizada de 10 ml y, obedeciendo los cuidados de la asepsia, transfiera 10 ml de muestra a un frasco (previamente identificado) con 90 ± 2 ml de agua de dilución temperada. Prepare así la primera dilución decimal (10^{-1}), sabiendo que un ml de ella corresponde a 0.1 ml de muestra.
- b) Homogenice el frasco con la primera dilución (10^{-1}) y, con una nueva pipeta esterilizada, transfiera 10 ml a un frasco con 90 ± 2 ml de agua de dilución temperada. Consigne así la segunda dilución decimal (10^{-2}), sabiendo que un ml de ella corresponde a 0.01 ml de muestra.
- c) Proceda igual en la secuencia de diluciones deseadas (10^{-3}), ordene los frascos con las diluciones. Mantenga la secuencia decreciente de ellas.
- d) Agite el frasco vigorosamente 25 veces con la última dilución efectuada y, con una pipeta estéril de 5 ml, siembre un ml de dilución en cada placa Petri (estéril) correspondiente a la respectiva dilución. Proceda igual, sembrando las siguientes diluciones. Por último, con una pipeta estéril de 5 ml, siembre un ml de la muestra original.
- e) Incorpore a cada placa aproximadamente 15 ml de Agar (R2A o SCP) precalentado (a $45 - 50^\circ\text{C}$). Cubra la placa y mezcle el Agar con la muestra (mediante movimientos que simulen el número 8) durante aproximadamente 10 segundos. Evite que el Agar se adhiera a la tapa y los bordes de la placa. Deja que el Agar se solidifique. Incube las placas en posición invertida a 35°C por 72 horas.

Lectura:

Después de 72 horas de incubación, seleccione para lectura las placas que presentan 30 y 300 colonias. Si todas las placas tuvieran más de 300 colonias, tome en cuenta la placa con la dilución más alta y exprese el conteo sobre la base de dicha dilución. Con ayuda de un contador de colonias o de un microscopio estereoscópico y con iluminación fluorescente colocada lo más próxima posible a la perpendicular en relación con el plano de membrana, efectúe el recuento de las colonias en las placas seleccionadas para la lectura.

Si las colonias no pueden contarse inmediatamente, guarde las placas a 4 °C por un tiempo no mayor de 24 horas.

Expresión de resultados:

Expresa los resultados como UFC/ml (unidades formadoras de colonias por ml).

➤ **Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes**

Se usó el método de Estandarización de Fermentación de Tubos Múltiples de la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 9221 B ; 21st. Ed.2005

Procedimiento:

- a) Prepare los tubos de Caldo Lauril Triptosa (CLT) o Caldo Lactosado (CL) en concentración simple requeridos para la prueba y colóquelos en filas de 5 tubos. Tenga la precaución de que en el momento de iniciar la prueba no estén a la temperatura de refrigeración. Para las inoculaciones de las porciones de 10 ml de muestra, use el CLT o el CL en concentración doble.
- b) Proceda al marcado de los tubos, para ello, anote el número designado por el laboratorio en la ficha de registro de exámenes, además del volumen seleccionado de muestra que va a ser inoculada y el día. Esta marcación podrá hacerse solamente en el primer tubo de la derecha en la primera fila. En los primeros tubos de las hileras siguientes se pueden simplificar las marcaciones. Para ello, se coloca sólo el volumen de la muestra inoculada. Identifique también los frascos de aguas de dilución.
- c) Homogenice la muestra no menos de 25 veces. Para ello, incline el frasco formando un ángulo de aproximadamente 45° entre el brazo y el antebrazo.
- d) Con una pipeta esterilizada de 10 ml y obedeciendo los cuidados de la asepsia, transfiera 10 ml de muestra a un frasco con 90 ± 2 ml de agua de dilución temperada, anticipadamente identificado. Prepare así la primera dilución decimal (10^{-1}), sabiendo que un ml de ella corresponde a 0.1 ml de muestra.

- e) Con la misma pipeta, siembre 10 ml de muestra en cada uno de los tubos de CLT (o CL) de concentración doble, cuando este volumen sea requerido para la prueba.
- f) Descarte la pipeta de 10 ml y con una pipeta de 5 ml, inocule un ml de muestra en cada uno de los 5 tubos correspondientes a estas cantidades de inóculo.
- g) Homogenice el frasco con la primera dilución (10^{-1}), y con una nueva pipeta esterilizada, transfiera 10 ml a un frasco con 90 ± 2 ml de agua de dilución temperada. Se consigue así la segunda dilución decimal (10^{-2}), sabiendo que un ml de ella corresponde a 0.01 ml de muestra. Proceda igual en las secuencias de diluciones deseadas (10^{-3}).
- h) Ordene los frascos con las diluciones; mantenga la secuencia decreciente de éstas (de mayor a menor dilución efectuada).- Agite vigorosamente 25 veces el frasco con la última dilución efectuada y, con una pipeta estéril de 5 ml, siembre un ml de dilución en cada tubo de CLT (o CL) correspondiente a esta dilución. Proceda de la misma forma sembrando desde la muestra más diluida a la más concentrada, utilizando la misma pipeta.
- i) Después de la inoculación de todos los volúmenes de muestra en cada dilución requerida para el examen, coloque la incubadora a 35 ± 0.5 ml durante 24 ± 3 horas.

Lectura:

Después de ese periodo de incubación, retire los tubos de la incubadora para efectuar la primera lectura de los resultados. Para ello, agite suavemente cada tubo y examine la producción de gas. Retire los tubos con resultados positivos (producción de cualquier cantidad de gas, retenida en el tubo Durham) y anote los resultados. Devuelva a la incubadora los tubos con resultados negativos por un periodo adicional de $24 \pm$ una hora. La segunda lectura (48 ± 3 horas) se harán en las mismas condiciones. Los tubos de CLT (o CL) con resultado positivo se separarán y los negativos se descartarán.

Para la realización del ensayo confirmativo, todos los tubos con resultado positivo en CLT (o CL) en las lecturas de 24 ± 2 horas y 48 ± 3 horas se someterán a la confirmación inmediatamente después de las respectivas lecturas. Como procedimiento alternativo, cuando varias diluciones sembradas dan resultado positivo, se proceden a la confirmación de la última serie de tubos con mayor dilución que presenten resultados positivos en todos los tubos en 24 ± 2 horas y en los tubos positivos de las series siguientes.

Todos los resultados con resultado presuntivo positivo en 48 ± 3 horas se someterán a la confirmación. Este procedimiento alternativo se aplicará a muestras de agua potable o residual, en relación con las cuales se tiene comprobación anterior consistente sobre la confirmación de los resultados presuntivos positivos.

El ensayo confirmativo se efectuará por medio del Caldo Lactosado verde brillante bilis (CLVBB) para determinación de coliformes totales y caldo EC para determinación de coliformes termotolerantes (fecales).

➤ **Confirmación de coliformes totales en CLVBB**

- Marque los tubos de CLVBB correspondientes en cada tubo de CLT (o CL) con resultado presuntivo positivo.
- Agite cada tubo de CLT (o CL) con resultado presuntivo positivo y, con un asa estéril, retire el material e inocúlelo en el tubo CLVBB correspondiente. Evite la película superficial que se pueda formar en el CLT (o CL) presuntivo positivo.
- Inocule todos los tubos de CLVBB e incúbelos durante 48 ± 3 horas a 35 ± 0.5 °C.
- Proceda a las lecturas después de 48 ± 3 horas. Considere como pruebas confirmativas positivas para coliformes totales a todos los tubos que presenten información de gas en el tubo. Elabore el número más probable (NMP) a partir de los datos obtenidos.

➤ **Confirmación de coliformes termotolerantes (fecales)**

Esta diferenciación se efectúa a partir de los tubos positivos de Caldo Lauril Triptosa (o Caldo Lactosado).

- Efectúe la marcación de tubos EC (previamente temperados en baño maría a 44 ± 0.2 °C durante un mínimo de 30 minutos) con los números correspondientes a cada tubo de medio presuntivo (CLT o CL) en que se verifica la formación de gas.
- Agite bien cada tubo de CLT (o CL) con resultado presuntivo positivo y en un asa de níquel-cromo (estéril) tome un inóculo de cultivo y transféralo al tubo de EC correspondiente. Para ello, evite la película superficial que pueda formarse en cultivo presunto positivo.
- Incube todos los tubos de EC inoculados (no más de 30 minutos después de la inoculación) en baño maría a 44.5 ± 0.2 °C durante 24 ± 2 horas.

Proceda a la lectura; considere como resultado positivo para la prueba todos los tubos que presentaron formación de gas en el tubo Durham. Con los datos obtenidos calcule el NMP de coliformes fecales. Utilice las tablas de NMP según el número de réplicas por dilución.

Expresión de resultados:

En el caso de coliformes totales, los resultados se expresan como NMP de coliformes totales/100ml y, en el caso de coliformes termotolerantes, como NMP de coliformes termotolerantes/100ml.

3.5.4.2. Análisis físico-químico

El laboratorio Referencial de Salud Pública-MINSA utilizó varios métodos, que se describen a continuación:

➤ **Dureza total**

Se realizó mediante el método Titulométrico de EDTA, de la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2340 B, 21st. Ed.2005

Se basa en la Determinación Cuantitativa Volumétrica Quelatométrica de Dureza Total en aguas naturales

Reactivo Provisto:

- Indicador NET
- Buffer pH 10.00 .-Amonio/Hidróxido
- Titulante.-EDTA 1 gota equivalente a 20 ppm

Procedimiento:

En un matraz agregue 25 ml de agua a analizar y 2 gotas de Buffer, con una espátula de NET homogenice, si aparece un color azul el agua es blanda, anote la Dureza como 000 ppm, si resulta un color rojo vinoso, entonces agregue gota a gota el Titulante hasta que el color cambie a azul, anote las gotas gastadas del Titulante (GT).

Cálculo de los resultados:

$$\text{ppm CaCO}_3 = 20 \times \text{GT}$$

Interpretación de resultados:

- Presencia de iones metales Ca y Mg principalmente: forman complejos con el EDTA, por ello la coloración rojo vinoso que representa un agua dura, exprese los resultados en ppm.
- Ausencia de iones metales: nos da un agua blanda por la coloración azul que es el color del indicador a pH 10.0

➤ **Alcalinidad**

Se realizó mediante el método Volumétrico para la Determinación de Alcalinidad Parcial y Total en Aguas Naturales, según la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2320 B, 21st. Ed.2005

Fundamento del método:

Se basa en la titulación del agua con ácido valorado en presencia de dos indicadores. Los carbonatos en presencia de fenolftaleína y los bicarbonatos en Morado de Metilo.

Reactivos Provistos:

- Indicador Fenolftaleína
- Indicador Morado de Metilo
- Titulante (solución ácida) Concentrada 10X: Agregue todo el contenido del frasco en una fiola de 100 ml y enrase con agua destilada. El reactivo diluido es estable durante 2 años.

Procedimiento:

En un matraz agregue 50 ml de la muestra a analizar y 2 gotas del indicador fenolftaleína; homogenice, si la muestra no cambia de color, esto indica que la Alcalinidad Parcial será 0 (cero). Si cambia de color al rojo grosella, titular con la solución ácida diluida hasta que se incolora, anote el volumen gastado en ml como (P), luego agregue 2-3 gotas del indicador Morado de Metilo y homogenice, si resulta un color morado violeta, anote el resultado como 0 (cero), de lo contrario titule con la solución ácida diluida hasta viraje del color verde a morado violeta. Anote el volumen gastado en ml como (M).

Cálculo de los resultados:

$$\begin{aligned} \text{ppm CO}_3 &= P \times 24 && \text{(Alcalinidad Parcial)} \\ \text{ppm HCO}_3 &= (M - 2P) \times 24.4 && \text{(Alcalinidad Total)} \\ \text{Alcalinidad (OH)} &= 2P - M \end{aligned}$$

Características del método:

Si el valor resulta 0 (cero) o negativo, está referido a que no existe presencia de carbonatos o bicarbonatos en el agua. El método de titulación mide hasta 400 ppm.

➤ **Turbidez**

Se realizó mediante el método Nefelométrico de la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 2130 B ; 21st. ED.2005

Instrumentos:

- Turbidímetro
- Tubos de muestra

Reactivos:

- Agua libre de turbidez
- Suspensión de turbidez de reserva
- Suspensión de turbidez estándar
- Estándares alternativos
- Estándares diluidos de turbidez

Procedimiento:

- Calibrado de Turbidímetro. Sígase las instrucciones del fabricante.
- Medida de turbideces menores de 40 UNT. Agítese cuidadosamente la muestra. Espérese hasta que desaparezcan las burbujas de aire, y viértase la muestra en el tubo del Turbidímetro. Cuando sea posible, viértase la muestra agitada en el tubo y sumérgase en un baño ultrasonido durante 1-2 segundos, obteniendo la eliminación total de las burbujas. Léase directamente la turbidez en la escala del aparato o en la curva del calibrado adecuado.
- Medida de turbideces superiores a 40 UNT. Dilúyase la muestra con uno o más volúmenes de agua libre de turbidez hasta que ésta descienda a 30-40 UNT. Calcúlese la turbidez de la muestra original en función de la que tiene la muestra diluida y del factor de dilución. Por ejemplo, si son cinco volúmenes de agua libre de turbidez se añaden a un volumen de muestra diluida, que mostró una turbidez de 30 UNT. La turbidez de la muestra original era de 180 UNT.

Cálculo:

$$A \times (B + C)$$

Unidades Nefelométricas de turbidez (UNT) = -----

C

Donde:

A = UNT encontrada en muestra diluida.

B = volumen (ml) de agua de dilución, y

C = volumen (ml) de la muestra tomada para dilución.

Interpretación de resultados:

Informe de las lecturas de turbidez de acuerdo al Cuadro 08:

Cuadro 08: Lectura de turbidez

Margen de turbidez	Informe de cifra UNT más próxima
0-1.0	0.05
1-10	0.1
10-40	1
40-100	5
100-400	10
400-1000	50
>1000	100

Fuente: APHA, AWWA, WPCF (2005)

➤ **Cloro y pH:**

En primer lugar, se realizó IN SITU mediante el kit de pruebas llamado SET ANALIZADOR DE CLORO Y pH marca AQUA&BLUE

Procedimiento:

- Enjuague los tubos de prueba con el agua a ser muestreada.
- Llene los tubos hasta marca con el agua a ser muestreada.
- Al tubo para prueba del Cloro agregue 4 gotas de SOLUCIÓN OTO (orthotifidine al 0.095%, hydrochloric ácido al 3.7%).
- Al tubo para prueba del pH agregue 4 gotas de SOLUCIÓN PHENOL (fenolsulfonftaleína <0.1%, glutaraldehído <0.1%, hidróxido de calcio <0.1%, tartrato de sodio y potasio <0.1%, ácido etilendiamintetracético <0.1%, fosfato dibásico de sodio <0.1%, tiosulfato de sodio <0.1%).
- Coloque las tapas a los tubos y agítelos para mezclar.
- Compare las lecturas con la escala de valores.

El Laboratorio Referencial del MINSA al recepcionar las muestras realizó lo siguiente:

Procedimiento:

- Enjuague los tubos de prueba con el agua a ser muestreada.
- Llene los tubos hasta marca con el agua a ser muestreada.
- Al tubo para Prueba del Cloro agregue 1 pastilla de DPD #1.
- Al tubo para prueba del pH inserte la cinta indicadora.
- Coloque las tapas a los tubos y agítelos para mezclar.
- Compare las lecturas con la escala de valores.

➤ **Demanda bioquímica de oxígeno:**

Se realizó mediante el Método del Electrodo de Membrana, según la Norma Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 4500 OB, 19 st. Ed.1995.

Método del electrodo de membrana:

1. Objetivo del análisis

Determinar los requerimientos de oxígeno bioquímico a los cinco días, de las aguas residuales crudas o tratadas.

2. Fundamento

El ensayo de DBO consiste en determinar el oxígeno disuelto antes y después de un periodo de incubación de cinco días, debido a que un porcentaje alto de la DBO total se ejerce en 5 días a 20°C. Por tanto la DBO representa una medida indirecta de la concentración de la materia orgánica e inorgánica que puede ser degradada o transformada biológicamente.

