



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE
Y POZOS RÚSTICOS DEL CASERÍO DE SANTA CLARA DE NANAY-
LORETO”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

BIÓLOGO (A)

PRESENTADO POR:

GRITLI DEL PILAR VARGAS RIOS DE ORBE

CARLOS ANDRÉS ÁLVAREZ MACEDO

ASESOR:

Blgo. FREDDY ORLANDO ESPINOZA CAMPOS, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2016

ACTA DE SUSTENTACIÓN



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Dirección de Escuela de Formación
Profesional de Ciencias Biológicas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Iquitos, 17 de mayo de 2016

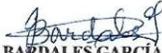
En la ciudad de Iquitos, a los diecisiete (17) días del mes de mayo de 2016 y, siendo las 3:30 horas; se reunió en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales-UNAP, el Jurado Calificador y Dictaminador de tesis que suscribe, designado con RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 058-2012-DEFP-B-FCB-UNAP, presidido e integrado por el Mblgo. ALVARO BENJAMÍN TRESIERRA AYALA, Dr, (Presidente); Blga. JULIA BARDALES GARCÍA DE VELA, M.Sc.(Miembro); Blga. MILDRED MAGDALENA GARCÍA DÁVILA, Dra. (Miembro); para escuchar, examinar y calificar la sustentación y defensa de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE Y POZOS RÚSTICOS DEL CASERIO SANTA CLARA DE NANAY - LORETO" realizado por los bachilleres de la Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela de Formación Profesional de Ciencias Biológicas **CARLOS ANDRÉS ÁLVAREZ MACEDO** de la Promoción II-2008, graduado de Bachiller con R.R. 1626-2009-UNAP, de fecha 04 de agosto de 2009, y **GRITLI DEL PILAR VARGAS RÍOS ORBE** de la promoción II-2008, graduada de Bachiller con R.R. N° 2053-2009-UNAP, de fecha 17 de setiembre de 2009 reconociendo como asesor: **Blgo. FREDDY ORLANDO ESPINOZA CAMPOS, Dr.**

Durante todo el desarrollo de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Calificador y Dictaminador, considerando lo establecido en el nuevo Reglamento de Grados y Títulos aprobado y puesto en vigencia mediante RESOLUCIÓN DECANAL N° 206-2012-FCB-UNAP, realizó la evaluación del desempeño de los bachilleres, considerando los criterios y el puntaje consignados en la tabla de valoración.

Culminado el acto, el Jurado Calificador y Dictaminador, con el puntaje alcanzado por el bachiller y, aplicando los términos establecidos en la tabla de calificación; dio como veredicto: APROBAR LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS, CALIFICADA COMO BUENA; quedando en consecuencia los candidatos aptos para ejercer la profesión de Biólogo(a), previo otorgamiento del Título Profesional por la autoridad universitaria competente y, su correspondiente inscripción al Colegio de Biólogos del Perú.

Finalmente, el Presidente del Jurado Calificador y Dictaminador levantó la sesión siendo las 4:55 horas y en fe de lo cual, todos los integrantes suscriben la presente Acta de Sustentación por triplicado.


Blgo. ALVARO BENJAMÍN TRESIERRA AYALA, Dr.
Presidente


Blga. JULIA BARDALES GARCÍA DE VELA, M.Sc.
Miembro


Blga. MILDRED MAGDALENA GARCÍA DÁVILA, Dra.
Miembro

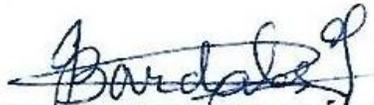
Dirección: Plaza Serafín Filomeno S/N, Iquitos, Perú
Teléfono: 236121

www.unapiquitos.edu.pe
e – mail: fcbbb@unapiquitos.edu.pe

JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR



Blgo. ALVARO BENJAMÍN TRESIERRA AYALA, Dr.
Presidente

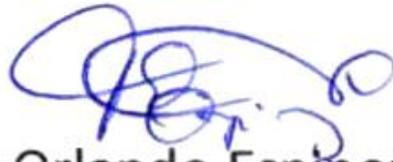


Blga. JULIA BARDALES GARCÍA DE VELA, M.Sc.
Miembro



Blga. MILDRED MAGDALENA GARCÍA DÁVILA, Dra.
Miembro

ASESOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'F. Espinoza', written in a cursive style.

Blgo. Freddy Orlando Espinoza Campos, Dr.

DEDICATORIA

“Dedicado a los principales pilares de mi vida, Franklin y Rocio (mis padres), quienes hasta hoy me brindan su amor incondicional”

Gritli Del Pilar Vargas Rios

“Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, apoyo en los momentos difíciles y por ayudarme con los cursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia y mi coraje para perseguir mis objetivos. Gracias también a mi hermosa esposa que día a día me anima a seguir adelante y cumplir mis metas académicas”.

Carlos Andrés Álvarez Macedo

AGRADECIMIENTO

“Un agradecimiento al Padre Celestial por haber puesto en nuestras vidas a los padres maravillosos y ejemplares que tenemos; a nuestros padres porque a pesar de nuestros tropiezos nos han brindado siempre su amor incondicional; al Blgo. Freddy Espinoza por su amistad, apoyo y asesoramiento brindado en la realización de la tesis; a nuestro jurado calificador por brindarnos un espacio de su valioso tiempo y a cada una de las personas que de alguna u otra forma fueron parte en la realización de nuestra tesis

Gritli y Carlos

ÍNDICE DEL CONTENIDO

PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR	iii
ASESOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DEL CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Definición de Términos Básicos.....	13
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	15
2.1. Formulación de la hipótesis.	15
2.2. Variables y su Operacionalización.	15
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	16
3.1. Tipo y Diseño.....	16
3.2. Diseño muestral.....	19
3.3. Procedimientos de recolección de datos.....	19

3.4. Procesamiento y análisis de los datos	20
3.5. Aspectos éticos.....	22
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	23
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	35
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	39
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.....	40
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	41
ANEXOS:	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Evaluación de la Calidad Bacteriológica del Agua Potable del Caserío de Santa Clara de Nanay, Distrito de San Juan Bautista, Región Loreto.	24
Cuadro N° 2: Evaluación de la Calidad Bacteriológica de Agua de Pozo Rústico.	25
Cuadro N° 3: Niveles de contaminación con coliformes totales y coliformes fecales de las muestras de agua de pozos rústicos del caserío de Santa Clara de Nanay, Distrito de San Juan Bautista, Región Loreto.	28
Cuadro N° 4: Contaminación bacteriológica con coliformes totales (NMP/100ml). Análisis de Varianza de contaminación bacteriológica con coliformes totales (NMP/100 ml)	32
Cuadro N° 5: Prueba de Tukey de la contaminación Bacteriológica con coliformes totales (NPM/100 ml).	33
Cuadro N° 6: Contaminación bacteriológica con Coliformes Fecales (NMP/100ml). Análisis de Varianza de contaminación bacteriológica con coliformes Fecales (NPM/100 ml).	33
Cuadro N° 7: Prueba de Tukey de la contaminación Bacteriológica con coliformes fecales (NPM/100 ml).	34

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Análisis de Bacterias Aerobias Mesófilas	26
Gráfico N° 2. Análisis de Coliformes Totales	26
Gráfico N° 3. Análisis de Coliformes Fecales.....	27
Gráfico N° 4: Análisis del Grupo de Coliformes - Pozo Rústico I.....	29
Gráfico N° 5: Análisis del Grupo Coliformes - Pozo Rústico II.....	30
Gráfico N° 6: Análisis del Grupo Coliformes - Pozo Rústico III.....	31
Gráfico N° 7: Análisis del grupo Coliformes - Poso Rústico IV	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Límites máximos Permisibles Establecidos por el diario El Peruano (2008)	46
Anexo 2. Tabla del Número más probable (NMP) y límites de confianza 95% para las diversas combinaciones de tubos positivos (3 tubos por dilución), cuando las diluciones elegidas corresponden a inóculos de siembra de 10 ml, 1ml y 0.1 ml	47
Anexo 3. Datos originales de la Contaminación Bacteriológica con Coliformes Totales (NPM/100 ml)	48
Anexo 4. Datos originales de la Contaminación Bacteriológica con coliformes Fecales (NPM/100 ml)	48
Anexo 5. Puntos de Muestreo	49
Anexo 6. Fotos	50
Anexo 7. Procedimiento de Recuento en Placas para Mesófilos aerobios viables	51

RESUMEN

A nivel mundial, el consumo de agua no segura ha causado aproximadamente 1,8 millones de muertes por infecciones gastrointestinales. Además, se ha estimado que el 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre, de un saneamiento y una higiene deficientes. En la región Loreto el crecimiento poblacional, tanto en la zona rural como urbana, ha propiciado el incremento de la demanda de agua de fuentes superficiales y subterráneas para el consumo humano. Este crecimiento es responsable a la vez de nuevas fuentes de contaminación, tales como las provenientes de actividades agrícolas y el manejo inadecuado de aguas residuales. Las muestras de pozos rústicos presentaron valores de 88/100ml para *coliformes totales* y 18.9/100ml para *coliformes fecales*, el porcentaje de *coliformes totales* fue de 83.7% y *coliformes fecales* de 24.3%. Los niveles de *coliformes totales* y *coliformes fecales*, indican que las aguas de los pozos rústicos del caserío de Santa Clara de Nanay, sobrepasan los límites máximos permisibles para estas bacterias; mientras que las muestras de agua potable indican ausencia de bacterias aerobias mesófilas y del grupo de coliformes, esto debido al tratamiento preventivo que el JASS (Junta Administradora de Servicio y Saneamiento) realiza al agua potable antes de ser distribuido a través del suministro de redes domiciliarias . En el presente estudio se evaluó la calidad bacteriológica del agua potable y pozos rústicos del caserío de Santa Clara de Nanay de acuerdo a los valores de referencia establecidos en la Ley General de aguas y la Norma del agua potable, además de calificar las aguas del caserío en estudio, comparando su grado de contaminación bacteriológica con los valores de referencia establecidos en la Ley General de Aguas y la Norma para Agua Potable.

PALABRAS CLAVES: Pozo rústico, Calidad Bacteriológica, Agua Potable.

