UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA YARINACOCHA PARA USO RECREACIONAL

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

CHRISTIAN JOEL MARIN LÓPEZ

PROMOCIÓN 2010-I

Tingo María - Perú

2012

DEDICATORIA

A mi madre María, que ha sido fuente de energía en mi vida, gracias por el amor que siempre me has brindado.

A mi hermano Paul, del cual aprendí de momentos difíciles, gracias a la confianza que hemos tenido, por el apoyo y amistad.

A mi abuelita María y a la memoria de mi abuelito Víctor.

A mis tíos, primos y sobrino, que son fuente de inspiración.

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida y brindarme la sabiduría necesaria para superar toda prueba en mi carrera.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por sus enseñanzas impartidas a lo largo de mi formación profesional.

Al Ing. Ricardo Martin Chávez Asencio, patrocinador del presente trabajo.

Al Blgo. M.Sc. Edilberto Chuquilin Bustamante, copatrocinador del presente trabajo.

A mi tío Mauro López, por su gran apoyo y motivación para la culminación del presente trabajo.

A mis compañeros de labores de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental, por el apoyo durante la realización del presente trabajo.

A todas las personas y amigos quede una u otra forma colaboraron en la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA 4

2.1. Calidad del agua 4

2.1.1. Indicadores fisicoquímicos de la calidad del agua 5

2.1.1.1. Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5) 5

2.1.1.2. Oxígeno Disuelto (OD) 6

2.1.1.3. Potencial de hidrogeno (pH) 7

2.1.1.4. Turbiedad o turbidez 7

2.1.1.5. Metales 8

2.1.2. Indicadores microbiológicos de la calidad del agua 9

2.1.2.1. Coliformes totales (CT) 9

2.1.2.2. Coliformes termotolerantes (CTT) 9

2.1.2.3. *Escherichia coli* 10

2.1.2.4. *Salmonella* 10

2.1.2.5. *Vibrio cholera* 11

2.2. Índice de Calidad del Agua (ICA) 11

2.2.1 ICA propuesto por Dinius (1987) 13

2.3. Índice de Contaminación (ICO) 15

2.3.1. Índice de contaminación por materia orgánica 16

2.4. Contaminación del agua 17

2.4.1. Fuentes de contaminación del agua 18

2.5. Eutrofización de las aguas 21
2.6. Estudios sobre aguas con fines recreativos 21
2.7. Normas nacionales 24
2.7.1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, D.S. Nº 002-2008-MINAM 24
2.7.1.1. Categoria1: Poblacional y recreacinonal 25
2.7.2. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales (PTAR), D.S. 003-2010-MINAM 27
III. MATERIALES Y MÉTODOS 28
3.1. Descripción de la zona de estudio 28
3.1.1. Ubicación 29
3.1.2. Clima y ecología 29
3.1.3. Indicadores sociales 30
3.2. Materiales 31
3.3. Metodología 31
3.3.1. Estaciones de muestreo 31
3.3.2. Recolección de muestras 33
3.3.3. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos 33
3.3.3.1. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno 33
3.3.3.2. Determinación de oxígeno disuelto 34
3.3.3.3. Determinación de pH 34
3.3.3.4. Determinación de turbiedad 35

3.3.3.5. Determinacion de metales 34
3.3.4. Evaluación de los parámetros microbiológicos 35
3.3.4.1 Determinación de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* 35
3.3.4.2 Determinación de *Salmonella sp* 36
3.3.4.3 Determinación de *Vibrio cholerae* 37
3.4. Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA) 38
3.5. Determinación de fuentes contaminantes 39
3.6. Análisis estadístico 40
IV. RESULTADOS 41
4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna Yarinacocha .. 41
4.1.1. Análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos 41
4.1.2. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos 43
4.1.3. Correlación de Pearson de los parámetros fisicoquímicos . 45
4.2. Parámetros microbiológicos del agua de la laguna Yarinacocha 46
4.2.1. Análisis descriptivo de los parámetros microbiológicos 46
4.2.2. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos 48
4.2.3. Correlación de Pearson de los parámetros microbiológicos. 51
4.3. Correlación estadística entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos 52
4.4. Índice de Calidad del Agua (ICA) 53
4.5. Fuentes contaminantes sobre la laguna Yarinacocha 54
V. DISCUSIÓN 60
5.1. Indicadores de la calidad del agua 60

5.2. Índice de la Calidad del Agua (ICA) 62

5.3. Fuentes contaminanates 62

VI. CONCLUSIONES 63

VII. RECOMENDACIONES 65

VIII. ABSTRACT 66

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68

X. ANEXO 71

ÍNDICE DE CUADROS

Página

1. Calidad del agua por el nivel de oxígeno disuelto (mg/L) 7
2. Funciones de los subíndices y pesos relativos de los parámetros del ICA de Dinius (1987) 14
3. Clasificación del ICA para uso recreacional, según Dinius (1987) 15
4. Función del subíndice de los parámetros involucrados en el ICO 17
5. Clasificación de la contaminación del agua mediante el ICO 17
6. Resultado del análisis microbiológico de la evaluación ambiental de la laguna Yarinacocha en el año 2004 22
7. Resultado del análisis microbiológico en playas de la laguna Yarinacocha en el año 2008 23
8. ICA en aguas costeras cubanas para uso recreativo 24
9. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua 26
10. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR 27
11. Principales características fisiográficas de la laguna Yarinacocha 29
12. Comunidades asentadas alrededor de la laguna Yarinacocha y población en el año 2010 30
13. Ubicación de las estaciones de muestreo de la laguna Yarinacocha ... 32
14. Funciones de los subíndices y ponderaciones de cada parámetro para el cálculo del ICA de la laguna Yarinacocha 39
15. Funciones de los subíndices de cada parámetro para el cálculo del ICO de las fuentes contaminantes 40

16. Medidas descriptivas de los parámetros fisicoquímicos 41
17. Promedio de la concentración de metales 42
18. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos 43
19. Prueba de Tukey para comparaciones múltiples de oxígeno disuelto 44
20. Análisis de Correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos 46
21. Medidas descriptivas de los parámetros microbiológicos 47
22. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos 48
23. Prueba de Tukey para comparaciones múltiples de coliformes totales, 49
coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* 49
24. Análisis de Correlación de Pearson entre parámetros microbiológicos 52
25. Análisis de Correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos 53
26. Cálculo del ICA en las estaciones de la laguna Yarinacocha 53
27. Resultados del análisis de agua de la salida de la quebrada Pacacaño 55
28. Resultados del análisis de agua de desagüe de la Urb. FONAVI 56
29. Resultados del análisis de agua de desagüe del Hospital Amazónico de Yarinacocha 56
30. Resultados del análisis de agua de desagüe del Malecón Yarinacocha .. 57
31. Resultados del análisis de agua de la salida de la quebrada Cashibocaño 58
32. Cálculo del ICO en las fuentes contaminantes sobre la laguna Yarinacocha 58

33. Resultados de los parámetros fisicoquímicos de las estaciones de la laguna Yarinacocha 72
34. Resultados de la concentración de metales (mg/L) de las estaciones de la laguna Yarinacocha. 73
35. Resultados de los parámetros microbiológicos de las estaciones de la laguna Yarinacocha 74
36. Índice de NMP al 95% de confianza para varias combinaciones positivas de 5 tubos por dilución (10 mL, 1,0 mL, 0,1 mL)..... 78

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

1. Imagen satelital de la laguna Yarinacocha 28
2. Imagen satelital de la ubicación de las estaciones de muestreo de la laguna Yarinacocha 32
3. Variación de las medidas descriptivas de los parámetros fisicoquímicos 42
4. Variación del promedio de oxígeno disuelto en las estaciones de muestreo 45
5. Variación de las medidas descriptivas de los parámetros microbiológicos 47
6. Variación del promedio de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las estaciones de muestreo 50
7. Variación del promedio de *Escherichia coli* en las estaciones de muestreo 51
8. Clasificación de la calidad del agua de la laguna Yarinacocha en las estaciones de muestreo, según el ICA de Dinius (1987) 54
9. Imagen satelital de las principales fuentes que contaminan la laguna Yarinacocha 59
10. Procedimiento de análisis de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* 75
11. Procedimiento de análisis de *Salmonella sp* 76

12. Procedimiento de análisis de *Vibrio cholera* 77

13. Estaciones de monitoreo en la laguna Yarinacocha 79

14. Toma de muestra en la estación San José 79

15. Procedimientos de análisis fisicoquímico y microbiológico 80

16. Fuentes que contaminan la laguna Yarinacocha 81

17. Bañistas en época de fiesta de San Juan 82

RESUMEN

La laguna Yarinacocha es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para las diferentes actividades socioeconómicas. Sin embargo, actualmente sus aguas sirven como receptoras de los vertimientos generados por la población, por lo que, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de la laguna Yarinacocha para uso recreacional, a partir de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de cuatro (04) estaciones de recreación, mediante el análisis de 48 muestras.

Los parámetros fisicoquímicos se encontraron dentro de los estándares nacionales de calidad de agua para uso recreacional.

En cuanto a los parámetros microbiológicos los promedios de coliformes totales fueron de 3942 NMP/100 mL (Anaconda), 2458 NMP/100 mL (Puerto Callao), 2349 NMP/100 mL (San Juan) y 2167 NMP/100 mL (San José); coliformes termotolerantes de 1732 NMP/100 mL (Anaconda), 1169 NMP/100 mL (Puerto Callao), 918 NMP/100 mL (San Juan) y 976 NMP/100 mL (San José); *Escherichia coli* 45 NMP/100 (Anaconda), 33 NMP/100 mL (Puerto Callao), 25 NMP/100 mL (San Juan) y 29 NMP/100 mL (San José); y presencia de *Salmonella* en todas las estaciones.

En cuanto al ICA, la estación Anaconda obtuvo 53.3, estación Puerto Callao 54.6, estación San José 58.6 y estación San Juan 56.9.

En el periodo de estudio el agua de la laguna Yarinacocha, en todas las estaciones, presentó concentraciones microbiológicas fuera de los estándares nacionales (D.S. Nº 002-2008-MINAM), para lo cual la calidad de su agua se calificó como no apta para el uso recreacional.

I. INTRODUCCIÓN

Las aguas de los ríos, lagos y lagunas, experimentan un deterioro en su calidad debido principalmente a su uso como receptor de los vertimientos generados en los centros poblados, zonas industriales, actividades agropecuarias y escorrentías.

La laguna Yarinacocha ha sido eje de desarrollo del departamento de Ucayali, convirtiéndose en una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para las diferentes actividades socioeconómicas. Sin embargo, sus aguas no sólo sirven como fuente de abastecimiento, sino que también son receptoras de los vertimientos generados por dichas actividades, las cuales han afectado su calidad y alterado el normal comportamiento, limitando su uso y deteriorando el valor ecológico del recurso hídrico.

Entre las principales causas que afectan la calidad del agua de la laguna Yarinacocha, está la deficiente política ecoturística, escasa cultura conservacionista, crecimiento poblacional desordenado, deforestación a orillas de la laguna, uso de sustancias toxicas en la pesca, falta de sistemas de evacuación y tratamiento de aguas servidas, manejo inadecuado de residuos sólidos y derrame de hidrocarburos provenientes de la actividad portuaria.

SALAS (1985), reporta una cobertura de 40 ha de la laguna ocupadas con plantas acuáticas agresivas como el Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*), mayormente en las proximidades de Puerto Callao, lo que origina la eutrofización de las aguas, lo cual es un problema para el transporte, el turismo y la pesca.

Actualmente la laguna es receptora final de las aguas servidas del Hospital Amazónico de Yarinacocha, urbanización Pedro Portillo (FONAVI), Malecón Yarinacocha (viviendas y comercio) y comunidades asentadas a su alrededor. Esto se agrava por la escasa educación, cultura ambiental y sanitaria de la población, lo cual conlleva a tener un agua no apta para practicar actividades recreativas.

El agua de la laguna Yarinacocha está dedicada a múltiples usos incluyendo la recreación. A lo largo de su recorrido presenta campos turísticos que son visitados por los turistas y por la población lugareña, por ello, la calidad de su agua es de gran interés y preocupación pública. Ante esto surgió la interrogante: ¿La calidad del agua de la laguna Yarinacocha, se encuentra apta para uso recreacional?, se contrastó la hipótesis de que el agua de la laguna se encuentra contaminada mostrando una calidad fuera de los estándares nacionales para uso recreacional. Para ello se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar los parámetros fisicoquímicos: Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5), Oxígeno Disuelto (OD), pH, Turbiedad y Metales (Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Hierro, Manganeso, Mercurio, Plomo, Zinc).

- Determinar los parámetros microbiológicos: Coliformes Totales (CT), Coliformes Termotolerantes (CCT), *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Vibrio cholerae.*

- Determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) de la laguna Yarinacocha en las zonas de recreación.

- Determinar la existencia de fuentes contaminantes sobre la laguna Yarinacocha y su nivel de contaminación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Calidad del agua

Es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado (GONZÁLES y GUTIÉRREZ, 2005).

La calidad del agua es un concepto selectivo y complejo, difícil de definir en términos absolutos puesto que se determina en función de usos específicos. De esta forma, la calidad del agua puede definirse como: la capacidad de un cuerpo de agua para soportar apropiadamente usos benéficos, entendiendo los usos benéficos como los modos en que se utilizada el agua (CLAIR, 2000).

Una determinada fuente de agua puede tener la calidad necesaria para satisfacer los requerimientos de un uso en particular y al mismo tiempo, no ser apta para otro. Puesto que no existe un tipo de agua que satisfaga los requerimientos de calidad para cualquier uso concebible ni tampoco “un criterio único de calidad para cualquier fin”, el concepto de calidad del agua, se aplica siempre en relación con un uso previamente establecida (CLAIR, 2000).

La manera más sencilla de estimar la calidad del agua consiste en la definición de valores físicos, químicos o biológicos, que se consideran admisibles o deseables según el uso a que se destine. Así, acorde a las concentraciones encontradas, se clasifica la calidad del agua y se define su potencialidad de uso. Por ello, cada requerimiento de agua presenta sus propias normas de calidad y si el agua se encuentra contaminada es de poca utilidad por abundante que sea (GONZÁLES y GUTIÉRREZ, 2005).

La calidad del agua es determinada con tan solo advertir que uno de los indicadores de calidad sin importar su naturaleza (fisicoquímica o microbiológica), no se encuentre dentro de los límites establecidos (GONZÁLES y GUTIÉRREZ, 2005).

2.1.1. Indicadores fisicoquímicos de la calidad del agua

2.1.1.1. Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5)

Se define como la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos para oxidar biológicamente la materia orgánica, cuando se incuba una muestra en la oscuridad durante 5 días a 20 °C. Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes (ROMERO, 1998).