Esta determinación tiene su mayor aplicación en la medición de la carga orgánica de aguas residuales, puesto que las aguas residuales domésticas contienen principalmente excretas orgánicas que pueden ser utilizadas como nutrientes por otros organismos. Los cuales metabolizan los compuestos orgánicos del agua servida a través de reacciones de oxidación y consumen el oxígeno disuelto en el agua durante el proceso.

3. Reactivos

- a) Solución amortiguadora: Disolver 8.5g de fosfato monopotásico, KH_2PO_4 ; 21.75g de fosfato dipotásico, KH_2PO_4 ; 33.4g de fosfato disódico heptahidratado, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1,7g de cloruro de amonio, NH_4Cl , en 500 ml de agua destilada; diluir a 1 litro. El pH de la solución deberá ser de 7.2 sin ajuste adicional.
- b) Solución de sulfato de magnesio: Disolver 22.5g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en 1 litro de agua destilada.
- c) Solución de cloruro de calcio: Disolver 27.5g de CaCl_2 en 1 litro de agua destilada.
- d) Solución de cloruro férrico: Disolver 0.25g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en 1 litro de agua destilada.
- e) Soluciones ácida y básica, 1N, para neutralizar la acidez y basicidad de las aguas residuales cáusticas o ácidas.
- g) Agua destilada de muy buena calidad.

4. Materiales

- a) Frascos de incubación de DBO de 300ml. de capacidad con tapa de vidrio y boca especial para sello de agua para prevenir la entrada de aire durante la incubación.
- b) Embudos de 3 huecos.
- c) Frascos de 10 ó 20 litros de capacidad para el agua de dilución.
- d) Frascos de 1 litro.

5. Equipos

- a) Incubadora regulada a 20 ± 1 °C que excluye la luz para prevenir el crecimiento de algas.
- b) Bomba compresora.
- c) Medidor de oxígeno disuelto (electrodo de membrana).

6. Procedimiento

6.1 Toma de muestra y almacenamiento

Las muestras para el análisis de DBO pueden degradarse significativamente mientras están almacenadas, para reducir el cambio en la DBO que ocurre entre el muestreo y la prueba, mantener todas las muestras a menos de 4 °C y empezar la incubación no más de 6 horas después que la muestra a sido recolectada.

6.2 Preparación del agua de dilución

6.2.1 Medir el volumen de agua destilada necesaria para realizar el análisis de DBO (10 a 20 L aprox.) en un frasco adecuado con una entrada de aire de una fuente de aire comprimido para mantener el agua saturada de oxígeno disuelto. La temperatura de ésta agua debe ser de $20 \text{ °C} \pm 1$.

6.2.2 Adicionar 1ml de cada una de las siguientes soluciones por litro de agua destilada.

- a) Solución amortiguadora.
- b) Solución de sulfato de magnesio.
- c) Solución de cloruro de calcio.
- d) Solución de cloruro de férrico.

6.3 Pre-tratamiento de las muestras.

6.3.1 Según el pH de las muestras, neutralizar aproximadamente a pH 7 con H_2SO_4 1N ó NaOH 1N.

- 6.3.2 Si es posible evitar las muestras que contengan cloro residual, muestreando antes del proceso de cloración.-las muestras que tienen cloro residual se deben dejar en reposo por una o dos horas para que este elemento se volatilice.
- 6.3.3 En muestras sobresaturadas de oxígeno disuelto como en aguas donde se produce la fotosíntesis es posible encontrar hasta 9mg O₂/L. Para evitar la pérdida de oxígeno durante la incubación de tales muestras, reducir el oxígeno disuelto hasta la saturación a 20 °C calentando la muestra aproximadamente a 20 °C en frascos parcialmente llenos mientras se agitan con fuerza o se airean con aire limpio, filtrado y comprimido.
- 6.3.4 Llevar las muestras a 20 ± 1 °C antes de hacer las diluciones.

6.4 Técnica de dilución.

Las diluciones que dan a un contenido de oxígeno disuelto residual de al menos 1 mg/L ó 2 mg/L después de 5 días de incubación, producen los resultados más fiables.

Hacer varias diluciones de la muestra preparada para obtener un contenido de oxígeno disuelto en dicho intervalo. Un análisis más rápido, tal como la demanda química de oxígeno, DQO, presenta una correlación aproximada con la DBO y sirve como una guía para seleccionar las diluciones. En ausencia de datos previos, utilizar las siguientes diluciones:

- 0.1 a 1% para residuos industriales fuertes.
- 1 a 5% para aguas residuales crudas.
- 5 al 25% para efluentes tratados biológicamente.
- 25 al 100% para aguas fluviales contaminadas.

6.4.1 Las alícuotas tomadas de acuerdo al % de dilución son:

Cuadro 09: Alícuotas de acuerdo al % de dilución.

Muestra	% dilución	Valor Alícuota ml	Valor dilución L
Efluente industrial	0.5	5	1
Desagüe crudo	2	20	1
Efluente tratado	10	100	1
Aguas fluviales contaminadas	30	300	1

Fuente: APHA, AWWA, WPCF (1995)

6.4.2 En frascos de 1 L añadir agua de dilución hasta la mitad sin arrastre de aire.

- 6.4.3 Añadir la cantidad apropiada de muestra y diluir hasta el nivel apropiado con agua de dilución.
- 6.4.4 Mezclar bien evitando la entrada de aire.
- 6.4.5 Introducir rápidamente la solución mezclada en tres frascos de DBO mediante un embudo de tres huecos hasta rebosar.
- 6.4.6 Tapar los frascos herméticamente mediante un sello hidráulico.

6.5 Determinación del oxígeno disuelto.

- 6.5.1 Realizar la medición de oxígeno en uno de los tres frascos sembrados.
- 6.5.2 Incubar los otros dos frascos a 20 ± 1 °C por cinco días.
- 6.5.3 Realizar un blanco de agua de dilución, el oxígeno consumido por el blanco debe ser 0.2 mg/L como máximo.
- 6.5.4 Al cabo de cinco días de incubación realizar la medición de las muestras y sus duplicados. No debe haber variación de más de 10% en los resultados de estas muestras.

7. Medición

7.1 Calibración del equipo (electrodo de membrana, modelo 970899)

- Conectar el electrodo en el potenciómetro modelo 920A, en el 2do canal.
- Colocar el electrodo en modo "off".
- Identificar el electrodo como oxígeno presionando **2nd** y **electrode id**, seleccionar 2 de oxígeno, presionar **yes** para entrar.
- Presionar la tecla de **mode** hasta el modo de pH.
- Girar el switch del electrodo hasta el modo de **batería**. Una buena batería indica una lectura de 13.40 o más.
- Girar el electrodo hasta **ZERO**. Ajustar con la perilla hasta lectura de 0.00.
- Girar el switch del electrodo hasta AIR. Si la medición se hace al nivel del mar la lectura del electrodo debe ser igual a la presión barométrica en mmHg dividido entre 100. Si la elevación es mayor a la del nivel del mar, si la presión barométrica es desconocida o si la salinidad de la muestra es mayor a 2 partes por mil consultar la tabla 1 del manual instrucciones del modelo 97-08.

7.2 Chequeo del electrodo

- Prepara una solución de sulfito de sodio al 5%, disolviendo cerca de 15.0g de Na_2SO_3 en 250 ml de agua destilada.
- Transferir la solución en un frasco de DBO.

- Insertar el electrodo en su embudo protector (con hélice magnética) y colocarlo dentro del frasco de DBO.
- Colocar el frasco en el agitador magnético a velocidad moderada.
- Mover el switch al modo **AGUA**.
- Después de 2.30 min la lectura debe ser de 0.3 ppm de oxígeno o menos. Si no es así consultar con el manual de instrucciones.
- Lentamente retirar el electrodo del embudo protector y remover las trazas de sulfito de sodio de ambas partes mediante chorros continuos de agua.
- Una vez calibrado y chequeado el electrodo de oxígeno colocarle nuevamente su embudo protector y ponerlo dentro del frasco de DBO con muestra.
- Colocar el frasco en un agitador magnético a velocidad moderada y constante.
- Mover el switch al modo de **AGUA** para realizar la lectura de la muestra.

8. Cálculos

- La DBO se calcula a partir del consumo de oxígeno de la muestra y del agua de dilución.
- El consumo de oxígeno se calcula restando el OD medido inicial menos el OD promedio final, así:

OD inicial-OD final = Consumo de oxígeno

La DBO se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$DBO \text{ (mg/L)} = \frac{[A - ((1 - p) * (B))]}{P}$$

A = Consumo de oxígeno de muestra diluida luego de 5 días (mg/L).

B = Consumo de oxígeno del agua dilución luego de 5 días (mg/L).

P = Dilución expresado en porcentaje.

9. Referencias

- 9.1 Standard Methods for the examination of wáter and wastewater, 19 th edition, 1995 5-2 al 5-7.

3.5.4.3. Análisis de suelos

Fue ejecutado por la empresa particular V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L para el proyecto de “**Instalación del Sistema de Alcantarillado en las Localidades de San Rafael y La Libertad**”; teniendo en consideración lo siguiente:

3.5.4.3.1 Nomenclatura SUCS

Utilizado para estudios de suelos para edificaciones.

a. Suelos:

La clasificación de estos suelos se efectuará teniendo como base el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS (EE.UU.), estableciéndose tres categorías:

a.1. Suelo de grano grueso:

Más del 50% es retenido por la malla N° 200 (0.074 mm.).

- **Gravas (G):** Más del 50 % del material es retenido por la malla N° 4 (4.76 mm.).
- **Arenas (S):** Menor del 50% del material es retenido por la malla N° 4 (4.76 mm.).

a.2. Suelo de grano fino:

Más del 50% es pasa por la malla N° 200 (0.074 mm.).

- Limo y Arcilla (M) (C) : Cuando el límite líquido es menor del 50% corresponde a limos y arcillas inorgánicas de baja o mediana plasticidad (ML y CL).
- Limo y Arcilla (M) (C) : Cuando el límite líquido es mayor del 50% corresponde a limos y arcillas inorgánicas de alta plasticidad (MH y CH).

Donde:

L : Baja plasticidad

H : Alta plasticidad

a.3. Suelo altamente orgánico (PT):

Turba, arcilla orgánica, muy plástica.

b. Rocas:

Terrenos formados por materiales duros, de carácter pétreo.

c. Materiales de relleno:

Formado por sedimentación de diversos materiales que pueden estar sin compactar, y de composición arbitraria, también pueden ser materiales compactados con suelos granulares o cohesivos de materiales inorgánicos.

3.5.4.3.2. Ensayos Standard

Los ensayos de laboratorio de las muestras de suelos representativos fueron realizados de acuerdo a las siguientes normas:

- Análisis granulométrico (NTP 339. 128 ASTM - D 422).
- Clasificación de suelos, Sistema SUCS (NTP 339. 134 ASTM - D 2487).

Granulometría por tamizado (NTP 339. 128 ASTM - D 422):

Es un proceso mecánico mediante el cual se separan las partículas de un suelo en sus diferentes tamaños, denominado a la fracción menor (Tamiz N° 200) como limo, arcilla y coloide. Se efectiviza utilizando tamices en orden decreciente. La cantidad de suelo retenida indica el tamaño de la muestra, separando solamente una porción de suelo entre dos tamaños.

➤ Equipos:

- Tamices (3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/5", ¼", N° 4, N° 10, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200)
- Balanza con capacidad de 20 kg.
- Horno eléctrico (temperatura 105±5)
- Bandejas, agitador de vidrio, brochas de cerda.
- Vaso precipado.

➤ Procedimiento de ensayo:

Fracción granular gruesa.- Antes que nada, la fracción granular gruesa, se pesa en la balanza y el peso se anota en la hoja de registro 5.1. Luego se lleva a cabo el tamizado para separar las diferentes partículas 3", 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", ¼", y N° 4, comenzando en orden decreciente, teniendo en cuenta de no mezclar las partículas tamizadas. Al mismo tiempo se tara una ponchera en la balanza de 20Kg de capacidad y 1gr de sensibilidad. Y se determina el peso de cada fracción retenida. Se debe verificar que la suma de los pesos

retenidos en cada tamiz de igual al peso de la Fracción Granular gruesa, con una tolerancia de 0.5%.

Fracción granular fina.- Se toma todo el material pasante el tamiz N° 4 (Ba), se pesa en la balanza de 20kg y se anota en la hoja de registro 5.1. Se vierte la muestra en el tamiz N° 200, teniendo el cuidado de no perder el material. Luego se elimina las partículas inferiores al tamiz N° 200 (limo, arcilla y coloides), lavando el material hasta que el agua salga limpia y clara. No se debe remover el material con las manos dentro del tamiz. Todo el material retenido en el tamiz N° 200 será arena, ya que los finos fueron lavados, se coloca en un recipiente, teniendo en cuenta de no dejar material adherido en el tamiz. Se pasa el material a una escudilla de 600 ml, haciendo uso del frasco lavador. Se descanta el agua y se seca la muestra en el horno a una temperatura de 105 ± 5 C por 18 horas aprox. Luego se deja enfriar y se separa por medio de tamices N° 10, N° 40, N° 60, N° 200. Se pesan las fracciones retenidas en cada uno de tamices y se anotan en la hoja de registro 5.1.

➤ Cálculos:

1. - Se calcula el peso total de la muestra:

(T): Peso total de la muestra (T)

(A): Fracción granular gruesa (A)

(Ba) Fracción granular fina

$$T = A + Ba$$

2. - Se determina el peso pasante del tamiz N° 200:

$$\text{Peso pasa N° 200} = Bb - (\text{peso retenidos tamices N° 10, 40, 60, 200})$$

3. - Se calcula el peso retenido en los tamices inferiores al tamiz N° 4 con respecto a (Ba):

$$\text{Peso ret. En Tamiz } < \text{N}^{\circ}4 = _Ba_ \times \text{Peso ret. En dicho Tamiz}$$

4. - Determinar el % retenido en cada tamiz, en cuanto a (T):

$$\% \text{ retenido parcial tamiz } X = 100 \times \frac{\text{Peso ret. tamiz } X}{T}$$

5. - Calcula el % retenido acumulado,

$$\% \text{ ret. Acum. tamiz } X = \% \text{ ret. Acum tamiz anterior} + \% \text{ ret parcial tamiz } X$$

6. - Obtener % pasante de cada tamiz

% Pasante Tamiz X= 100 - % ret. Acumul tamiz X

7. -Se construye la curva granulométrica

8.-Se determina la gradación del suelo, mediante los Coeficientes de Uniformidad y Curvatura.

- Clasificación de suelos SUCS (NTP 339. 134 ASTM - D 2487):
Se realiza de acuerdo al Cuadro 10:



Cuadro 10: Clasificación de suelos SUCS

Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7.5cm y basando las fracciones en pesos estimados)				Símbolo del grupo	Nombres típicos			
Suelos de grano grueso. Más de la mitad del material es retenido por el tamiz Nº 200	Suelos de grano fino. Más de la mitad del material pasa por el tamiz Nº 200 (La abertura del tamiz Nº 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Gravas más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz Nº 4	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos		
				Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos		
			Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Fracción fina no plástica (para la identificación ver el grupo ML más abajo)	GM	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo		
				Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo)	GC	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla		
			Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos		
				Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos		
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Finos no plásticos (para identificación ver el grupo ML más abajo)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduados			
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo)	SC	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas y arenas arcillosas			
		Métodos de identif. para fracción que pasa por el tamiz Nº 40						
				Resistencia en estado seco (a la disgregación)	Distancia (reacción a la agitación)	Tenacidad (consistencia)		
		Limos y arcillas con límite líquido menor de 50	Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas o arcillosas con ligera plasticidad	
			Media a alta	Nula a muy lenta	Media	CL	Arcillas inorgánicas plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas	
Ligera a media	Lenta		Ligera	OL	Limos inorgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
Limos y arcillas con límite líquido mayor de 50	Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos			
	Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas			
	media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta			
Suelos altamente orgánicos		Facilmente identificables por su color, olor sensación esponjosa y frecuent. por su textura fibrosa			Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos		
Los suelos que poseen características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. Ejm: GW-GC, mezcla bien graduada de arena y grava. Todos los tamaños de tamices se refieren al US Estándar.								