ABSTRACT

Worldwide, unsafe water consumption has caused approximately 1.8 million deaths from gastrointestinal infections. In addition, it has been estimated that 88% of diarrheal diseases are the result of an unhealthy water supply, poor sanitation and poor hygiene. In the Loreto region, population growth, both in rural and urban areas, has led to an increase in of the demand for water from surface and underground sources for human consumption. This growth is responsible at the same time for new sources of pollution, such as those from agricultural activities and inadequate wastewater management. The samples of rustic wells presented values of 88 / 100ml for total coliforms and 18.9 / 100ml for fecal coliforms, the percentage of total coliforms was 83.7% and fecal coliforms of 24.3%. The levels of total coliforms and fecal coliforms, indicate that the waters of the village of Santa Clara de Nanay, exceed the maximum permissible limits for these bacteria; while the samples of drinking water indicate the absence of aerobic mesophilic bacteria and the group of coliforms, this due to the preventive treatment that the JASS (Administrative Board of Service and Sanitation) performs to the drinking water before being distributed through the supply of home networks. In the present study, the bacteriological quality of the drinking water and rustic wells of the Santa Clara de Nanay farm was evaluated according to the reference values established in the General Water Law and the Standard of drinking water, in addition to qualifying the waters of the hamlet under study, comparing its degree of bacteriological contamination with the reference values established in the General Water Law and the Standard for Drinking Water.

Key words : Rustic well, Bacteriological Quality, Potable Water.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el consumo de agua no segura ha causado aproximadamente 1,8 millones de muertes por infecciones gastrointestinales. Además, se ha estimado que el 88% de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre, de un saneamiento y una higiene deficientes **(OMS, 2004)**.

En los países en vías de desarrollo, la contaminación de las aguas se debe al vertimiento de excretas y sustancias contaminantes a los desagües, sin ningún tratamiento, hecho que es usual en las grandes ciudades. En las zonas rurales la contaminación se origina por la defecación a campo abierto y a la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos y que el agua para consumo humano puede contaminarse cuando entra al sistema de distribución, a través de conexiones cruzadas, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos, grifos dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad. Asimismo, la construcción defectuosa en las estructuras de pozos o depósitos y la falta de mantenimiento de estas instalaciones son causas que predisponen el ingreso y multiplicación de microorganismos patógenos. **(Arcos. et al 2005)**.

De esta manera los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial en la salud pública, debido a que producen una serie de enfermedades gastrointestinales como la diarrea, todo ello demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua. **(Marchand, 2002)**.

En nuestro país, con sus tres regiones geográficas (Costa, Sierra y Selva), hay una carencia de servicio de agua potable, a pesar que la Selva alberga una gran diversidad de cuerpos de agua conformado por ríos, quebradas, cochas y lagos; sin embargo, se cuenta con muy poca agua que esté disponible para el consumo humano; razón por la cual, tanto en las zonas urbanas como rurales, las familias se ven en la necesidad de construir pozos que muchas veces no cuentan con los criterios técnicos sanitarios adecuados; ya que, en la generalidad de los casos se observa que estos pozos son construidos en las partes bajas por lo que son fácilmente contaminados con desechos orgánicos que se encuentran en el suelo y que contienen no sólo microorganismos saprófitos, sino también patógenos intestinales procedentes de heces humanas y de animales. **(Hurtado y Mesia, 2007)**.

En la región Loreto el crecimiento poblacional, tanto en la zona rural como urbana, ha propiciado el incremento de la demanda de agua de fuentes superficiales y subterráneas para el consumo humano. Este crecimiento es responsable a la vez de nuevas fuentes de contaminación, tales como las provenientes de actividades agrícolas y el manejo inadecuado de

aguas residuales, por lo que consideramos importante plantearnos los siguientes objetivos:

- Evaluar la calidad bacteriológica del agua potable y pozos rústicos del caserío de Santa Clara de Nanay de acuerdo a los valores de referencia establecidos en la Ley General de aguas y la Norma del agua potable.
- Determinar el grado de contaminación del agua potable y de pozos rústicos del caserío de Santa Clara de Nanay, utilizando como indicadores a las bacterias aerobias mesófilas y Coliformes totales y fecales.
- Comparar la variación de la contaminación del agua potable y pozos rústicos con bacterias aerobias mesófilas y bacterias del grupo coliformes (totales y fecales), mediante el estadígrafo de frecuencia.
- Calificar las aguas del caserío en estudio, comparando su grado de contaminación bacteriológica con los valores de referencia establecidos en la Ley General de Aguas y la Norma para Agua Potable.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Bardales. (1979), realizó un estudio de la calidad bacteriológica de aguas provenientes de pozos del pueblo joven “Túpac Amaru”, de la ciudad de Iquitos, tomando como base 100 muestras (4 muestras por cada pozo), de 25 pozos escogidos al azar de un total de 67 pozos existentes en toda la población, determinando la presencia de Coliformes totales (25%) y Coliformes fecales (75%), considerándolos no apto para el consumo humano.

Mora et al. (1992), manifestaron que los porcentajes de cobertura de agua para consumo humano y la evacuación de excretas, son 2 elementos fundamentales del saneamiento básico de los países. Estos dos aspectos conjuntamente con el porcentaje de alfabetismo, son concordantes con la situación higiénico - sanitario de las poblaciones de nuestro planeta.

Isaac et al. (1994), realizaron un estudio para conocer la calidad sanitaria de tres muestreos del agua procedente de 35 suministros (pozos) de agua que abastecen a la población de la ciudad de Campeche, México, consistente en la detección de bacterias mesófilas aerobias, organismos coliformes totales y fecales, así como en la inspección del entorno inmediato. Evidenciándose bacterias mesófilas aerobias en 44 (46.81%) de las muestras examinadas, 34 (36,17%) presentaron coliformes totales y 21 (22.34%) coliformes fecales respectivamente, estos resultados demostraron la existencia de factores que condicionan la exposición del agua a la contaminación por materia orgánica, entre ellos la práctica del

fecalismo al aire libre debido a la carencia de sistemas de drenaje o albañal en las viviendas ya que el 17,38% de las viviendas de la ciudad de Campeche no cuenta con servicios de eliminación de excretas y en el 5,68% del total que posee el servicio, éste se realiza a través de letrinas.

Craun. (1994), manifestó que, según la Organización Mundial de la Salud, casi la mitad de los países en vías de desarrollo tienen problemas de salud relacionados con la escasez de agua o agua contaminada y en los países más pobres la morbilidad y mortalidad causadas por enfermedades de origen hídrico son motivo de gran preocupación.

Venczel et al. (1996), estimaron que el 59% de la población de América latina y el caribe consume agua microbiológicamente insegura o de dudosa calidad microbiana. Aproximadamente, la mitad de los hogares afectados están conectados a sistemas de abastecimiento de agua que no tienen tratamiento adecuado confiable, con servicios sin capacidad para excluir la contaminación microbiana; la otra mitad se abastece de agua no entubado y contaminada de microbios. Esto significa que 200 millones de personas de la región de América Latina y el Caribe están amenazados de contraer enfermedades transmitidos por el agua.

Ángeles. (2000), determinó la calidad del agua potable de la ciudad de Iquitos, en su aspecto bacteriológico, analizando 380 muestras de agua potable, de los cuales 77 (20.26%) fueron positivos a bacterias aerobias mesófilas viables; 91 (23,95%) para Coliformes totales y 63 (16,58%) Coliformes fecales, asimismo mencionó que el abastecimiento del agua para el consumo humano, presenta problemas internos en las

interconexiones debido a insuficiente separación entre el alcantarillado y tuberías de agua; sumándose a esto los cambios en las densidades poblacionales, situación económica, forma de vida, educación y política de salud, corroborando que la calidad del agua tiene una fuerte repercusión en la salud pública, por lo que el control de su calidad fundamentalmente la de consumo humano, es un factor importante en la prevención de muchas enfermedades, principalmente de origen alimentario. Dicho control consiste en muestrear y analizar periódicamente, las características físicas, químicas, y microbiológicas del agua suministrada a la población.

Sánchez et al. (2000), analizaron la calidad bacteriológica del agua para consumo humano de 99 viviendas de la región fronteriza de Chiapas, México, encontrando que 31% de la muestra de agua fueron aptas para el consumo humano, también destacaron que en 36 muestras de agua (de un total de 46 muestras de agua que dieron positivo al grupo coliformes fecales) a las que les realizó la prueba confirmatoria de fermentación de lactosa, obteniendo crecimiento positivo para *Escherichia coli*, bacteria considerada como un indicador más preciso de contaminación en aguas de zona rurales y tropicales. Asimismo, reportó que en 93 de las 99 viviendas se almacenaba el agua para consumo humano (en el resto se tomaba directamente de la llave). En 24 de éstas se almacenaba en cubeta, 44 en ollas y 25 en cántaros. El agua estaba tapada en 61 viviendas y 32 estaba esta sin tapar. También se refirió que en 54

viviendas hirvieron el agua antes de consumirla, en 32 lo tomaban sin hervir y en 13 no obtuvo información al respecto.

Perdomo et al. (2001), evaluaron la contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes, de 50 muestras de aguas superficiales (ríos, arroyos y cañadas) y 355 de aguas subterráneas en pozos ubicados en zonas rurales del sudoeste del Uruguay, revelando una contaminación casi generalizada con Coliformes totales y menor, aunque también importante, con Coliformes fecales, ya que el 87% de los pozos evaluados estaban contaminados con Coliformes totales y el 60% con Coliformes fecales. Un estudio similar realizado en pozos de granjas avícolas en Buenos Aires (Argentina) reveló que el 54% de los pozos evaluados no estaban aptos para el consumo humano por la presencia de Coliformes totales y un 16% por Coliformes fecales.

Marchand. (2002), en Lima Metropolitana, evaluó la calidad microbiológica de 224 muestras de agua para consumo humano provenientes de las aguas superficiales del río Rímac y 56 muestras de agua provenientes de pozo. Reportando que el agua proveniente de la red pública no presentó contaminación microbiológica, contaminándose en el sistema de abastecimiento y distribución de los inmuebles, en donde el 17.86% presentó contaminación microbiológica (no apta para el consumo humano), principalmente por bacterias heterotróficas (BH), Coliformes Totales (70%) y Coliformes fecales (termo tolerantes) (52.50%), esto debido a la existencia de fugas y filtraciones entre los sistemas de almacenamiento y distribución del agua al interior de los inmuebles y los

sistemas de drenaje domiciliarios; mientras que de las muestras provenientes de pozos reportó que del total de muestras analizadas, el 73.68% presenta contaminación microbiológica, principalmente por coliformes totales y fecales (92.86%), seguido por bacterias heterotróficas (42.86%), indicando al mismo tiempo que el problema radica principalmente en la proliferación de pozos y surtidores clandestinos los cuales no poseen ningún tipo de control sanitario, condiciones higiénicas deplorables (presencia de basurales, letrinas, animales, etc.), mala ubicación del sistema de evacuación de excretas lo cual se infiltra en el terreno y penetra por las paredes del pozo, contaminando el agua.