.

La DBO_5 es un buen indicador de la calidad general del agua y, más concretamente, de la presencia de contaminantes orgánicos. Valores por debajo de 3 mg/L indican una calidad excelente, mientras valores por encima

de 10 mg/L revelan una contaminación elevada por materia orgánica (ROMERO, 1998).

2.1.1.2. Oxígeno Disuelto (OD)

Es la cantidad de oxígeno que esta disuelto en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables, pues la presencia de oxígeno es una señal positiva, mientras que la ausencia indica una fuerte contaminación. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (ROMERO, 1998).

El conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, son descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno y no es posible la existencia de peces u otros organismos vivos (OMS, 1998).

Los niveles de OD pueden variar de 0 – 18 mg/L aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 – 6 mg/L para soportar una diversidad de vida acuática (ROMERO, 1998).

Cuadro 1. Calidad del agua por el nivel de oxígeno disuelto (mg/L).

Nivel de OD	Calidad del agua
0.0 – 4.9	Mala - Algunas poblaciones de peces y macro invertebrados empezarán a bajar
5.0 – 7.9	Aceptable
8.0 – 11.9	Buena
12.0 a más	Muy buena o al agua puede airearse artificialmente

Fuente: ROMERO (1998)

2.1.1.3. Potencial de hidrogeno (pH)

Nos indica el comportamiento acido - básico del agua. Es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática. Se mide en una escala de 0 a 14. En la escala 7, el agua es neutra, por debajo de 7 indican que el agua es ácida y por encima de 7 indican que es básica. En la mayoría de las aguas naturales el pH se encuentra entre 6 – 9, niveles extremos pueden causar irritaciones en la piel, ojos y mucosas (ROMERO, 1998).

2.1.1.4. Turbiedad o turbidez

La turbidez se refiere a lo clara o turbia que pueda estar el agua. El agua clara tiene un nivel de turbidez bajo y el agua turbia tiene un nivel alto de turbidez. Los niveles altos de turbidez pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua tales como tierra, sedimentos, aguas residuales y plancton (ROMERO, 1998).

Si la turbidez del agua es alta, habrá muchas partículas suspendidas en ella. Estas partículas sólidas bloquearán la luz solar y evitarán que las plantas acuáticas obtengan la luz solar que necesitan para la fotosíntesis. Las plantas producirán menos oxígeno, morirán y serán descompuestas por las bacterias, lo que reducirá los niveles de OD. Las partículas suspendidas en el agua también absorberán calor adicional de la luz solar lo cual ocasionará que el agua sea más caliente. El agua caliente conserva menos oxígeno, así que los niveles de OD bajarán, especialmente cerca de la superficie (OMS, 1998).

La turbidez también se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. Elevados niveles de turbiedad pueden proteger a los microorganismos de la desinfección y estimular la proliferación de bacterias (OMS, 1998).

2.1.1.5. Metales

Se pueden encontrar en aguas superficiales en sus formas iónicas estables. Los metales pueden formar metaloides y luego unirse a compuestos orgánicos para formar sustancias lipófilas que a menudo son altamente tóxicas y que pueden ser almacenadas en las reservas de grasas de los animales y humanos. Ocasionan daños en el ecosistema y a la salud humana, como el cáncer a la piel (OMS, 1998).

2.1.2. Indicadores microbiológicos de la calidad del agua

Las bacterias coliformes, son el principal indicador de la adecuación del agua para diversos usos (APHA, 2005).

2.1.2.1. Coliformes totales (CT)

El grupo coliformes se define como todas las bacterias gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 36 ± 1 ºC en 24 – 48 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa y no forman esporas (OMS, 1998).

Estas bacterias, no solo proceden de las excretas humanas sino también pueden provenir de animales; por lo tanto, la presencia de coliformes en aguas superficiales indican contaminación proveniente de residuos humanos o animales (ROMERO, 1998).

2.1.2.2. Coliformes termotolerantes (CTT)

Soportan temperaturas hasta de 44,5°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, son de origen fecal (OMS, 1998).

Los coliformes termotolerantes indican presencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen dichos microorganismos, presentes en la flora intestinal y de ellos entre un

90% y un 100% son *Escherichia coli*, mientras que en aguas residuales y contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 60% (AURAZO, 2004).

2.1.2.3. *Escherichia coli*

Están solos o en parejas, gram negativos, móviles o inmóviles, anoxigénicos facultativos, poseen metabolismo respiratorio y fermentativo, capaces de producir indol a partir del triptófano (OMS, 1998).

Abunda en las heces de origen humano y animal. Se encuentran en agua y suelos naturales que han sufrido contaminación reciente, ya sea de seres humanos, operaciones agrícolas o de animales. (AURAZO, 2004).

E. coli, es la única especie de las Enterobacterias que presenta la enzima β-D-Glucoronidasa, que degrada el sustrato 4-metilumberiferil-β-D-glucoronico (MUG), formando 4-metilumberiferona, este producto tiene la propiedad de emitir fluorescencia azul/verde cuando se ilumina con luz ultravioleta (AURAZO, 2004)

2.1.2.4. *Salmonella*

Bacilo corto, gran negativo, no esporulado y generalmente móvil con flagelos perítricos. Se caracteriza bioquímicamente por su capacidad de fermentar la glucosa con producción de ácido y gas, y por su capacidad de hidrolizar la lactosa y sacarosa. Su temperatura óptima esta próxima a los 37 ºC, son relativamente fotosensibles y se destruyen a 60 ºC por 15 a 20

minutos, siendo incapaces de crecer por debajo de los 8 ºC. Son característicos de aguas residuales sin tratamiento (AURAZO, 2004).

2.1.2.5. *Vibrio cholera*

Bacteria gran negativo, aerobio o anaerobio facultativo, no esporulado, móvil por un flagelo polar, fermenta carbohidratos sin producción de gas, no produce hidrógeno sulfurado y es oxidasa, manitol, indol, lisina-descarboxilasa positivos. Son muy comunes en ambientes marinos, algunas especies se encuentran sobre la superficie y en el contenido intestinal de animales marinos. También se pueden encontrar en agua dulce donde sobre viven unas horas, pero si el agua se encuentra contaminada con materia orgánica y tiene un pH entre 6 – 9, pueden permanecer muchas semanas (AURAZO, 2004).

2.2. Índice de Calidad del Agua (ICA)

La evaluación de la calidad de una fuente de agua mediante el empleo del Índice de Calidad del Agua (ICA), se realiza a través de la valoración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales son convertidos en un número que se encuentra entre 0 (muy mala calidad) y 100 (excelente calidad). Estos índices definen el grado de calidad del cuerpo de aguay expresa qué tan adecuado es para un uso específico (LEÓN, 2000).

El ICA, como forma de agrupación simplificada de algunos parámetros, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe de reducir la

enorme cantidad de parámetros a una forma más simple, y durante el proceso de simplificación algo de información se sacrifica (LEÓN, 2000).

Los índices de calidad son una herramienta muy útil para propósitos comparativos, por ejemplo indicar el nivel de calidad del agua en diferentes puntos de muestreo. Sin embargo, cualquier índice contiene menos información que los datos a partir del cual se obtiene, por tanto no puede reemplazar el análisis detallado de los datos obtenidos a partir de un plan de monitoreo. Tampoco debe usarse como único criterio para la toma de decisión y el manejo de los recursos hídricos. (ROJAS, 1991).

Existen Índices que a pesar de haber sido desarrollados para las condiciones propias de una región o país, son ampliamente empleados a nivel mundial y han sido validados en diferentes estudios; tal es el caso del ICA de la Fundación Nacional de Sanidad - NSF (1970) y el ICA de Dinius (1987).A partir de estos Índices varios autores y entidades de control ambiental, han realizado adaptaciones para las condiciones específicas de diferentes fuentes de agua, algunos ejemplos son las investigaciones realizadas por ROJAS (1991) en ríos tropicales de Colombia, otra adaptación fue la realizada por la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental de Brasil – CETESB (2002) en aguas tropicales de Sao Paulo (LEÓN, 2000).

2.2.1. ICA propuesto por Dinius (1987)

Dinius (1987), citado por LEÓN (2000), utilizó el método Delphi de encuestas, dicho método consistió en combinar la opinión de un panel de siete expertos en el tema de calidad del agua, buscando la forma de realizar un consenso de los parámetros que deberían ser incluidos en el índice y las transformaciones que debían ser realizadas para que todos los parámetros se convirtieran en subíndices en una escala similar. Dinius creó un índice de tipo multiplicativo con doce parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, estableciendo valores límites o medidas aconsejables del ICA de acuerdo con el uso a que se destine el recurso hídrico (LEÓN, 2000).

Fórmula para el ICA de Dinius:

$$\mathbf{ICA} = \prod_{i=1}^{n} I_i^{W_i} = (I_1^{W_1})(I_2^{W_2})\ldots(I_n^{W_n})$$

Donde, i corresponde a cada uno de los parámetros de calidad elegidos, I_i corresponde al subíndice de cada parámetro, y W_i corresponde al peso o porcentaje asignado a cada parámetro.

En el Cuadro 2 se presenta las funciones de los subíndices y pesos relativos de cada parámetro para el cálculo del ICA de Dinius.

Cuadro 2. Funciones de los subíndices y pesos relativos de los parámetros del ICA de Dinius (1987).

Parámetro	**Función del subíndice (I_i)**	**Peso relativo o especifico (W_i)**
Coliformes Termotolerantes	I_{CTT}= 106 (CTT)$^{-0.1286}$	11.6%
OD % saturación	I_{OD} = 0.82(OD) + 10.56	10.9%
DBO_5	I_{DBO}= 108 (DBO_5)$^{-0.3494}$	9.7%
Coliformes Totales	I_{CT}= 136 (CT)$^{-0.1311}$	9.0%
Nitratos	I_{NO3}= 125 (NO_3)$^{-0.2718}$	9.0%
Conductividad	I_{Cond} = 506 (Cond)$^{-0.3315}$	7.9%
Temperatura	$I_T = 10^{2.004 - 0.0382(\Delta T)}$	7.7%
pH	Si 6.9 ≤ pH ≤ 7.1 : I_{pH} = 100 Si pH < 6.9 : $I_{pH} = 10^{0.6803 + 0.1856(pH)}$ Si pH > 7.1 : $I_{pH} = 10^{3.65 - 0.2216(pH)}$	7.7%
Cloruros	I_{Cl^-} = 391 (Cl^-)$^{-0.3480}$	7.4%
Dureza	I_{Dur} = 552 (Dur)$^{-0.4488}$	6.5%
Alcalinidad	I_{Alc} = 110 (Alc)$^{-0.1342}$	6.3%
Turbiedad	$I_{Turb}=e^{(4.561 - 0.0196 Turb)}$	6.3%

Fuente: LEÓN (2000)

Un aspecto que se considera importante, es la posible escasez de datos en un monitoreo, por lo que en la metodología de estimación del ICA de Dinius se considera que al faltar el valor de alguno o varios de los parámetros, su peso específico o relativo se reparte en forma proporcional entre los restantes, excluyéndolo del operador multiplicativo en el momento de estimar el ICA. Aunque no se especifica un número máximo de parámetros, es recomendable que para el cálculo del ICA se empleen como mínimo cuatro parámetros (LEÓN, 2000).

En el Cuadro 3 se presenta los rangos de clasificación del ICA de Dinius en función al uso recreacional.

Cuadro 3. Clasificación del ICA en función al uso recreacional, según Dinius (1987).

Rango	Color	Letra	Descripción
70 – 100		**E**	Cualquier tipo de deporte acuático
60 – 70		**A**	Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada de presencia de bacterias.
50 – 60		**LC**	Dudosa para contacto con el agua.
40 – 50		**C**	Evitar contacto, sólo con lanchas.
30 – 40		**FC**	Contaminación visible, evitar cercanía
0 – 30		**EC**	Inaceptable para recreación

Fuente: LEÓN (2000)

E: Excelente, A: Aceptable, LC: Levemente contaminado, C: Contaminado, FC: Fuertemente contaminado, EC: Extremadamente contaminado

Es importante indicar que esta evaluación debe acompañarse de valores límites permisibles, tanto de los parámetros involucrados en el cálculo, como de aquellos que no lo están, ya que es posible tener un valor aceptable del ICA acompañado de concentraciones de arsénico que superen el máximo permisible. Incluso se puede tener valores aceptables aun excediendo los valores límite de algunos de los parámetros involucrados (LEÓN, 2000).

2.3. Índice de Contaminación (ICO)

Los ICO son criterios de evaluación del nivel de contaminación del agua desarrollados en Colombia por RAMÍREZ y VIÑA (1998). Estos índices definen el grado de contaminación, entre 0 (contaminación muy baja) y 1 (contaminación muy alta) (RAMÍREZ y VIÑA 1998).

Para la formulación de los ICO, RAMÍREZ y VIÑA eligieron variables que consideraron relevantes por su papel ecológico o porque en sí mismas conjugan el papel de las distintas variables. Dichas variables fueron: conductividad, sólidos suspendidos, porcentaje de saturación de oxígeno, DBO_5, fósforo total, coliformes totales y pH (RAMÍREZ y VIÑA 1998).

2.3.1. Índice de contaminación por materia orgánica

Representa variables de contaminación como nitrógeno amoniacal, nitritos, fósforo, oxígeno, DBO_5, DQO, coliformes totales y termotolerantes. El índice se definió en función de la DBO_5, coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno. Las dos primeras reflejan fuentes diversas de contaminación orgánica y la tercera expresa la respuesta ambiental del cuerpo de agua a este tipo de contaminación (RAMÍREZ y VIÑA 1998).

Fórmula para el ICO:

$$ICO = 1/3\ (I_{DBO5} + I_{Colif\ Total} + I_{Oxígeno})$$

Donde, I corresponde al subíndice de cada parámetro.

En el Cuadro 4 se presenta las funciones de los subíndices de cada parámetro para el cálculo del ICO

Cuadro 4. Función del subíndice de los parámetros involucrados en el ICO.

Parámetro	Función del subíndice (I_i)
DBO_5	I_{DBO} = -0.05 + 0.70 log(DBO_5) Si DBO_5> 30 mg/L, I_{DBO}= 2 Si DBO_5< 2 mg/L, I_{DBO}= 0
Coliformes Totales	I_{CT} = -1.44 + 0.56 log(CT) Si CT > 20^4 MNP/100mL, I_{CT} = 1 Si CT < 500 MNP/100mL, I_{CT} = 0
OD % saturación	I_{OD}= 1 – 0.01(%OD) Si % OD > 100, I_{OD}= 0

Fuente: RAMÍREZ y VIÑA (1998)

En el Cuadro 5 se presenta los rangos de clasificación de la contaminación del agua mediante el ICO.