Fuente: Ing. M.Sc. Dante Bosch. (1998)

SÍMBOLOS

G-Grava, inferior a 76 mm, superior a 6 mm.

S-Arena, inferior a 6 mm pero lo bastante grande para poder verla.

M-Limos, suelos de granulometría fina, partículas individualizadas.

C-Arcillas, demasiado pequeñas para verla a simple vista

MODIFICADORES (ARENA Y GRAVA)

W-Bien graduados, contienen partículas grandes, medianas y pequeñas.

P-Mal graduados, contienen partículas de tamaños uniformes.

C-Arcillosos.

M-Limosos.

MODIFICADORES (LIMO Y ARCILLA)

L-de plasticidad baja.

H-de plasticidad alta.

3.6. Materia Prima

Se empleó agua de pozo y agua de la red de distribución, así como también el suelo del Centro Poblado Menor La Libertad, distrito de San Rafael, Provincia de Bellavista, Región San Martín, Perú “.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En los siguientes cuadros se muestran los resultados obtenidos en los exámenes bacteriológicos, físico-químicos y de suelos

4.1. Exámenes bacteriológicos

Los resultados de los exámenes bacteriológicos determinarán si las aguas del C.P.M. La Libertad son aptas para el consumo humano, regulados por los Estándares de Calidad Ambiental, mediante los Límites Máximos Permitidos de la Legislación Peruana. Estos resultados son mostrados en las siguientes figuras:

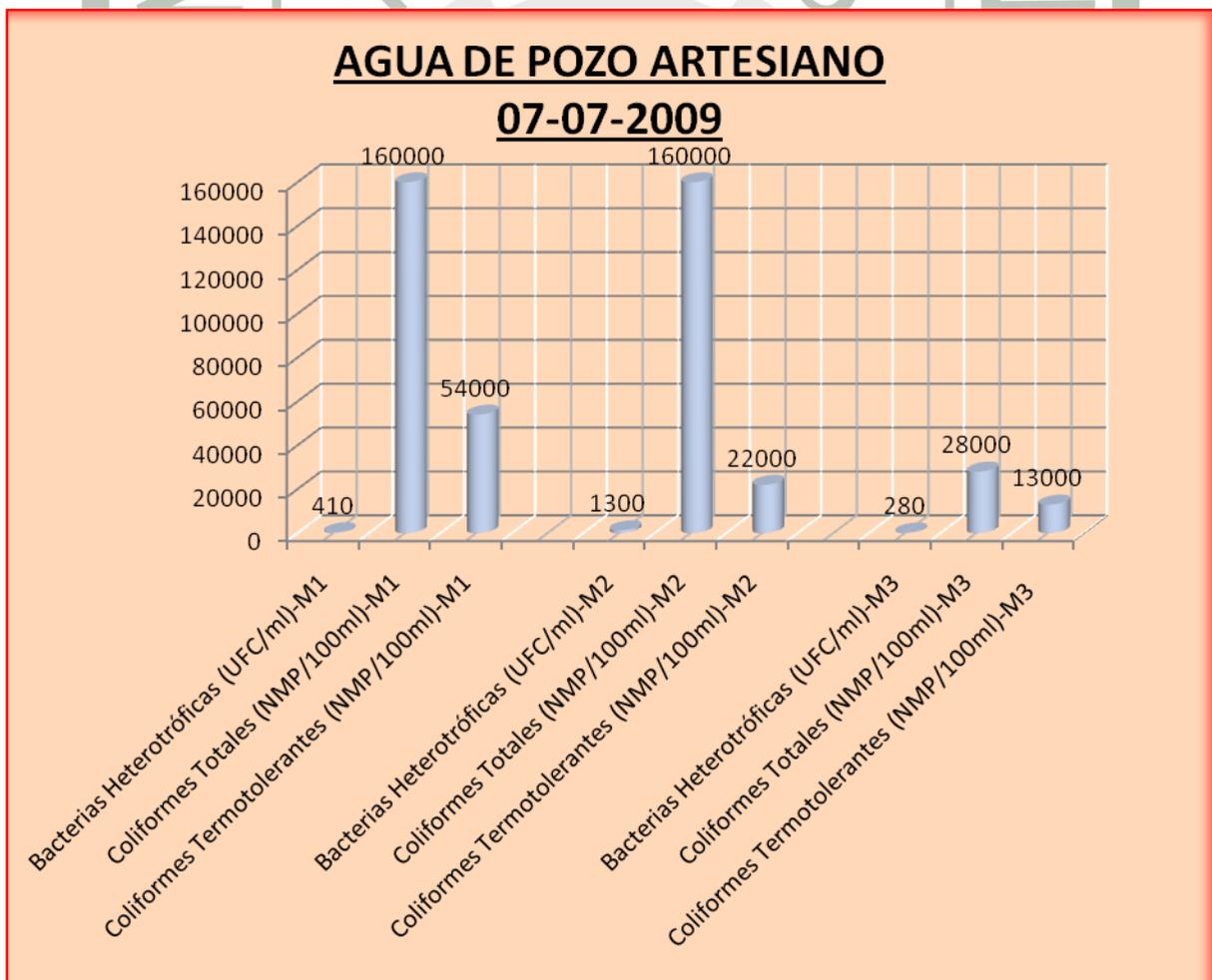


Figura 12: Exámenes bacteriológicos de aguas de pozos artesianos, de muestras recogidas el 07-07-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Bacterias heterotróficas (LMP \leq 500 UFC/ml a 35°C)

Coliformes totales (LMP= 50 NMP/100 ml a 35°C)

Coliformes termotolerantes (LMP= 0 /100 ml a 44.5°C)

Los resultados indican que las muestras M-1, M-2 y M-3 no cumplen con los LMP, y por lo tanto no son aptos para el consumo humano por simple desinfección. Para el caso de coliformes termotolerantes la normativa es muy exigente, dado que son los coliformes fecales, principalmente el *Escherichia Coli*, causante de problemas de salud.

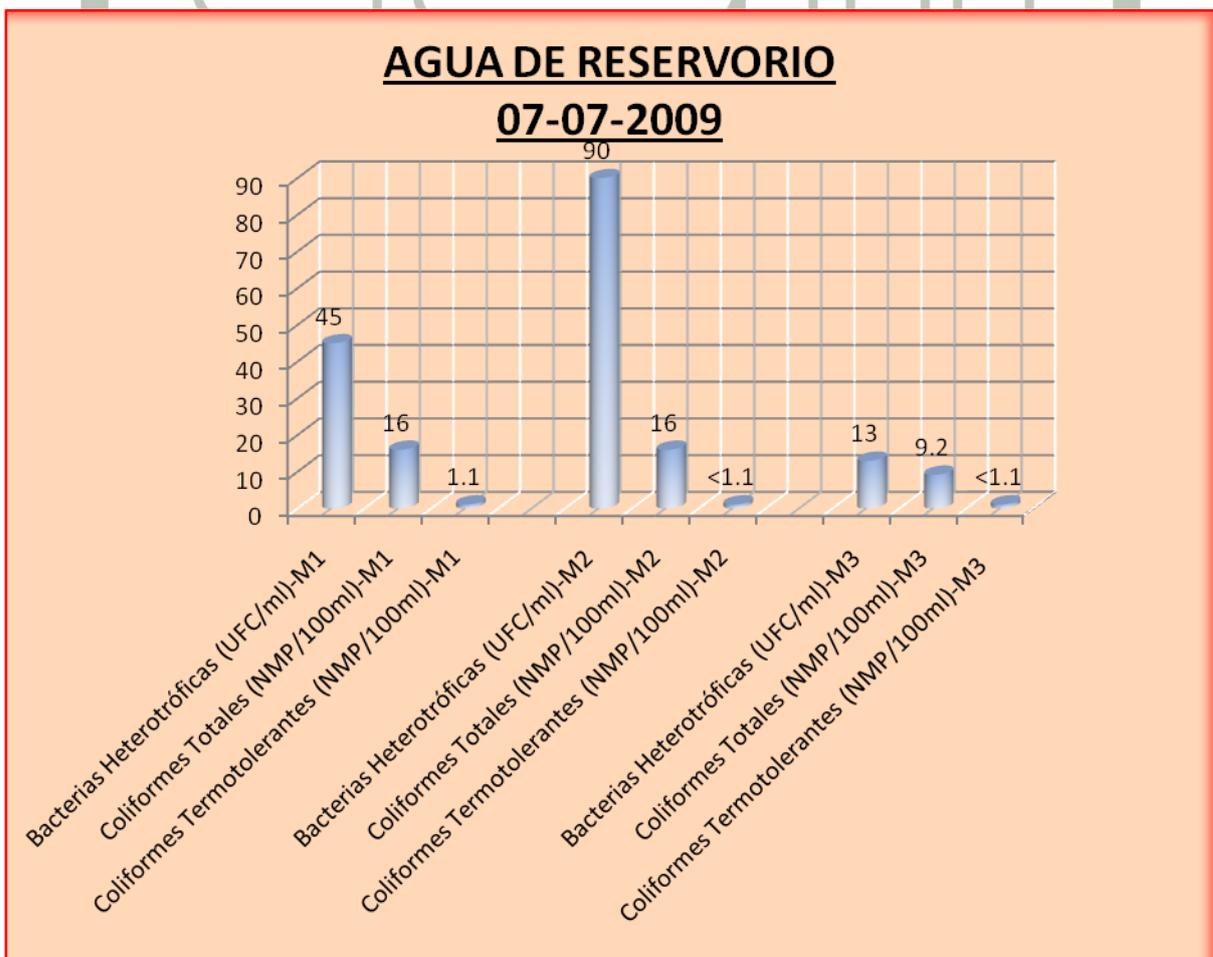


Figura 13: Exámenes bacteriológicos de aguas de reservorio, de muestras recogidas el 07-07-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Bacterias heterotróficas (LMP \leq 500 UFC/ml a 35°C)

Coliformes totales (LMP= 50 NMP/100 ml a 35°C)

Coliformes termotolerantes (LMP= 0 /100 ml a 44.5°C)

Para agua de reservorio los exámenes se realizaron por siembra directa y por lo tanto todas deben tener un valor de <1.1 . En este caso también, estas aguas no son aptas para el consumo humano por simple desinfección. Para el caso de coliformes termotolerantes la normativa es muy exigente dado que son los coliformes fecales, principalmente el *Escherichia Coli*, causante de problemas de salud.

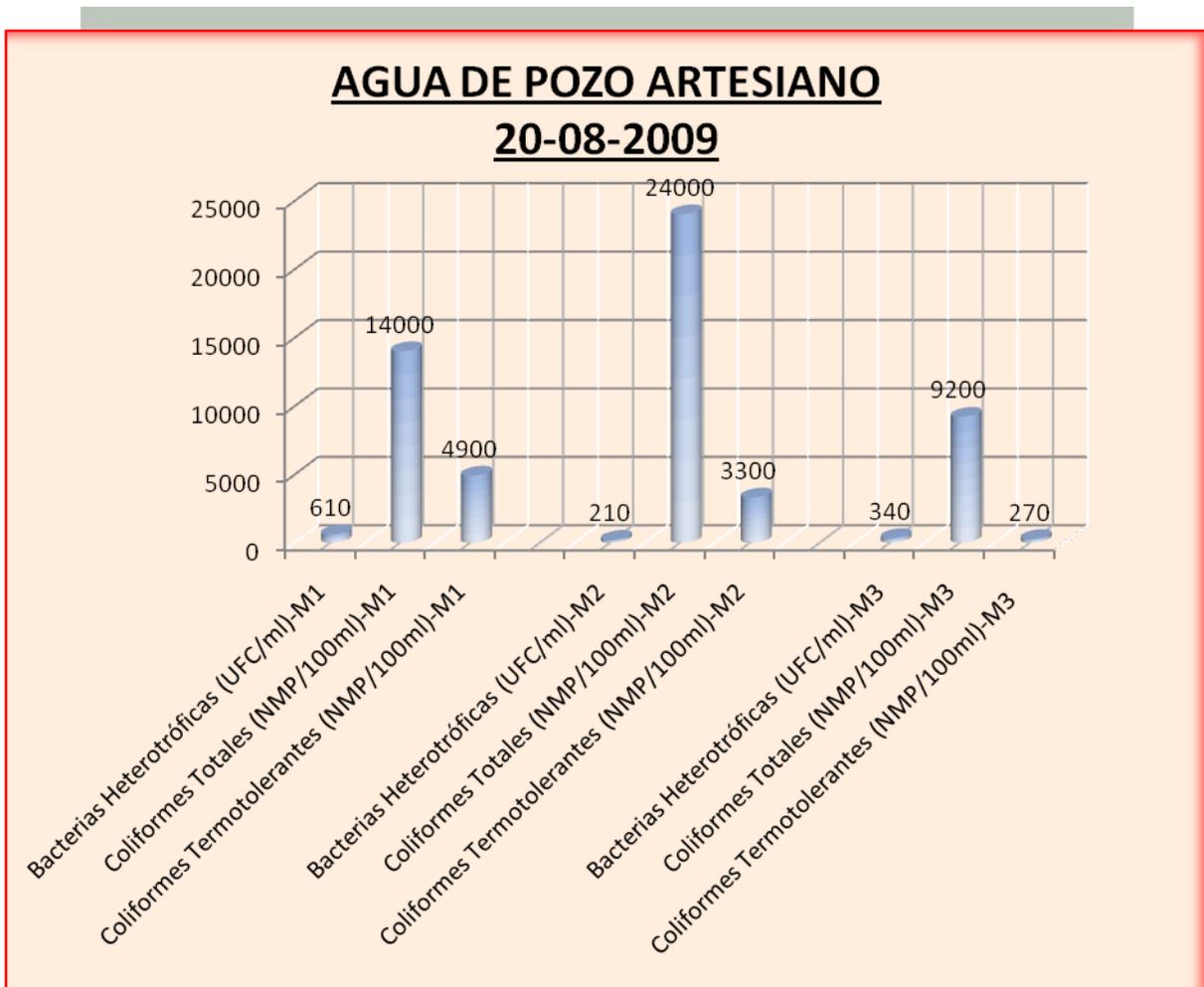


Figura 14: Exámenes bacteriológicos de aguas de pozos artesianos, de muestras recogidas el 20-08-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Bacterias heterotróficas (LMP \leq 500 UFC/ml a 35°C)

Coliformes totales (LMP= 50 NMP/100 ml a 35°C)

Coliformes termotolerantes (LMP= 0 /100 ml a 44.5°C)

Según los resultados, las muestras M-1, M-2 y M-3 no cumplen con los LMP, y por lo tanto no son aptos para el consumo humano por simple desinfección. Para el caso de coliformes

termotolerantes la normativa es muy exigente dado que son los coliformes fecales, principalmente el *Escherichia Coli*, causante de problemas de salud.