Zamora et al. (2002) evaluaron el grado de contaminación microbiológica en aguas de pozo en tres barrios del partido de Gral. Pueyrredón. Provincia de Buenos Aires - Argentina. Reportando, que el barrio del Gral. Belgrano de 231 muestras, estuvo contaminado por bacterias mesófilas (30.1%), coliformes (96.9%), *E. coli* (19.7%) y *Pseudomonas aeruginosa* (10.4 %); asimismo del barrio Chapadmalal de 30 muestras, encontró bacterias mesófilas (39.1%), Coliformes (92.9%), *E.coli* (35.5%) y *Pseudomonas aeruginosa* (14.3%); y en el barrio de Jorge Newbery de un total de 35 muestras reportaron bacterias mesófilas (24%), Coliformes (100%), *E. coli* (24%) y *Pseudomonas aeruginosa* (8%); concluyendo que los análisis bacteriológicos efectuados en las muestras de agua de los pozos de los barrios mencionados, fueron considerados no aptos para el consumo humano, 187 (83.9%) para Gral. Belgrano, 25 (71.4%) en Jorge Newbery, y 28 (93.3%) en el barrio de Chapadmalal, y considerados aptos para el

consumo humano 39 (16.1%) Gral. Belgrano, 10 (38.6%) Jorge Newbery, 2 (6.7%) el barrio de Chapadmalal respectivamente, lo que estaría indicando deficiencias higiénicas o de construcción del pozo que facilitan el acceso de la contaminación superficial al agua.

Suárez. (2002), corroboró que la enumeración de bacterias o grupos de bacterias indicadoras de contaminación fecal es utilizada para valorar la calidad sanitaria de alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación. No existe un indicador universal, por lo que los especialistas deben seleccionar el apropiado para la situación específica en estudio. Dentro del rango de los indicadores se encuentran el grupo de bacterias coliformes, *E.coli*, colifagos, *Bifidobacterium sp.*, *Clostridium perfringens* y el grupo estreptococos fecales.

Claret et al. (2003), en el mediterráneo de Chile analizaron la calidad del agua de 92 pozos utilizada para consumo humano, mostrando que un 78.3% (72 pozos) contenían coliformes fecales y un 88% (81 pozos) con coliformes totales, evidenciando una contaminación generalizada con coliformes.

Paz et al. (2003), mencionaron que las materias fecales del hombre y de los animales contienen una gran variedad de microorganismos enteropatógenos como *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Aeromonas*, *Pasteurella*, *Francisella*, *Leptospira*, *Vibrio*, protozoarios y varios grupos de virus. Cuando estos microorganismos son descargados

en aguas naturales, su presencia denota contaminación fecal y constituyen un riesgo de transmisión de enfermedades para la población humana.

Picone et al. (2003), evaluaron la contaminación con nitratos y bacterias coliformes en muestras de agua subterránea en el área rural de la cuenca alta del arroyo Pantanoso (Balcarcel), provincia de Buenos Aires, de los 39 pozos examinados, 6 de las muestras analizadas presentaron igual o menos 3 NMP de bacterias coliformes por 100 ml. de agua, que es uno de los criterios establecidos para aguas de consumo humano por el Código Alimentario Argentino. Este resultado fue obtenido en pozos bien construidos y ubicados lejos de los corrales de encierre de los animales, las muestras restantes (33), presentaron valores superiores a 3 NMP de bacterias coliformes por 100ml de agua, desde 4 hasta 1100 NMP de coliformes por 100 ml de agua, sugiriendo un alto riesgo sanitario por contaminación fecal, que pueden ser atribuidas a diversos factores , la presencia de pozos ciegos y/o cámaras sépticas en las cercanías de donde se realizó la toma de las muestras.

Arcos et al. (2005), realizaron una investigación sobre los indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua en la ciudad de Cundinamarca, donde corrobora que la contaminación fecal de las aguas superficiales que sirven como fuente de abastecimiento es uno de los problemas más preocupantes en los países en vías de desarrollo, esta contaminación se debe al vertimiento de los desagües, sin ningún tratamiento, hecho que es usual en las grandes ciudades. En las zonas rurales la contaminación se origina en la defecación a campo abierto y a

la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos y que el agua para consumo humano puede contaminarse cuando entra al sistema de distribución, a través de conexiones cruzadas, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos, grifos dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad. De igual manera, la construcción defectuosa en las estructuras de pozos o depósitos y ausencia o irregular mantenimiento de estas instalaciones son causas que predisponen el ingreso y multiplicación de microorganismos a partir de distintas fuentes.

González et al. (2007), caracterizaron la calidad de agua de consumo de 69 fuentes de aguas de los pozos de las comunidades del sector noreste de León; comparando algunos parámetros críticos de calidad según el Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE), reportando que de las 69 muestras analizadas un 95.7% (63) de los pozos no cumplen con los requisitos establecidos en las normas CAPRE, considerando a las aguas de estos pozos de mala calidad para el consumo humano, solamente un 4.3% (6) cumplieron con estos requisitos por lo tanto fueron considerados de buena calidad para el consumo humano. Además, observó in situ las características de los pozos, donde el 95% de los pozos se localizan junto a pilas para almacenar agua, baños y lavaderos, es decir zonas que suele mantenerse encharcadas y facilitar

la introducción de contaminantes por medio de filtración. El 70.3% de las letrinas se encuentran a una distancia mayor o igual a 30 m del pozo. Aunque la distancia es adecuada, el 29% de las letrinas están ubicadas en un terreno más alto que el pozo, esto podría ser una posible causa de contaminación. En 63.1% de los pozos, el ganado llega a tomar agua a la pila próxima al pozo lo que implica que puede haber una elevada concentración de heces en el suelo cercano al pozo y en el 95% de los pozos muestreados el agua es utilizada para todas las actividades de la casa (lavar ropa, regar, aseo personal, consumo, etc.).

Hurtado y Mesia (2007), compararon la calidad bacteriológica del agua de pozos artesianos y rústicos con agua almacenada en las viviendas del Caserío Nina Rumi - Loreto, reportando que de los 4 pozos artesianos considerados en el estudio, 2 pozos artesianos resultaron no aptas para el consumo humano debido a la presencia de bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y coliformes termotolerantes, mientras que para los 7 pozos rústicos encontró que todos estaban contaminados con las mencionadas bacterias, del mismo modo del agua almacenada en las viviendas.

Montes de Oca. (2009), realizó un diagnóstico de la calidad de agua de 45 pozos excavados de las comunidades de San Francisco y de El Pedregal en la Valle del Yeguaré, Honduras. Reportando que de los 32 pozos que fueron analizados en la zona de San Francisco 23 de estos presentaron coliformes termotolerantes, mientras que tres pozos de los trece analizados en la zona de El Pedregal sobrepasaron las normas

hondureñas de 0 UFC/ 100 ml⁻¹. Asimismo, describe que ambas comunidades son zonas residenciales y con una tradición ganadera y agrícola, contexto que estima que está contaminación es producto del estiércol del ganado y la cercanía de los pozos de agua a la fosa séptica.

1.2. Definición de Términos Básicos

Análisis bacteriológico, análisis exhaustivo de la muestra, con la finalidad de determinar los niveles de coliformes totales, coliformes fecales (*Escherichia coli*), *Pseudomonas aeruginosa* y recuento de bacterias mesófilas.

Bacterias, son organismos procariotas unicelulares, que se encuentran en casi todas las partes de la Tierra. Son vitales para los ecosistemas del planeta.

Bacterias Coliformes, especies bacterianas que son importantes indicadores de la contaminación del agua y de los alimentos.

Caldo Brila, medio selectivo para el cultivo de coliformes en agua potable, aguas residuales, alimentos y productos lácteos, y otros productos de interés sanitario.

Caldo EC, medio de cultivo líquido selectivo para el recuento de coliformes totales y fecales en muestras de agua y alimentos, donde el principal agente involucrado es la *Escherichia coli*.

Caldo Lauril Sulfato, medio selectivo recomendado para la enumeración de coliformes en agua.

Calidad bacteriológica, determina la presencia de ciertos grupos de bacterias que revelen la contaminación del agua por materia fecal o materia orgánica.

Coliformes fecales, bacteria facultativamente anaeróbica, en forma de bastón, gram negativa, no esporulante; generalmente se originan en los intestinos de los animales de sangre caliente.

Coliformes totales, bacterias gram negativas, no esporoformadoras, oxidasa negativa, con capacidad de crecimiento aeróbico y facultativamente anaeróbico en presencia de sales biliares.

Diseño muestral, proceso de seleccionar un conjunto de individuos de una población con el fin de estudiarlos y poder caracterizar el total de la población.

Medio de cultivo, conjunto de nutrientes, factores de crecimiento y otros componentes que crean las condiciones necesarias para el desarrollo de los microorganismos.

Muestra, subconjunto de casos o individuos de la población.

Población, seres vivos del mismo grupo o especie, que viven en un área geográfica particular.

Pozo rústico, realizados mediante la excavación manual del suelo (con picos, palas, etc.). En general son poco profundos (entre 8 y 20 metros). Debido a esta escasa profundidad, son los que presentan mayor riesgo de contaminación.

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis.

Ho: La calidad bacteriológica del Agua Potable del Caserío de Santa Clara de Nanay se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Ley General de Aguas y la Norma del Agua Potable, a diferencia de las aguas de pozo rústico que sobrepasan dichos límites.

Ha: La calidad bacteriológica del Agua Potable del Caserío de Santa Clara de Nanay no se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Ley General de Aguas y la Norma del Agua Potable, al igual que las aguas de pozo rústico que sobrepasan dichos límites

2.2. Variables y su Operacionalización.

Variables Independientes (X)

- Agua Potable.
- Agua de Pozo Rústico.

Variables Dependientes (Y)

- Grado de Contaminación del Agua Potable y Agua de Pozos Rústicos

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño

a. Tipo y diseño de estudio

Para el análisis de los resultados se utilizó el Diseño experimental Completamente al Azar (DCA), utilizando la prueba estadística de los rangos múltiples de Tukey.

b. Selección del área o ámbito de estudio:

El área de estudio correspondió al caserío de Santa Clara de Nanay que se encuentra ubicado a orillas del río Nanay, del Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto, cuyas coordenadas son Latitud: $37^{\circ}84'72''$ y Longitud: $73^{\circ}20'19''$ a 106 m.s.n.m.

c. Población y Muestra

Población: Estuvo conformado por el sistema de redes de agua potable y 5 pozos rústicos.

Muestra: Estuvo conformado por 120 muestras tomadas de 20 puntos de muestreo (5 por cada punto) de las redes de agua potable y 20 muestras de 4 pozos rústicos.

d. Materiales.