Cuadro 5. Clasificación de la contaminación del agua mediante el ICO.

Valor del ICO	Clasificación de la contaminación
0 – 0.2	Muy Baja
0.2 – 0.4	Baja
0.4 – 0.6	Media
0.6 – 0.8	Alta
0.8 – 1.0	Muy Alta

Fuente: RAMÍREZ y VIÑA (1998)

2.4. Contaminación del agua

Es la acción y/o efecto de introducir en el agua, elementos, compuestos, materiales o formas de energía, que alteran la calidad de esta para usos posteriores, que incluyen uso humano y su función ecológica. La contaminación del agua altera sus propiedades fisicoquímicas y biológicas de

forma que puede producir daño directo o indirecto a los seres humanos y al medio ambiente (GRAY, 1994).

Existen dos formas a través de las cuales se puede contaminar el agua. La primera es por medio de contaminantes naturales, es decir, el ciclo natural del agua puede entrar en contacto con ciertos constituyentes contaminantes que se vierten en las aguas, atmósfera y corteza terrestre. La segunda forma es a través de los contaminantes generados por el hombre o de origen humano, y son productos de desechos líquidos y sólidos que se vierten directa o indirectamente en el agua (OMS, 1998).

2.4.1. Fuentes de contaminación del agua

Las principales fuentes de contaminación pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas (GRAY, 1994):

La contaminación urbana, está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos y bacterias dañinas. En los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración.

Las características de las aguas residuales industriales pueden diferir mucho tanto dentro como entre las empresas. El impacto de los vertidos industriales depende de sus características comunes y de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas.

La agricultura, ganadería comercial y granjas avícolas, son la fuente de contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo, como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de criaderos industriales se eliminan en tierra, cuyo principal peligro es la filtración y las escorrentías.

Existe un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de diferentes maneras, otra forma útil es agruparlos del siguiente modo (OMS, 1998):

- **Microorganismos patógenos:** diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc., normalmente estos microorganismos llegan al agua a través de las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen indicador para medir

la salubridad de las aguas, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua.

- **Desechos orgánicos:** residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc., incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno, cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Un buen índice para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de Oxígeno Disuelto (OD) o la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

- **Nutrientes vegetales inorgánicos:** nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

- **Sedimentos y materiales suspendidos:** partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales en suspensión que hay en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, los sedimentos que se van acumulando destruyen

sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales y puertos.

- **Contaminación térmica:** el agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.

2.5. Eutrofización de las aguas

Cuando un lago o embalse es pobre en nutrientes (oligotrófico) tiene las aguas claras, la luz penetra y el crecimiento de las algas es pequeño. Al ir cargándose de nutrientes el lago se convierte en eutrófico. Crecen las algas en gran cantidad con lo que el agua se enturbia. Las algas y otros organismos, cuando mueren, son descompuestos por la actividad de las bacterias con lo que se gasta el oxígeno. En algunos casos se producirán putrefacciones anaeróbicas acompañadas de malos olores. Las aguas son turbias y de poca calidad desde el punto de vista del consumo humano o de su uso para actividades deportivas. El fondo del lago se va rellenando de sedimentos y su profundidad va disminuyendo (ROMERO, 1998).

2.6. Estudios sobre aguas con fines recreativos

2.6.1. Evaluación ambiental de la laguna Yarinacocha

RUIZ (2004), en el estudio denominado “Evaluación Ambiental de la Laguna Yarinacocha” en el año 2004, encontró que las aguas son aptas para

uso recreativo en tres estaciones de muestreo, ya que cumplieron con la Ley General de Aguas D.L. Nº 17752, categoría IV, aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares), que establece valores límites permisibles de coliformes totales 5000 NMP/100 mL y coliformes termotolerantes 1000 NMP/100 mL.

En el Cuadro 6 se presenta los resultados reportados por ROJAS (2004) en tres estaciones de muestreo de la laguna Yarinacocha.

Cuadro 6. Resultado del análisis microbiológico de la evaluación ambiental de la laguna Yarinacocha en el año 2004.

Parámetros	**Unidad**	**Puntos de muestreo**		
		P. Callao	**S. José**	**S. Juan**
Coliformes Totales	NMP/100 mL	1500	460	1100
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	800	240	460

Fuente: ROJAS (2004)

2.6.2. Vigilancia de las playas de la laguna Yarinacocha

La Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental – DESA (2008), en el estudio denominado “Vigilancia de las Playas de la Laguna Yarinacocha” en el año 2008, encontró que las aguas son aptas para el uso recreacional en cuatro playas, al cumplir con la Ley General de Aguas D.L. Nº 17752, categoría IV, aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares), que establece valores límites permisibles de coliformes totales 5000 NMP/100 mL y coliformes termotolerantes 1000 NMP/100 mL.

En el Cuadro 7 se presentan los resultados reportados por la DESA (2008) en la laguna de Yarinacocha.

Cuadro 7. Resultado del análisis microbiológico en playas de la laguna Yarinacocha en el año 2008.

Parámetros	Unidad	Puntos de muestreo			
		Anaconda	P. Callao	S. José	S. Juan
Coliformes Totales	NMP/100 mL	2100	1700	930	1500
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1000	960	430	750

Fuente: DESA (2008)

2.6.3. Contaminación de las aguas del balneario La Alcantarilla

VILLACORTA (2009), en el estudio denominado "Contaminación de las Aguas del Balneario La Alcantarilla" Tingo María, manifiesta que los indicadores biológicos se encontraron fuera de los estándares internacionales para aguas de uso recreacional, uno de ellos fue la presencia de *Salmonella* en todas las muestras, lo que indica que estas aguas estuvieron contaminadas con material fecal. Ante esto la autora concluye que las aguas que abastecen el Balneario no son adecuadas para la recreación, por el alto nivel de contaminación y presencia de patógenos protozoos.

2.6.4. Índice numérico cualitativo para medir la calidad de las aguas costeras cubanas de uso recreativo

MIRAVET *et al.* (2009), en el estudio denominado "Índice Numérico Cualitativo para Medir la Calidad de las Aguas Costeras Cubanas de Uso

Recreativo” en el año 2008, determinaron el ICA en nueve estaciones de muestreo (Cuadro 11).Los valores de DBO_5 y coliformes termotolerantes estuvieron por encima del límite permisible para lugares de baño de acuerdo a la Norma cubana (NC: 22, 1999), debido a niveles altos de materia orgánica que indican la influencia de la acción antrópica, derivada de residuos industriales y urbanos.

Cuadro 8. ICA en aguas costeras cubanas para uso recreativo.

Estaciones	ICA
Hatiguanico	41.9
Tasajera	33.2
Caimito	41.7
Rosario	40.5
Mayabeque	16.6
Surgidero de Batabanó	27.8
Playa Cajío	43.2
Playa Guanímar	48.5
Majana	23.8

Fuente: MIRAVET (2009)

2.7. Normas nacionales

2.7.1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, D.S. Nº 002-2008-MINAM

Cada uso exige un tipo de agua con calidad determinada. En base al D.S. Nº 002-2008-MINAM, se precisa la siguiente categoría para aguas de uso recreacional (Diario Oficial El PERUANO, 2008):

2.7.1.1. Categoría 1: Poblacional y recreacional

Sub Categoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

B1: Aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto primario. Incluyen actividades como natación, esquí acuático, buceo libre, surf, canotaje, navegación en tabla a vela o windsurf, moto acuática, pesca submarina, o similares.

B2: Aguas superficiales destinadas al uso recreativo de contacto secundario. Incluye deportes acuáticos con botes, lanchas, pesca deportiva, o similares.

En el cuadro 9 se presentan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas de uso recreacional.

Cuadro 9. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Parámetros	**Unidad**	**Aguas superficiales destinadas al uso recreacional**	
		(B1) contacto primario	**(B2) contacto secundario**
Fisicoquímicos			
DBO_5	mg/L	5	10
OD	mg/L	≥5	≥4
pH	Unidad de pH	6.0 – 9.0	**
Turbiedad	UNT	100	**
Metales			
Arsénico	mg/L	0.01	**
Cadmio	mg/L	0.01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo	mg/L	0.05	**
Hierro	mg/L	0.3	**
Manganeso	mg/L	0.1	**
Mercurio	mg/L	0.001	**
Plomo	mg/L	0.01	**
Zinc	mg/L	3	**
Microbiológicos			
Coliformes Totales	NMP/100mL	1000	4000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	200	1000
Escherichia coli	NMP/100 mL	Ausencia	Ausencia
Salmonella	Ausencia o presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia
Vibrio cholerae	Ausencia o presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia

Fuente: Diario Oficial El PERUANO (2008)

DBO_5: Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; OD: Oxígeno disuelto; pH: Potencial de hidrogeno

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad; NMP: Numero Más Probable; **: Parámetro no relevante

2.7.2. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales (PTAR), D.S. 003-2010-MINAM

En el Cuadro 10 se presentan los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

Cuadro 10. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10000
DBO_5	mg/L	100
pH	Unidad de pH	6.5 – 8.5

Fuente: Diario Oficial El PERUANO (2010)

NMP: Numero Más Probable; DBO_5: Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; pH: Potencial de hidrogeno

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

La laguna Yarinacocha es un cuerpo de agua lentico que se formó en la planicie de inundación del rio Ucayali, de configuración meándrica en su parte media, presenta forma de “J” invertida (Figura 1), cuyas principales dimensiones se presentan en el Cuadro 11 (VELA, 2000).

Figura 1. Imagen satelital de la laguna Yarinacocha.

Cuadro 11. Principales características fisiográficas de la laguna Yarinacocha.

Características	Unidad	Dimensión
Área	Ha	1470
Perímetro	Km	45
Longitud total	Km	20
Ancho máximo	m	900
Ancho mínimo	m	400
Ancho promedio	m	650
Profundidad máxima	m	19
Profundidad promedio	m	7

Fuente: VELA (2000)

3.1.1. Ubicación

La laguna Yarinacocha se ubica a 6.5 Km al noroeste de la ciudad de Pucallpa, en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali. Geográficamente se encuentra entre los 08º 17’ de Latitud Sur y 74º 37’ de Longitud Oeste, a 195 m.s.n.m. (VELA, 2000).

3.1.2. Clima y ecología

Según la clasificación de Koppen (1989), el área de la laguna Yarinacocha tiene un clima tropical permanentemente húmedo y cálido. La temperatura media anual es de 26 ºC, la máxima media es 33 ºC y la mínima media es 21 ºC. La precipitación media anual es 1500 mm., la humedad media anual es 84.2 %. Presenta 4 ciclos estacionales: lluvioso (Febrero – Mayo), seco (Junio – Agosto), semi-seco (Setiembre – Noviembre) y semi-lluvioso (Diciembre – Enero) (VELA, 2000).

Basado en la clasificación ecológica de Holdrige (1982), el área de la laguna constituye un Bosque Húmedo Tropical (bh – T) y de acuerdo a las regiones naturales del Perú, corresponde a Selva Baja(VELA, 2000).

3.1.3. Indicadores sociales

El Distrito de Yarinacocha tiene una población estimada de 90977 habitantes (INEI – Ucayali 2011).

El 23.7 % de las viviendas cuenta con servicio de agua potable y solo el 17.7 % cuenta con servicio de desagüe. En cuanto a las comunidades asentadas alrededor de la laguna Yarinacocha (Cuadro 12), ninguna tiene acceso a servicio de agua potable al interior de la vivienda, el abastecimiento es través de pozos, tanques, piletas y agua de la laguna. Ninguna comunidad cuenta con un sistema de eliminación de excretas, sólo hay letrinas, gran parte de ellas en mal estado o inoperativas (EMAPACOP S.A., 2010).

Cuadro 12. Comunidades asentadas alrededor de la laguna Yarinacocha y población en el año 2010.

Comunidad	Población
Caserío Bellavista	235
Caserío 7 de Junio	160
Caserío Porvenir	240
Caserío Mariscal Sucre	338
Caserío Nueva Luz de Fátima	271
Caserío San Lorenzo	800
Caserío Santa Rosa	496
Caserío San Juan	1345

Fuente: EMAPACOP S.A. (2010)

Cuadro 12. Comunidades asentadas alrededor de la laguna Yarinacocha y población en el año 2010 (continuación).

Comunidad	Población
Caserío Padre Bernardo	196
Caserío11 de Agosto	160
Caserío Leoncio Prado	577
Caserío Pueblo Libre	120
CC. PP. San José	2077
CC. NN. San Francisco	1880
CC. NN. Nuevo Egipto	100
CC. NN. Santa Clara	260
CC. NN. Puerto Firmeza	260
AA. HH. Nuevo Edén	250
Total	**9765**

Fuente: EMAPACOP S.A. (2010)

3.2. Materiales

Se utilizaron materiales de laboratorio para muestreo y transporte, análisis, equipos y medios de cultivos, según la metodología empleada.

3.3. Metodología

3.3.1. Estaciones de muestreo

En la laguna Yarinacocha se establecieron cuatro (04) estaciones en base a la mayor demanda de turistas y bañistas en actividades de recreación (Cuadro13 y Figura 2).

Cuadro 13. Ubicación de las estaciones de muestreo de la laguna Yarinacocha.

Estación	Coordenadas UTM Zona 18 (WGS84)		
	Este	Norte	Altitud
Anaconda (E1)	0546880	9076905	144
Puerto Callao (E2)	0546749	9076845	145
San José (E3)	0544701	9078311	147
San Juan (E4)	0544233	9079971	144

Fuente: Elaboración propia (2012)

Figura 2. Imagen satelital de la ubicación de las estaciones de muestreo de la laguna Yarinacocha.

3.3.2. Recolección de muestras

En cada estación, para el análisis microbiológico, las muestras se recolectaron en frascos de vidrio estéril de 500 mL. Los análisis fisicoquímicos se realizaron *in situ*, para el análisis de DBO_5 se utilizó frascos de vidrio oscuros de 1 L y para los análisis de metales frascos de plástico de 1 L. Las muestras se tomaron a 5 m de la orilla y a 30 cm de profundidad. Se realizó un muestreo compuesto (3 muestras simples). Se recolectaron 2 muestras por mes (Setiembre a Febrero) entre las 8 a 10 am., durante el muestreo no se presentaron precipitaciones. La metodología se realizó de acuerdo a lo establecido en el APHA (2005).

Los análisis se realizaron en el Laboratorio Ambiental de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Ucayali.

3.3.3. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos

3.3.3.1. Determinación de la demanda bioquímica de oxigeno

Método: Método de dilución, 5 días a 20 ºC, de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater parte 5210 B (APHA, 2005).