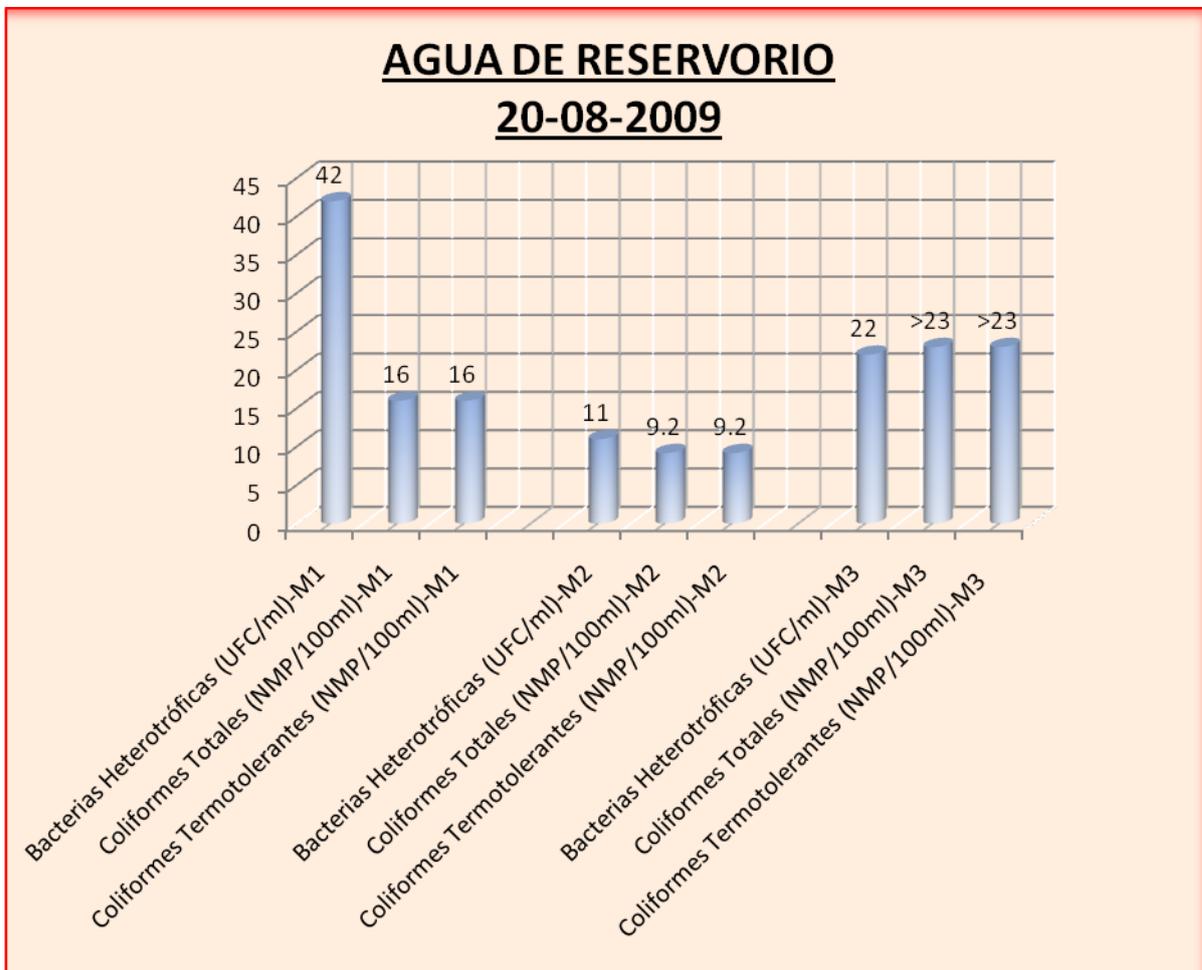


Figura 15: Exámenes bacteriológicos de aguas de reservorio, de muestras recogidas el 20-08-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Bacterias heterotróficas (LMP≤ 500 UFC/ml a 35°C)

Coliformes totales (LMP= 50 NMP/100 ml a 35°C)

Coliformes termotolerantes (LMP= 0 /100 ml a 44.5°C)

Para agua de reservorio los exámenes se realizaron por siembra directa y por lo tanto todas deben tener un valor de <1.1. En este caso también, estas aguas no son aptas para el consumo humano por simple desinfección. Para el caso de coliformes termotolerantes la normativa es muy exigente dado que son los coliformes fecales, principalmente el *E. coli.*, causante de problemas de salud.

4.2. Exámenes físico-químicos

Los resultados de los exámenes físico-químicos, además de los bacteriológicos determinarán si las aguas del C.P.M. La Libertad son aptas para el consumo humano, regulados por los Estándares de Calidad Ambiental mediante los Límites Máximos permitidos de la legislación Peruana. Estos resultados son mostrados en las siguientes figuras:

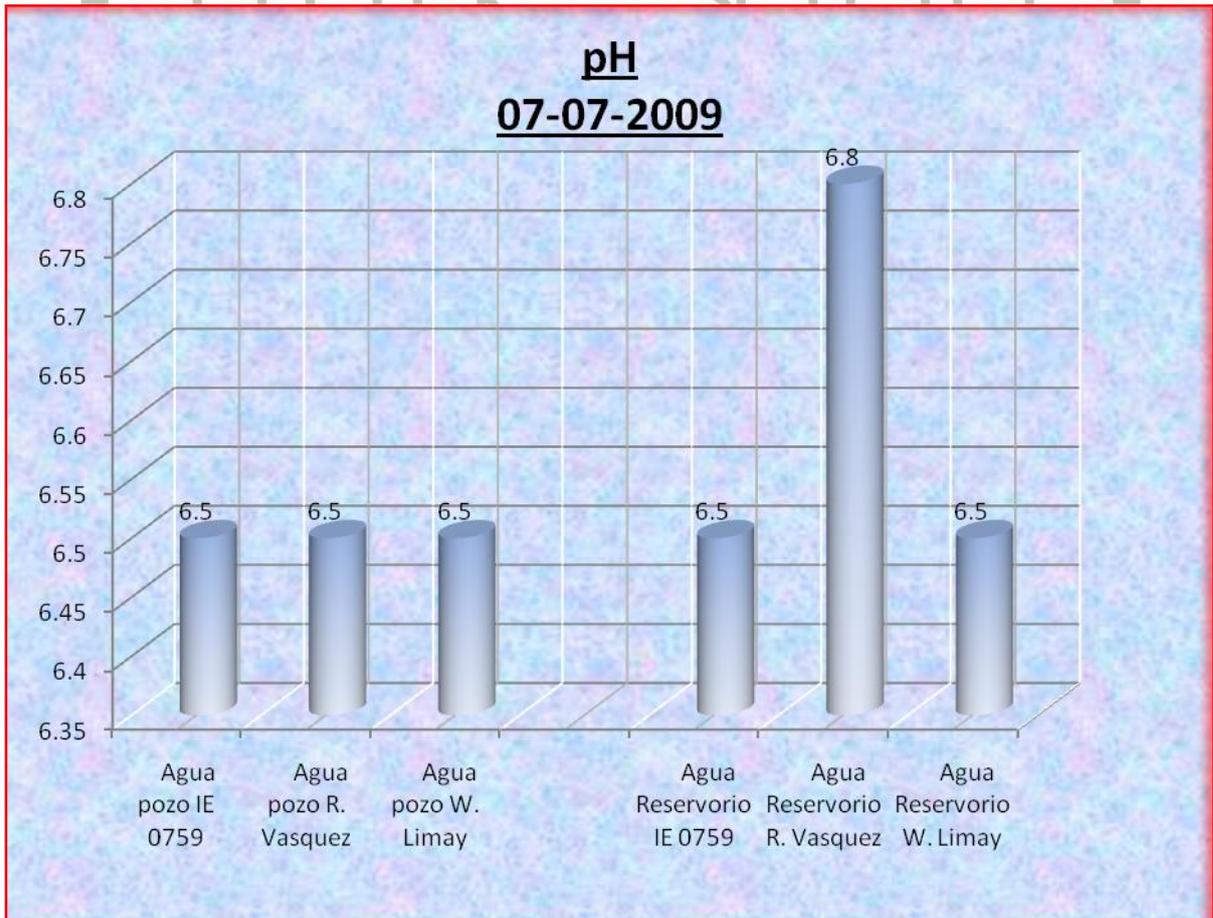


Figura 16: pH de muestras recogidas el 07-07-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

pH (LMP= 6.5 a 8.5). Las aguas de pozo y del reservorio cumplen con el ECA respecto al pH, y por lo tanto son aptas para el consumo humano. El pH nos define un intermedio de 7 como agua neutra, si es <7 es ácida, si es >7 es básica.

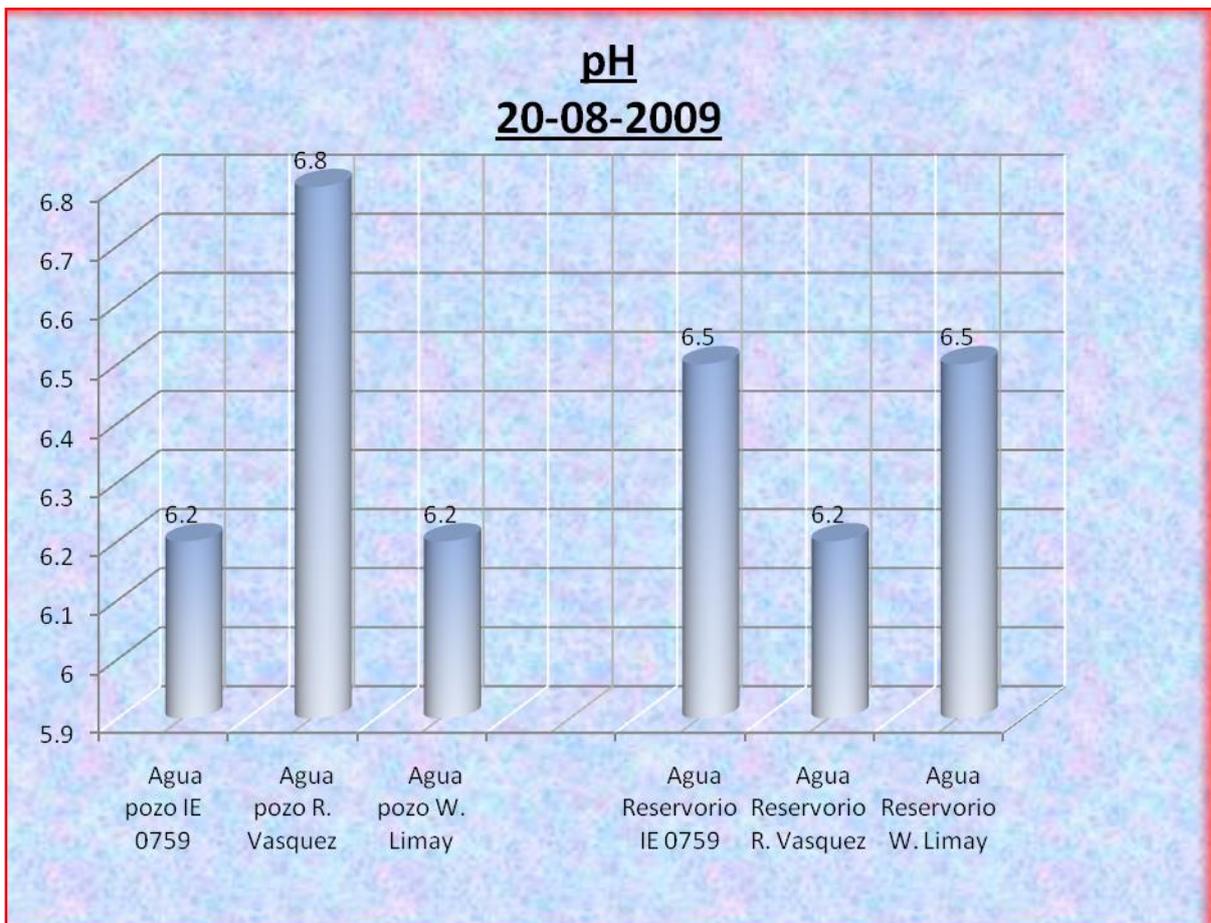


Figura 17: pH de muestras recogidas el 20-08-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

pH (LMP= 6.5 a 8.5). Las aguas de pozo de la IE 0759, del sr. W. Limay, así como el agua de reservorio del sr. R. Vasquez no cumplen con el ECA , por lo tanto no son aptas para el consumo humano, el resto sí. El pH nos define un intermedio de 7 como agua neutra, si es <7 es ácida, si es >7 es básica.

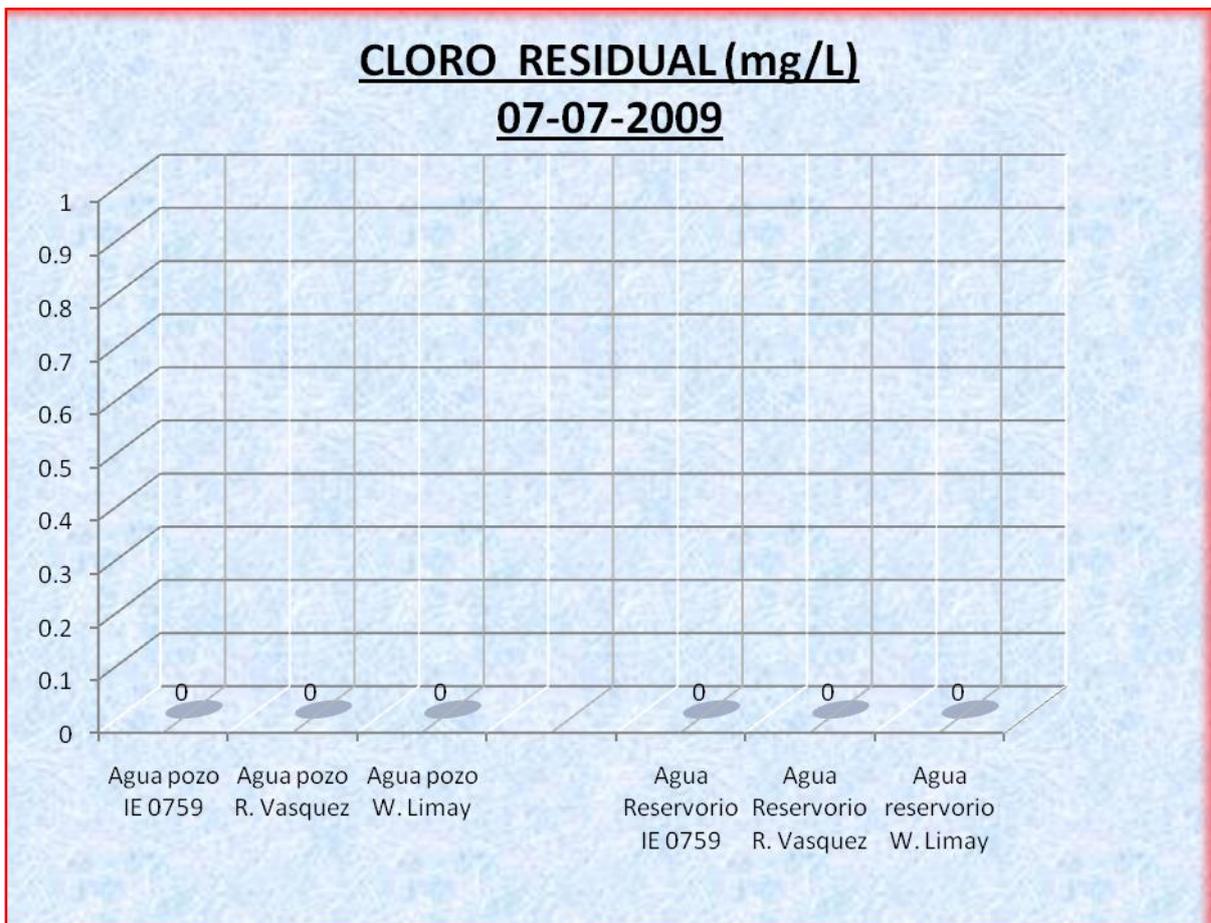


Figura 18: Cloro Residual de muestras recogidas el 07-07-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Cloro residual (LMP=0.5 a 0.8 mg/lit). Todas las aguas no cumplen con el ECA, y por tanto no son aptas para el consumo humano. El cloro residual es muy importante en el agua potable, ya que sirve para eliminar microorganismo patógenos con simple desinfección.



Figura 19: Cloro residual de muestras recogidas el 20-08-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Cloro residual (LMP=0.5 a 0.8 mg/lit). Todas las aguas no cumplen con el ECA, por consiguiente no son aptas para consumo humano. El cloro residual es muy importante en el agua potable, ya que sirve para eliminar microorganismo patógenos con simple desinfección.