Muestras

Agua potable.

Agua de pozos rústicos.

Materiales de laboratorio

Equipos

Autoclave Auster mod. 437 –P.

Horno tipo L/P.0302 -303.

Estufa Heraeus.

Baño María marca Thelco.

Balanza Cobos de 2 platillos.

Balanza analítica Standard Ohaus.

Cocina eléctrica: Citecil.

Refrigeradora: Coldex y Frio lux.

Destilador gesellschaft fur.

Cámara de flujo laminar.

Medios de cultivo

Agar Plate Count (Agar - Peptona de caseína, Glucosa - Extracto de levadura). Merck.

Caldo Lauril Sulfato. Merck.

Caldo Brila. Merck.

Caldo EC (Caldo E, coli). Merck

Materiales de vidrio

Placas Petri 100 x 5 mm.

Tubos de ensayo 16 x 150 mm.

Tubos de ensayo 25 x 200 mm.

Campanas de Durham.

Matraz de 250 y 500 ml.

Pipetas de 5 y 10 ml.

Probeta de 100 ml.

Termómetro.

Vaso precipitado.

Frascos colectores de boca ancha y tapa rosca.

Mechero de alcohol.

Otros

Termo de Poroflex.

Paquetes fríos.

Asas Bacteriológicas.

Gradillas.

Espátula.

Papel despacho.

Algodón.

Alcohol de 96°.

Encendedor.

Agua destilada.

Hilo pabilo.

Mandil.

Lejía y detergente.

Materiales de escritorio

Papel bond.

Marcadores de vidrio.

Etiquetas.

3.2. Diseño muestral

Se aplicó la técnica muestral aleatoria simple y el diseño fue el completo al azar, utilizando la prueba de los rangos múltiples de Tukey.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

Para recolección de muestras de agua potable:

Se tomaron un volumen de 100 ml en frascos de vidrio transparente, con tapa rosca, a los que se les agrego previamente a la esterilización 0,1 ml. de tiosulfato de sodio al 10%, con la finalidad de neutralizar la acción del cloro residual. El procedimiento de muestreo consistió en abrir el grifo y dejar correr el agua durante dos minutos para luego cerrarlo y esterilizarlo interna y externamente mediante un hisopo embebido en alcohol encendido, luego se dejó correr nuevamente para finalmente recolectar la muestra. (**Perdomo et al. 2001**).

Pozos rústicos.

Se sumergió el frasco de vidrio estéril y con la ayuda de una soga delgada se procedió a sacar la muestra de agua en un volumen aproximado a 100ml, procedimiento que evitó la contaminación de la muestra con posibles microorganismos procedentes de la mano del muestreador. Se sujetó una plomada al frasco para facilitar el sumergido del mismo. (**Perdomo et al. 2001**).

Transporte de las muestras.

Las muestras fueron transportadas en cajas térmicas con paquetes de hielo, y con un termómetro en el interior para controlar la temperatura que estuvo entre 4°C a 10°C.

Posteriormente fueron transportados al Laboratorio de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de la Amazonía para su respectivo procesamiento en un tiempo no mayor de 6 horas. (**Hurtado y Mesia 2007**).

3.4. Procesamiento y análisis de los datos.

Procesamiento y análisis de la muestra:

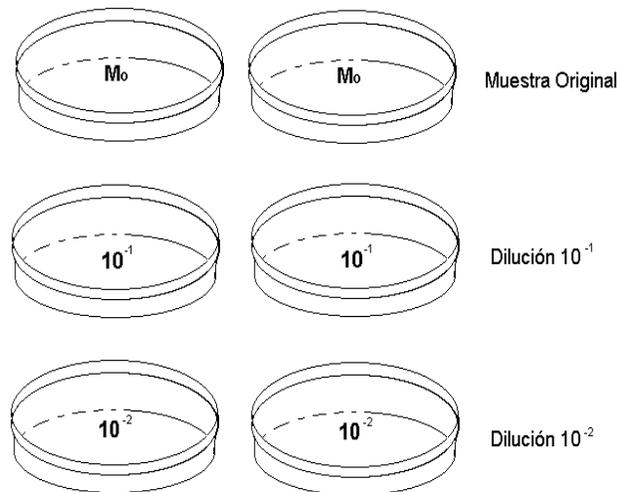
Análisis Bacteriológico

Enumeración de bacterias aerobias mesófilas viables

Método de Recuento en Placa por siembra en todo el medio (ICMSF, 2000)

Se prepararon diluciones decimales, empleando como diluyente una solución peptonada a una concentración de 1 gr. de peptona para 1000 ml. de agua destilada.

Posteriormente, se ordenaron las placas esterilizadas, teniendo en cuenta que en cada grupo de muestra se hizo 3 diluciones por par de placas, las cuales fueron: M_0 (muestra original), 10^{-1} (dilución 1=Muestra original + Agua Peptonada) y 10^{-2} (dilución 2= dilución 1 + Agua Peptonada); estas 3 diluciones fueron agregadas en cantidades de 1 ml a cada placa, siendo el orden de la siguiente manera:



Para finalizar se agregó a cada placa de Petri 10 ml de Agar Plate Count (licuado y temperado), se homogenizaron el inoculo con el medio moviendo las placas 5 veces en el sentido de las agujas del reloj, 5 veces en sentido

contrario, 5 veces en sentido vertical y 5 en sentido horizontal. Se dejaron solidificar el medio de cultivo a temperatura ambiente, para después incubar las placas de Petri de forma invertida a una temperatura de 37°C durante 48 horas.

Transcurrido el tiempo de incubación se procedió a contar las colonias eligiendo las placas correspondientes a la dilución que presentaron entre 30 y 300 UFC; los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por ml. (UFC/ ml).

Determinación del Número más Probable de Coliformes Totales y Coliformes Termo tolerantes

Se emplearon los tubos múltiples de fermentación - NMP, utilizando campanas de Durham (APHA, 1998)

Fase Presuntiva:

Se utilizaron inóculos de 10, 1 y 0.1 ml de la muestra original, en serie de tres tubos, cada tubo contenía en su interior una campana de Durham invertida y 10 ml de medio de cultivo. Para el inóculo de 10 ml, se emplearon tres tubos con Caldo Lauril Sulfato a doble concentración; para los inóculos de 1 y 0.1, se utilizaron seis tubos con el mismo medio de cultivo, pero a concentración normal (tres tubos con 1ml. de inóculo y tres con 0.1 respectivamente).

Se incubó a 37°C durante 48 horas, y se consideró como tubo positivo aquel que presentó formación de gas en el interior de la campana de Durham, en cualquier periodo de tiempo dentro de las 48 horas.

Fase confirmativa:

Confirmación de Coliformes Totales

Para confirmar la presencia de coliformes totales, se pasó una azada a partir de los tubos con formación de gas de la fase presuntiva, a tubos que contenían en su interior campana de Durham invertidas y 10 ml, de Caldo Brila (Verde Brillante - Bilis - Lactosa) (**APHA, 1998**).

Los tubos fueron incubados a 37°C durante 48 horas, después del tiempo de incubación, se anotaron el número de tubos que presentaron formación de gas en este medio de cultivo para calcular el número de coliformes totales por 100 ml., utilizando la tabla del NMP (**Mossel y Moreno, 1985**).

Confirmación de coliformes Termo tolerantes

Para la confirmación de coliformes termo tolerante, se transfirió una azada a partir de aquellos tubos positivos en la fase presuntiva; a tubos que contenían en su interior campanas de Durham invertidas y 10 ml de Caldo *E. coli*.

Se incubó a 44, 5°C durante 48 horas en baño maría, posteriormente a partir de los tubos que resultará positivos, se procedió a determinar el número de coliformes termo tolerantes por 100 ml, con la ayuda de la tabla del NMP.

Todos los resultados se compararon con la Norma de Agua potable del INDECOPI.

3.5. Aspectos éticos

Se tuvo en cuenta la ética y las normas que señalan del buen investigador, donde se usó instrumentos de laboratorios adecuados, obteniendo datos confiables; además se manejó al cultivo correctamente brindándole las condiciones necesarias para su crecimiento y desarrollo utilizando los equipos de laboratorio; asimismo, se manejó correctamente los residuos que generó el desarrollo de la presente investigación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este estudio se evaluó la calidad bacteriológica del agua potable y pozos rústicos del caserío de Santa Clara de Nanay del Distrito de San Juan Bautista de la Región Loreto, de un total de 120 muestras correspondientes a 20 puntos de agua potable y 4 de pozos rústicos. **(Ver ANEXO 05).**

Los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad bacteriológica del agua potable del caserío de Santa Clara de Nanay del Distrito de San Juan Bautista se muestran en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1. Evaluación de la Calidad Bacteriológica del Agua Potable del Caserío de Santa Clara de Nanay, Distrito de San Juan Bautista, Región Loreto.

Código Muestra	Punto de Muestreo (Ubicaciones)	N° de Muestras Analizadas	Condición de la Calidad de Agua Potable
1	Av. Nanay Mz. A Lt. 06	05	APTA
2	Av. Nanay Mz. G Lt. 01	05	APTA
3	Calle Bolognesi Mz. L Lt. 04	05	APTA
4	Calle Bolognesi Mz. E Lt. 19	05	APTA
5	Calle Eloy JaramilloMz. C Lt. 9	05	APTA
6	Calle Eloy JaramilloMz. R Lt. 5	05	APTA
7	Calle 08 de Octubre Mz. P Lt. 08	05	APTA
8	Calle 08 de Octubre Mz. N Lt. 03	05	APTA
9	Calle Jorge Sibina Mz. C Lt. 14	05	APTA
10	Calle Jorge Sibina Mz. L Lt. 03	05	APTA
11	Santiago Guerra Mz. K Lt. 03	05	APTA
12	Santiago Guerra Mz. M Lt. 11	05	APTA
13	Calle Santa Clara Mz. F Lt. 04	05	APTA
14	Calle Santa Clara Mz. V Lt. 07	05	APTA
15	Calle Grimaldo Arica Mz. J1 Lt. 02	05	APTA
16	Calle Grimaldo Arica Mz. M Lt. 13	05	APTA
17	Calle Estanislao Aricara Mz. B Lt. 03	05	APTA
18	Calle Estanislao Aricara Mz. E1 Lt. 05	05	APTA
19	Pasaje 08 de Octubre Mz. V1 Lt. 01	05	APTA
20	Pasaje 08 de Octubre Mz. R1 Lt. 12	05	APTA
TOTAL	20	100	

FUENTE: ELABORADO POR LOS TESISISTAS. 2016.