La muestra se incubó 5 días a temperatura estable de 20 ºC, el oxígeno disuelto se midió por el método electrométrico, antes y después de la incubación.

3.3.3.2. Determinación de oxígeno disuelto

Método: Electrométrico, *in situ* (oxímetro OD HANNA HI 9146), de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater parte 4500-OG (APHA, 2005).

3.3.3.3. Determinación de pH

Método: Electrométrico, *in situ* (potenciómetro HANNA HI 8424), de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater parte 4500-H^+B (APHA, 2005).

3.3.3.4. Determinación de turbiedad

Método: Nefelométrico, *in situ* (turbidímetro HACH 2100P), de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater parte 2130 B (APHA, 2005).

3.3.3.5. Determinación de metales

Método: Espectrofotometría de absorción atómica, de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater parte 3500 (APHA, 2005).

El análisis para metales fue realizado por el personal técnico del laboratorio.

3.3.4. Evaluación de los parámetros microbiológicos

3.3.4.1. Determinación de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*

Método: Número Más Probable (NMP) por fermentación de tubos múltiples, de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater parte 9221B/9221 E/9221 F (APHA, 2005).

El análisis se basó en 3 etapas (Figura 10 del Anexo B):

1. Prueba presuntiva: se colocó volúmenes determinados de muestra de agua en una serie de tubos conteniendo caldo lauril triptosa y se incubó a 35 °C por 24 a 48 horas.
2. Prueba confirmativa: para la determinación de coliformes totales, se inoculó los tubos positivos de la prueba presuntiva en caldo verde brillante bilis y se incubó a 35 ºC por 24 a 48 horas, en el caso de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, se inoculó en caldo EC – MUG e incubó a 44.5ºC por 24 horas. La formación de gas en los tubos Durham, presencia de fermentación y turbiedad, se consideraron reacción positiva.
3. Los tubos positivos del caldo EC – MUG se expusieron a una lámpara de luz UV de 365 nm, la presencia de una fluorescencia azul se consideró como reacción positiva para *Escherichia coli.*

3.3.4.2. Determinación de *Salmonella sp*

Método: Procedimientos generales cualitativos de aislamiento de *Salmonella* (presencia/ausencia), de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater parte 9260 B (APHA, 2005).

La detección se basó en 5 etapas (Figura 11 del Anexo B):

1. Pre-enriquecimiento no selectivo: se colocó el hisopo de Moore en 225 mL de agua peptonada tamponada (A.P.T.) y se incubó a 37 °C por 24 horas.
2. Enriquecimiento selectivo: se transfirió 0,1 mL del A.P.T. a un tubo que contenga 10 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis (RV) y se Incubó a 41.5 ºC por 24 horas.
3. Plaqueado: se transfirió una azada del cultivo obtenido del caldo RV, a placas Petri conteniendo el medio selectivo agar Salmonella-Shigella (agar S-S), se estrió, se invirtió las placas e incubó a 37 ºC por 24 horas.
4. Identificación: las colonias de *Salmonella* en agar S-S tienen un centro negro y una zona ligeramente transparente. Se seleccionó 1 colonia característica, se estrió en agar nutritivo e incubó a 37 ºC por 24 horas.
5. Confirmación bioquímica: del cultivo obtenido, se inoculó en los medios: agar hierro tres azúcares (agar TSI), agar urea, agar L-lysina descarboxilasa (agar LIA), reactivo para Voges Proskauer,

reactivos para la reacción de indol (reactivo de Kovacs); estos medios se incubaron a 37 °C por 24 horas.

3.3.4.3. Determinación de *Vibrio cholerae*

Método: Procedimientos generales cualitativos de aislamiento de de *Vibrio cholerae* (presencia/ausencia), de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater parte 9260 H, 21ª ed., 2005 (APHA, 2005).

La detección se basó en 4 etapas (Figura 12 del Anexo B):

1. Pre-enriquecimiento no selectivo: se colocó el hisopo de Moore en 225 mL de agua peptonada alcalina (A.P.A.) e incubó a 35 °C por 24 horas.
2. Plaqueado: se transfirió una azada de la superficie del A.P.A., a placas Petri conteniendo el medio selectivo agar tiosulfato-citrato-bilis-sacarosa (TCBS), se estrió, se invirtió las placas e incubó a 35 °C por 18 a 24 horas.
3. Identificación: Las colonias de *V. cholerae* en agar TCBS son grandes (2 a 3 mm), lisas, de color amarillo y ligeramente aplanado con centros opacos y periferias translúcidas. Se seleccionó hasta 5 colonias características, se estrió en agar TSA con 2 % de NaCl e incubó a 35 ºC por 18 a 24 horas.
4. Confirmación bioquímica: del cultivo obtenido, se inoculó en los medios: agar hierro tres azúcares (agar TSI), arginina glucosa

slant (AGS), caldo triptona sin cloruro de sodio (T_1N_0), caldo triptona con 3 % de cloruro de sodio (T_1N_3), estos medios se incubaron a 35 ºC por 18 a 24 horas; prueba del cordón (desoxicolato de sodio al 0.5 %), reactivo para la reacción de oxidasa.

3.4. Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA)

Para la clasificación de la calidad del agua de la laguna Yarinacocha se calculó el ICA de Dinius (1987), el cual es desarrollado a nivel nacional e internacional, pudiendo ser empleado en aguas de condiciones tropicales.

Para el cálculo del ICA se utilizó la fórmula 1, las funciones de los subíndices y las ponderaciones para cada parámetro designado (Cuadro 14).

Fórmula 1:

$$\mathbf{ICA} = \prod_{i=1}^{n} I_i^{W_i} = (I_1^{W_1})(I_2^{W_2})\ldots(I_n^{W_n})$$

Donde, i corresponde a cada uno de los parámetros de calidad elegidos, I_i corresponde al subíndice de cada parámetro, y W_i corresponde al peso o porcentaje asignado a cada parámetro

Cuadro 14. Funciones de los subíndices y ponderaciones de cada parámetro para el cálculo del ICA de la laguna Yarinacocha.

Parámetro	**Función del subíndice (I_i)**	**Peso relativo o especifico (W_i)**
Coliformes Termotolerantes	I_{CTT} = 106 (CTT)$^{-0.1286}$ Si CTT > 10^5/100mL, I_{CTT} = 2	19%
OD % saturación	I_{OD}= 0.82(OD) + 10.56 Si % OD >140, I_{OD}= 5	18%
DBO_5	I_{DBO} = 108 (DBO_5)$^{-0.3494}$ Si DBO_5> 30 mg/L, I_{DBO}= 2	17%
Coliformes Totales	I_{CT} = 136 (CT)$^{-0.1311}$ Si CT > 10^5/100mL, I_{CT} = 2	17%
pH	Si 6.9 ≤ pH ≤ 7.1 :I_{pH} = 100 Si pH< 6.9 :I_{pH} = $10^{0.6803+0.1856(pH)}$ Si pH > 7.1 : I_{pH} = $10^{3.65 - 0.2216(pH)}$ Si 12 < pH < 2, I_{pH} =0	15%
Turbiedad	I_{Turb}=$e^{(4.561 - 0.0196Turb)}$ Si Turbiedad >100, I_{Turb} =5	14%

Fuente: LEÓN (2000)

3.5. Determinación de fuentes contaminantes

Se recolectaron muestras de cinco (05) fuentes contaminantes sobre la laguna Yarinacocha, las muestras se tomaron igual que en las estaciones pero una vez por mes y se determinó su grado de contaminación mediante el cálculo del ICO desarrollado por RAMÍREZ y VIÑA (1998). Para el cálculo del ICO se utilizó la fórmula 2 y las funciones de los subíndices de cada parámetro (Cuadro 15).

Fórmula 2:

$$ICO = 1/3\ (I_{DBO_5} + I_{Colif\ Total} + I_{Oxigeno})$$

Donde, I corresponde al subíndice de cada parámetro.

Cuadro 15. Funciones de los subíndices de cada parámetro para el cálculo del ICO de las fuentes contaminantes.

Parámetro	**Función del subíndice (I_i)**
DBO_5	I_{DBO} = -0.05 + 0.70 log(DBO_5) Si DBO_5> 30 mg/L, I_{DBO}= 2 Si DBO_5< 2 mg/L, I_{DBO}= 0
Coliformes Totales	I_{CT} = -1.44 + 0.56 log(CT) Si CT > 20^4 MNP/100mL, I_{CT} = 1 Si CT < 500 MNP/100mL, I_{CT} = 0
OD % saturación	I_{OD}= 1 – 0.01(%OD) Si % OD > 100, I_{OD}= 0

Fuente: RAMÍREZ y VIÑA (1998)

3.6. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para las diferentes variables en estudio y comparaciones múltiples, con un nivel de significancia del 5 %. Asimismo se realizó un análisis de correlación de Pearson para buscar relaciones entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas. Todos los análisis fueron realizados mediante el programa Statistical Package for the Social Sciencies (SPSS) versión 19.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna Yarinacocha

4.1.1. Análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos

Los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos utilizados para evaluar la calidad del agua de la laguna para uso recreativo se muestran en el Cuadro 16 y Figura 3.

Cuadro 16. Medidas descriptivas de los parámetros fisicoquímicos.

Parámetro fisicoquímico	Medidas descriptivas	Estaciones			
		Anaconda	Pto. Callao	San José	San Juan
DBO_5 (mg/L)	X	2.023	1.998	1.890	1.937
	Mín	1.70	1.58	1.52	1.60
	Máx	2.40	2.38	2.30	2.34
OD (mg/L)	X	5.625	5.717	6.492	6.383
	Mín	5.00	5.10	6.00	6.00
	Máx	6.30	6.40	7.30	7.10
pH (Unidad de pH)	X	7.883	7.890	7.696	7.783
	Mín	7.70	7.48	7.40	7.51
	Máx	8.05	8.11	8.00	8.06
Turbiedad (UNT)	X	68.375	67.575	59.175	64.892
	Mín	50.80	52.80	42.31	47.40
	Máx	79.00	79.70	72.10	78.00

Fuente: Elaboración propia (2012)

X: Promedio; Mín: Valor mínimo; Máx: Valor máximo

DBO_5: Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; OD: Oxígeno disuelto; pH: Potencial de hidrogeno

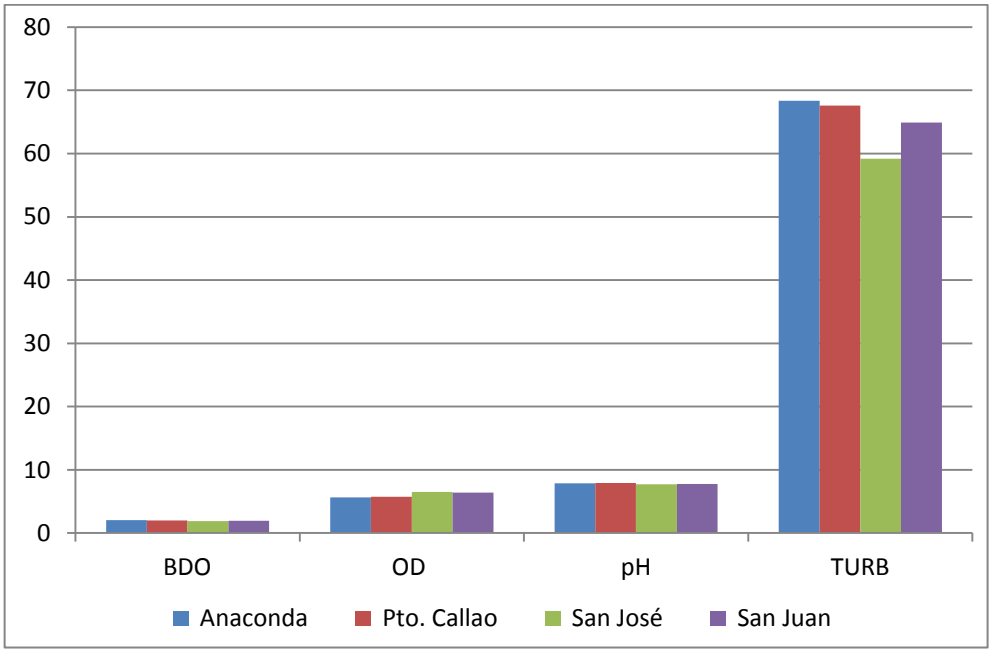

Figura 3. Variación de los promedios de los parámetros fisicoquímicos en cada estación.

Con respecto a la concentración de metales en las muestras procesadas, en el Cuadro 17 se presenta el promedio de los principales iones analizados para cada estación.

Cuadro 17. Promedio de la concentración de metales.

Metales (mg/L)	**Estaciones**			
	Anaconda	**Pto. Callao**	**San José**	**San Juan**
As	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	0.003	0.003	0.002	0.002
Cr	0.006	0.007	0.005	0.006
Cu	0.005	0.005	0.005	0.005
Fe	0.173	0.170	0.133	0.163
Mn	0.053	0.064	0.071	0.060
Hg	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb	0.002	0.002	0.002	0.003
Zn	0.040	0.044	0.053	0.037

Fuente: Elaboración propia (2012)

4.1.2. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos

El Cuadro 18muestrael análisis de varianza, se observa que no existe diferencias significativas entre las medias para los parámetrosDBO_5, pH y turbiedad, en cambio para el oxígeno disuelto existe diferencias altamente significativas (Sig.<0.01) en función a las estaciones de muestreo.

Cuadro 18. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos.

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	DBO5	0.130	3	0.043	0.725	0.542
	OD	7.174	3	2.391	13.311	0.000
	pH	0.305	3	0.102	2.580	0.066
	TURB	623.504	3	207.835	1.984	0.130
Intersección	DBO5	184.750	1	184.750	3099.996	0.000
	OD	1759.341	1	1759.341	9792.662	0.000
	pH	2929.844	1	2929.844	74375.460	0.000
	TURB	202826.651	1	202826.651	1936.508	0.000
ESTACIÓN	DBO5	0.130	3	0.043	0.725	0.542
	OD	7.174	3	2.391	13.311	0.000
	pH	0.305	3	0.102	2.580	0.066
	TURB	623.504	3	207.835	1.984	0.130
Error	DBO5	2.622	44	0.060		
	OD	7.905	44	0.180		
	pH	1.733	44	0.039		
	TURB	4608.488	44	104.738		
Total	DBO5	187.502	48			
	OD	1774.420	48			
	pH	2931.882	48			
	TURB	208058.643	48			
Total corregida	DBO5	2.752	47			
	OD	15.079	47			
	pH	2.038	47			
	TURB	5231.992	47			

Fuente: Elaboración propia (2012)

El Cuadro 19 muestra las comparaciones múltiples de oxígeno disuelto (OD), en donde se observa las diferencias de las estaciones Anaconda y Pto. Callao con las estaciones San José y San Juan.