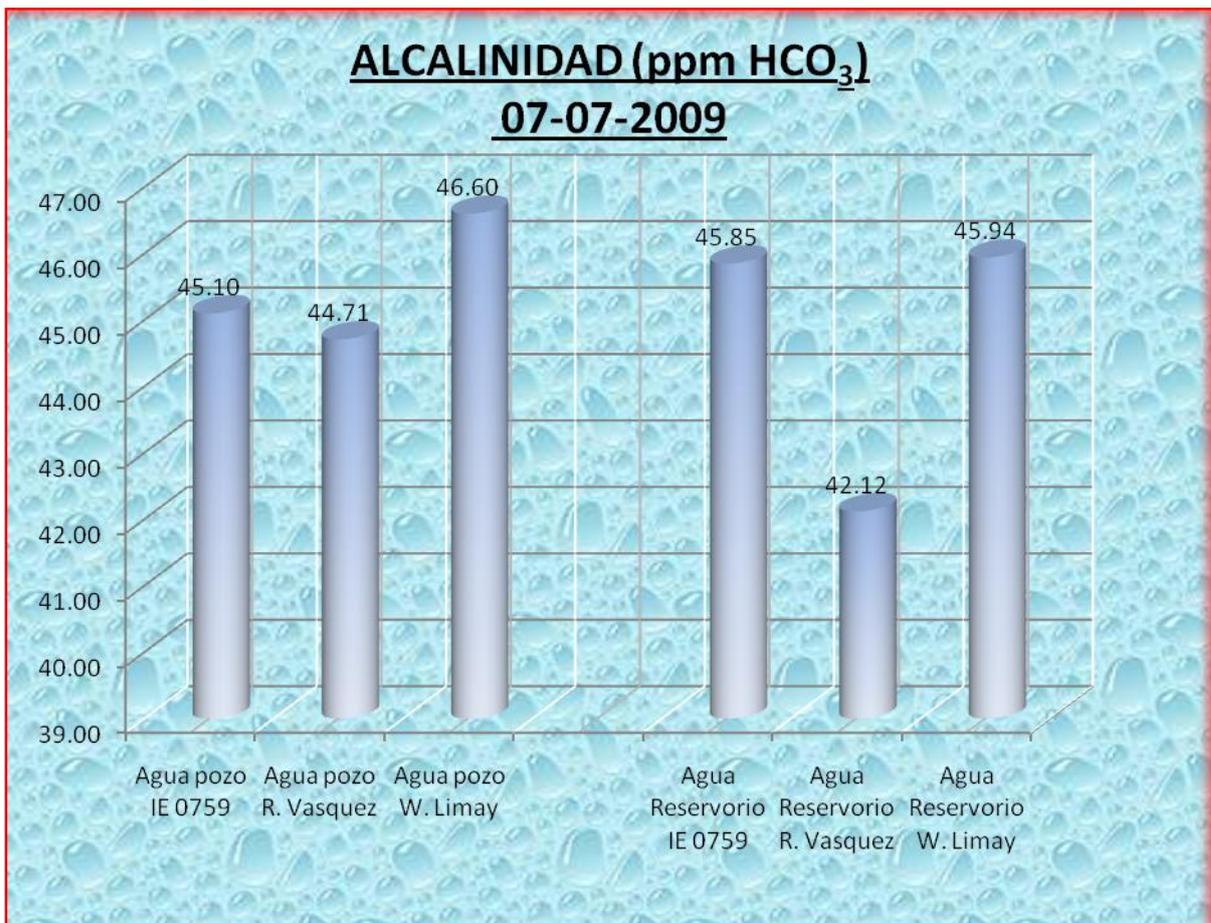


Figura 20: Alcalinidad de muestras recogidas el 07-07-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Alcalinidad (LMP=120 ppm HCO_3). Todas las aguas cumplen con el ECA, ya que el máximo es 120 ppm de bicarbonato. La alcalinidad es la capacidad del agua de neutralizar y evitar que sus niveles de pH lleguen a ser demasiado ácido o básico, la alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7.

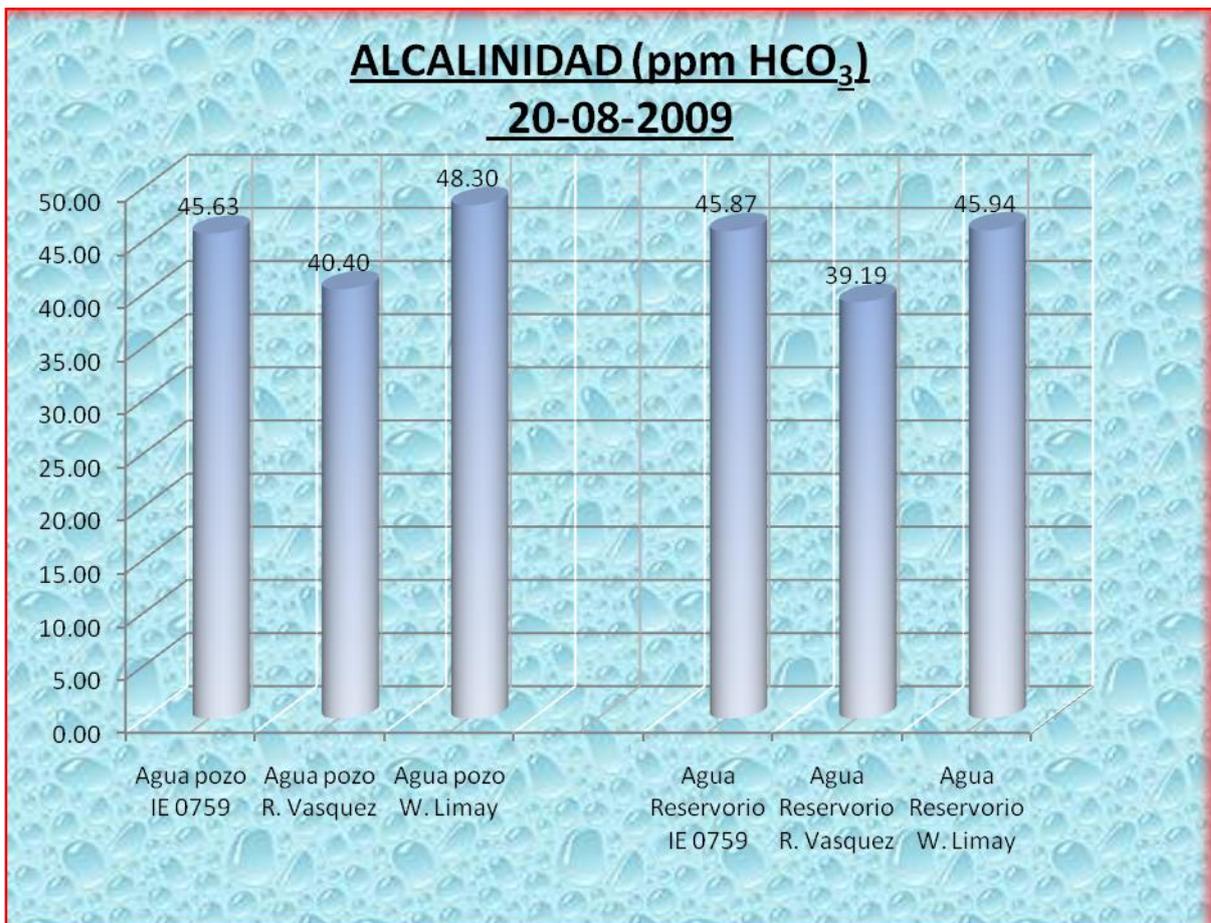


Figura 21: Alcalinidad de muestras recogidas el 20-08-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Alcalinidad (LMP=120 ppm HCO_3). Todas las aguas cumplen con el ECA, ya que el máximo es 120 ppm de bicarbonato. La alcalinidad es la capacidad del agua de neutralizar y evitar que sus niveles de pH lleguen a ser demasiado ácido o básico, la alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7.

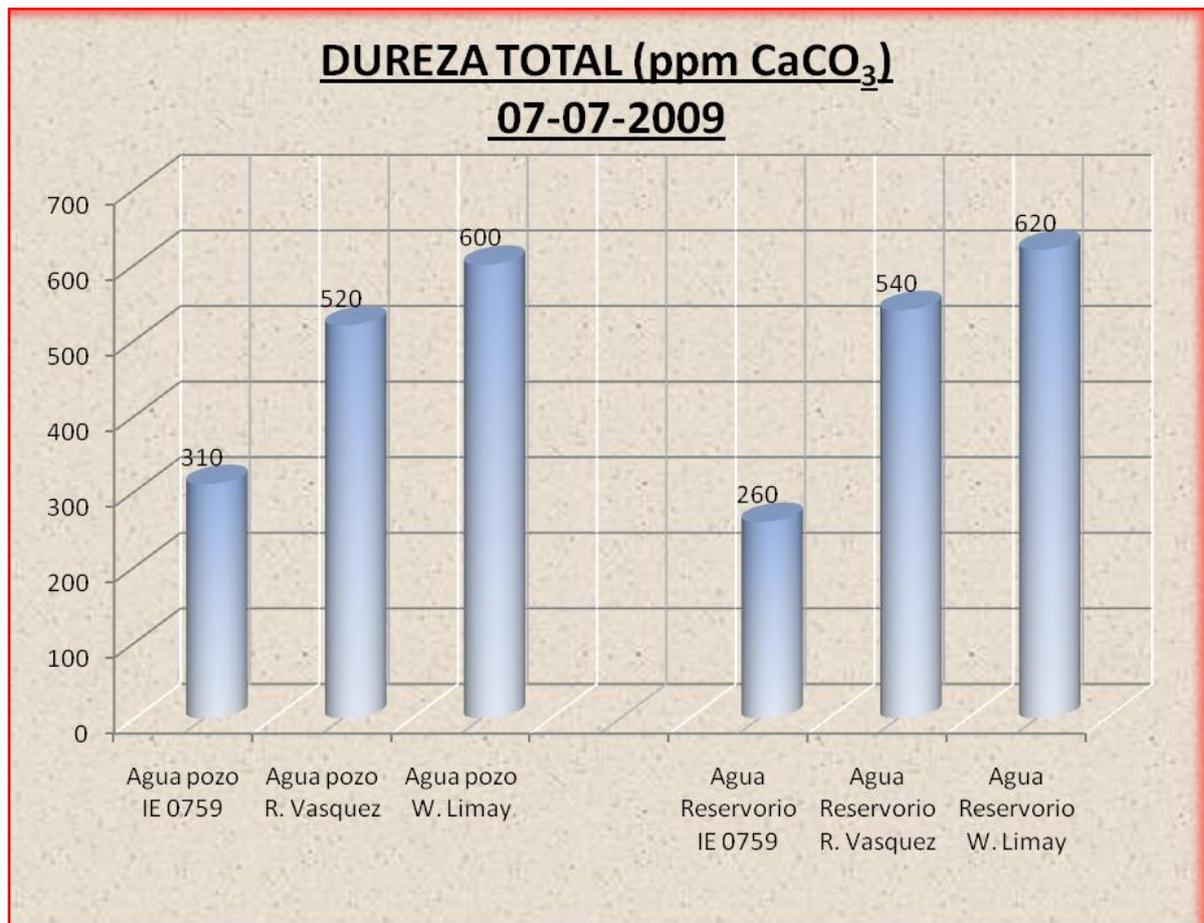


Figura 22: Dureza total de muestras recogidas el 07-07-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Dureza total (LMP=500 ppm CaCO₃). El único que cumple con el ECA son las aguas de pozo y de la red de la I.E. 0759. Por consiguiente, el resto tiene mucho carbonato de calcio, esto indica que contiene un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio; el agua dura puede volver a ser blanda, agregándole carbonato de sodio o potasio, y se define como:

- 0 a 75mg/L = Suaves.
- 75 mg/L a 150 mg/L = Poco Duras.
- 151 mg/L a 300 mg/L = Duras.
- 301 mg/L a más = Muy Duras

La dureza total guarda relación con el sabor del agua, ya que aguas duras tienen un sabor indeseable.- No es malo para la salud humana.

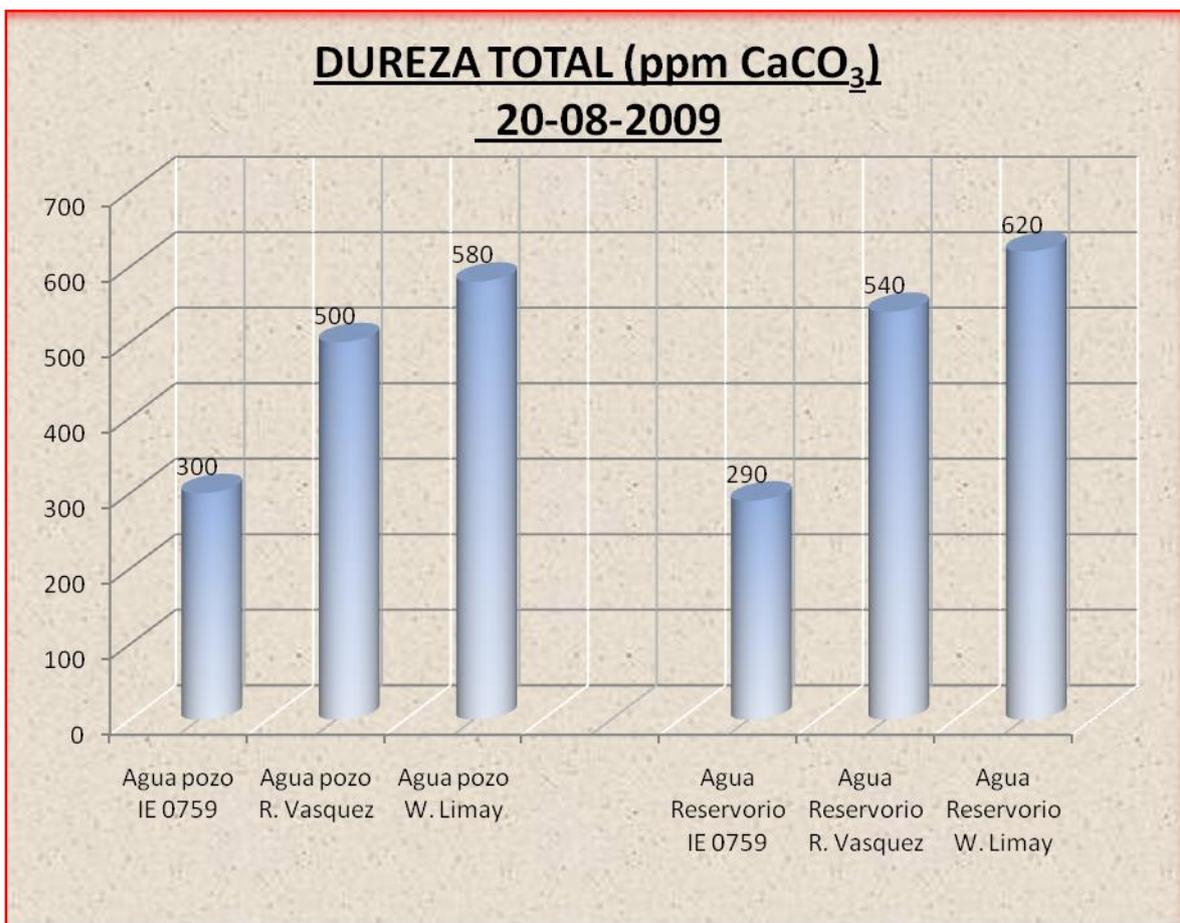


Figura 23: Dureza total de muestras recogidas el 20-08-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Dureza total (LMP=500 ppm CaCO₃). El único que cumple con el ECA son las aguas de pozo y de la red de la I.E. 0759, y el agua de Pozo del sr. R. Vasquez. Por tanto, el resto tiene mucho carbonato de calcio, esto indica que contiene un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio; el agua dura puede volver a ser blanda, agregándole carbonato de sodio o potasio, y se define como:

- 0 a 75mg/L = Suaves.
- 75 mg/L a 150 mg/L = Poco Duras.
- 151 mg/L a 300 mg/L = Duras.
- 301 mg/L a más = Muy Duras

La dureza total guarda relación con el sabor del agua, ya que aguas duras tienen un sabor indeseable.- No es malo para la salud humana.