En el Cuadro N° 1, se reporta la evaluación de la calidad bacteriológica del agua potable de 20 puntos de muestreo, en los cuales hubo ausencia de bacterias aerobias mesófilas y del grupo de coliformes. (Ver Anexo N°02). Esto se debe al tratamiento preventivo que el JASS (Junta Administradora de Servicio y Saneamiento) realiza al agua potable antes de ser distribuido a través del suministro de redes domiciliarias.

Cuadro N° 2: Evaluación de la Calidad Bacteriológica de Agua de Pozo Rústico.

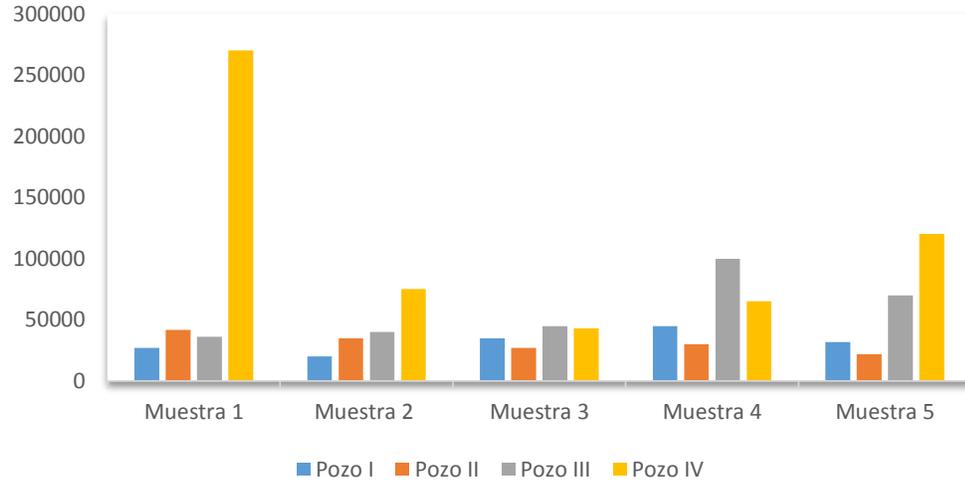
POZOS EVALUADOS	NÚMERO DE MUESTRAS REALIZADAS	BAM ufc/ml	Coliformes Totales NMP/100 ml.	Coliformes Fecales NMP/100ml.	Calificación
Calle 26 de Abril Mz. B	1	27000	93	64	NO APTA
	2	20000	93	43	NO APTA
	3	35000	11	7	NO APTA
	4	45000	14	9	NO APTA
	5	32000	15	9	NO APTA
Calle 26 de Abril Mz. U Lt. 03	1	42000	14	9	NO APTA
	2	35000	11	7	NO APTA
	3	27000	14	9	NO APTA
	4	30000	120	39	NO APTA
	5	22000	11	7	NO APTA
Calle 26 de Abril Mz. Q Lt. 17	1	36000	120	15	NO APTA
	2	40000	14	9	NO APTA
	3	45000	14	9	NO APTA
	4	100000	15	9	NO APTA
	5	70000	15	9	NO APTA
Calle 26 de Abril Mz. Q Lt. 12	1	270000	21	15	NO APTA
	2	75000	23	15	NO APTA
	3	43000	15	9	NO APTA
	4	65000	14	9	NO APTA
	5	120000	11	7	NO APTA

FUENTE: ELABORADO POR LOS TESISISTAS. 2016.

En el Cuadro N° 2, se reporta la evaluación de la Calidad Bacteriológica de Agua de Pozo Rústico, los mismos que sobrepasaron los límites máximos permisibles de los estándares nacionales de la calidad del agua. Teniendo como valor máximo 270,000 ufc para BAM, 120 NMP/100 ml para coliformes totales y 64 NMP/100 ml para coliformes fecales.

Gráfico N° 1: Análisis de Bacterias Aerobias Mesófilas

Gráfico N° 1: Análisis de Bacterias Aerobias Mesófilas

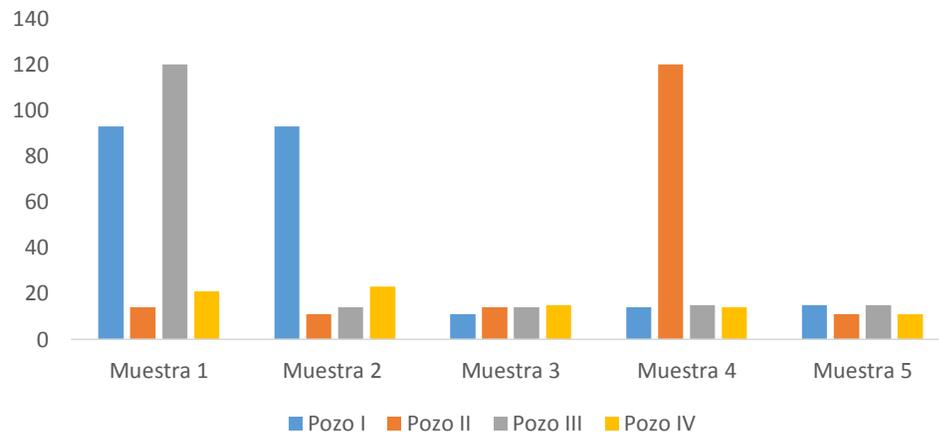


FUENTE: ELABORADO POR LOS TESISTAS. 2016.

Gráfico N° 1: se reporta la evaluación de la Calidad Bacteriológica de Agua de Pozo Rústico, los mismos que sobrepasaron los límites máximos permisibles de los estándares nacionales de la calidad del agua. Teniendo como valor máximo 270,000 ufc y como valor mínimo 20,000 ufc para BAM.

Gráfico N° 2. Análisis de Coliformes Totales

Gráfico N° 2: Análisis de Coliformes Totales

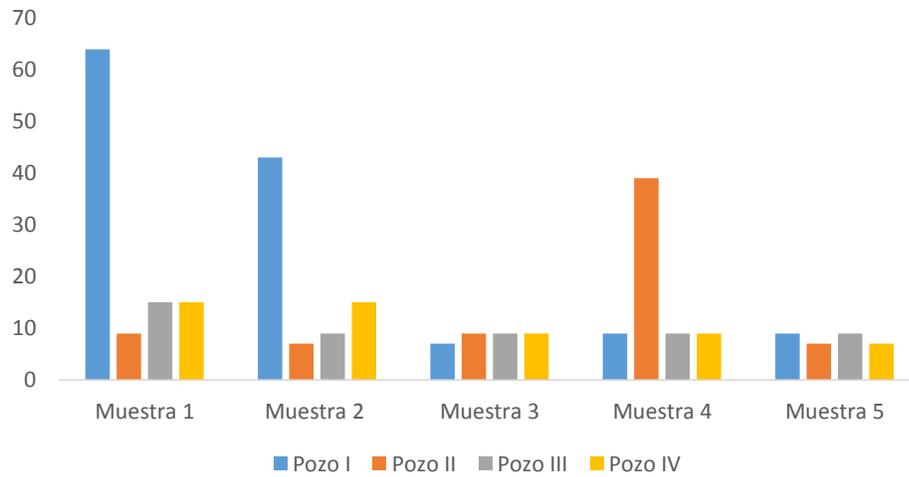


FUENTE: ELABORADO POR LOS TESISTAS. 2016.

Gráfico N° 2: se reporta la evaluación de la Calidad Bacteriológica de Agua de Pozo Rústico, los mismos que sobrepasaron los límites máximos permisibles de los estándares nacionales de la calidad del agua. Teniendo como valor máximo 120 NMP/100 ml y como valor mínimo 11 NMP/100 ml.

Gráfico N° 3. Análisis de Coliformes Fecales

Gráfico N° 3: Análisis de Coliformes fecales



FUENTE: ELABORADO POR LOS TESISISTAS.2016.

Gráfico N° 3: se reporta la evaluación de la Calidad Bacteriológica de Agua de Pozo Rústico, los mismos que sobrepasaron los límites máximos permisibles de los estándares nacionales de la calidad del agua. Teniendo como valor máximo 64 NMP/100 ml y como valor mínimo 7 NMP/100 ml.

Cuadro N° 3: Niveles de contaminación con coliformes totales y coliformes fecales de las muestras de agua de pozos rústicos del caserío de Santa Clara de Nanay, Distrito de San Juan Bautista, Región Loreto.

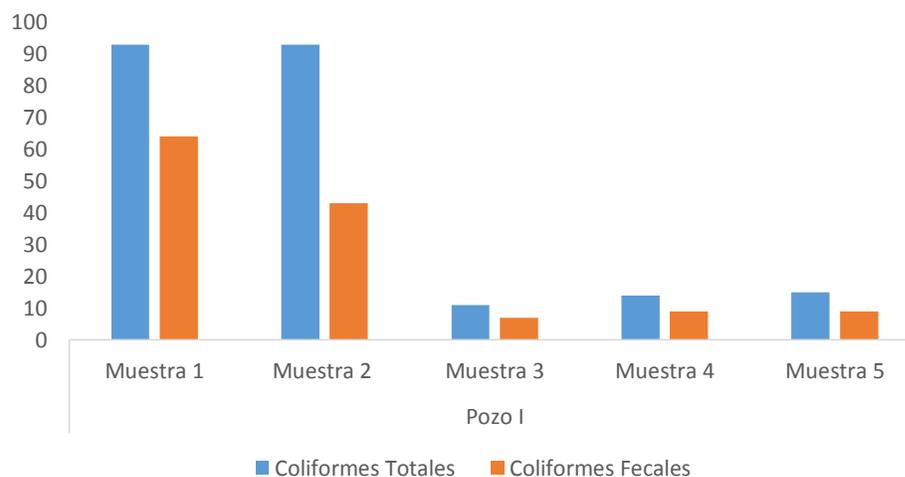
	Nivel de Contaminación de las muestras de Agua de Pozos Rústicos									
Punto de	(NMP/100ml)									
Muestreo	Coliformes totales					Coliformes fecales				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
I	93	93	11	14	15	64	43	7	9	9
II	14	11	14	120	11	9	7	9	39	7
III	120	14	14	15	15	15	9	9	9	9
IV	21	23	15	14	11	15	15	9	9	7

FUENTE: ELABORADO POR LOS TESISTAS.