Cuadro 19. Prueba de Tukey para comparaciones múltiples de oxígeno disuelto.

Variable dependiente	(I)ESTACIÓN	(J) ESTACIÓN	Sig.	Diferencia de medias (I-J)
OD	ANACONDA	PTO CALLAO	0.951	-0.0917
		SAN JOSÉ	0.000	-0.8667
		SAN JUAN	0.000	-0.7583
	PTO CALLAO	ANACONDA	0.951	0.0917
		SAN JOSÉ	0.000	-0.7750
		SAN JUAN	0.002	-0.6667
	SAN JOSÉ	ANACONDA	0.000	0.8667
		PTO CALLAO	0.000	0.7750
		SAN JUAN	0.923	0.1083
	SAN JUAN	ANACONDA	0.000	0.7583
		PTO CALLAO	0.002	0.6667
		SAN JOSÉ	0.923	-0.1083

Fuente: Elaboración propia (2012)

La figura 4, muestra que las concentraciones de oxígeno disuelto son menores en las estaciones Anaconda con Pto. Callao, y mayores en las estaciones San José con San Juan.

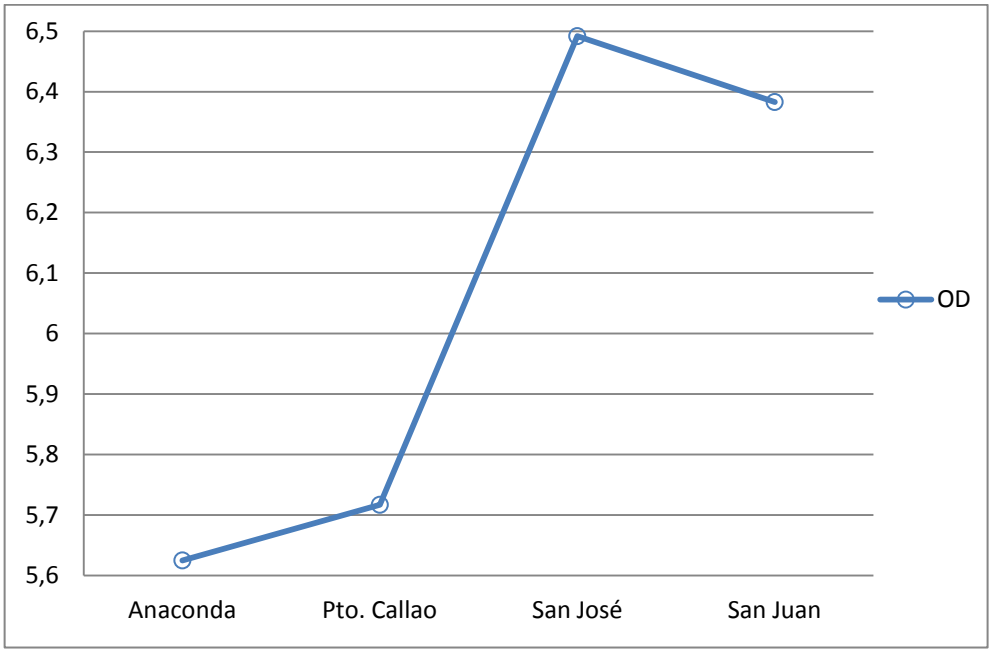

Figura 4. Variación del promedio de oxígeno disuelto en cada estación.

4.1.3. Correlación de Pearson de los parámetros fisicoquímicos

El Cuadro 20 muestra el análisis de correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos, se observa que no existe asociación lineal entre los parámetros en estudio (Sig.>0.05).

Cuadro 20. Análisis de Correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos.

Parámetros		Sig.	Correlación de Pearson
DBO_5	DBO_5		1
	OD	0.125	-0.224
	pH	0.606	0.076
	TURB	0.732	0.051
OD	DBO_5	0.125	-0.224
	OD		1
	pH	0.259	-0.166
	TURB	0.139	-0.217
pH	DBO_5	0.606	0.076
	OD	0.259	-0.166
	pH		1
	TURB	0.081	0.254
TURB	DBO_5	0.732	0.051
	OD	0.139	-0.217
	pH	0.081	0.254
	TURB		1

Fuente: Elaboración propia (2012)

4.2. Parámetros microbiológicos del agua de la laguna Yarinacocha

4.2.1. Análisis descriptivo de los parámetros microbiológicos

Los valores promedio de los parámetros microbiológicos utilizados para evaluar la calidad del agua de la laguna para uso recreativo se muestran en el Cuadro 21 y Figura 5.

Cuadro 21. Medidas descriptivas de los parámetros microbiológicos.

Parámetro microbiológico	Medidas descriptivas	Estaciones			
		Anaconda	Pto. Callao	San José	San Juan
CT (NMP/100 mL)	X	3941.667	2458.333	2166.667	2349.167
	Mín	1000	1100	1100	790
	Máx	9200	4600	4000	4900
CTT (NMP/100 mL)	X	1731.667	1169.167	917.500	975.833
	Mín	490	360	330	360
	Máx	3500	2100	1500	1700
E. coli (NMP/100 mL)	X	44.833	32.500	25.167	29.250
	Mín	21	17	17	13
	Máx	94	49	43	46
Salmonella (Ausencia/presencia)	X	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
Vibrio cholerae (Ausencia/presencia)	X	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Elaboración propia (2012)

X: Promedio; Mín: Valor mínimo; Máx: Valor máximo

CT: Coliformes totales; CTT: Coliformes termotolerantes; E. coli: *Escherichia coli*

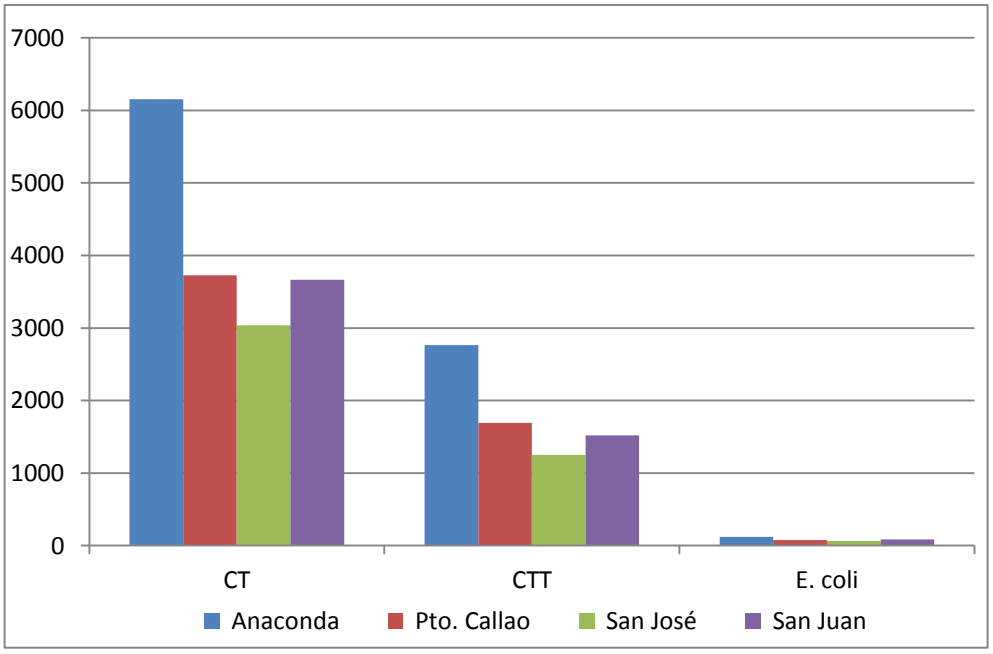

Figura 5. Variación de los promedio de los parámetros microbiológicos.

4.2.2. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos

El Cuadro 22 muestra el análisis de varianza, en donde se observa que existen diferencias significativas (Sig.<0.05) para coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli,* en función a las estaciones de muestreo.

Cuadro 22. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos.

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	CT	24051756.250	3	8017252.083	3.808	0.016
	CTT	4964022.917	3	1654674.306	4.381	0.009
	E coli	2588.229	3	862.743	3.877	0.015
	CT	357466252.083	1	357466252.083	169.770	0.000
	CTT	68952102.083	1	68952102.083	182.556	0.000
	E coli	52074.188	1	52074.188	234.027	0.000
ESTACIÓN	CT	24051756.250	3	8017252.083	3.808	0.016
	CTT	4964022.917	3	1654674.306	4.381	0.009
	E coli	2588.229	3	862.743	3.877	0.015
Error	CT	92646091.667	44	2105592.992		
	CTT	16618975.000	44	377703.977		
	E coli	9790.583	44	222.513		
Total	CT	474164100.000	48			
	CTT	90535100.000	48			
	E coli	64453.000	48			
Total corregida	CT	116697847.917	47			
	CTT	21582997.917	47			
	E coli	12378.813	47			

Fuente: Elaboración propia (2012)

El Cuadro 23 muestra las comparaciones múltiples de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, en donde se observa las diferencias de las estaciones Anaconda, San José y San Juan.

Cuadro 23. Prueba de Tukey para comparaciones múltiples de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli.*

Variable dependiente	(I) ESTACIÓN	(J) ESTACIÓN	Sig.	Diferencia de medias (I-J)
CT	ANACONDA	PTO CALLAO	0.073	1483.33
		SAN JOSÉ	0.022	1775.00
		SAN JUAN	0.048	1592.50
	PTO CALLAO	ANACONDA	0.073	-1483.33
		SAN JOSÉ	0.960	291.67
		SAN JUAN	0.998	109.17
	SAN JOSÉ	ANACONDA	0.022	-1775.00
		PTO CALLAO	0.960	-291.67
		SAN JUAN	0.990	-182.50
	SAN JUAN	ANACONDA	0.048	-1592.50
		PTO CALLAO	0.998	-109.17
		SAN JOSÉ	0.990	182.50
CTT	ANACONDA	PTO CALLAO	0.128	562.50
		SAN JOSÉ	0.012	814.17
		SAN JUAN	0.021	755.83
	PTO CALLAO	ANACONDA	0.128	-562.50
		SAN JOSÉ	0.748	251.67
		SAN JUAN	0.867	193.33
	SAN JOSÉ	ANACONDA	0.012	-814.17
		PTO CALLAO	0.748	-251.67
		SAN JUAN	0.996	-58.33
	SAN JUAN	ANACONDA	0.021	-755.83
		PTO CALLAO	0.867	-193.33
		SAN JOSÉ	0.996	58.33
E coli	ANACONDA	PTO CALLAO	0.194	12.33
		SAN JOSÉ	0.012	19.67
		SAN JUAN	0.065	15.58
	PTO CALLAO	ANACONDA	0.194	-12.33
		SAN JOSÉ	0.627	7.33
		SAN JUAN	0.950	3.25
	SAN JOSÉ	ANACONDA	0.012	-19.67
		PTO CALLAO	0.627	-7.33
		SAN JUAN	0.908	-4.08
	SAN JUAN	ANACONDA	0.065	-15.58
		PTO CALLAO	0.950	-3.25
		SAN JOSÉ	0.908	4.08

Fuente: Elaboración propia (2012)

La figura 6 muestra que la concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes es mayor en la estación Anaconda y menor en las estaciones San José y San Juan.

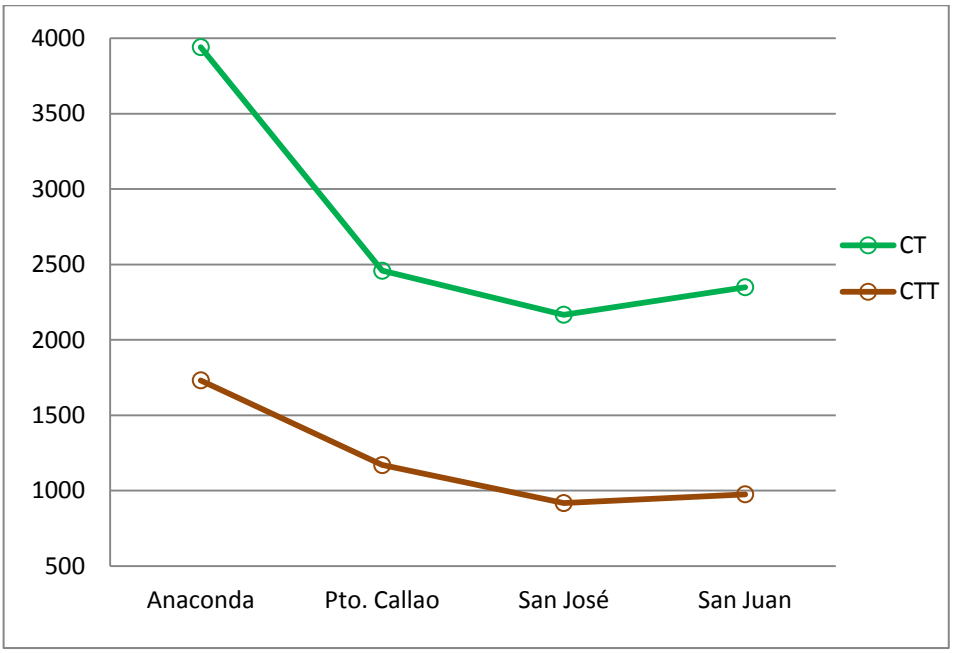

Figura 6. Variación del promedio de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las estaciones de muestreo.

La figura 7 muestra que la concentración de *Escherichia coli* es mayor en la estación Anaconda y menor en la estación San José.

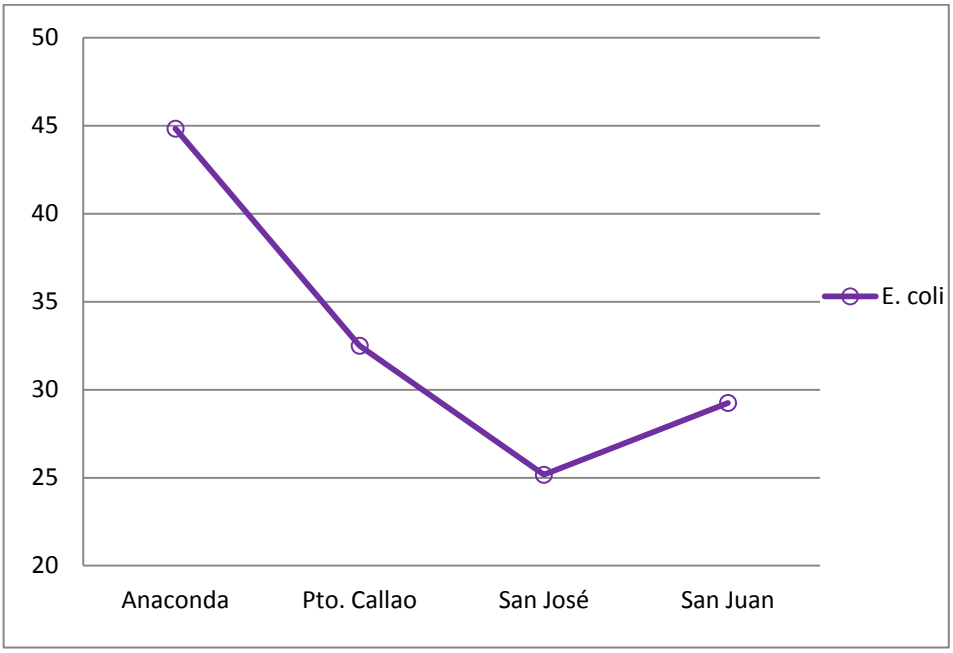

Figura 7. Variación del promedio de *Escherichia coli* en las estaciones de muestreo.