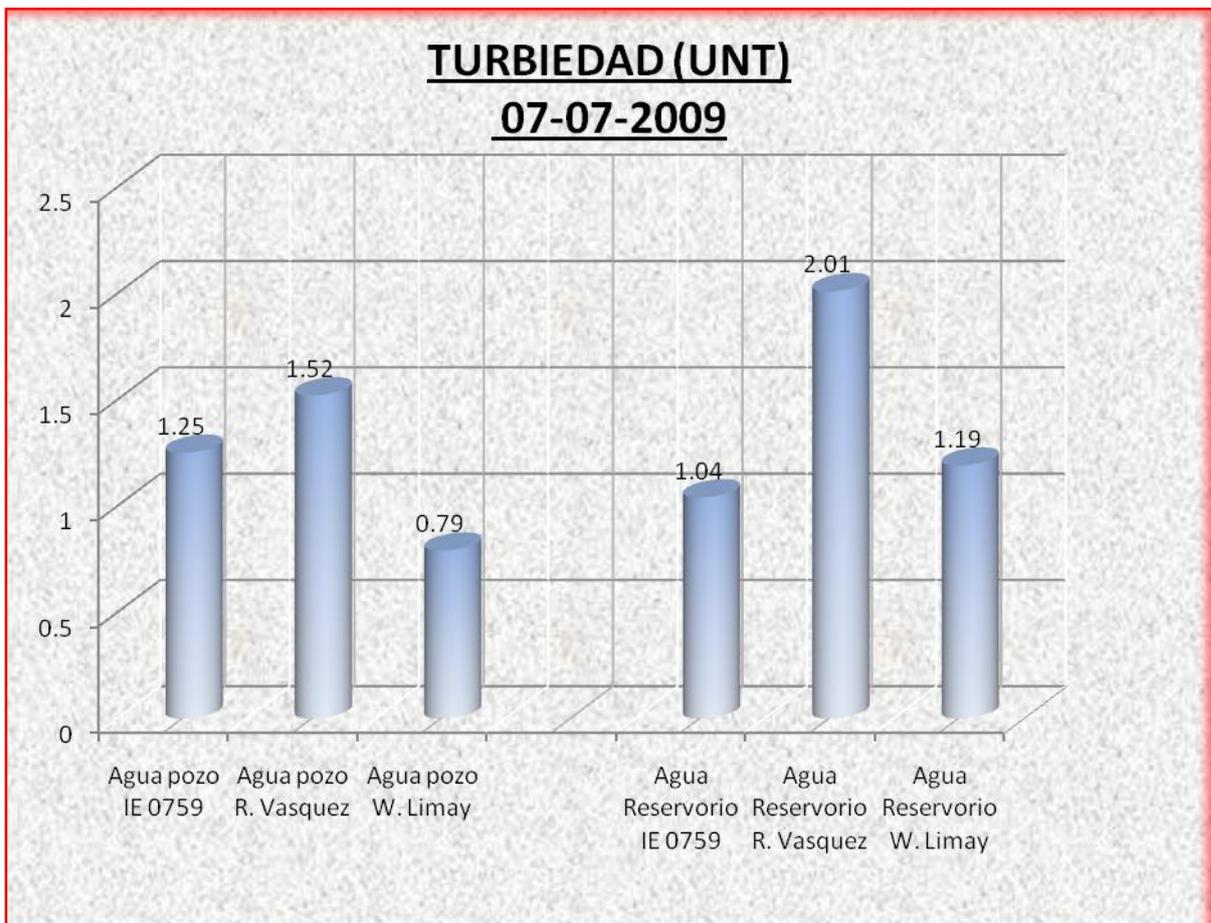


Figura 24: Turbiedad de muestras recogidas el 07-07-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Turbiedad (LMP= 5 UNT). Todas las aguas cumplen con el ECA. La turbidez es la falta de transparencia de un líquido, debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuanto exista más sólidos en suspensión entonces el agua es más sucia y puede contener microorganismos perjudiciales para la salud humana.

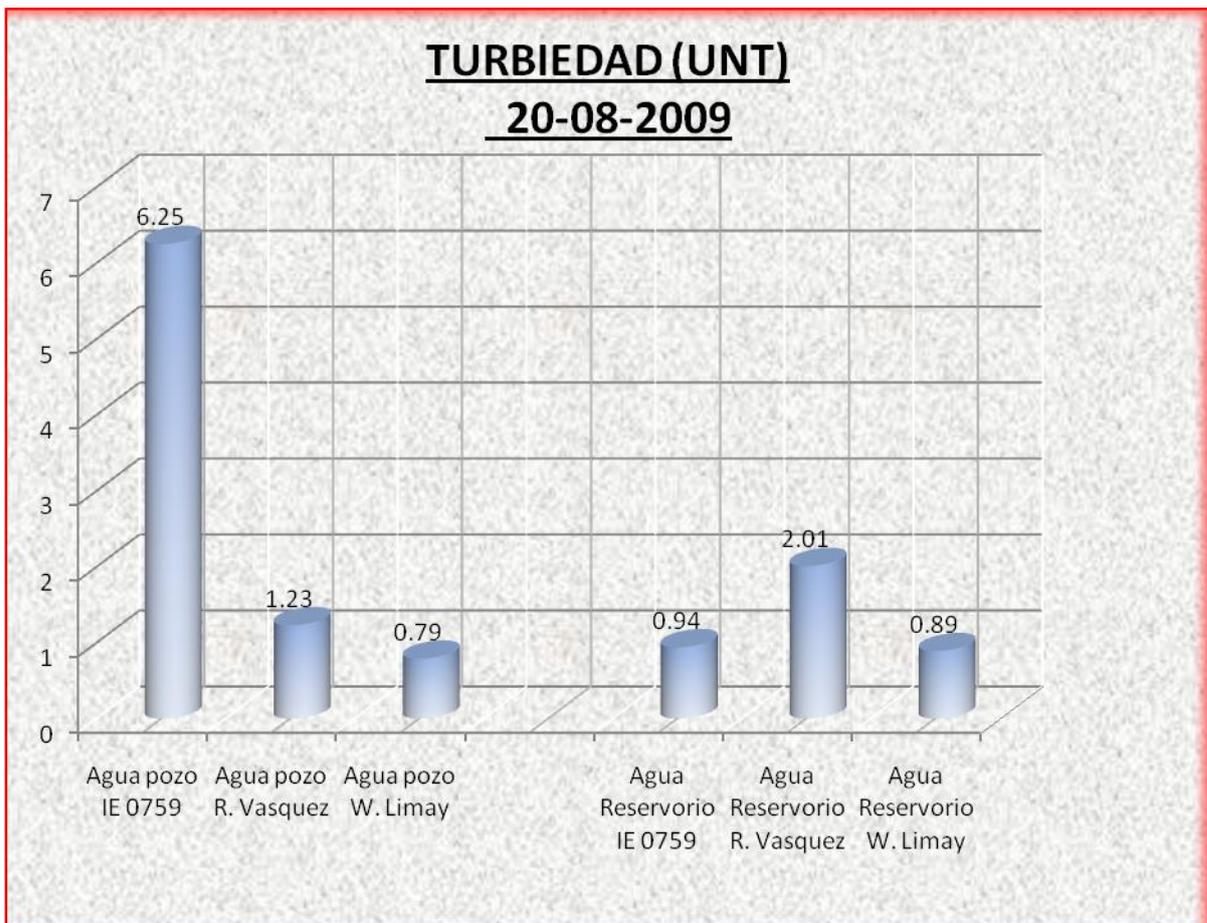


Figura 25: Turbiedad de muestras recogidas el 20-08-2009.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

Turbiedad (LMP= 5 UNT). Todas las aguas cumplen con el ECA, a excepción del agua de pozo de la IE 0759, que aquel día estuvo retirando agua. La turbidez es la falta de transparencia de un líquido, debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos existan en suspensión entonces el agua es más sucia y que puede contener microorganismos perjudiciales para la salud humana.

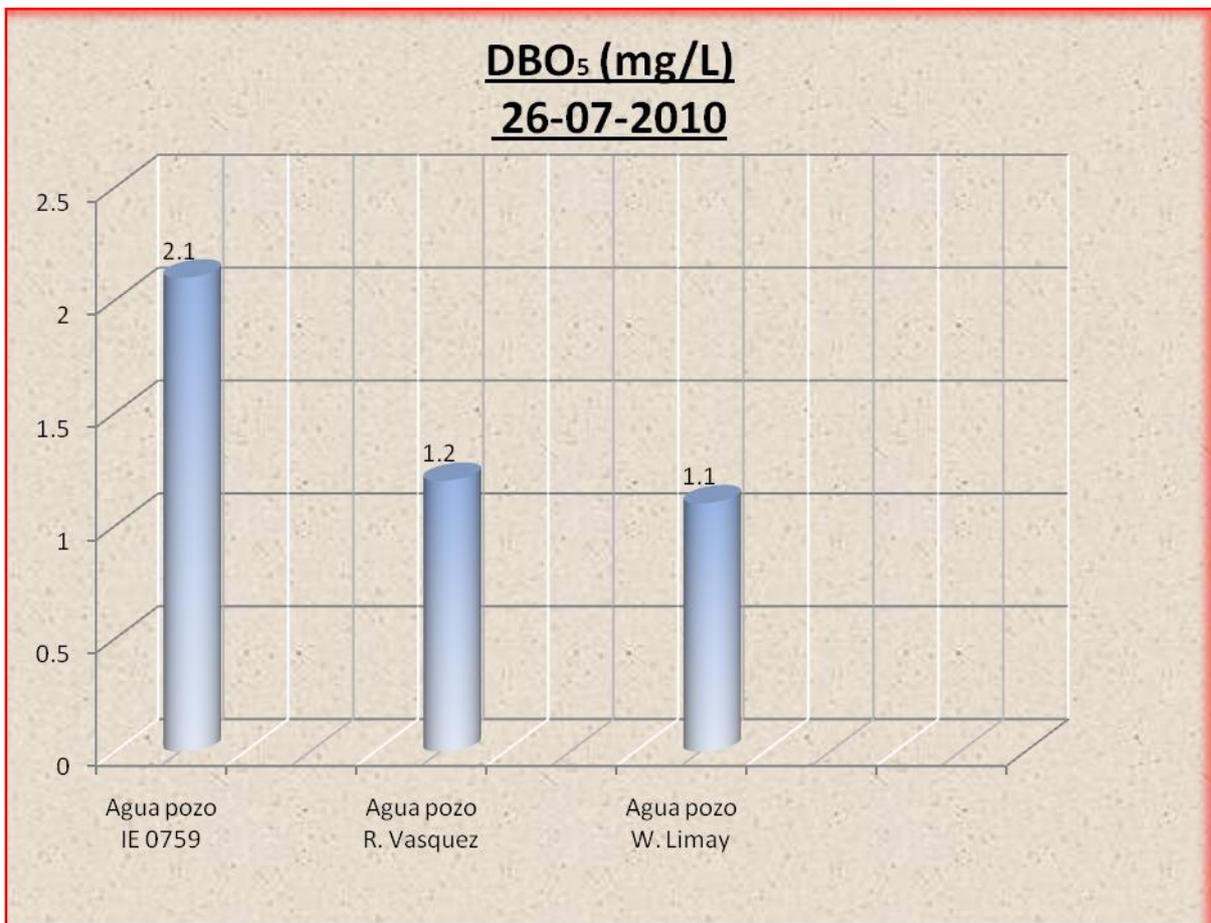


Figura 26: Demanda bioquímica de oxígeno de muestras recogidas el 26-07-2010.

Fuente : Elaboración propia, (2009).

DBO₅ (LMP= 3 mg/L). Todas las aguas cumplen con el ECA. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es la que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO₅), y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l). El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido la fotosíntesis de producción de oxígeno que favorecen el desarrollo de los microorganismos.

4.3. Examen de suelos

Para determinar la permeabilidad del suelo, se recopiló información de los estudios de suelos realizados por la empresa V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. para el Proyecto de “**Instalación del Sistema de Alcantarillado en las localidades de San Rafael y La Libertad**”, realizado en octubre del 2007, previa excavación de calicatas.

La empresa V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. verificó *in situ* las siguientes características del terreno:

- Existencia de filtraciones de agua y napa freática (zona donde se realizó las excavaciones de las calicatas, en gran parte por ser inundable por el río Huallaga que está próximo. El nivel freático está a partir de 2.20m, en las dos localidades).
- Existencia de material granular (hormigón) con presencia de humedad a una profundidad de 2.00 m.
- Zona inundable por el río Huallaga, además de ser una zona plana

Y en base a la clasificación SUCS se realizó un perfil estratigráfico del C.P.M. desde la zona Norte hacia la Zona Sur, donde se indica que el suelo es granular si el pasante por el tamiz N° 200 es menor al 50%; y es fino cuando el pasante por el tamiz N° 200 es mayor al 50%. Las calicatas a considerar para el perfil está determinado en la figura 27:



Figura 27 : Ubicación de calicatas en el C.P.M. para el perfil estratigráfico.

Fuente : Municipalidad C.P.M. La Libertad, (2008).

En la figura 28 se muestra un diagrama de barras, donde se clasifica el tipo de suelo y el grado de permeabilidad de dichas capas ($k = \text{cm/seg}$).

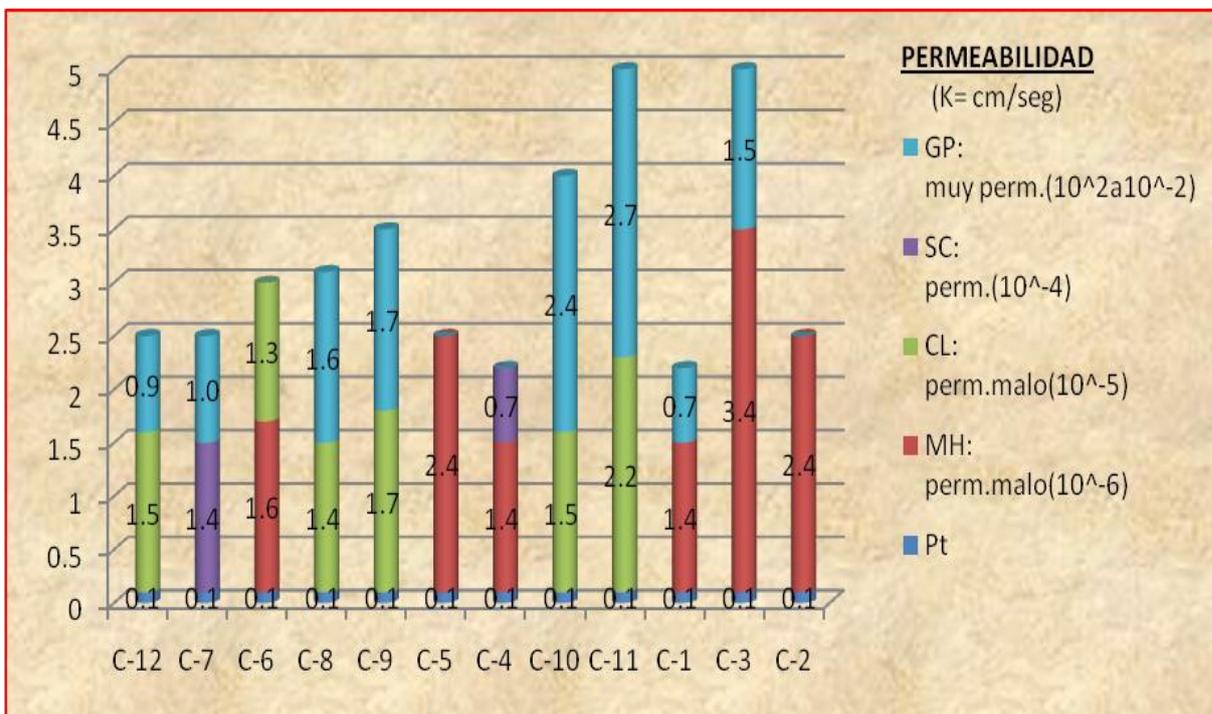


Figura 28: Perfil estratigráfico C.P.M. La Libertad.

Fuente : V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (2007).

Los exámenes de suelos determinan que son suelos granulares en toda la extensión del C.P.M., y por tanto, indican un alto grado de permeabilidad. La presencia de agua en todas las calicatas así lo demuestra

4.4. Morbilidad C.P.M. La Libertad

Según encuesta realizada por el tesista, de fecha 13-09-2009 a una población de 1,090 habitantes (que es el 69% de un total de 1,574 habitantes, ya que algunas viviendas estuvieron cerradas y ciertos pobladores se negaron a acceder a la encuesta). De los encuestados, el 66.3% se automedican, lo que indica que solo un porcentaje de 33.7% asiste al Centro de Salud para consultar con un médico.