Cuadro N° 3, se reporta los niveles de contaminación de las muestras de agua de pozos rústicos. En donde se puede observar que los niveles de contaminación se deben principalmente a coliformes totales (valor máximo 120 NMP/100 ml, valor mínimo 11 NMP/100 ml) pudiendo ser el resultado de diferentes factores ambientales

Gráfico N° 4: Análisis del Grupo de Coliformes - Pozo Rústico I

Gráfico N° 4: Análisis del Grupo Coliformes - Pozo Rústico I

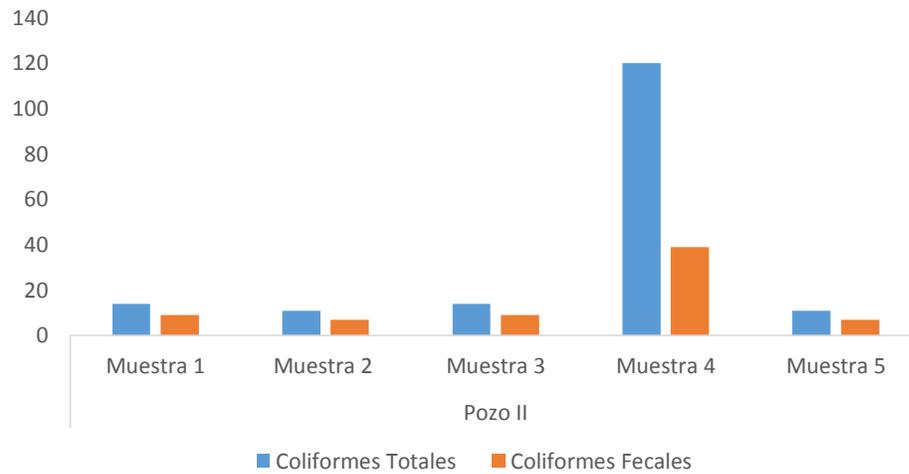


FUENTE: ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

Gráfico N° 4, se reporta los niveles de contaminación de las muestras de agua del pozo rústico I. En donde se puede observar que los niveles de contaminación se deben principalmente a coliformes totales (valor máximo 93 NMP/100 ml).

Gráfico N° 5: Análisis del Grupo Coliformes - Pozo Rústico II

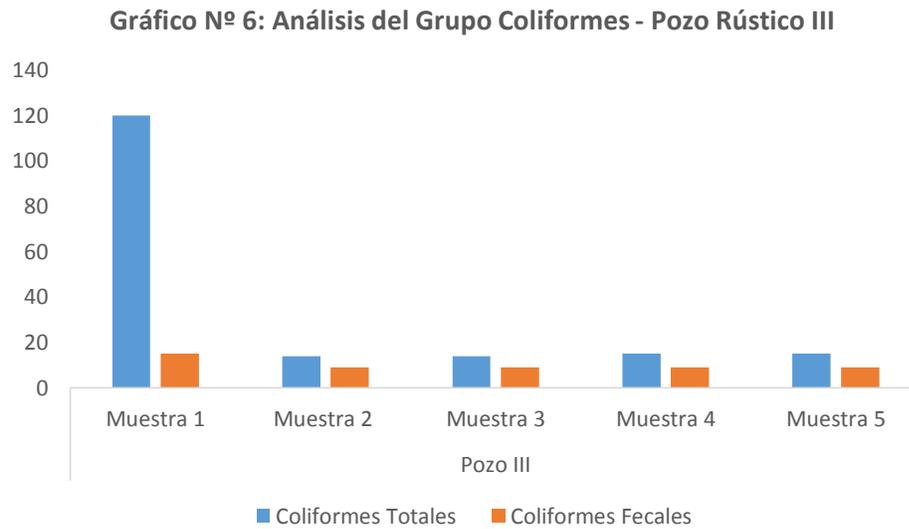
Gráfico N° 5: Análisis del Grupo coliformes - Pozo Rústico II



FUENTE: ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

Gráfico N° 5, se reporta los niveles de contaminación de las muestras de agua del pozo rústico II. En donde se puede observar que los niveles de contaminación se deben principalmente a coliformes totales (valor máximo 120 NMP/100 ml).

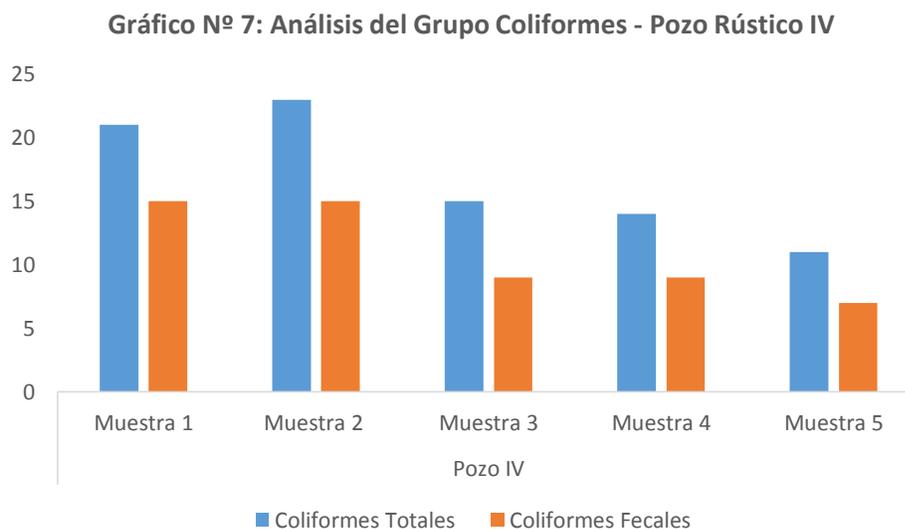
Gráfico N° 6: Análisis del Grupo Coliformes - Pozo Rústico III



FUENTE: ELABORADO POR LOS TESISISTAS.

Gráfico N° 6 , se reporta los niveles de contaminación de las muestras de agua del pozo rústico III. En donde se puede observar que los niveles de contaminación se deben principalmente a coliformes totales (valor máximo 120 NMP/100 ml).

Gráfico N° 7: Análisis del grupo Coliformes - Pozo Rústico IV



FUENTE: ELABORADO POR LOS TESISTAS.

Gráfico N° 7, se reporta los niveles de contaminación de las muestras de agua del pozo rústico IV. En donde se puede observar que los niveles de contaminación se deben principalmente a coliformes totales (valor máximo 23 NMP/100 ml).

Cuadro N° 4: Contaminación bacteriológica con coliformes totales (NMP/100ml). Análisis de Varianza de contaminación bacteriológica con coliformes totales (NMP/100 ml)

Fuente de variación	G.L	S.C	C.M	F _c	F _t	
					0.05	0.01
Tratamiento	3	109.22	36.41	3.18 NS	3.24	5.29
error	16	182.99	11.44			
Total		292.21				

En el Cuadro N° 4, se reporta el análisis de varianza de la contaminación bacteriológica con coliformes totales (NMP/100 ml) se observa que para la fuente de variación tratamientos no existe diferencia estadística significativas; el coeficiente de variación de 24.02% Indica confianza experimental, de los resultados obtenidos.

NS: No significativo
CV= 24.02%

Cuadro N° 5: Prueba de Tukey de la contaminación Bacteriológica con coliformes totales (NPM/100 ml).

O.M	POZOS		Promedio: NMP/ml	Significación (*)
	Clave	Descripción		
1	P ₄	Pozo rústico IV	17.60	A
2	P ₃	Pozo rústico III	14.80	a b
3	P ₂	Pozo rústico II	12.20	a b
4	P ₁	Pozo rústico I	11.72	B

***Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente**
Según el Cuadro N° 5, se aprecia que el Pozo rustico IV (P₄) ocupo el 1° lugar del orden de mérito (OM) con promedio de 17.60 NMP, siendo estadísticamente igual a los demás pozos, con excepción del pozo I (P₁) que ocupó el último lugar con promedio de 11.72 NMP de coliformes totales.

Cuadro N° 6: Contaminación bacteriológica con Coliformes Fecales (NMP/100ml). Análisis de Varianza de contaminación bacteriológica con coliformes Fecales (NPM/100 ml).

Fuente de variación	G.L	S.C	C.M	F _c	F _t	
					0.05	0.01
Tratamiento	3	0.90	0.30	0.08 NS	3.24	5.29
Error	16	61.42	3.84			
Total	19	62.32				

En el Cuadro N° 6, se reporta el análisis de varianza de la contaminación bacteriológica con coliformes fecales (NMP), se aprecia que no hay diferencia estadística significativa en la fuente de variación tratamientos (Pozos); el coeficiente de variación de 57.13%, indica dispersión experimental de los datos obtenidos, por lo que se asumió una prueba más rigurosa como la prueba de rangos múltiples de Tukey.

NS: No significativo
 C.V. =57.13%

Cuadro N° 7: Prueba de Tukey de la contaminación Bacteriológica con coliformes fecales (NPM/100 ml).

O.M	POZOS		Promedio: NMP/ml	Significación (*)
	Clave	Descripción		
1	P ₁	Pozo rústico I	3.78	a
2	P ₄	Pozo rústico IV	3.42	a
3	P ₃	Pozo rústico III	3.28	a
4	P ₂	Pozo rústico II	3.24	a

***Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente**
Según el Cuadro N° 7, se aprecia que los promedios son estadísticamente iguales, donde el pozo rústico I (P₁) ocupó el 1° lugar del orden de mérito (OM), sin embargo, no difieren estadísticamente con los demás pozos, donde el pozo rustico II (P₂) obtuvo un promedio de 3.24 NMP, respectivamente.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana debido a que estos son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente, están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades, permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas y se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección y cuando estos microorganismos son descargados en aguas naturales, su presencia denota contaminación fecal y constituyen un riesgo de transmisión de enfermedades para la población humana. (**Paz. 2003**).

Asimismo, **Suarez et al (2002)** corrobora que la enumeración de bacterias o grupos de bacterias indicadoras de contaminación fecal es utilizada para valorar la calidad sanitaria de alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación. Por otro lado, **Arcos et al (2005)**, mencionan que la contaminación fecal de las aguas superficiales que sirven como fuente de abastecimiento es uno de los problemas más preocupantes en los países en vías de desarrollo, esta contaminación se debe al vertimiento de los desagües, sin ningún tratamiento, hecho que es usual en las grandes ciudades.

La calidad del agua tiene una fuerte repercusión en la salud pública por lo que el control de su calidad fundamentalmente la de consumo humano, es un factor importante en la prevención de muchas enfermedades, principalmente de origen alimentario. (**Ángeles, 2000**).

Los resultados reportados en este estudio respecto a la evaluación de la calidad bacteriológica del agua potable del caserío de Santa Clara de Nanay, no evidenciaron la presencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes, y bacterias aerobias mesófilas encontrándose dentro de los límites máximos permisibles planteados en la norma para agua de consumo humano y superficial. **(El Peruano 2008)**.