4.2.3. Correlación de Pearson de los parámetros microbiológicos

El Cuadro 24 muestra el análisis de correlación de Pearson para los parámetros microbiológicos, observándose que existe asociación lineal positiva entre los parámetros en estudio (Sig.<0.01).

Cuadro 24. Análisis de Correlación de Pearson entre parámetros microbiológicos.

Parámetros		Sig.	Correlación de Pearson
CT	CT		1
	CTT	0.000	0.533
	E coli	0.000	0.598
CTT	CT	0.000	0.533
	CTT		1
	E coli	0.000	0.900
E coli	CT	0.000	0.598
	CTT	0.000	0.900
	E coli		1

Fuente: Elaboración propia (2012)

4.3. Correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

El Cuadro 25 muestra el análisis de correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, observándose que no existe asociación lineal entre los parámetros en estudio. Para este caso las variables fisicoquímicas no dependen de las microbiológicas y viceversa.

Cuadro 25. Análisis de Correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Parámetros		Sig.	Correlación de Pearson
DBO_5	CT	0.697	0.058
	CTT	0.865	0.025
	E coli	0.674	0.062
OD	CT	0.185	-0.194
	CTT	0.137	-0.218
	E coli	0.054	-0.280
pH	CT	0.064	0.307
	CTT	0.406	0.123
	E coli	0.459	0.109
TURB	CT	0.050	0.285
	CTT	0.070	0.303
	E coli	0.087	0.250

Fuente: Elaboración propia (2012)

4.4. Índice de Calidad del Agua (ICA)

El cuadro 26 muestra el ICA en las estaciones de la laguna.

Cuadro 26. Cálculo del ICA en las estaciones de la laguna Yarinacocha.

Estación	Medidas	Parámetros						ICA
		CTT	OD (% sat)	DBO_5	CT	pH	Turb	
Anaconda	X	1732	70	2.02	3942	7.88	68.38	**53.3**
	I_i	40.6	68.0	84.5	45.9	80.1	25.0	
Pto. Callao	X	1169	71	2.00	2458	7.89	67.58	**54.6**
	(I_i)	42.7	68.8	84.8	48.8	79.7	25.4	
San José	X	918	81	1.90	2167	7.70	59.18	**58.6**
	(I_i)	44.1	77.0	86.3	49.7	87.1	30.0	
San Juan	X	976	79.6	1.94	2349	7.78	64.89	**56.9**
	(I_i)	43.7	75.8	85.7	49.2	84.3	26.8	

Fuente: Elaboración propia (2012)

X: Promedio; I_i: subíndice de cada parámetro

La Figura 8 muestra la clasificación del ICA para uso recreacional en las estaciones de la laguna Yarinacocha, en donde se observa que todas las estaciones se clasificaron como Levemente Contaminado.

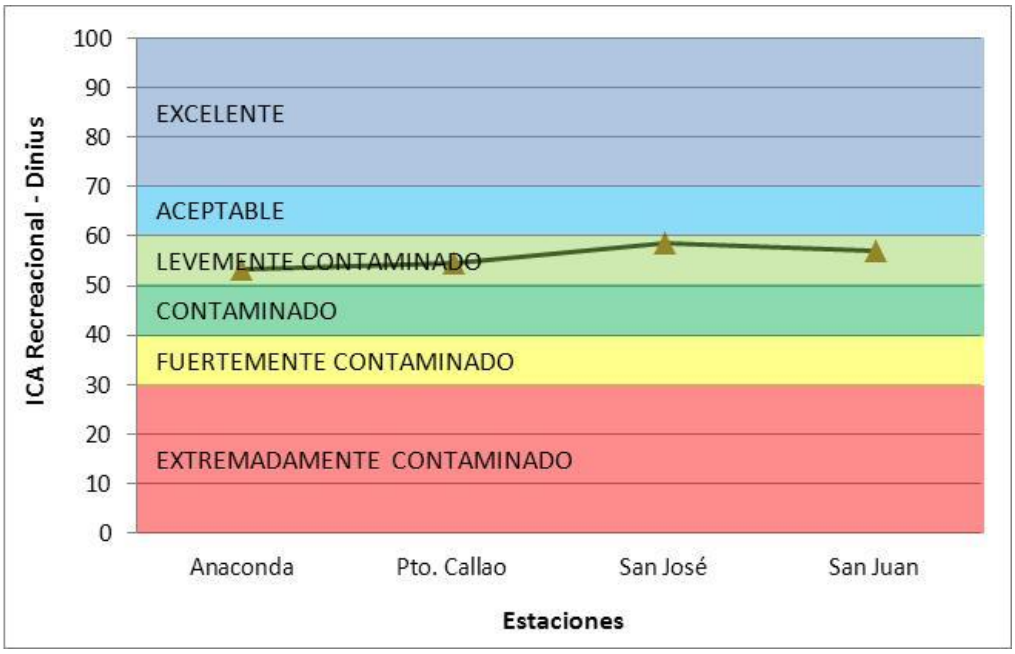

Figura 8. Clasificación de la calidad del agua de la laguna Yarinacocha en las estaciones de recreación, según el ICA de Dinius (1987).

4.5. Fuentes contaminantes sobre la laguna Yarinacocha

La contaminación de la laguna Yarinacocha tiene su origen en el vertimiento de aguas residuales. En las últimas décadas, la población se ha incrementado rápidamente, lo cual ha generado mayor consumo de agua potable, por consiguiente, la generación de mayor volumen de aguas residuales domésticas.

- **Laguna Pacacocha**

Lleva sus aguas a la laguna Yarinacocha a través de la quebrada Pacacaño. Esta quebrada presenta una constantemente acumulación de basura proveniente de la actividad urbana. En el cuadro 27 se presenta los resultados del análisis de agua de la salida de la quebrada Pacacaño.

Cuadro 27. Resultados del análisis de agua de la salida de la quebrada Pacacaño.

Parámetros	**Fuente 1**
	Salida de la quebrada Pacacaño
DBO_5	8.60
OD	3.53
pH	8.10
CT	45000
CTT	21500

Fuente: Elaboración propia (2012)

- **Urbanización Pedro Portillo - FONAVI**

Cuenta con 340 viviendas y un promedio de 1530 habitantes. Por la antigüedad de su red de alcantarillado, la cual no está integrada a la red de EMAPACOP S.A., las aguas servidas son evacuadas hacia la laguna Yarinacocha a través de un caño natural. En el Cuadro 28 se presentan los resultados del análisis de agua de desagüe la Urb. FONAVI.

Cuadro 28. Resultados del análisis de agua de desagüe de la Urb. FONAVI.

Parámetros	Fuente 2
	Desagüe de la Urb. FONAVI
DBO_5	9.31
OD	3.87
pH	7.16
CT	46000
CTT	22000

Fuente: Elaboración propia (2012)

- **Hospital Amazónico de Yarinacocha**

La infraestructura hospitalaria comprende 44 ambientes, con 98 camas hospitalarias. Las líneas de desagüe y tanque séptico de tratamiento de aguas residuales datan desde el año 1958, este último se encuentra inservible por lo que las aguas servidas son evacuadas sin tratamiento a la laguna Yarinacocha. En el cuadro 29 se presenta los resultados del análisis de agua de desagüe del Hospital Amazónico.

Cuadro 29. Resultados del análisis de agua de desagüe del Hospital Amazónico de Yarinacocha.

Parámetros	Fuente 3
	Desagüe del Hospital Amazónico
DBO_5	7.20
OD	3.61
pH	6.90
CT	35000
CTT	18750

Fuente: Elaboración propia (2012)

- **Malecón Yarinacocha**

La rivera de la laguna Yarinacocha alberga a 75 predios entre comercios y viviendas, estos predios se encuentran situados entre los jirones, Jr. Ruperto Pérez, Jr. Circunvalación Malecón Yarina y Jr. 2 de mayo. Todos estos predios descargan sus aguas servidas directamente a la laguna. En el cuadro 30 se presenta los resultados del análisis de agua de desagüe del Malecón Yarinacocha.

Cuadro 30. Resultados del análisis de agua de desagüe del Malecón Yarinacocha.

Parámetros	**Fuente 4**
	Desagüe del Malecón Yarinacocha
DBO_5	7.52
OD	4.23
pH	7.26
CT	24000
CTT	11000

Fuente: Elaboración propia (2012)

- **Laguna Cashibococha**

Tiene 6.5 Km de largo, en sus riberas se encuentran asentadas 17 comunidades mestizas y nativas. Sus aguas desembocan en la laguna Yarinacocha a través de la quebrada Cashibocaño. En el cuadro 31 se presenta los resultados del análisis de agua de la salida de la quebrada Cashibocaño.

Cuadro 31. Resultados del análisis de agua de la salida de la quebrada Cashibocaño.

Parámetros	Fuente 5
	Salida de la quebrada Cashibocaño
DBO_5	6.84
OD	4.95
pH	7.11
CT	24000
CTT	11000

Fuente: Elaboración propia (2012)

En el Cuadro 32 se presentan los resultados del cálculo del Índice de Contaminación (ICO) de las fuentes contaminantes

Cuadro 32. Cálculo del ICO en las fuentes contaminantes sobre la laguna Yarinacocha.

Fuentes	Medidas	Parámetros			ICO
		DBO_5	CT	OD (% sat)	
Salida quebrada Pacacaño	X	6.80	45000	43.8	**0.75**
	I_i	0.53	1.17	0.56	
Desagüe Urb. FONAVI	X	9.31	46000	48.1	**0.77**
	I_i	0.63	1.17	0.52	
Desagüe Hospital Amazónico	X	7.20	35000	44.8	**0.74**
	I_i	0.55	1.10	0.55	
Desagüe Malecón Yarinacocha	X	7.52	24000	52.5	**0.68**
	I_i	0.56	1.01	0.48	
Salida quebrada Cashibocaño	X	6.84	24000	61.5	**0.64**
	I_i	0.53	1.01	0.39	

Fuente: Elaboración propia (2012)

X: Promedio; I_i: subíndice de cada parámetro

La Figura 9 muestra las principales fuentes que contaminan la laguna.

Figura 9. Imagen satelital de las principales cinco (05) fuentes que contaminan la laguna Yarinacocha.

V. DISCUSIÓN

5.1. Indicadores de la calidad del agua

De acuerdo a la norma D.S. Nº 002-2008-MINAM, los valores de los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los estándares nacionales para aguas de uso recreacional. Los valores de DBO_5, se registraron por debajo de 3 mg/L y los de oxígeno disuelto entre 5.0 – 7.9 mg/L, para esto ROMERO (1998) indica que el agua presenta una calidad excelente en cuando a la DBO_5 y una calidad aceptable en cuanto al oxígeno disuelto, también indica que en la mayoría de las aguas naturales el pH se encuentra entre 6 – 9, reportándose en la laguna un pH alrededor de 7.

Las aguas de las estaciones de la laguna Yarinacocha a pesar de presentar indicadores fisicoquímicos dentro de los estándares nacionales para aguas de uso recreacional y aparentar ser apta para este uso, no se las pueden considerar de esta manera, puesto que la calidad del agua se aprecia luego de realizar los análisis microbiológicos, los cuales estuvieron fuera de los estándares nacionales. En este sentido GONZÁLES y GUTIÉRREZ (2005), refieren que la calidad del agua es determinada con tan solo advertir que uno de los indicadores de calidad sin importar su naturaleza (fisicoquímica o microbiológica), no se encuentre dentro de los límites establecidos.

La OMS (1998), indica que las bacterias coliformes son un buen indicador para medir la salubridad de las aguas. ROJAS (2004), reportó en la estación San José un promedio de 460 NMP/100 mL de coliformes totales y 240 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes. DESA (2008), reportó en la misma estación un promedio de 930 NMP/100 mL de coliformes totales y 430 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes. En comparación a nuestro estudio dichos valores fueron muy superiores, registrándose un promedio de 2167NMP/100 mL de coliformes totales y 918 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes. Estos resultados se deben posiblemente al aumento poblacional desordenado alrededor de la laguna, lo cual ha generado mayor descarga de agua residual, que sin ningún tratamiento es vertido a la laguna Yarinacocha.

En cuanto a la detección de *Salmonella* y *Vibrio cholerae*, nuestros resultados concuerdancon respecto a lo encontrado por VILLACORTA (2009), quien reportó presencia de *Salmonella* y ausencia de *Vibrio cholerae*en las aguas de la quebrada Puente Pérez. AURAZO (2004), menciona que la presencia de *Salmonella* es característica de aguas residuales sin tratamiento, para lo cual en nuestro estudio la laguna Yarinacocha viene siendo receptora de dichas aguas.

De todos los indicadores microbiológicos, solamente *Vibrio cholerae* se encontró dentro de los estándares nacionales para aguas de uso recreacional (D.S. Nº 002-2008-MINAM), que establece ausencia/100 mL.

5.2. Índice de Calidad del Agua

Para el ICA, nuestros resultados no concuerdan con lo reportado por MIRAVET *et al.* (2009), quienes reportaron valores de ICA entre 48 a 23, mientras que en la laguna Yarinacocha las estaciones reportaron valores entre 58 a 53 clasificándose como Levemente Contaminado (LC), para esta clasificación Dinius (1987), citado por LEÓN (2000), establece que el agua es dudosa para el contacto y se debe restringir los deportes de inmersión.

5.3. Fuentes contaminantes

GRAY (1994), establece que una de las principales fuentes de contaminación del agua es la contaminación urbana, la cual está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. En este sentido, una de las principales fuentes contaminantes es la que encontramos en el Malecón Yarinacocha, en donde viviendas y comercios descargan sus aguas directo a la laguna.

De acuerdo a la norma D.S. Nº 003-2010-MINAM, las cinco fuentes reportaron valores de coliformes termotolerantes fuera de los límites máximos permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua.