La tasa de morbilidad reportada por el Ministerio de Salud San Martín para el Centro Poblado Menor La Libertad, durante los años 2004 – 2005 – 2006 – 2007 – 2008, referente a las enfermedades que tienen que ver principalmente con el consumo de agua contaminada es la siguiente:

- Fiebre tifoidea y paratifoidea.
- Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infecciosos.
- Otras enfermedades infecciosas intestinales.
- Otras enfermedades infecciosas y parasitarias.
- Desnutrición.

- Infecciones de la piel y del TCSC (tejido celular subcutáneo).

En la figura 29 se puede apreciar la evolución de estas enfermedades desde el año 2004 al 2008.

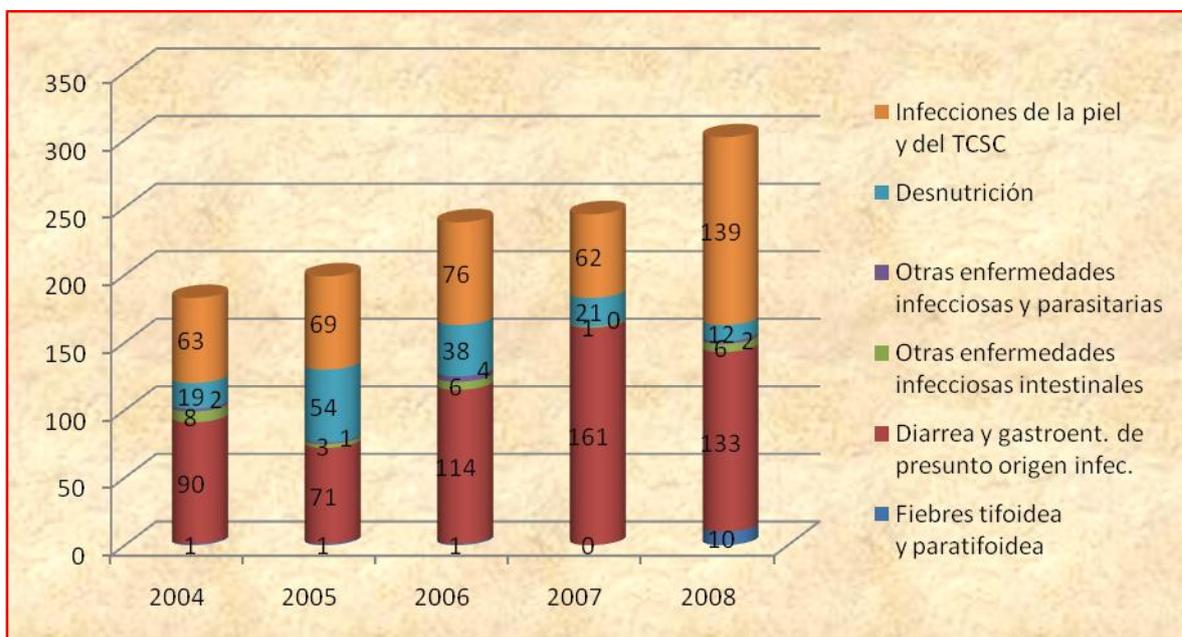


Figura 29: Evolución de la tasa de morbilidad desde el año 2004 al 2008.

Fuente : DIRES SAN MARTÍN, (2009).

En forma general se observa que las enfermedades que más se incrementaron durante estos años fueron las Diarreas y gastroenteritis de presunto origen infeccioso y las infecciones de la piel y del TCSC (tejido celular subcutáneo).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

5.1.1. Microbiológico del agua

- El agua de pozo y las aguas de la red de distribución del Centro Poblado Menor La Libertad están contaminadas con coliformes fecales.
- Esta contaminación incide directamente en el aumento de enfermedades, tales como:
 - Diarrea y gastroenteritis, de presunto origen infeccioso.
 - Otras enfermedades infecciosas intestinales, tales como: desnutrición, infecciones de la piel y del TCSC.
- No se está cumpliendo con mejorar la calidad del agua de la red de distribución a pesar del conocimiento del riesgo que esto ocasiona.
- Falta un seguimiento y control periódico de la calidad del agua por parte de las autoridades de este C.P.M. así como las del distrito de San Rafael.

5.1.2. Físico-químico del agua

- En general se puede indicar que el pH de las aguas de pozo y de la red de distribución están dentro de lo aceptable, ya que indican valores desde 6.2 hasta 6.8.- En lo que respecta al resultado de fecha 20-08-2009 de las muestras de la vivienda del Sr. Renínger Vásquez se presume que el Laboratorio etiquetó al revés las respectivas muestras ya que se puede obviar presunción respecto al estado de la tubería u otro manipuleo, ya que los otros exámenes muestran concordancia en sus resultados de esa misma fecha.
- El gran ausente en esta agua es el **cloro residual** que en todas las muestras indican un valor cero y, por lo tanto, algunos microorganismos no están siendo eliminados por simple desinfección, principalmente los coliformes termotolerantes; lo demuestran los resultados de exámenes microbiológicos.
- La Alcalinidad está dentro del rango exigido por las Normas Peruanas en las aguas de pozo y de la red de distribución.
- Todas las aguas de este C.P.M. son muy duras, ya que tienen una Dureza Total mayor que 300 mg/L, lo que ocasiona su mal sabor.

- La Turbiedad en todas las muestras están dentro del rango permisible, a excepción del agua de pozo de la I.E. 0759, de fecha 20-08-2009, que muestra un nivel alto de turbiedad; debido a que dicho día estaban extrayendo agua con motobomba, y esto hizo que el agua esté en movimiento y por consiguiente turbia.
- La Demanda bioquímica de oxígeno de las aguas de pozo cumple con los estándares requeridos para este tipo de aguas.

5.1.3. Morbilidad respecto del agua

- La mayoría de las enfermedades detectadas, presumiblemente por consumo de agua contaminada son muy altas, dada la cantidad de habitantes que existen en el Centro Poblado Menor La Libertad, con notables síntomas de algunas de estas enfermedades detectadas:

- Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso.
- Enfermedades infecciosas intestinales
- Enfermedades infecciosas parasitarias.
- Desnutrición.
- Infecciones de la piel y del TCSC.

De estos 4 malestares revelados y teniendo en cuenta el número de habitantes (1,574) del C.P.M., se tiene lo siguiente:

- En el Año 2004 hubo 181 atenciones médicas en el centro de salud de La Libertad, que equivale al 11.5% de la población.
- En el año 2005 hubo 199 atenciones médicas, que corresponde al 12.6% de la población.
- En el año 2006 hubo 239 atenciones médicas, que concierne al 15.2% de la población.
- En el año 2007 hubo 250 atenciones médicas, que corresponde al 15.9% de la población.
- En el año 2008 hubo 302 atenciones médicas, que afecta al 19.2% de la población.

Estos porcentajes, los mismos que se van incrementando cada año nos indican, de manera general, que el **C.P.M. La Libertad** tiene un grave problema de salubridad que debe ser atendido con prioridad por las autoridades competentes.

5.1.4. Suelo respecto a la permeabilidad

Se ha encontrado que **el suelo va de permeable malo a muy permeable**, por tanto existe un fácil transporte hacia las aguas subterráneas de contaminantes por lixiviación y percolación, y luego transportados de un lugar a otro por escorrentía subterránea ya que el filtro natural del suelo no funciona, provocando que el agua subterránea del C.P.M. no sea apta para el consumo humano.

Finalmente, debemos indicar, se verificó que la napa freática está en toda la extensión de la localidad, y que al existir lluvias, éstas suben hasta la superficie, mezclándose con todo tipo de partículas nocivas que encuentran a su paso.

5.2 Recomendaciones

5.2.1 Inmediatas

- Las Autoridades deben gestionar para que este C.P.M. cuente con suficiente **cloro residual**, a fin de proceder al tratamiento del agua de la red de distribución para que contenga como mínimo un 0.5 mg/L, según indica los Límites Máximos Permisibles, toda vez que este elemento Cloro es efectivo en la eliminación de bacterias termotolerantes, que abundan en los residuos fecales.
- Mayor control y monitoreo de la calidad de sus aguas por parte del Comité de Administración del Agua.
- Hervir el agua antes de consumir.
- Lavarse las manos antes de manipular los alimentos, así como lavar los alimentos antes de prepararlos.
- Mayor información por parte del sector Salud, Educación y la Municipalidad hacia la población sobre las consecuencias de consumir agua contaminada.
- Instruir todos los días por los altoparlantes de la Municipalidad del C.P.M., sobre las bondades de una buena higiene personal.
- Realizar campañas de información para que la población no use sus pozos de agua como botadero de residuos líquidos y sólidos.
- Formar una comisión mixta entre las autoridades del C.P.M. La Libertad y el distrito de San Rafael para coordinar con los entes especializados (Ministerio de Agricultura y Salud) en el afán de encontrar y proponer el uso de elementos naturales que combatan las plagas de los sembríos de arroz.

5.2.2 Mediano Plazo

- a) Se propone las siguientes alternativas de mejora de la calidad del agua:
- Realizar la construcción de una planta de tratamiento básico que sedimente, filtre y clore el agua a tratar.
 - Pasar la administración a Emapa San Martín-Bellavista para asegurar un tratamiento adecuado de las aguas y garantizar agua mejorada para los pobladores.
 - Culminar en su totalidad la ejecución del proyecto de desagüe en el C.P.M. La Libertad, ya que desde hace mucho tiempo se quedó inconcluso. De esta manera los residuos fecales se estarían depositando en lugares determinados por los proyectistas y ya no en los silos que se encuentran cerca de los pozos de agua subterránea.
 - Realizar estudios de contaminación del suelo y el agua subterránea de este C.P.M. por agroquímicos.
- b) Se propone las siguientes alternativas al abastecimiento de agua para contrarrestar los cambios climáticos:
- Reforestación de los terrenos alrededor del C.P.M. que en su mayoría están dedicados al cultivo de arroz, mediante un proyecto integral con el distrito de San Rafael, ya que son dos localidades adyacentes.
 - Establecer un comité comunitario para la gestión ambiental que tenga un presupuesto para promover las buenas prácticas en la disposición de residuos sólidos y líquidos, reforestación, educación ambiental, monitoreo de la calidad del agua, etc.
 - Realizar un Proyecto de Manejo Integral de la microcuenca del río Sisa a la que pertenece este C.P.M.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFIA

1. ANGULO, C. 2009. **Derecho humano al agua potable.**
2. APHA, AWWA, WPCF, 1995. **Métodos estandarizados para el análisis de aguas potables y residuales** (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater) 19 edición. Díaz de Santos S.A. Madrid-España
3. APHA, AWWA, WPCF, 2005. **Métodos estandarizados para el análisis de aguas potables y residuales** (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater) 21 edición. Díaz de Santos S.A. Madrid-España.
4. BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID). 2003. **Informe anual.** Washington D.C.: BID
5. CAPECO. 2009. **Reglamento Nacional de Edificaciones- Ed. Actualizada.**
6. CDESC. 2000. **Observaciones Generales.**
7. **CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ**, 1993.
8. CRISTIAN FRERS (2006). **Problemas de las aguas contaminadas**
9. D. W. TAYLOR- JHON WILEY Y SONS. 1956. **Fundamentos de Mecánica de Suelos.**
10. DANTE BOSCH. 1998. **Identificación y clasificación de suelos.**
11. DIARIO OFICIAL EL PERUANO. **D.S. 002-2008-MINAM.**
12. DIGESA. 2006. **Calidad del agua para consumo humano.**
13. DIGESA. 2009. **Muestreo de efluentes y cuerpos receptores en el marco de la autorización sanitaria de vertimiento.**
14. DIRES SAN MARTÍN. 2008. **Toma de muestra de agua para análisis físico-químico.**
15. DIRES SAN MARTÍN. 2009. **Morbilidad Centro Poblado Menor La Libertad años 2004-2005-2006-2007-2008.**
16. ESPINACE, R. 1979. **Laboratorio de Mecánica de Suelos.**
17. FAO, 2005. **THE UNITED NATIONS WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT.**
18. FERNÁNDEZ MUERZA, ALEX. 2006. **Contaminación por lixiviados**, 13 de octubre de 2006. [http://revista.consumer.es/meb/es20051101/tema de portada/69995.php](http://revista.consumer.es/meb/es20051101/tema_de_portada/69995.php).
19. FOSTER, et al 1997. **Contaminación de las aguas subterráneas.**
20. GOOGLE EARTH. 2009. **Image@2009DigitalGlobe.**
21. H. ROUSE – JHON WILEY Y SONS. 1950. **Ingeniería Hidráulica Inc.**

22. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, P. 1999. **Metodología de la Investigación** – segunda edición. Mc GRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V. 06450 México D.F. 501p.
23. INDECI. 2004. **Mapa de peligro de la ciudad de San Hilarión.**
24. INEI, 2007. “**Censos Nacionales 2007 XI de Población y VI de Vivienda** “.
25. INGEMMET. 1995. **Mapa geológico del Perú.**
26. **LEY DE BASES DE DESCENTRALIZACIÓN.** Ley N° 27783. 2003.
27. **LEY DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DEL MINSA** D.L. N°584. 1990.
28. **LEY DE RECURSOS HÍDRICOS.** Ley N° 29338. 2009.
29. **LEY GENERAL DEL AMBIENTE.** Ley N° 28611. 2005.
30. **LEY GENERAL DE SALUD.** Ley N° 26842. 1997.
31. **LEY ORGÁNICA DE GOBIERNOS REGIONALES.** Ley N° 27867. 2002.
32. **LEY ORGÁNICA DE MUNICIPALIDADES.** Ley N° 27972. 2003.
33. **LEY QUE MODIFICA LA LEY ORGÁNICA DE GOBIERNOS REGIONALES N° 27867**, para regular la participación de los alcaldes provinciales y la sociedad civil en los gobiernos regionales y fortalecer el proceso de descentralización y regionalización. Ley N° 27902. 2002.
34. Ministerio de Salud. 2007. Dirección General de Salud Ambiental. **Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales.**
35. MUNICIPALIDAD CENTRO POBLADO MENOR LA LIBERTAD. 2008. **Plano Urbano.**
36. OMS, 1996. **Guías para la Calidad del Agua Potable-tercera edición.**
37. OMS, 2007. **Guías de Calidad de Agua.**
38. OSIRIS DE LEÓN, RAFAEL. 2005. **Suelos y Rocas susceptibles a los fenómenos hidrometeorológicos.**
39. PAICO, S. (2007). **Agua para consumo humano.**
40. PCM, 2009. **Ley de Recursos Hídricos.** Ley N° 29338.
41. PERDOMO C.H., et al (2001). **Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el Litoral Sudeste del Uruguay.**
42. PEZO PEREA, VELARDE. 2007. **Proyecto de Instalación de Sistema de Alcantarillado en las localidades de San Rafael y La Libertad.**
43. PNUMA. 2003. **Perspectivas del Medio Ambiente.**
44. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. **Resolución Suprema-1946.**
45. RIVAS Z., MÁRQUEZ R., TRONCONE F., SÁNCHEZ J., COLINA M., LEDO H., 2000. **Determinación del Índice de calidad del agua en la cuenca del río Catatumbo, Venezuela.**
46. RUIZ. 2000. **Breve reseña histórica de La Libertad.**

47. SECRETARÍA DE R.R. HIDRÁULICOS. 1954. **Mecánica de suelos** (Instructivo para ensayo de suelos) México.
48. SIERRA, R. 1993. **Tesis doctorales y trabajos de investigación científica**. Editorial Paraninfo S.A. – Madrid – España. 127 p.
49. T. W. LAMBE – JOHN WILEY Y SONS. 1958. **Ensayo de suelos para Ingenieros**.
50. TERZAGHI K. y PECK R. B. 1955. **Mecánica de Suelos en la ingeniería práctica** (trad. O. Moretto) - Ateneo Ed.
51. TORRES, J. 2002. — **Caracterización Física, Química y Biológica del agua subterránea del Centro Poblado Menor El Milagro, de abril a agosto 2001**.
52. WIKI SUMAQ. 2008. **Mapa del Perú**.



CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO Nº 01: Resultados de análisis bacteriológicos

Lugar de muestreo	Fuente de agua	Fecha de muestreo	Bacterias Heterotróficas (UFC/mL)	Coliformes totales 35°C (NMP/100mL)	Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100mL)
I.E. 0759	Pozo artesiano	07/07/2009	4.1×10^2	1.6×10^5	5.4×10^4
		20/08/2009	6.1×10^2	1.4×10^4	4.9×10^3
	Reservorio	07/07/2009	4.5×10	16	1.1
		20/08/2009	4.2×10	16	16
Domicilio sr. Réninger Vásquez	Pozo artesiano	07/07/2009	1.3×10^3	1.6×10^5	2.2×10^4
		20/08/2009	2.1×10^2	2.4×10^4	3.3×10^3
	Reservorio	07/07/2009	9.0×10	16	< 1.1
		20/08/2009	1.1×10	9.2	9.2
Domicilio sr. Wilfredo Limay	Pozo artesiano	07/07/2009	2.8×10^2	2.8×10^4	1.3×10^4
		20/08/2009	3.4×10^2	9.2×10^3	2.7×10^2
	Reservorio	07/07/2009	1.3×10	9.2	< 1.1
		20/08/2009	2.2×10	> 23	> 23
MÉTODO			Método de placa fluída, APHA, AWWA, WEF, Part 9215B.21th Ed.2005	Método de fermentación de tubos múltiples, APHA, AWWA, WEF, Part 9221B.21th Ed.2005	Método de fermentación de tubos múltiples, APHA, AWWA, WEF, Part 9221E-1.21th

Fuente : Elaboración propia, (2009).



ANEXO Nº 02: Resultados de análisis físico-químicos

Lugar de muestreo	Fuente de agua	Fecha de muestreo	pH	Cloro Residual (mg/L)	Alcalinidad Total (ppm HCO ₃)	Dureza Total (ppm CaCO ₃)	Turbiedad (UNT)	DBO ₃ (mg/L)
I.E. 0759	Pozo artesiano	07/07/2009	6.5	0.0	45.10	310	1.25	
		20/08/2009	6.2	0.0	45.63	300	6.25	
		26/07/2010	-----	-----	-----	-----	-----	2.1
	Reservorio	07/07/2009	6.5	0.0	45.85	260	1.04	
		20/08/2009	6.5	0.0	45.87	290	0.94	
		26/07/2010	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Domicilio sr. Réninger Vásquez	Pozo artesiano	07/07/2009	6.5	0.0	44.71	520	1.52	
		20/08/2009	6.8	0.0	40.4	500	1.23	
		26/07/2010	-----	-----	-----	-----	-----	1.2
	Reservorio	07/07/2009	6.8	0.0	42.12	540	2.01	
		20/08/2009	6.2	0.0	39.19	540	2.01	
		26/07/2010	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Domicilio sr. Wilfredo Limay	Pozo artesiano	07/07/2009	6.5	0.0	46.6	600	0.79	
		20/08/2009	6.2	0.0	48.3	580	0.79	
		26/07/2010	-----	-----	-----	-----	-----	1.1
	Reservorio	07/07/2009	6.5	0.0	45.94	620	1.19	
		20/08/2009	6.5	0.0	45.94	620	0.89	
		26/07/2010	-----	-----	-----	-----	-----	-----
MÉTODO			Cinta indicadora	DPD Nº 1	Volumetría	Volumetría	Nefelométrico	Electrodo de membrana

Fuente : Elaboración propia, (2009-2010).

ANEXO Nº 03: Resultados de tipos de suelos del C.P.M. La Libertad.

Calicata # Capa #	01 02 (Jr. Sucre)	01 03 (Jr. Sucre)	02 02 (Jr. Bolognesi / Jr. Atahualpa)	03 02 (Jr. Sucre / Jr. Comercio)	UNIDAD
Profundidad	0.10 – 1.50	1.50 – 2.20	0.10 – 2.50	0.10 – 3.50	Mts.
Humedad natural	34.26	19.76	32.68	28.43	%
Granulometría					
-% que pasa la malla # 4	0.00	16.91	99.72	99.03	%
-% que pasa la malla # 10	0.00	13.70	99.17	98.30	%
-% que pasa la malla # 40	0.00	7.33	98.47	97.74	%
-% que pasa la malla # 200	98.13	6.42	97.36	96.53	%
Limites de consistencia					
- Límite líquido	55.36	0.00	56.43	55.62	%
- Límite plástico	33.36	0.00	32.93	34.74	%
- Índice de plasticidad	22.00	0.00	23.50	20.88	%
Clasificación SUCS	MH	GP-GM	MH	MH	
Clasificación AASHTO	A-7-5(20)	A1-a(0)	A-7-5(20)	A-7-5(20)	

Fuente : V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (2007).

Calicata # Capa #	03 03 (Jr.Sucre / Jr. Comercio)	04 02 (Jr.Simón Bolívar / Esquina Plaza)	04 03 (Jr.Simón Bolívar / Esquina Plaza)	05 02 (Jr.Comercio / Jr. Sargento Lores)	UNIDAD
Profundidad	3.50 – 5.00	0.10 – 1.50	1.50 – 2.20	0.10 – 2.50	Mts.
Humedad natural	22.53	25.82	18.88	26.44	%
Granulometría					
-% que pasa la malla # 4	19.92	99.91	0.00	99.82	%
-% que pasa la malla # 10	17.00	99.25	100,00	99.36	%
-% que pasa la malla # 40	10.99	98.50	98.46	98.64	%
-% que pasa la malla # 200	9.05	94.67	34.98	94.73	%
Limites de consistencia					
- Límite líquido	0.00	52.08	20.08	53.12	%
- Límite plástico	0.00	29.36	12.85	29.48	%
- Índice de plasticidad	0.00	22.73	7.23	23.64	%
Clasificación SUCS	GP-GM	MH	SC	MH	
Clasificación AASHTO	A1-a(1)	A-7-5(20)	A-2-4(0)	A-7-5(20)	

Fuente : V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (2007).

Calicata # Capa #	06 02 (Jr.Porvenir / Winquer Ikeda)	06 03 (Jr.Porvenir / Winquer Ikeda)	07 02 (Carretera Marginal / Frente donde Venden Coco)	07 03 (Carretera Marginal / Frente donde Venden Coco)	UNIDAD
Profundidad	0.10 – 1.40	1.40 – 2.00	0.20 – 1.50	1.50 – 2.50	Mts.
Humedad natural	21.58	24.62	19.48	10.30	%
Granulometría					
-% que pasa la malla # 4	98.98	98.22	99.92	36.12	%
-% que pasa la malla # 10	97.69	97.83	99.41	34.02	%
-% que pasa la malla # 40	96.60	97.04	95.88	20.77	%
-% que pasa la malla # 200	55.31	95.66	43.28	9.72	%
Limites de consistencia					
- Límite líquido	34.69	53.76	23.09	0.00	%
- Límite plástico	21.42	32.59	14.30	0.00	%
- Índice de plasticidad	13.27	21.18	8.79	0.00	%
Clasificación SUCS	CL	MH	SC	GP-GM	
Clasificación AASHTO	A-6(5)	A-7-5(20)	A-4(1)	A1-a(1)	

Fuente : V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (2007).

Calicata # Capa #	08 02 (Jr. Dos de Mayo / Comercio)	08 03 (Jr. Dos de Mayo / Comercio)	09 02 (Carretera Marginal / José Olaya)	09 03 (Carretera Marginal / José Olaya)	UNIDAD
Profundidad	0.10 – 1.50	1.50 – 3.20	0.10 – 1.80	1.80 – 3.50	Mts.
Humedad natural	25.45	20.53	17.24	9.64	%
Granulometría					
-% que pasa la malla # 4	100.00	20.57	0.00	46.89	%
-% que pasa la malla # 10	99.75	16.73	97.97	46.29	%
-% que pasa la malla # 40	98.75	10.04	96.72	37.32	%
-% que pasa la malla # 200	82.67	8.08	82.81	3.53	%
Limites de consistencia					
- Límite líquido	43.18	0.00	35.05	0.00	%
- Límite plástico	25.28	0.00	22.31	0.00	%
- Índice de plasticidad	17.90	0.00	12.74	0.00	%
Clasificación SUCS	CL	GP-GM	CL	GP	
Clasificación AASHTO	A-7-6(16)	A1-a(1)	A-6(10)	A1-b(1)	

Fuente : V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (2007).

Calicata # Capa #	10 02 (Carretera Marginal / Simón Bolívar)	10 03 (Carretera Marginal / Simón Bolívar)	11 02 (Carretera Marginal / Grau)	11 03 (Carretera Marginal / Grau)	UNIDAD
Profundidad	0.10 – 1.60	1.60 – 4.00	0.10 – 2.30	2.30 – 5.00	Mts.
Humedad natural	20.65	13.09	24.32	17.39	%
Granulometría					
-% que pasa la malla # 4	100.00	33.39	98.40	51.03	%
-% que pasa la malla # 10	99.70	33.05	95.07	48.38	%
-% que pasa la malla # 40	98.80	19.96	93.00	28.68	%
-% que pasa la malla # 200	74.14	1.63	80.40	5.59	%
Limites de consistencia					
- Límite líquido	33.88	0.00	36.58	0.00	%
- Límite plástico	19.41	0.00	23.40	0.00	%
- Índice de plasticidad	14.47	0.00	13.19	0.00	%
Clasificación SUCS	CL	GP	CL	GP-GM	
Clasificación AASHTO	A-6(9)	A1-a(1)	A-6(10)	A1-a(1)	

Fuente : V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (2007).

Calicata # Capa #	12 03 (Alfonso Ugarte /Winquer lkeda)	12 02 (Alfonso Ugarte /Winquer lkeda)	13 02 (Cámara de bombeo)	13 03 (Cámara de bombeo)	UNIDAD
Profundidad	0.10 – 1.60	1.60 – 2.50	0.10 – 1.10	1.10 – 2.50	Mts.
Humedad natural	21.52	10.26	18.70	22.51	%
Granulometría					
-% que pasa la malla # 4	100.00	34.28	100.00	100.00	%
-% que pasa la malla # 10	99.79	32.00	99.60	99.68	%
-% que pasa la malla # 40	99.24	18.86	98.26	87.97	%
-% que pasa la malla # 200	73.82	8.38	53.09	5.38	%
Limites de consistencia					
- Límite líquido	36.94	0.00	35.51	0.00	%
- Límite plástico	23.54	0.00	21.82	0.00	%
- Índice de plasticidad	13.40	0.00	13.69	0.00	%
Clasificación SUCS	CL	GP-GM	CL	SP-SM	
Clasificación AASHTO	A-6(9)	A1-a(1)	A-6(5)	A-3(1)	

Fuente : V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (2007).

Calicata # Capa #	13 04 (Cámara de bombeo)	14 02 (Línea de impulsión)	14 03 (Línea de impulsión)	15 02 (Pase subterráneo Nº 01)	UNIDAD
Profundidad	2.50 – 5.90	0.30 – 1.30	1.30 – 2.10	0.30 – 2.00	Mts.
Resistencia del suelo	1.56	-	-	-	Kg./cm ²
- Angulo de fricción	25	-	-	-	Grados
- Cohesión	0.00	-	-	-	Kg./cm ²
Densidad Peso volumétrico	1.99	-	-	-	Kg./m ³
Humedad natural	20.22	14.29	8.69	41.73	%
Granulometría					
-% que pasa la malla # 4	21.26	100.00	26.43	100.00	%
-% que pasa la malla # 10	18.21	100.00	24.25	99.97	%
-% que pasa la malla # 40	11.07	98.11	20.74	99.16	%
-% que pasa la malla # 200	8.40	43.40	2.58	94.89	%
Limites de consistencia					
- Límite líquido	0.00	22.25	0.00	42.76	%
- Límite plástico	0.00	14.61	0.00	26.70	%
- Índice de plasticidad	0.00	7.64	0.00	16.06	%
Clasificación SUCS	GP-GM	SC	GP	ML	
Clasificación AASHTO	A1-a(1)	A-4(0)	A1-a(1)	A-7-6(18)	

Fuente : V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (2007).

Calicata # Capa #	15 03 (Pase subterráneo Nº 01)	16 02 (Pase subterráneo Nº 02)	16 03 (Pase subterráneo Nº 02)	17 02 (Pase aéreo Nº 03)	UNIDAD
Profundidad	2.00 – 2.50	0.20 – 1.60	1.60 – 2.50	0.20 – 1.20	Mts.
Resistencia del suelo	1.54	-	0.84	-	Kg./cm2
- Angulo de fricción	30	-	13	-	Grados
- Cohesión	0.00	-	0.23	-	Kg./cm2
Densidad peso volumétrico	2.01	-	1.86	-	Kg./m3
Humedad natural	9.46	35.39	10.18	30.49	%
Granulometría					
-% que pasa la malla # 4	26.48	100.00	100.00	98.56	%
-% que pasa la malla # 10	23.78	99.77	99.89	98.34	%
-% que pasa la malla # 40	20.52	98.92	99.44	98.06	%
-% que pasa la malla # 200	3.00	84.30	89.28	92.08	%
Limites de consistencia					
- Límite líquido	0.00	43.89	45.12	39.50	%
- Límite plástico	0.00	25.56	30.43	21.55	%
- Índice de plasticidad	0.00	18.33	14.69	17.95	%
Clasificación SUCS	GP	CL	ML	CL	
Clasificación AASHTO	A1-a(1)	A-7-6(17)	A-7-5(16)	A-6(17)	

Fuente : V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (2007).

Calicata # Capa #	17 03 (Pase aéreo Nº 03)	18 02 (Agricultura / Micaela Bastida)	19 03 (Agricultura / José Olaya)	UNIDAD
Profundidad	1.20 – 2.00	0.10 – 1.50	0.10 – 1.80	Mts.
Resistencia del suelo	1.52	-	-	Kg./cm2
- Angulo de fricción	32	-	-	grados
- Cohesión	0.00	-	-	Kg./cm2
Densidad peso volumétrico	2.03	-	-	Kg./m3
Humedad natural	10.39	13.48	23.90	%
Granulometría				
-% que pasa la malla # 4	15.17	100.00	99.24	%
-% que pasa la malla # 10	13.27	99.94	98.86	%
-% que pasa la malla # 40	11.25	99.89	98.73	%
-% que pasa la malla # 200	3.11	83.12	97.31	%
Limites de consistencia				
- Límite líquido	0.00	36.95	52.42	%
- Límite plástico	0.00	22.70	30.34	%
- Índice de plasticidad	0.00	14.25	22.08	%
Clasificación SUCS	GP	CL	MM	
Clasificación AASHTO	A1-a(1)	A-6(12)	A-7-5(20)	

Fuente : V.P.P. Construcciones Generales E.I.R.L. (2007).

ANEXO N° 04: Permeabilidad según el tipo de suelo.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DE SUELOS		
Tipo de suelo	Drenaje	K (cm/seg)
Gravas limpias	Bueno	10^{-2} a 10^2
Arenas limpias	Bueno	10^1 a 1.0
Mezclas de gravas	Bueno	10^{-2}
Arenas muy finas	Bueno	10^{-4}
Tipo de suelo	Drenaje	K (cm/seg)
Limos orgánicos e inorgánicos, mezcla de arena, limo y arcilla	Malo	10^{-5}
Depósito de arcilla estratificada	Malo	10^{-6}
Suelos impermeables, como arcillas homogéneas debajo de la zona meteorizada	Prácticamente impermeable	10^{-7}
CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU PERMEABILIDAD		
Grado de permeabilidad	Valor de K (cm/seg)	
Alto	mayor a 10^{-1}	
Mediano	10^{-1} a 10^{-3}	
Bajo	10^{-3} a 10^{-5}	
Muy bajo	10^{-5} a 10^{-7}	
Prácticamente impermeable	menor a 10^{-7}	

Fuente: Osiris de León, (2005).

ANEXO N° 05: Abertura real de tamices para análisis granulométrico

Tamiz (ASTM)	Abertura real (mm)	Tipo de suelo
3"	76.12	GRAVA
2"	50.80	
1 1/2"	38.10	
1"	25.40	
3/4"	19.05	
3/8"	9.52	
N° 4	4.76	ARENA GRUESA
N° 10	2.00	ARENA MEDIA
N° 20	0.84	
N° 40	0.42	
N° 60	0.25	ARENA FINA
N° 140	0.105	
N° 200	0.074	

Fuente: Espinace, (1979).