Con respecto a la evaluación de la calidad bacteriológica de las aguas de los pozos evaluados se detectó la presencia de bacterias aéreas mesófilas la misma que sobrepasaron los límites máximos permisibles establecidos en los estándares nacionales de la calidad del agua (ver anexo) y la presencia de coliformes totales (83.7%) y coliformes fecales (24.3%) respectivamente, los cuales fueron mayor a lo reportado por **Bardales (1979)** y **Ángeles (2000)**, estos resultados corroboran la existencia de factores que condicionaron la exposición del agua a la contaminación por materia orgánica, ya que la población del caserío de Santa Clara de Nanay no cuenta con el servicio de alcantarillado, asimismo, **Ángeles, (2000)**, menciona que la calidad del agua tiene una fuerte repercusión en la salud pública, por lo que el control de su calidad fundamentalmente la de consumo humano, es un factor importante en la prevención de muchas enfermedades, principalmente de origen hídrico. Por otro lado, **Zamora et al (2002)**, corrobora que la presencia de estas bacterias estaría indicando deficiencias higiénicas o de construcción del pozo que facilitan el acceso de la contaminación superficial del agua.

Además, la presencia de Coliformes totales (83.7%) fue mayor a lo reportado por Bardales (1979) en la ciudad de Iquitos, con (25%); Isaac (1994) con (36.17%), en la ciudad de Campeche –México, **Ángeles (2000)** en la ciudad de Iquitos (23.95%) y Marchand en la ciudad de Lima (70 %) y resultó inferior a lo reportado por **Perdomo et al. (2001)** en el Uruguay, con (87%) y **Claret et al. (2003)** en Chile quienes reportaron un (88.3%) para coliformes totales. Mientras que Coliformes fecales (24.3%), resulto ser inferior a lo reportado por **Bardales (1979)** en Iquitos, **Perdomo et al, (2001)** en Uruguay y **Zamora et al (2002)** en Argentina, **Claret et al (2003)** en Chile.

Asimismo, **Paz, (2003)**, menciona que las materias fecales del hombre y de los animales contienen una gran variedad de microorganismos enteropatogenos como *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shiguella*, *Yersinia*, *Aeromonas*, *Pasteurella*, *Francisella*, *Leptospira*, *Vibrio*, protozoarios y varios grupos de virus. Cuando estos microorganismos son descargados en aguas naturales, su presencia denota contaminación fecal y constituyen un riesgo importante de transmisión de enfermedades para la población.

Por lo que la presencia la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de muchos enteropatógenos y otras bacterias oportunistas y la defecación a campo abierto podrían contribuir a la presencia de las bacterias del grupo coliformes, las mismas que son consideradas como indicadores microbiológicos en aguas para el consumo humano. De igual manera, la construcción defectuosa de las letrinas y la ausencia o irregular mantenimiento de estas instalaciones predispondrían el ingreso y multiplicación de microorganismos a partir de distintas fuentes.

Estos resultados indicaron la existencia de factores que condicionaron la exposición del agua a la contaminación por materia orgánica, ya que el caserío de Santa Clara no cuenta con el servicio de alcantarillado, los pobladores utilizan los canales naturales para fluir las aguas pluviales, y las letrinas y pozos ciegos como baños. Asimismo, la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de muchos enteropatógenos y otras bacterias oportunistas y la defecación a campo abierto podrían contribuir a la presencia de las bacterias del grupo coliformes, las mismas que son consideradas como indicadores microbiológicos en aguas para el consumo humano.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- Se confirma la hipótesis nula en la presente investigación.
- Las muestras de pozos rústicos presentaron valores de 88/100ml para coliformes totales y 18.9/100ml para coliformes fecales.
- El porcentaje de la presencia de coliformes totales fue de 83.7% y coliformes fecales de 24.3%.
- Los niveles de la presencia de coliformes totales y coliformes fecales, indican que las aguas de los pozos sobrepasan los límites máximos permisibles para estas bacterias.
- El agua proveniente de los pozos rústicos que consumen los pobladores del Caserío de Santa Clara de Nanay presentaron un alto grado de contaminación, con coliformes totales, coliformes fecales y bacterias aerobias mesófilas viables.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- Realizar monitoreo constante de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los sistemas de agua superficiales.
- Identificar otros contaminantes microbiológicos, tales como *Enterococos fecales* y algunas formas parasitarias, *Salmonella* y *Vibrio cholerae*.
- Desarrollar campañas de sensibilización a la población para incrementar el uso de agua hervida o de sustancias bactericidas.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), American Water

Word Association and Water Pollution Control Federación

(1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed.; Washington, D.C. USA. Parte 9000.

ANGELES, C. J. 2000. Evaluación de la Calidad Bacteriológica del Agua

Potable de la Ciudad de Iquitos. Tesis para Optar el Título Profesional de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos - Perú. 47 pp.

APHA, 1998. Técnica del número más probable – NMP, utilizando campanas de Durham.

ARCOS, M.; AVILA, S.; ESTUPIÑÁN, S.; GÓMEZ, A. 2005. Indicadores

microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Publicación Científica. ISSN:1794-2470. VOL.3 N°4 pp.69 - 79.

BARDALES, G. J. 1979. Control Bacteriológico de Aguas provenientes de

pozos del pueblo joven “Túpac Amaru”. Tesis para Optar el Título Profesional de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos - Perú. 32 pp.

CRAUN, 1994. Balances de los riesgos químicos y microbianos de la

desinfección del agua potable. Water SRT - Aqua, Vol 43. OPS/OMS/CEPIS. Lima.

CLARET, M.; URRUTIA, R.; ABARZUA, M.; PÉREZ, C.; PALACIOS, M.;

2003. Estudio de la contaminación en agua de pozo destinada a consumo humano y su expresión espacial en el secano mediterráneo de Chile.

COMISIÓN INTERNACIONAL DE ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS DE LOS ALIMENTOS (ICMSF). 2000.

Microorganismos de los alimentos. Su significado y métodos de enumeración Vol. I - 2da. Edic. Edit. Acribia. Zaragoza - España. 439 pp.

EL PERUANO. (2008). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Normas Legales Perú.

FÉLIX, A.; CAMPAS, O.; AGUILAR, M.; MEZA, M.: 2007. Calidad Microbiológica del Agua de consumo humano de tres comunidades rurales del Sur de Sonora (México). Instituto Tecnológico de Sonora. Revista Salud Pública y Nutrición. Volumen 8 N°3.

GONZÁLES, O.; AGUIRRE, J.; SAUGAR, G.; OROZCO, L.; ÁLVAREZ, G.; PALACIOS, K.; GUEVARA, O.; 2007. Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua. Universitas. Volumen 1, Año 1, 2007, pp. 7 -13.

GOMEZ, F.A.; AGUIRRE, N.J.; BETANCUR, J.; TORO.M.; 2008. Distribución de dos indicadores bacterianos de calidad de agua en el golfo de Uraba. Gestión y Ambiente. Colombia. Volumen 11.

HERRERO, M.A.; BIRHMAN, E.; VIILAR, E.; FLORES, M.; CARBO, L.;

SARDI, G. y SILVESTRE, A. 1997. Aspectos químicos y microbiológicos del agua subterránea en granjas de producción avícola. In: Congreso Internacional sobre Aguas, Libro de Resúmenes. Ed. Universidad de Buenos Aires: III-41. Buenos Aires, Argentina.

HURTADO Y MESI, 2007. Comparación de la Calidad Bacteriológica del Agua de Pozos Artesianos y Rústicos con Agua Almacenada en las Viviendas del Caserío Nina Rumi - Loreto. Tesis para Optar el Título Profesional de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos - Perú. 52 pp.

ICMSF, 2000. Método de Recuento en Placa.

ISAAC, A.; LEZAMA, C.; KU, P.; TAMAY, P.; 1994. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, México pp 655 - 661.

MARCHAND, E.O. 2002. Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo en Lima Metropolitana. Tesis para Optar el Título Profesional de Biólogo con Mención en Microbiología y Parasitología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú. 60 pp.

MINISTERIO DE SALUD. 2009. Reporte de casos de enfermedades diarreicas durante el periodo de Enero a Diciembre del 2009. Iquitos. Perú.

MOSSEL, D. MORENO, G. 1985. Microbiología de los Alimentos. 1era Edic. EDit. Acribia S.A. Zaragoza. España 375 pp.

MORA, 1992. Situación del agua de consumo humano y evacuación de excretas en América Latina y el Caribe. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José. Libro de resúmenes. Reunión Regional sobre calidad de agua potable OPS/OMS/CEPIS. Lima- Perú.65pp.

MONTES DE OCA, J. 2009. Diagnóstico de la Calidad de Agua en Pozos Excavados de Tres Comunidades del Valle del Yeguaré, Honduras. Proyecto para Optar el Título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura. Zamorano - Honduras. 38 pp.

OMS, 2004. Organización Mundial de la Salud:

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/index.html

PERDOMO C. H., CASANOVA O. N. Y CINGADA V.S. 2001. Contaminación de Aguas subterráneas con nitratos y Coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. Agrociencia. Universidad de la República. Montevideo - Uruguay. Vol. V N° 1 pág. 10 - 22 pp.

PICONE, L.; ANDREOLI, Y.; COSTA, j.; APARICIO, V.; CRESPO, L.; NANNINI, j.; TAMBASIO,W., 2003 . Evaluación de nitratos y bacterias coliformes en pozos de la cuenca alta del arroyo Pantanoso, Buenos Aires. Revista de Investigaciones

Agropecuarias, abril, año/vol.32, número 001. Buenos Aires, Argentina. pp.99 -110.

SÁNCHEZ, J.; VARGAS, M.; MÉNDEZ, J., 2000. Calidad bacteriológica del agua para el consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. Salud Pública de México. Vol.42, número 5 pág. 397 - 406 pp.

SUÁREZ, M. 2002. Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. Rev. Cubana. Hig. Epidemiol; 40(1): 38 - 43.

VENCZEL, 1996. Vinculación de la vigilancia de la salud con los programas de monitoreo de la calidad de agua. ECO/OPS/OMS. Libro de resúmenes. Reunión Regional sobre la calidad del agua potable. OPS/OMS/CEPIS. Lima. 68 pp.

ZAMORA, A; FOLABELLA, A.; PEREZ GUZZI, J; DOMINGUEZ, S.; DE LUCA, L. 2002. Contaminación Microbiológica en aguas de pozo Partido Gral. Pueyrredon - Provincia de Buenos Aires - Argentina. Universidad Nacional de Mar de Plata. Laboratorio de Microbiología. Mar de Plata - Argentina.