Los resultados del ICO propuesto por RAMÍREZ y VIÑA (1998), en todas las fuentes contaminantes, se encontraron entre 0.6 – 0.8, clasificándose como contaminación alta.

VI. CONCLUSIONES

- Los parámetros fisicoquímicos en todas las estaciones, se encuentran dentro de los estándares nacionales para aguas de uso recreacional.

- La concentración de coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y *Salmonella,* en todas las estaciones, se encuentran fuera de los estándares nacionales.

- Todas las estaciones se clasifican como Levemente Contaminado, ya que presentan valores de ICA entre 50 – 60, siendo la estación Anaconda el de menor calidad (ICA = 53.3).

- Las fuentes contaminantes sobre la laguna Yarinacocha, presentan niveles de contaminación Alta (0.6 < ICO< 0.8), siendo el desagüe de la Urbanización FONAVI el mayor contaminante (ICO = 0.77).

- Por el alto nivel de contaminación y la concentración de microorganismos fuera de los estándares nacionales, estas aguas no son aptas para el uso recreacional.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar controles periódicos en todas las épocas del año para conocer el perfil fisicoquímico y microbiológico del aguade la laguna Yarinacocha, para así plantear estrategias de manejo y gestión del recurso hídrico.

- Establecer controles de descargas de aguas antes de ser vertidas a la laguna, principalmente las de origen doméstico.

- Integrar los desagües contaminantes a la red de EMAPACOP S.A. mediante el mejoramiento de la red de desagüe de la Urbanización FONAVI, Hospital Amazónico y ampliación de la red de desagüe del Malecón Yarinacocha.

- Realizar campañas de concientización ambiental que permita a los ciudadanos locales y visitantes foráneos, enterarse de la importancia ecológica, económica y sociocultural, que presenta la laguna Yarinacocha.

VIII. ABSTRACT

Yarinacocha lake is a major source of water for different socio-economic activities. However, nowadays its water is serving like receptors of discharges generated by the population, therefore, the present study was to evaluate the water quality of Yarinacocha lake for recreational use, from the physicochemical and microbiological parameters of four (04) seasons of recreation, by analyzing 48 samples.

The physicochemical parameters were within the national standards of water quality for recreational use.

As for microbiological parameters averages of total coliformes were 3942 MPN/100mL (Anaconda), 2458 MPN/100mL (Puerto Callao), 2349 MPN/100mL (San Juan) and 2167 MPN/100mL (San Jose) thermotolerant coliformes, 1732 MPN/100mL (Anaconda), 1169 MPN/100mL (Puerto Callao), 918 MPN/100mL (San Juan) and 976 MPN/100mL (San Jose), Escherichia coli 45 MPN/100 (Anaconda), 33 MPN/100mL (Puerto Callao), 25 MPN/100mL (San Juan) and 29 MPN/100mL (San Jose), and Salmonella in all seasons.

As for the ICA, the Anaconda obtained station 53.3, Puerto Callao station 54.6, San Jose station 58.6 and San Juan station 56.9.

In the period of study the water of the Yarinacocha lake, in all seasons, presented concentrations microbiological outside the national standards (DS. Nº 002-2008-MINAM), for which the water quality is described as unfit for recreational use.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21ªed. Washington, USA.

AURAZO, M. 2004. Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida. CEPIS/OPS, Lima. 146 p.

CAMACHO, J. 2000. Estadística con SPSS. Madrid, España, Rama. 135 p.

CLAIR, N. 2000. Ingeniería de aguas residuales. Bogotá, Colombia, McGraw-Hill. 197 p.

Diario Oficial El Peruano. 2008. Normas Legales. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Lima (Perú); Jul. 31.

Diario Oficial El Peruano. 2010. Normas Legales. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales. Lima (Perú); Mar. 17.

EMAPACOPS.A. 2010. Identificación de los impactos ambientales ocasionados por el vertimiento de aguas servidas en los distritos de Callería y Yarinacocha. Pucallpa (Perú). Informe técnico. 39 p.

GONZÁLES, M.I., GUTIÉRREZ, J. 2005. Método grafico para la evaluación de la calidad microbiológica de las aguas recreativas, Centro Habana, CIP 10300, Cuba. 132 p.

GRAY, N.F. 1994. Calidad de las aguas superficiales; Problemas y soluciones. Madrid, España, Acribia. 265 p.

LEÓN, L. 2000. Índices de Calidad del agua (ICA): forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Chapala (México).Boletín técnico nº 9101. 36 p

MIRAVET, M., RAMÍREZ, O., MONTALVO, J. 2009. Índice numérico cualitativo para medir la calidad de las aguas costeras cubanas de uso recreativo. Instituto de Oceanología, Ciudad Habana (Cuba). Serie Oceanológica nº 5. 56 p.

OMS. 1998. Guías para la calidad del agua potable. Washington, EE.UU. 1v.

ROJAS, O. 1991. Índices de Calidad del Agua en fuentes de captación en el Valle del Cauca. *In*: Seminario internacional sobre calidad del agua para consumo. Cali, Colombia.

ROJAS, R. 2002. Elementos de vigilancia y control; Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. CEPIS/OPS, Lima. 114 p.

ROMERO, J.A. 1998. Calidad de aguas. Madrid, España, Nomos. 210p.

RUIZ, A. 2004. Evaluación ambiental de la laguna de Yarinacocha. Pucallpa, Perú. 79 p.

SALAS, H. 1985. Evaluación preliminar sobre la situación actual y manejo de la laguna de Yarinacocha. Lima (Perú). Informe Técnico CEPIS 339. 18 p.

SÍAS, R. 2010. Contaminaciónmicrobiológica y parámetros fisicoquímicos de tres fuentes de abastecimiento de agua del Brunas – Tingo María.Tesis

Ing. Recursos Naturales Renovables mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la selva. 66p.

TORTORA, G. 1993. Introducción a la microbiología. Zaragoza, España, Acribia. 135p.

VELA, A.J. 2000. Plan estratégico para el uso y conservación de los recursos naturales de la laguna de Yarinacocha. Pucallpa, Perú. 72 p.

VILLACORTA, T. 2009. Contaminación de las aguas del balneario La Alcantarilla. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables mención Conservación de Suelos y Agua. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 105 p.

X. ANEXO

Anexo A. Resultados de análisis

Cuadro 33. Resultados de los parámetros fisicoquímicos de las estaciones de la laguna Yarinacocha.

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	ESTACIONES			
	ANACONDA	PTO CALLAO	SAN JOSÉ	SAN JUAN
DBO (mg/L)	2.30	2.38	2.10	1.70
	2.16	1.88	1.70	2.30
	1.85	2.00	2.00	1.98
	2.30	1.58	1.94	1.96
	1.82	1.94	1.52	1.60
	1.70	2.00	2.30	2.12
	2.00	1.98	1.60	1.82
	2.30	1.70	1.58	1.82
	2.12	2.30	1.94	1.80
	2.10	2.00	2.00	2.30
	1.70	2.12	1.70	1.70
	1.82	2.10	2.30	2.10
OD (mg/L)	5.10	5.70	6.10	6.20
	5.60	5.10	6.60	7.00
	5.70	5.70	6.50	6.50
	5.80	5.20	7.10	6.10
	5.20	6.40	6.10	6.00
	5.70	6.10	6.30	6.30
	5.10	6.00	6.80	6.70
	5.00	5.80	6.50	6.10
	6.10	6.10	6.40	6.40
	5.70	5.20	6.10	6.20
	6.20	5.10	6.20	7.10
	6.30	6.40	7.30	6.00
pH (Unidad de pH)	7.86	7.48	7.59	7.68
	7.95	7.50	7.40	7.58
	7.78	8.08	7.50	7.51
	8.05	7.85	7.96	7.59
	7.82	8.10	7.50	8.03
	7.96	7.50	7.60	7.63
	7.85	8.05	7.70	7.68
	7.91	8.02	7.60	7.63
	7.95	8.11	8.00	8.00
	7.70	7.95	7.90	8.06
	7.91	7.93	7.90	8.05
	7.86	8.10	7.70	7.95
TURBIEDAD (UNT)	79.00	78.80	52.60	74.00
	67.40	67.40	67.40	55.40
	73.50	55.40	42.31	72.30
	53.50	56.90	53.70	62.40
	70.30	62.40	67.40	76.40
	50.80	55.70	50.80	47.40
	77.00	79.70	56.40	53.00
	57.60	52.80	54.80	56.90
	77.50	74.00	52.60	78.00
	70.30	75.80	72.10	76.00
	76.20	74.50	69.70	73.60
	67.40	77.50	70.30	53.30

Fuente: Elaboración propia (2012)

Cuadro 34. Resultados de la concentración de metales (mg/L) de las estaciones de la laguna Yarinacocha.

ESTACIONES	METALES			
	ANACONDA	PTO. CALLAO	SAN JOSE	SAN JUAN
ARSÉNICO	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000
CADMIO	0.003	0.003	0.002	0.002
	0.003	0.003	0.003	0.002
	0.002	0.002	0.002	0.003
COBRE	0.007	0.007	0.005	0.006
	0.007	0.006	0.005	0.006
	0.005	0.007	0.005	0.007
CROMO	0.006	0.005	0.005	0.005
	0.005	0.005	0.005	0.005
	0.005	0.005	0.006	0.005
HIERRO	0.180	0.170	0.140	0.170
	0.200	0.160	0.110	0.150
	0.140	0.180	0.150	0.170
MANGANESO	0.025	0.025	0.030	0.030
	0.025	0.025	0.025	0.025
	0.200	0.025	0.025	0.025
MERCURIO	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.000	0.000	0.000	0.000
PLOMO	0.002	0.002	0.002	0.020
	0.002	0.002	0.002	0.020
	0.003	0.001	0.001	0.030
ZINC	0.043	0.045	0.050	0.040
	0.038	0.043	0.056	0.038
	0.038	0.045	0.053	0.033

Fuente: Elaboración propia (2012)

Cuadro 35. Resultados de los parámetros microbiológicos de las estaciones de la laguna Yarinacocha.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	ESTACIONES			
	ANACONDA	PTO. CALLAO	SAN JOSÉ	SAN JUAN
CT(NMP/100 mL)	4600	3300	1700	1700
	4900	2400	2400	790
	3500	4600	1100	2400
	2100	2100	1600	2100
	9200	3500	1700	2100
	2400	1100	2100	1700
	1000	2800	1500	1100
	2100	2400	1600	1500
	5400	4000	3300	2900
	4600	1100	4000	2400
	2900	1100	2600	4900
	4600	1100	2400	4600
CTT(NMP/100 mL)	1300	790	330	1100
	1700	940	960	700
	1100	1300	460	960
	1500	1500	960	1500
	3500	1700	1500	1500
	930	460	960	1100
	490	1700	1100	360
	960	940	960	750
	3500	1100	790	2100
	2400	460	1100	960
	2100	460	960	1700
	1300	360	930	1300
E. COLI(NMP/100 mL)	34	21	22	34
	46	23	21	22
	31	43	17	21
	43	46	26	46
	94	27	43	43
	23	13	27	31
	21	46	21	21
	22	23	17	17
	79	34	34	46
	63	17	31	26
	49	14	22	49
	33	44	21	34
Salmonella	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
Vibrio cholerae	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Elaboración propia (2012)

Anexo B. procedimeintos de análisis

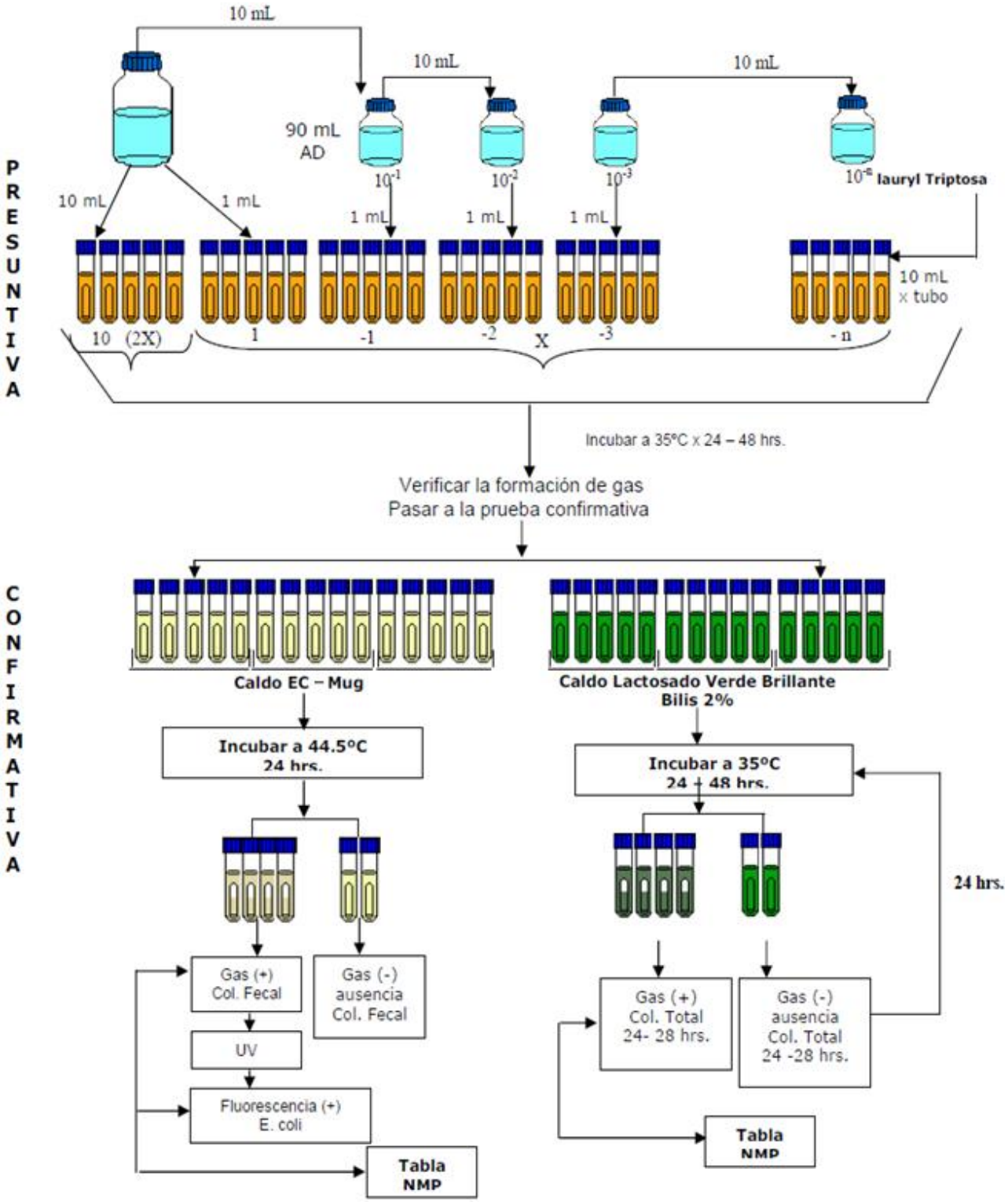

Figura10. Procedimiento de análisis de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli.*

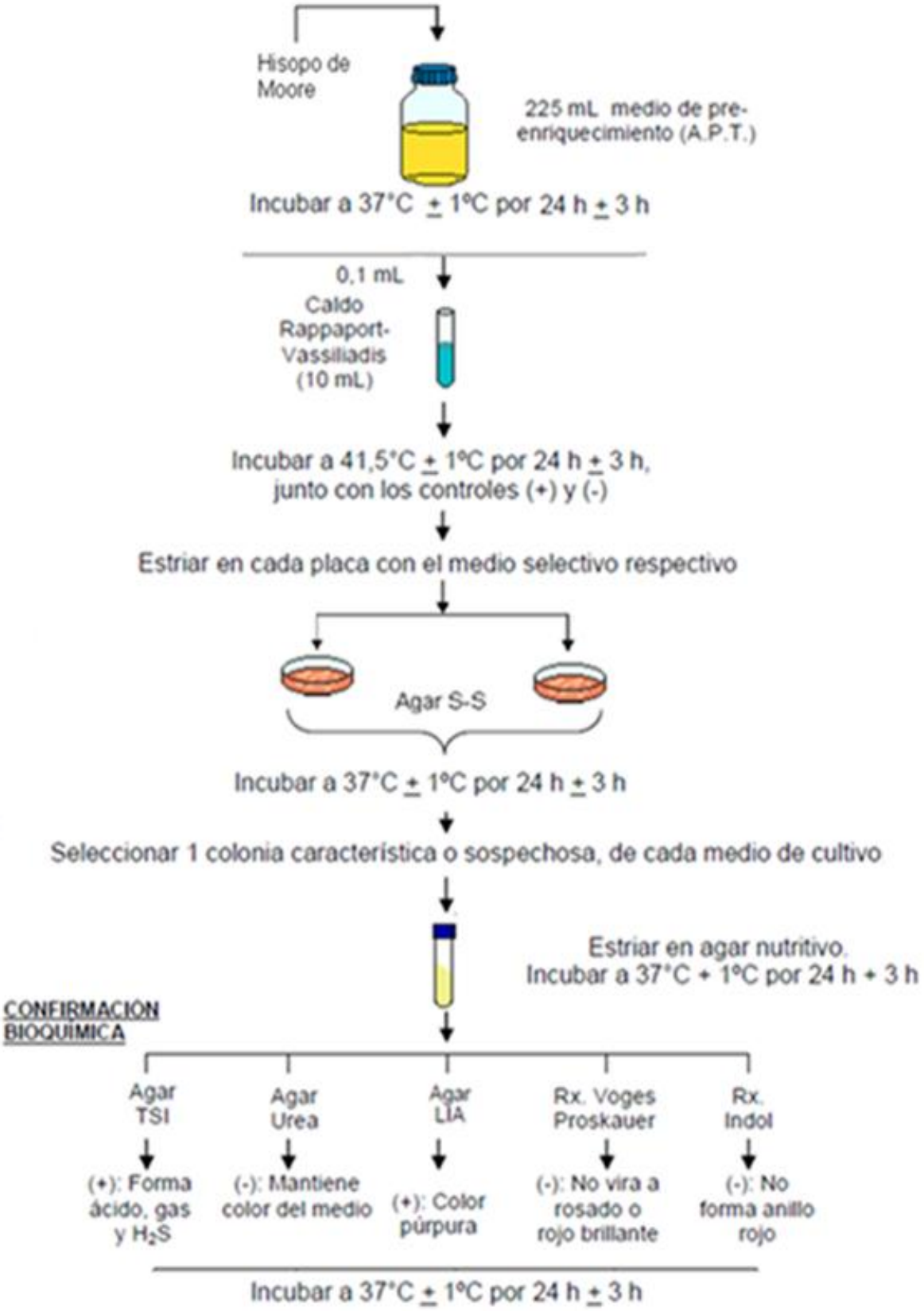

Figura11. Procedimiento de análisis de *Salmonella.*

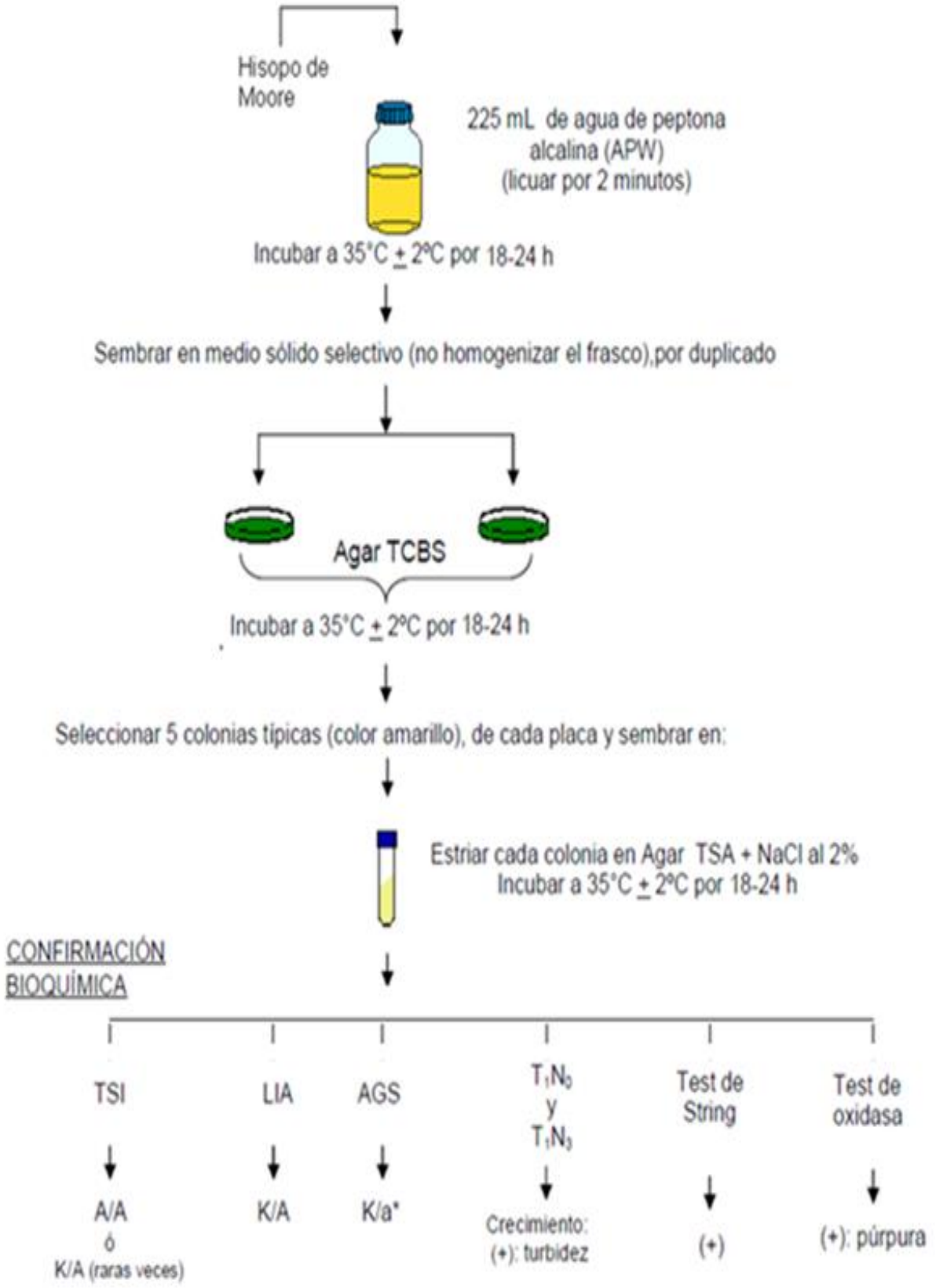

Figura12. Procedimiento de análisis de *Vibrio cholerae*

Cuadro 36. Índice de NMP al 95% de confianza para varias combinaciones positivasde 5 tubos por dilución (10mL, 1,0mL, 0,1mL).

Combinación de positivos	NMP / 100 mL	Límite de Confiabilidad	
		Bajo	Alto
0 0 0	< 1.8		6.8
0 0 1	1.8	0.09	6.8
0 1 0	1.8	0.09	6.9
0 1 1	3.6	0.7	10
0 2 0	3.7	0.7	10
0 2 1	5.5	1.8	15
0 3 0	5.6	1.8	15
1 0 0	2	0.1	10
1 0 1	4	0.7	10
1 0 2	6	1.8	15
1 1 0	4	0.71	12
1 1 1	6.1	1.8	15
1 1 2	8.1	3.4	22
1 2 0	6.1	1.8	15
1 2 1	8.2	3.4	22
1 3 0	8.3	3.4	22
1 3 1	10	3.5	22
1 4 0	10	3.5	22
2 0 0	4.5	0.79	15
2 0 1	6.8	1.8	15
2 0 2	9.1	3.4	22
2 1 0	6.8	1.8	17
2 2 2	14	5.9	36
2 3 0	12	4.1	26
2 3 1	14	5.9	36
2 4 0	15	5.9	36
3 0 0	7.8	2.1	22
3 0 1	11	3.5	23
3 0 2	13	5.6	35
3 1 0	11	3.5	26
3 1 1	14	5.6	36
3 1 2	17	6	36
3 2 0	14	5.7	36
3 2 1	17	6.8	40
3 2 2	20	6.8	40
3 3 0	17	6.8	40
3 3 1	21	6.8	40
3 3 2	24	9.8	70
3 4 0	21	6.8	40
3 4 1	24	9.8	70
3 5 0	25	9.8	70
4 0 0	13	4.1	35
4 0 1	17	5.9	36
4 0 2	21	6.8	40

Combinación de positivos	NMP / 100 mL	Límite de Confiabilidad	
		Bajo	Alto
4 0 3	25	9.8	70
4 1 0	17	6	40
4 1 1	21	6.8	42
4 1 2	26	9.8	70
4 1 3	31	10	70
4 2 0	22	6.8	50
4 2 1	26	9.8	70
4 2 2	32	10	70
4 2 3	38	14	100
4 3 0	27	9.9	70
4 3 1	33	10	70
4 3 2	39	14	100
4 4 0	34	14	100
4 4 1	40	14	100
4 4 2	47	15	120
4 5 0	41	14	100
4 5 1	48	15	120
5 0 0	23	6.8	70
5 0 1	31	10	70
5 0 2	43	14	100
5 0 3	58	22	150
5 1 0	33	10	100
5 2 1	70	22	170
5 2 2	94	34	230
5 2 3	120	36	250
5 2 4	150	58	400
5 3 0	79	22	220
5 3 1	110	34	250
5 3 2	140	52	400
5 3 3	170	70	400
5 3 4	210	70	400
5 4 0	130	36	400
5 4 1	170	58	400
5 4 2	220	70	440
5 4 3	280	100	710
5 4 4	350	100	710
5 4 5	430	150	1100
5 5 0	240	70	710
5 5 1	350	100	1100
5 5 2	540	150	1700
5 5 3	920	220	2600
5 5 4	1600	400	4600
5 5 5	>1600	700	

Fuente: Elaboración propia (2012)

Anexo C. Fotos

Anaconda

Puerto Callao

San José

San Juan

Figura13. Estaciones de monitoreo de la laguna Yarinacocha.

Muestreo de agua

Hisopo de Moore

Figura14. Toma de muestra en la estación San José.

Medición de pH in situ

Siembra en Caldo Lauril

Siembra en Caldo Brilla y EC-Mug

Reacción UV para *Escherichia coli*

Siembra en agar S-S para *Salmonella*

Pre enriquecimiento de *V. cholerae*

Figura15. Procedimientos de análisis fisicoquímico y microbiológico.

Punto de descarga de las aguas de desagüe de la urb. FONAVI

Arrojada de basura en Puerto Callao

Arrojo de residuos sólidos y aguas residuales del cerca del Caserío San José

Caño de la quebrada Pacacocha colmatado de residuos sólidos

Figura 17. Fuentes que contaminan la laguna Yarinacocha.

Estación San José

Estación San Juan

Figura 18. Bañistas en época de fiesta de San Juan.

Anexo D. Normas nacionales

Diagnóstico y el usuario esté dispuesto a proporcionarlos, el valor de dichos insumos será descontado del precio del servicio, previa presentación de la copia del comprobante de pago. Los insumos requeridos deberán ceñirse a las especificaciones técnicas exigidas por el SENASA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

OSCAR M. DOMINGUEZ FALCON
Jefe (e)
Servicio Nacional de Sanidad Agraria

232229-1

AMBIENTE

Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

DECRETO SUPREMO
Nº 002-2008-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611- Ley General del Ambiente, establece 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;

Que, el artículo 1° de la Ley Nº 28817- Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA como Secretaría Técnica;

Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental –DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaría Técnica Colegiada del GESTA AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad de tramitar su aprobación formal;

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley Nº 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013;

En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1º.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

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

Artículo 2º.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.– El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

El Peruano
Lima, Jueves 31 de julio de 2008

ANEXO I

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm (4)	1 500	1 600	**	**	**
$D.B.O._5$	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 6	>= 5	>= 4	>= 5	>= 4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT (3)	5	100	**	100	**
INORGÁNICOS						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
	-	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
ORGÁNICOS						
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTTP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs						
1,1,1-Tricloroetano – 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroeteno – 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2 Dicloroetano – 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno – 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno – 87-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroeteno –127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono – 56-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroeteno – 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
BETX						
Benceno – 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Estireno – 100-41-4	mg/L	0,3	0,3	**	**	**
Tolueno – 108-88-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xilenos – 1330-20-7	mg/L	0,5	0,5	**	**	**
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno – 50-32-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
Plaguicidas						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	**	**	**
Metamidofós (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paratión	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Organoclorados (COP)*:						
Aldrín – 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrín – 60-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrín – 72-20-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro – 76-44-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	*	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Carbamatos:						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Policloruros Bifenilos Totales						
(PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
Otros						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1 000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0		200	**
Escherichia coli	NMP/100 mL	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0		0	
Giardia duodenalis	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Salmonella	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
Vibrio Cholerae	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad
NMP/ 100 mL Número más probable en 100 mL
* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)
** Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o 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 determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios, implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permisible (LMP).-** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a 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 el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo.-** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35