ANEXOS:

1. Estadística Complementaria.

Anexo 1. Límites máximos Permisibles Establecidos por el diario El Peruano (2008).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Anexo 2. Tabla del Número más probable (NMP) y límites de confianza 95% para las diversas combinaciones de tubos positivos (3 tubos por dilución), cuando las diluciones elegidas corresponden a inóculos de siembra de 10 ml, 1ml y 0.1 ml

Numero de tubos sembrados por cada dilución (3 tubos)

Combinaciones de tubos positivos	NMP/ml	Límites de confianza 95%	
		Inf	Sup
0-0-0	<0.03		
0-0-1	0.03	<0.005	0.09
0-1-0	0.03	<0.005	0.13
0-2-0		
1-0-0	0.04	<0.005	0.20
1-0-1	0.07	0.01	0.21
1-1-0	0.07	0.01	0.23
1-1-1	0.11	0.03	0.36
1-2-0	0.11	0.03	0.36
2-0-0	0.09	0.01	0.36
2-0-1	0.14	0.03	0.37
2-1-0	0.15	0.03	0.44
2-1-1	0.2	0.07	0.89
2-2-0	0.21	0.04	0.47
2-2-1	0.28	0.10	1.50
2-3-0		
3-0-0	0.23	0.04	1.20
3-0-1	0.39	0.07	1.30
3-0-2	0.64	0.15	3.80
3-1-0	0.43	0.07	2.10
3-1-1	0.75	0.14	2.30
3-1-2	1.20	0.30	3.80
3-2-0	0.93	0.15	3.80
3-2-1	1.5	0.30	4.40
3-2-2	2.1	0.35	4.70
3-3-0	2.4	0.36	13.0
3-3-1	4.6	0.71	24.0
3-3-2	11.0	1.50	48.0
3-3-3	≥24'.0		

Anexo 3. Datos originales de la Contaminación Bacteriológica con Coliformes Totales (NPM/100 ml)

Muestras	POZOS RUSTICOS				
	I	II	III	IV	
1	9.3	14.0	12.0	21.0	
2	9.3	11.0	14.0	25.0	
3	11.0	14.0	14.0	17.0	
4	14.0	12.0	17.0	14.0	
5	15.0	10.0	17.0	11.0	
Total	58.60	61.0	74	88.0	281.60
Prom.	11.72	12.20	14.80	17.60	14.08

Anexo 4. Datos originales de la Contaminación Bacteriológica con coliformes Fecales (NPM/100 ml)

Muestras	POZOS RUSTICOS				
	I	II	III	IV	
1	6.1	3.6	1.8	1.8	
2	5.6	5.5	1.8	1.8	
3	1.8	1.8	2.0	6.1	
4	1.8	1.8	4.5	5.6	
5	3.6	3.7	6.1	1.8	
Total	18.9	16.4	16.2	17.1	68.6
Prom.	3.78	3.28	3.24	3.42	3.43

2. Instrumentos de recolección de datos

Anexo 5. Puntos de Muestreo

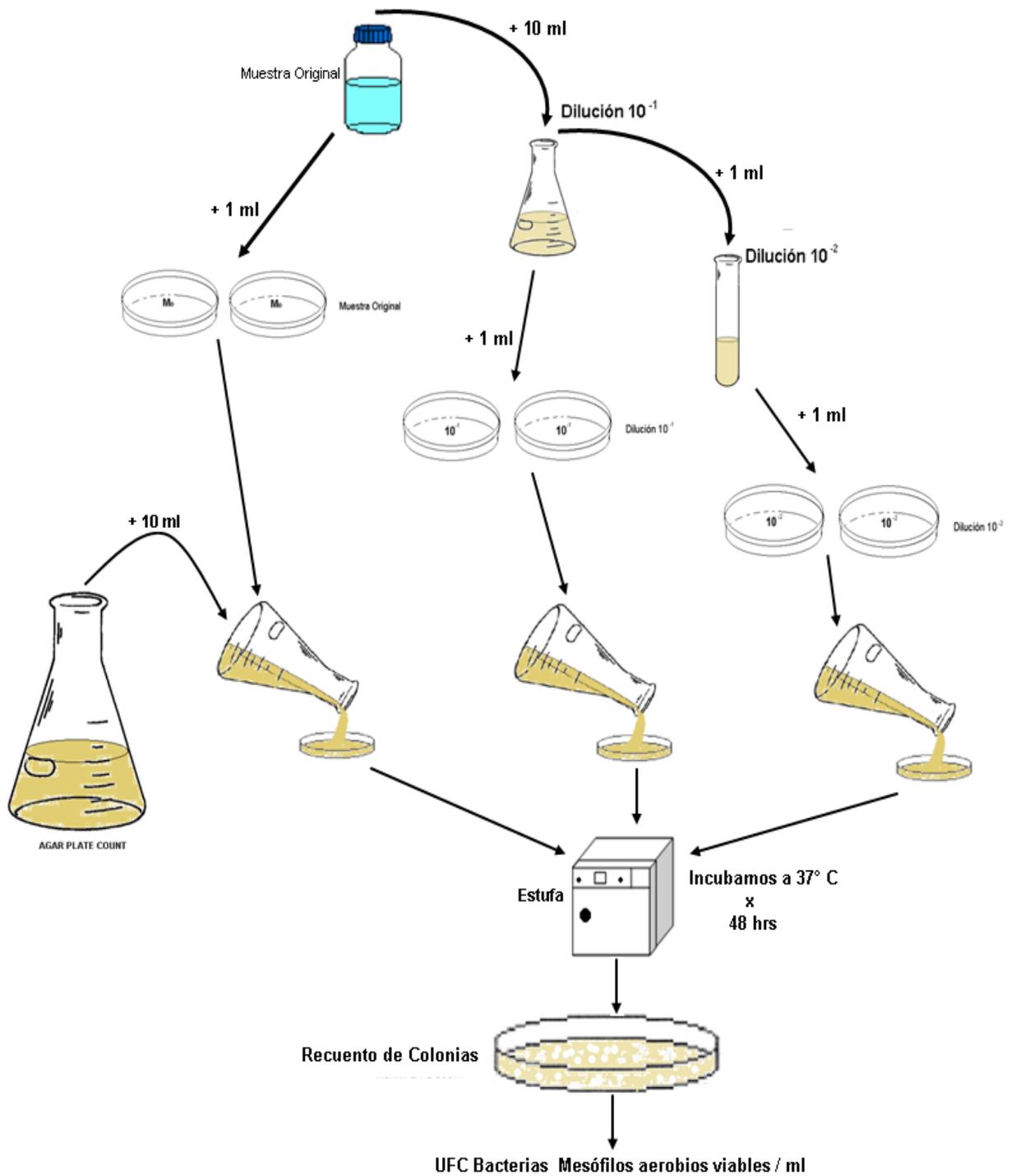


Anexo 6. Fotos

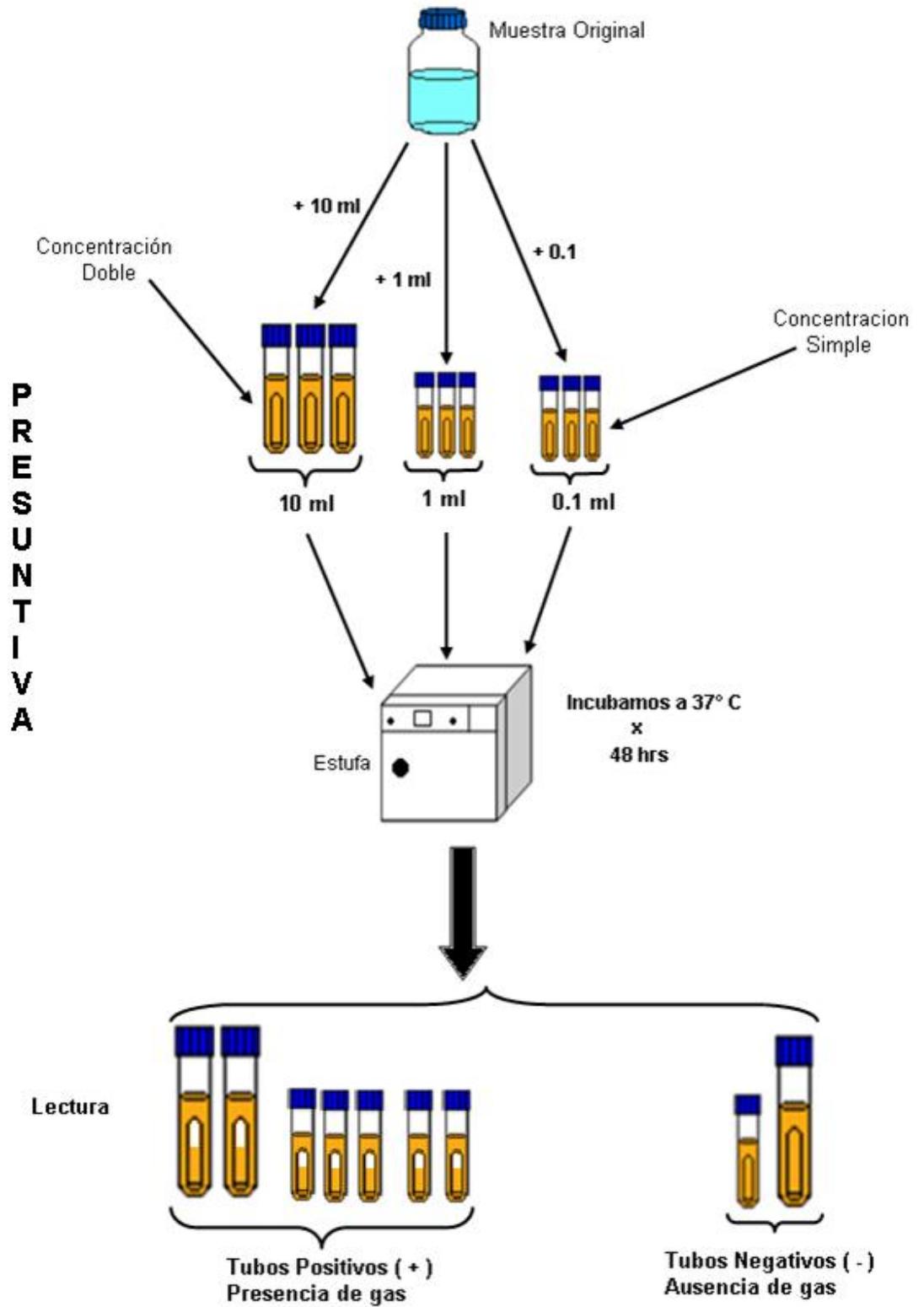


Anexo 7. Procedimiento de Recuento en Placas para Mesófilos aerobios viables

Procedimiento del método del Numero Más Probable (NMP)



Fase Presuntiva



Fase confirmativa

